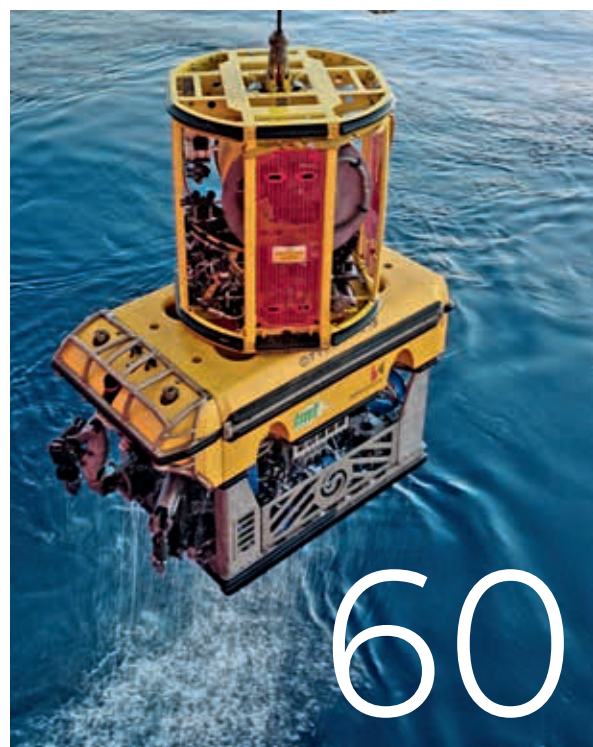


review

Afrique

02|2017 fr



-
- 06–27 Afrique
 - 28–43 Sécurité intégrée
 - 44–57 Numérique et analytique
 - 58–71 Énergie



L'Éthiopie gagne la bataille du rail

Sécurité électrique dans le grand bleu



Un GIS écologique sans SF₆





L'électricité en boîte

Coordination de
l'isolement dans les
postes à haute tension



05 Éditorial

Afrique

- 08 Électrifier un continent
- 13 L'électricité en boîte
- 16 Transformateurs SSVT
- 18 L'Éthiopie gagne la bataille du rail
- 23 Modéliser pour mieux
planifier l'électrification

Sécurité intégrée

- 30 Facteurs humains et
sécurité industrielle
- 35 Poste de conduite et mobilité
- 38 Coordination de l'isolement
en haute tension

Numérique et analytique

- 46 Contrôle-commande dans le Cloud
- 53 Sécurité physique des
transformateurs

Énergie

- 60 Sécurité électrique dans le
grand bleu
- 66 ABB, pionnier des GIS écologiques

- 71 Publication ABB

L'Afrique, deuxième continent au monde par sa population, voit sa démographie s'emballer avec 4,4 milliards d'habitants prévus pour 2100. Aujourd'hui, un demi-milliard d'Africains est privé d'électricité. Les coûts de l'énergie et du transport y sont parmi les plus élevés du globe.

ABB, au contact de ses clients, forge des innovations qui laissent augurer une nouvelle ère de réussite économique et industrielle. Ce numéro d'ABB Review nous en livre quelques-unes.

Nous restons à l'écoute de vos suggestions sur abb.com/abbreview.

ÉDITO

Électrifier l'Afrique



Chers lecteurs,
Les défis posés par l'Afrique sont à la hauteur de ses promesses. Aujourd'hui, seul un Africain sur deux, voire un sur trois en Afrique subsaharienne, a accès à l'électricité. Or c'est là le sésame pour libérer le potentiel humain et économique du continent. Électrifier un village, une région ou un pays n'exige pas seulement de maîtriser les équipements et les technologies, mais aussi de saisir les contraintes et les atouts de chaque territoire. Dans ce numéro d'ABB Review, deux contributions externes (p. 8 et 23) exposent des méthodes et des outils qui aident à planifier la fourniture électrique, notamment en choisissant la solution la plus opportune entre autoproduction, micro-réseau ou couplage réseau. Si certaines de ces technologies sont spécifiques à l'Afrique, d'autres sont transposables ailleurs. Cette polyvalence est le fruit de l'immense expertise d'ABB, capable d'innover à l'échelle du globe.
Bonne lecture,

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

Bazmi Husain
Directeur des technologies



Afrique





La présence d'ABB sur le continent africain prend de multiples formes : financement d'infrastructures en tenant compte des besoins et de la géographie locale, ou encore suivi, entretien et extension ultérieure des ouvrages. Autant de chantiers qui font progresser la productivité et la croissance, et donc le niveau de vie. Réussite oblige, ABB apporte toute son expertise à chacun de ses clients et partenaires.

- 08 Entretien : électrifier un continent
- 13 La Croix-Rouge kényane mise sur l'électricité en boîte
- 16 Transformateurs pour applications de faible puissance
- 18 L'Éthiopie gagne la bataille du rail
- 23 Modéliser pour mieux planifier l'électrification



ENTRETIEN

Électrifier un continent



Mark Howells

Titulaire de la chaire d'Analyse des systèmes énergétiques au Royal Institute of Technology (KTH) de Stockholm (Suède), Mark Howells est également professeur honoraire à l'Université de Technologie de Sydney et rédacteur en chef d'Energy Strategy Reviews. Ses travaux portent notamment sur la conception et la mise en application de modèles quantitatifs pour aider les pouvoirs publics à traiter des questions de politique et d'investissement complexes → 1. Dans cet entretien, Mark Howells évoque certains défis posés par l'électrification et le développement en Afrique.

Pour toute question, merci de contacter Alexandre Oudalov : alexandre.oudalov@ch.abb.com

- AR** **ABB Review :** Concilier développement durable et croissance permanente de la demande énergétique pose de vrais défis à l'échelle du globe. Qu'en est-il plus particulièrement en Afrique ?
- MH** **Mark Howells :** Viabilité et pérennité économiques y sont des enjeux majeurs. Les entreprises ont besoin de savoir qu'elles dégageront des profits, ce qui est loin d'être évident dans un contexte d'institutions sous-dotées, de politiques inadaptées et de capacités de planification limitées. Nous constatons toutefois un certain nombre de mesures fortes pour y remédier, mais aussi beaucoup d'initiatives privées et informelles qui tirent parti de cet embryon de croissance en Afrique.
- AR** Les politiques en faveur d'une énergie durable se développent souvent et avant tout dans les pays où la puissance publique œuvre dans ce sens avec des mesures incitatives. Est-ce le cas en Afrique ?
- MH** Oui, les États, la Banque africaine de développement, le Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique (NEPAD), l'Union africaine (UA) et d'autres acteurs ont lancé d'importantes initiatives dans ce domaine. Citons par exemple l'Agenda 2063 de l'UA, qui délimite un cadre stratégique pour la transformation socioéconomique du continent africain dans les 50 années à venir. Il s'appuie sur les projets passés et actuels en faveur de la croissance et du développement durable, tout en cherchant à les accélérer. Néanmoins, mettre en place

01 Des modèles pour aider à l'électrification

01a (en haut) Répartition optimale des technologies d'électrification selon le modèle OnSSET; (en bas) Coût complet de production électrique (LCOE) selon la technologie sélectionnée

01b Résultats d'OSeMOSYS indiquant le mix de production optimal pour le réseau national kenyan (2012–2030).

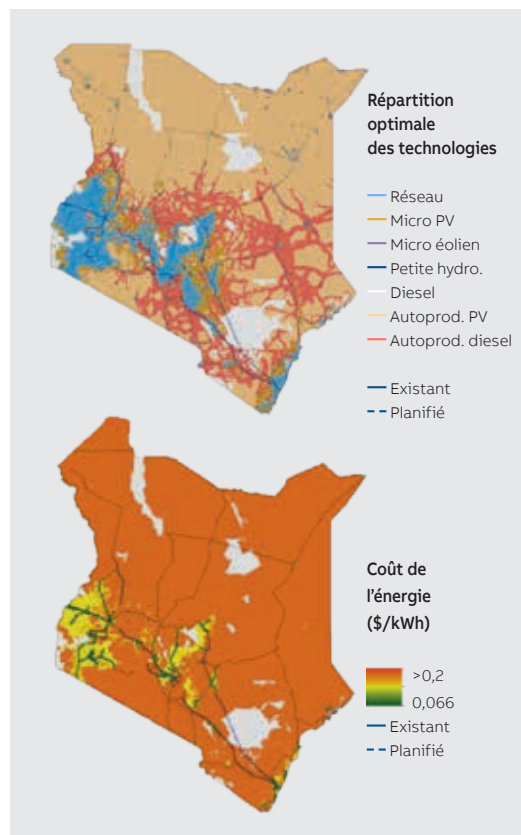
MODÉLISER POUR ÉLECTRIFIER

Toute décision doit être prise en connaissance de cause, surtout lorsqu'il s'agit d'investissements complexes et coûteux comme le développement et l'extension du réseau électrique. Même dans une zone encore vierge, la construction d'ouvrages doit tenir compte des caractéristiques géographiques et économiques préexistantes, qui ont un impact sur le succès du projet. Le département d'Analyse des systèmes énergétiques (dESA) du Royal Institute of Technology de Stockholm (KTH), dirigé par Mark Howells, a conçu des outils qui facilitent la prise de telles décisions. En collaboration avec ABB, ses chercheurs ont réalisé des modélisations et des études de cas.

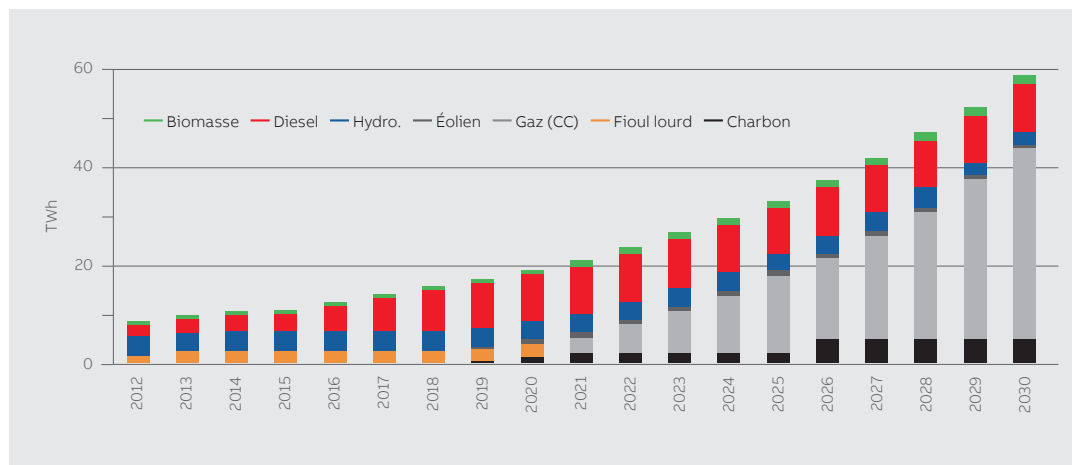
OnSSET (Open Source Spatial Electrification Toolkit [2]) et OSeMOSYS (Open Source Energy Modeling System [3]) sont deux outils d'optimisation des systèmes énergétiques. Le premier base son analyse sur la consommation électrique des ménages et vise un taux d'électrification de 100 % par année cible, révisable selon les objectifs. Le second modélise la demande totale en électricité (pas seulement domestique) et définit à l'année un bouquet énergétique à coût optimisé, en couplage réseau ou décentralisé.

Si ces outils sont utilisables indépendamment, leur interaction fournit un modèle plus complet, dont les résultats peuvent orienter la planification des investissements à long terme.

Prenons l'exemple du Kenya : une modélisation itérative réalisée avec ces deux outils a montré qu'il était possible d'électrifier intégralement le pays à l'horizon 2030 en fournissant une puissance annuelle de 1800 kWh par foyer rural et 2195 kWh par foyer citadin →1a. L'extension du réseau national desservirait environ 84 % de la population, les 16 % restant étant alimentés par des systèmes hors réseau (9 % par des microréseaux et 7 % par des systèmes d'autoproduction, principalement photovoltaïques et thermiques diesel). Le réseau national devra produire environ 26 GW supplémentaires, essentiellement à partir de nouvelles centrales au charbon et au gaz naturel → 1b, avec pour corollaire une extension de 21,6 GW des capacités de transport sur lignes à haute tension. L'étude a chiffré à 46,31 milliards de dollars ce projet d'électrification [4,5].



01a



01b

et financer un cadre commercial, financier et politique favorable n'est pas chose aisée pour les autorités.

Ces dernières méconnaissent souvent les technologies, les marchés et les orientations possibles. Ignorant les avantages des différentes solutions, elles ont du mal à les hiérarchiser et à leur allouer les ressources appropriées.

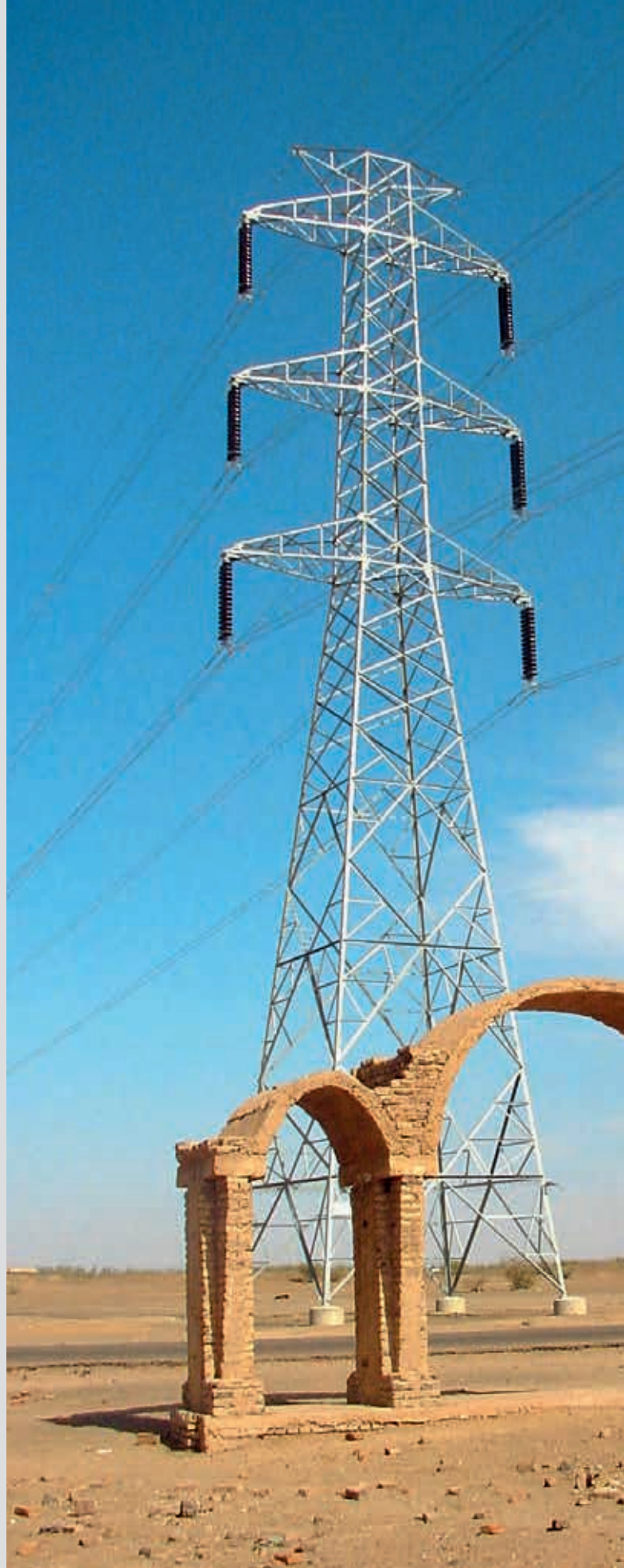
AR Quelles sont les grandes étapes des programmes d'électrification rurale et d'accès à l'électricité ?

MH De Los Angeles à Lagos en passant par Londres, le processus s'est heurté aux mêmes difficultés, au-delà des progrès technologiques. Aux débuts de l'électrification des États-Unis, les mines, les usines et les fermes ont été encouragées à se regrouper en coopératives. Le réseau a rapidement pris de l'ampleur. La Grande-Bretagne, pour sa part, a fait le choix d'une réglementation stricte pour éviter les abus et la flambée des tarifs de l'électricité, qui pénaliseraient les plus démunis. De nombreux producteurs ont donc fait faillite et l'État s'est emparé du marché. Le réseau électrique s'est développé de manière planifiée et centralisée, garantissant une desserte fiable de l'ensemble du pays. Se pose alors la question « où, quand et comment l'État doit-il intervenir ? ». Difficile d'y répondre sans tenir compte des particularismes locaux.

—
Au Ghana, des subventions publiques compensent la différence entre les prix de production et de vente, encourageant ainsi l'essor des miniréseaux.

Nous pouvons toutefois dresser quelques constats dignes d'intérêt. L'autoproduction prend son essor lorsqu'elle devient rentable. Si la distribution électrique peut être rémunérée au prix du marché, des miniréseaux prennent forme. Par contre, des tarifs imposés à la baisse retardent leur développement car le contexte n'encourage guère les producteurs.

Au Ghana, un intéressant modèle hybride de miniréseaux performants a été déployé, des subventions publiques compensant avantageusement la différence entre les coûts de production et les tarifs de vente de l'électricité. La concurrence,



—
02 Ligne de transport
à 110 kV d'Eid Babiker
(Soudan)

gage de baisse des prix, est assurée par l'octroi de plusieurs concessions, sous l'égide de l'État (souvent incarné par la société nationale d'électricité) qui assure coordination et financement. Dans d'autres cas, en Afrique du Sud par exemple, l'État a pris l'initiative des programmes d'électrification et raccordé au réseau plusieurs millions de consommateurs.

Si certains aspects de l'électrification ne datent pas d'aujourd'hui, notons tout de même de nouveaux catalyseurs. L'Afrique de l'Est est devenue une figure de proue du développement des modèles économiques hors réseau et de l'innovation. Sans surprise, la banque mobile y est très répandue. De quoi favoriser les flux financiers, les économies d'échelle et l'émergence d'une panoplie de services en complément de la fourniture électrique. La finance ainsi que les technologies de l'information et de la communication (TIC) intelligentes profitent de ce terreau fertile pour soutenir la créativité des entreprises locales. Les petits fournisseurs d'électricité se mettent ainsi à offrir également du divertissement, des crédits et d'autres services. Par ailleurs, les biens produits par les micro-entreprises industrielles peuvent être plus facilement échangés, augmentant le pouvoir d'achat des populations. Et là encore, grâce aux moyens de paiement mobiles.

AR Parlez-nous des grands chantiers énergétiques, comme les centrales solaires à concentration (CSC). Sont-ils pertinents dans ce contexte ? À quels obstacles se heurte-t-on ?

MH Dans un marché efficace, où les règles sont claires et les risques faibles, les mégaprojets à très forte intensité capitaliste peuvent se justifier, mais ils sont souvent l'exception. Leur viabilité passe par des contrats d'achat d'énergie, des financements à des conditions privilégiées et autres garanties similaires pour réduire les risques, qui sont exacerbés en Afrique par l'immensité du territoire →2. Les lieux traditionnels de production et de consommation, ainsi que les points d'équilibrage du réseau sont souvent disséminés. Le réseau comme les marchés de l'énergie sont encore balbutiants. Malgré tout, d'importantes évolutions se profilent. Les pays où le système électrique est le plus développé, à l'image de l'Afrique du Sud et de l'Égypte, sont déjà capables d'intégrer massivement des sources d'énergie renouvelables et intermittentes, CSC par exemple.



—
03 Part de la population africaine privée d'accès à l'électricité en 2012, par pays [1]

—
Bibliographie

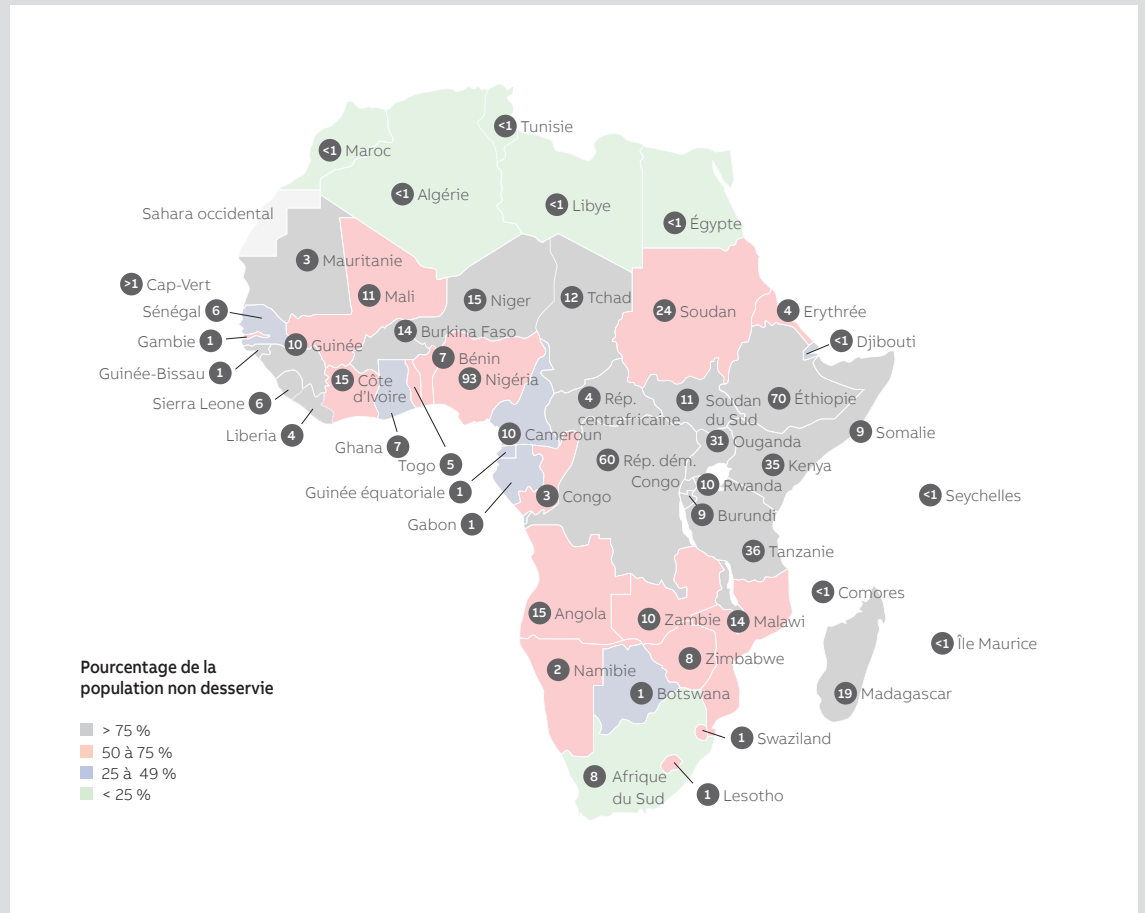
[1] AAl-Saffar, A., et al., « Africa Energy Outlook », étude sur les perspectives énergétiques de l'Afrique subsaharienne, Rapport annuel de l'Agence internationale de l'Énergie (AIE) sur les perspectives énergétiques mondiales, Paris, p. 445, 2014.

[2] Mentis, D., et al., « A GIS-based approach for electrification planning – A case study on Nigeria », Energy for Sustainable Development, vol. 29, p. 142–150, 2015.

[3] Howells, M., et al., « OSeMOSYS: The Open Source Energy Modeling System: An introduction to its ethos, structure and development », Energy Policy, vol. 39, n° 10, p. 5850–5870, 2011.

[4] Nandi, M., « UN Sustainable development goals from a Climate Land Energy and Water perspective for Kenya », disponible en ligne sur : <http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:946269/FULLTEXT01.pdf>.

[5] Département des affaires économiques et sociales des Nations Unies, « Universal Access to Electricity », disponible en ligne sur : <http://un-desa-modelling.github.io/electrification-paths-presentation/>.



03

Il est intéressant de noter que le continent africain jouit des climats parmi les plus favorables au solaire et à l'éolien dans le monde. Il est également riche en ressources naturelles encore inexploitées, dont l'extraction, le traitement et l'exportation nécessiteront beaucoup d'énergie pour être rentables. Les moteurs de développement sont donc bien présents.

AR Quelles sont les forces et les compétences particulières du Groupe ABB pour appuyer le développement de l'Afrique ?

MH ABB détient un portefeuille exceptionnel de connaissances, de savoir-faire, de technologies et de solutions de gestion. Son offre couvre tout l'éventail des besoins, depuis les petits systèmes de contrôle-commande et de gestion adaptés aux microsystèmes (et au microcrédit) jusqu'aux grandes réalisations d'envergure nationale et aux plates-formes logicielles qui gèrent les échanges sur les bourses de l'énergie.

ABB dispose également de technologies clés, en fonction ou en développement. Citons entre autres le transport d'énergie sur de longues distances ou l'intégration de réseaux hybrides alternatifs/continus : autant de compétences cruciales à l'heure où systèmes hors réseau et systèmes raccordés commencent à se fondre dans la maille électrique.

Le partenariat, la communication et la capacité à monter des projets constituent d'importants défis. Rares sont les décideurs politiques et entrepreneurs à appréhender les développements technologiques, systèmes de contrôle-commande et marchés indispensables pour soutenir le potentiel de croissance de l'Afrique →3. Pas plus qu'ils ne comprennent les avantages d'une solution sur une autre. Et en effet, une « étude de faisabilité gratuite » et un transfert de connaissances pour étayer la prise de décision demanderont bien plus qu'un bref argumentaire de vente. Concertation et créativité seront de mise. Ce ne sera toutefois pas la première fois qu'ABB fait figure d'éclairer et relève le flambeau...

AR Merci de nous avoir accordé cet entretien. ●

AFRIQUE

La Croix-Rouge kényane mise sur l'électricité en boîte

La plus grande plate-forme logistique du Comité international de la Croix-Rouge (CICR) au monde est située à Nairobi, capitale du Kenya, dans une région exposée à de fréquentes coupures de courant et à des problèmes de qualité de la fourniture électrique. Pour y remédier, ABB construit un microréseau à la pointe de l'innovation pour alimenter le site en continu à partir de sources d'énergie traditionnelles et renouvelables. L'originalité de la solution réside dans le regroupement de tous les constituants de la fourniture dans un seul conteneur : une « mise en boîte » très utile pour faciliter et accélérer la réalisation d'autres projets du CICR.



Samuel Macharia
ABB Power Grids
Nairobi (Kenya)

samuel.macharia@
ke.abb.com

L'organisation humanitaire helvète, fondée en 1863, est établie à Genève. Fort de 170 employés, le centre logistique de Nairobi est sa plus importante plate-forme de stockage et d'approvisionnement en denrées alimentaires et autres articles de premier secours (médicaments, fournitures médicales et d'aide humanitaire) de l'Afrique de

—

ABB réalise un microréseau hybride en conteneur pour maximiser l'usage des énergies renouvelables et fiabiliser l'alimentation électrique du CICR.



Michelle Kiener
ABB Review
Baden-Dättwil
(Suisse)

michelle.kiener@
ch.abb.com

Cleiton Silva
Ancienne collaboratrice ABB

l'Est et des régions environnantes →1. ABB y bâtit un microréseau « hybride » (photovoltaïque et groupe électrogène) en conteneur, doté d'un système de stockage sur batteries pour maximiser l'usage des énergies renouvelables et fiabiliser la fourniture électrique. Ce microréseau fonctionnera en parallèle avec la production PV/diesel locale, en se connectant au réseau principal ou en s'en déconnectant pour s'« îloter » en toute autonomie, au gré des besoins. L'achèvement des travaux est prévu pour mi-2017.

Les microréseaux ont vocation à mutualiser et à coordonner des ressources énergétiques distribuées et des charges contrôlables et pilotables, qui peuvent soit être raccordées au réseau principal, soit fonctionner en autonomie ou mode « îloté », dans un double objectif : garantir un approvisionnement électrique fiable et de qualité conforme aux exigences de l'énergéticien, et stabiliser le réseau.

Par leur exceptionnelle flexibilité décentralisée, ces réseaux à la maille d'un village, d'une communauté ou d'un bâtiment approvisionnent des territoires reculés qui, à défaut, seraient condamnés à patienter des années, voire des décennies pour être raccordés à l'électricité. Ce sont par ailleurs des alimentations de secours idéales pour les sites vulnérables aux coupures réseau.

Les microréseaux agrègent de multiples installations de production locales et diffuses (groupes diesel et au gaz classiques, panneaux PV, mini-éoliennes, petite hydraulique, énergie marémotrice et même thermique, comme la cogénération) ainsi que des dispositifs de stockage. Ils se chargent de réguler et de coordonner cette manne énergétique pour répondre aux exigences de consommateurs industriels, tertiaires ou domestiques [1].



01

—
01 Centre logistique du
CICR à Nairobi (©ICRC)

Leur potentiel est immense sur le continent africain, où plus de 900 millions d'individus n'ont pas accès à l'électricité. En Afrique subsaharienne, dont les deux tiers de la population, soit 620 millions de personnes, sont privés d'énergie, le déploiement des microréseaux pourrait être un fabuleux accélérateur de croissance [2].

ABB, pionnier de la technologie, a installé plus de 30 microréseaux dans le monde, au service de villages isolés, de réseaux électriques îlotés, de campus universitaires et technocentres enclavés, et dans le cadre d'applications de soutien au réseau électrique national.

Des solutions à dessein

Le projet poursuit deux grands objectifs : tout d'abord, garantir aux installations du CICR un approvisionnement électrique fiable et permanent grâce à une alimentation sans interruption (ASI) qui pallie les coupures d'électricité, monnaie

courante au Kenya →2, et permet de stocker les fournitures cruciales (denrées périssables, médicaments, etc.), évitant leur perte.

—
Très fréquentes au Kenya, les pannes de courant obligent à prévoir une alimentation électrique sans interruption des stocks de fournitures stratégiques.

Ensuite, servir de projet pilote à l'organisation afin de pouvoir, dans l'environnement maîtrisé du centre de Nairobi, tester et assimiler la technologie avant de la déployer dans les camps de réfugiés, où les problèmes d'alimentation électrique se posent avec encore plus d'acuité.

—
02 Durée des pannes de courant dans certains pays d'Afrique [3]

Bibliographie

[1] Ghavi, M., « Micro-grids Have a Key Role to Play in a Low-Carbon Future », disponible en ligne sur : <https://microgridknowledge.com/microgrids-key-role-low-carbon-future/>, 6 décembre 2016.

[2] Al-Saffar, A., Baroni, M., Besson, C., et al., « Africa Energy Outlook », étude sur les perspectives énergétiques de l'Afrique subsaharienne, Rapport annuel de l'Agence internationale de l'Énergie (AIE) sur les perspectives énergétiques mondiales, Paris, p. 3, 2014.

[3] Ibid., p. 26.

Branchez ... c'est engrangé!

La solution de microréseau hybride en conteneur ABB destinée au centre logistique de Nairobi se compose :

- d'une plate-forme de contrôle-commande Microgrid Plus;

—
« Une alimentation électrique fiable est primordiale pour continuer à sauver des vies », Peter Maurer, président du CICR.

- d'un système de stabilisation de réseau PowerStore;
- d'un système de stockage d'énergie sur batteries lithium-ion.

À cette fourniture « en boîte » s'ajouteront les services d'ingénierie ABB : transport, supervision de la construction et mise en route.

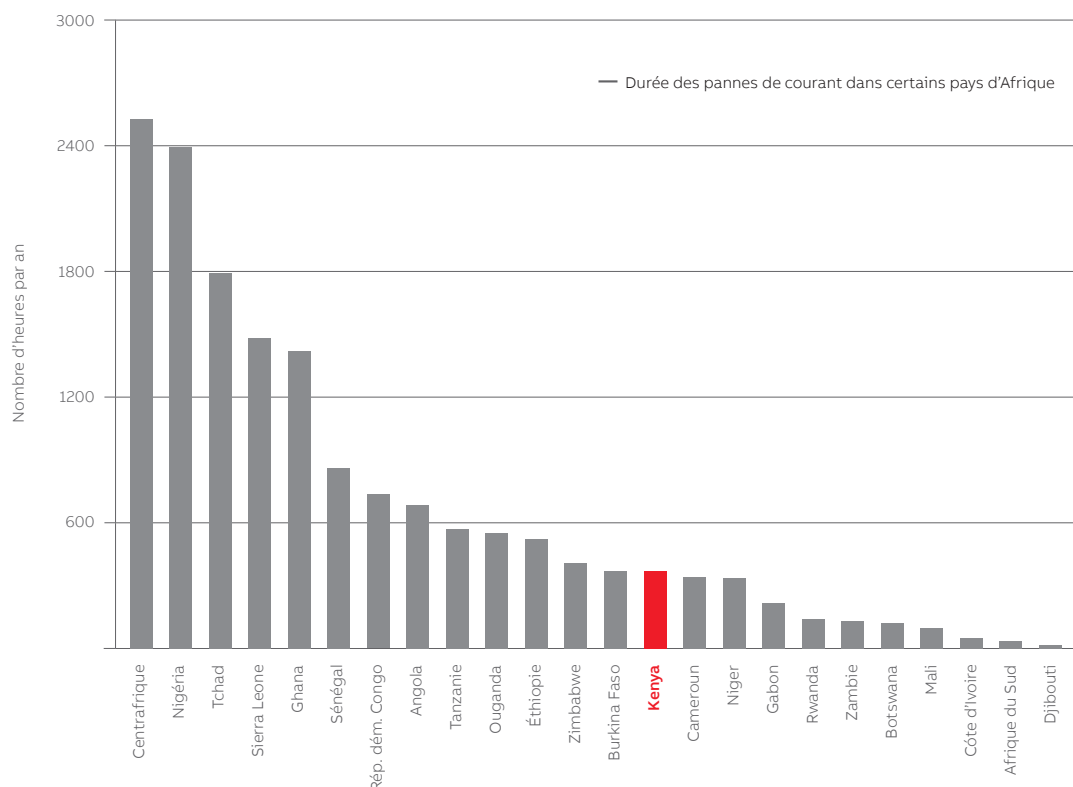
Ce projet permettra d'intégrer la production PV au système électrique constitué aujourd'hui des groupes diesel et du réseau de distribution national Kenyan Power Lighting Company (KPLC).

Outre la protection des ressources vitales du CICR, le microréseau hybride contribuera à réduire les émissions carbonées.

« Une alimentation électrique continue et fiable est primordiale pour permettre à nos équipes de poursuivre leur mission humanitaire », déclare Peter Maurer, président du CICR.

« La solution ABB s'inscrit par ailleurs dans le droit fil de nos objectifs de déploiement technologique respectueux de l'environnement. Ces innovations sont la preuve que la coopération entre les secteurs de l'humanitaire et de l'entreprise n'est pas seulement possible mais impérative. Nous sommes heureux et fiers de compter sur le groupe ABB pour appuyer notre action. »

Ce partenariat concrétise une initiative du CICR lancée en 2014 pour promouvoir la collaboration technologique avec le privé. Membre du comité de soutien des entreprises au CICR (Corporate Support Group) depuis une décennie, ABB contribue au programme « Eau et habitat » au profit des victimes de conflits en République démocratique du Congo et en Irak. Le Groupe participe également à la formation des ingénieurs du CICR. ●



AFRIQUE

Transformateurs pour applications de faible puissance

Les zones peu peuplées ne peuvent généralement pas assumer le coût d'un poste électrique. Le « micro-poste » d'ABB à base de transformateurs SSVT (Station Service Voltage Transformers) monophasés, peu coûteux, y remédie sans peine : il est en effet capable d'abaisser directement la haute tension en moyenne ou basse tension.

Mathew Paul
Ancien collaborateur ABB

Pour tout renseignement, merci de contacter
Andreas Moglestue :
andreas.moglestue@ch.abb.com

Tous les postes électriques intègrent des systèmes de comptage et de protection alimentés en basse tension (BT), ou « tension de commande ». Le poste doit généralement avoir deux alimentations redondantes pour des questions de fiabilité. Le transformateur principal du poste fournit normalement la première source BT.

En cas de défaillance de celle-ci, c'est le réseau qui prend le relais, via un transformateur de puissance. Cette solution souffre de deux inconvénients : le coût de l'investissement et celui du maintien du transformateur sous tension. Autre possibilité, tirer cette alimentation d'un départ relié au réseau de distribution local BT, ce qui est toutefois coûteux et vulnérable aux coupures. Dans certains cas, on ajoute un troisième enroulement au transformateur principal haute tension (HT). Ce n'est toutefois pas la panacée car, en plus de l'aspect financier, cela restreint les choix de conception et la fiabilité. L'emploi d'un groupe électrogène de secours est probablement la solution la moins chère à l'achat mais la plus onéreuse sur le cycle de vie.

Heureusement, le SSVT, ou son équivalent SSMV pour les postes moyenne tension (MT), peut dans bien des cas fournir l'alimentation de commande secondaire pour un coût modique et beaucoup plus facilement [1].

Descriptif

Le SSVT associe les caractéristiques d'un transformateur de puissance et d'un transformateur de mesure dans un appareil très fiable, peu coûteux, simple et compact : l'idéal pour les applications de faible puissance. Il est ainsi capable de couvrir à lui seul les besoins de sites reculés ou de postes monocellulaires.

Peu encombrant, il se configure facilement grâce à son architecture monophasée. Sa plage de puissance s'étend de 25 à 333 kVA à 50/60 Hz, avec certaines limitations de tension. Sans prétendre remplacer un poste complet, un SSVT ou SSMV permet de raccorder des populations jusqu'ici privées d'électricité →1. Par sa masse et sa taille bien inférieures à celles d'un transformateur de puissance, c'est l'appareil privilégié des zones difficiles d'accès, en Afrique ou ailleurs. Après avoir servi de source d'alimentation à la construction, il peut être reconfiguré pour alimenter le contrôle-commande du poste.

Le SSVT ou SSMV est un appareil cuirassé monophasé, raccordé au primaire entre la phase et la terre. Un écran à la terre est interposé entre les enroulements HT et BT pour protéger le secondaire des surtensions transitoires.



01

—
01 Poste SSVT de 220 kV/100 kVA en République démocratique du Congo, idéalement implanté à proximité d'une ligne HT.

Bibliographie

[1] Paul, M., « L'électricité pour tous : des transformateurs simplifiés pour applications de faible puissance », ABB Review 1/2016, p. 12–17.

Pour sa protection, le SSVT est équipé d'un transformateur de courant (TC) sur le conducteur de terre ou de neutre HT qui se chargera de signaler tout défaut phase-terre au secondaire. La cuve du transformateur est mise à la terre par un TC masse-cuve permettant de détecter un défaut d'isolement au primaire. En option, un relais de pression soudaine, immergé dans l'huile, détecte les défauts internes, comme dans un

—
Le SSVT fournit l'alimentation de commande secondaire pour un coût modique et beaucoup plus facilement qu'un transformateur de puissance.

transformateur de puissance. En cas de défaut côté primaire, la protection de ligne peut isoler le SSVT. Actuellement, une protection HT par fusibles à expulsion isole le SSVT/SSMV défectueux jusqu'à une tension de tenue au choc (BIL) de 750 kV. Au-delà, il est possible d'avoir recours à un disjoncteur monophasé.

Par ailleurs, un poste équipé d'un SSVT/SSMV monophasé est capable de fonctionner sans intervention humaine, le plus simplement du monde : il suffit d'un parafoudre, d'un disjoncteur HT, d'un isolateur, d'un réseau de mise à la terre et d'un tableau de distribution BT, tous monophasés. Cette simplicité est aussi synonyme de moindre encombrement.

La suppression d'un ou de plusieurs échelons de tension intermédiaires diminue les pertes à vide et les pertes cuivre, d'où un meilleur rendement énergétique. En outre, à caractéristiques égales, le SSVT contient beaucoup moins d'huile qu'un transformateur de puissance. Enfin, il ne fait pratiquement pas de bruit.

Des SSVT offrant des puissances assignées plus élevées sont à l'étude ; ils permettront à des populations isolées plus importantes de bénéficier des avantages du raccordement au réseau, ce qui aura un impact extrêmement positif sur le développement socio-économique de nombreux pays africains. ●

AFRIQUE

L'Éthiopie gagne la bataille du rail

Le projet de liaison ferroviaire Awash-Kombolcha-Hara Gebaya s'annonçait pour ABB comme un classique du genre, avec son cortège de dispositifs d'alimentation et de sous-stations en exécution standard. C'était sans compter sur la faiblesse du réseau à haute tension de l'Éthiopie, qui compliquait le déploiement dans les reliefs accidentés du pays. En neuf mois, une approche de développement innovante a fourni la solution. Une expérience réussie qui pourra bénéficier à d'autres projets en Afrique ou dans le reste du monde.



Gonzalo González
ABB Power Grids,
Grid Integration
Baden (Suisse)

gonzalo.gonzalez@
ch.abb.com



Bruce Warner
ABB Power Grids,
Grid Integration
Baden (Suisse)

bruce.warner@ch.abb.com

Fin 2014, Yapı Merkezi Insaat, maître d'œuvre turc de ce projet phare, a sélectionné ABB pour l'aider à construire la nouvelle ligne de la compagnie ferroviaire éthiopienne Ethiopian Railway Corporation (ERC). Celle-ci reliera les couloirs de circulation nord et est du pays à la liaison entre la capitale Addis-Abeba et le port de Djibouti, qui vient d'entrer en service →1-4.

ABB, choisi pour la fiabilité de ses produits et services, devait concevoir et livrer des équipements clés en main pour cinq sous-stations de traction 230/27,5 kV, huit postes de couplage, six sous-stations de zone de sectionnement et environ 30 sous-stations auxiliaires. La fourniture incluait des appareillages haute et moyenne tension (HT/MT), des transformateurs de traction de 25 MVA, une compensation réactive des charges dynamiques rapides Dynacomp pour améliorer le facteur de puissance ($\cos \varphi$), des disjoncteurs ferroviaires FSK II+ ainsi qu'une alimentation auxiliaire.

ABB et Yapı Merkezi pouvaient alors se mettre au travail. Dès les premiers échanges, la tâche apparut dans toute son ampleur : où le projet devait-il se raccorder au réseau électrique ? À quel niveau de tension ? Quel type de caténaire utiliser ? Quid du comportement en mode dégradé ?

La première ébauche soumise par ABB prévoyait un raccordement au réseau 245 kV, mais la compagnie d'électricité Ethiopian Electric Power fit savoir que les 200 premiers kilomètres ne pouvaient être électrifiés qu'en 132 kV. Pour passer en 245 kV, il aurait fallu construire 100 km de lignes aériennes.

—
ABB s'enorgueillit d'être plus qu'un simple fournisseur ; ce projet était l'occasion rêvée de montrer la valeur ajoutée du Groupe.

Une simulation à pleine puissance fut nécessaire pour trouver une solution. ABB, en collaboration avec le client, adapta son modèle de calcul aux spécificités du projet. Par exemple, les 400 km de la liaison s'étagaient entre 800 et 2000 m d'altitude, ce qui n'était pas prévu à l'origine.





01

—
01 Construction des ponts B24 et B25 par poussage, au km 186 (avec l'aimable autorisation de Yapı Merkezi)

ABB communiqua à ERC ses suggestions d'emplacement pour les sous-stations. De nombreuses itérations furent ensuite nécessaires pour s'accorder sur une liste de sites qui tiennent compte du prix du foncier et des contraintes technologiques.

—
02 Vue d'artiste de la gare d'Amibara (Yapı Merkezi)

—
La collaboration fut à l'origine de plusieurs innovations d'intérêt.

Il fallut près de neuf mois et un véritable travail d'équipe entre ABB, Yapı Merkezi et ERC pour élaborer une solution répondant au cahier des charges du projet.

Cette collaboration aboutit à plusieurs propositions et innovations d'importance:

- Système de caténaire 25 kV simple ou double: ABB proposait 2x25 kV, ce qui aurait amélioré le profil de tension de la ligne, mais exigeait un réseau HT robuste. À défaut, la solution fut rejetée et ABB modifia l'alimentation pour se conformer aux exigences du projet.

02



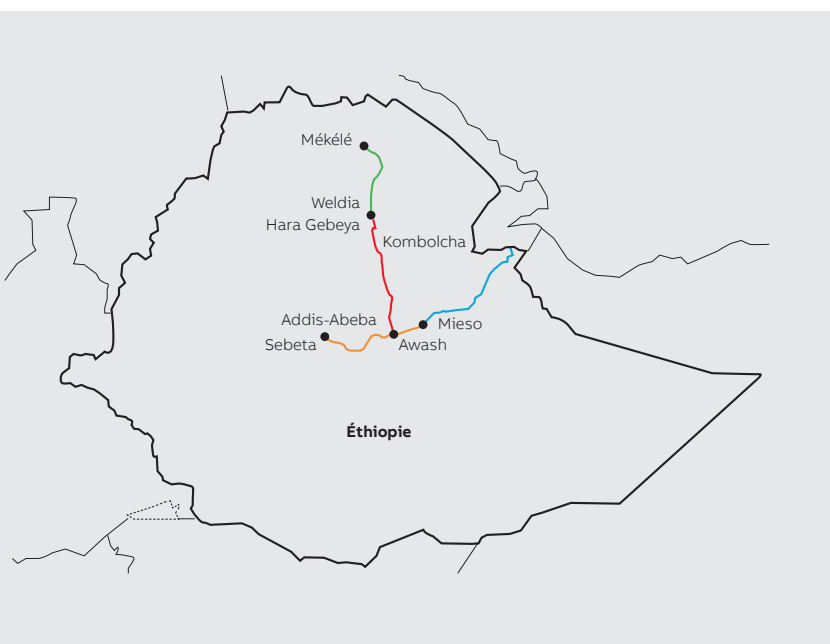


03

- Caractéristiques du système de caténaire: bien que ce ne soit pas là le métier d'ABB, Yapı Merkezi sollicita la participation du Groupe à la conception du système de caténaire au vu de

—
 ABB mena des simulations pour trouver les caractéristiques optimales de prix, de profil de tension caténaire et de fiabilité.

son impact majeur sur la performance globale du réseau. ABB rencontra l'équipe Caténaires du Turc à plusieurs reprises pour définir les solutions possibles puis mena plusieurs simulations, toujours en collaboration avec l'équipe, afin de trouver les caractéristiques optimales de prix, de profil de tension caténaire et de fiabilité.



04



—
03 Exemple de pont
fluvial (Yapı Merkezi)

—
04 Le projet (en rouge)
relie les couloirs de
transit et les pôles
économiques du Nord
et de l'Est du pays
(Yapı Merkezi).

—
05 Transformateur de
tension capacitif
CPB170 d'ABB

—
06 Transformateur de
courant haute tension
IMB145 d'ABB

- Mode dégradé: ABB devait proposer une solution permettant aux trains de continuer à circuler même en cas de panne d'alimentation. Dans un mode dégradé idéal, la défaillance d'une seule sous-station de traction complète ne doit pas interrompre la circulation, une performance impossible compte tenu du nombre de sous-stations prévues et de l'état du réseau éthiopien.

ABB proposa une autre approche, à savoir garantir la circulation des trains en cas de défaillance d'un seul transformateur dans une sous-station, sans pour autant emporter l'adhésion d'ERC.

Ce dernier voulait des transformateurs de traction triphasés en « couplage vectoriel Vv », peu courants en Europe mais usuels en Afrique de l'Est.

05



06





07

—
07 Sectionneur
haute tension
SDF d'ABB

D'après ERC, avec ce type de transformateur, la défaillance d'un appareil n'entraînerait pas le passage de la sous-station en mode dégradé. ABB dut alors revoir sa copie et, après des études complémentaires, proposa la solution finale: trois transformateurs monophasés par sous-station →5-7.

Cette approche originale était non seulement plus pratique que d'employer trois transformateurs triphasés Vv, mais aussi bien plus fiable. En effet, l'alimentation des trains est garantie même lorsqu'un transformateur est hors service dans chaque sous-station, et non dans une seule.

- Prolongation de la ligne: si les simulations d'ABB portaient sur les 400 km de la liaison, la première phase (et la commande d'ABB) ne concernait que les 270 premiers kilomètres. Le train devait donc pouvoir atteindre le terminus au km 270 alors que le second tronçon n'était pas encore construit, la mise en service des 130 derniers kilomètres étant prévue d'ici à un ou deux ans. ABB a donc déplacé une sous-station de traction du second tronçon vers le premier. La phase 1 est ainsi passée de 5 à 6 sous-stations, tandis que la phase 2 n'en exigera que 2 au lieu de 3.

Autre exigence pesant sur la fourniture ABB: tenir compte de la conjoncture économique de l'Éthiopie et de ses perspectives de développement, sachant que ce projet et deux autres en voie d'achèvement allaient fortement solliciter le réseau électrique existant.

—
La fourniture ABB tient aussi compte de la conjoncture économique du pays et de ses projets de développement.

À cet effet, ABB inclut dans son mandat le surdimensionnement des équipements pour protéger les raccordements et conseilla ERC sur les moyens de faire évoluer son parc existant.

Le tronçon construit par Yapı Merkezi entre les km 0 et 270 est achevé à 80%. ●

AFRIQUE

Modéliser pour mieux planifier l'électrification

Lorsqu'il s'avère trop coûteux de raccorder des zones isolées au réseau de distribution principal, ou techniquement impossible de prolonger ce dernier, l'électrification « hors réseau » est encore la meilleure solution. Des chercheurs du Tata Center for Technology and Design, membre du projet MIT Energy Initiative, en collaboration avec l'Institut de recherche technologique de l'université Comillas de Madrid, ont imaginé à cette fin l'outil de calcul « Reference Electrification Model » (REM). Celui-ci peut améliorer la planification de l'électrification dans les pays en développement où le taux d'accès à l'électricité reste faible, et contribuer à la réussite de ces projets.



Yael Borofsky
Research Associate,
MIT Energy Initiative
yeb@mit.edu

En Afrique subsaharienne, plus d'un demi-milliard de personnes vivent sans électricité, principalement dans des zones rurales où la perspective d'un raccordement à un réseau central fiable est lointaine (plusieurs années) voire inexistante en raison de son coût. Or une forte proportion de la population rurale des pays en développement (70% selon l'Agence internationale de l'Énergie) pourrait être alimentée par des systèmes électriques hors réseau, c'est-à-dire autonomes, comme les microréseaux. Reste à déterminer quelles zones pourraient bénéficier de cette solution optimale, sans oublier la construction et l'exploitation de telles installations. C'est pour lever ces inconnues que le modèle REM a été conçu. Il permet aussi d'estimer le coût de l'opération et, potentiellement, de résoudre la délicate question de sa « viabilité financière » : alimenter en électricité de rares consommateurs disséminés sur le territoire coûte bien plus cher que ce que la plupart de ces clients potentiels peut se le permettre.



Ignacio Pérez-Arriaga
Professor, Institute for
Research in Technology
(IIT)-Comillas University &
MIT Energy Initiative
ipa@mit.edu

La tendance actuelle est au développement de systèmes autonomes à bas coût produisant juste assez de courant pour l'éclairage et le chargement des téléphones ; or ces solutions ne permettent guère aux familles d'augmenter leurs revenus ni de prendre conscience des autres avantages offerts par l'électricité. En l'absence de « gros consumma-



Robert Stoner
Deputy Director for
Science and Technology,
MIT Energy Initiative
stoner@mit.edu

NOTE DE LA RÉDACTION

Fort de trente ans d'expérience dans de nombreux projets de par le monde, ABB est chef de file des solutions d'électrification hors réseau et des microréseaux. Que ce soit pour desservir des îles entières, des villages reculés ou des sites industriels isolés, ABB a le savoir-faire pour adapter et dimensionner les systèmes, quelle que soit la source de production d'énergie, et offrir une fiabilité maximale à moindre coût. Très récemment, le Groupe a lancé un nouvel ensemble de modules « plug and play ». Dérivés de variantes préconfigurées, ils sont évolutifs, extensibles et faciles à installer.

L'expérience présentée ici par l'invité d'ABB Review, le Tata Center for Technology and Design, membre du projet Energy Initiative du MIT, illustre comment identifier et délimiter un tel projet. Le MIT participe par ailleurs au Forum technologique ABB.

PRIX DU DIESEL	
	0,85 \$ 0,90 \$ 0,95 \$ 1,00 \$
Exécution REM	Vaishali_sensitivity_ diesel_0 85_20160420
Région REM	5
Groupe REM	ug_1
Type d'électrification	Microréseau
Clients	8769
Production solaire (kW)	141,8
Capacité de stockage (kWh)	559,7
Production groupe électrogène (kW)	629,8
Coût de l'électricité (\$/kWh)	0,29
Part de la demande couverte	0,99
Pic de demande (kW)	782,9
Demande (kWh/an)	2 034 823,07
Diesel (litres)	474 274
Coût financier annuel (\$)	572 840

—	Microréseau
—	Extension du réseau
●	Clients desservis par le réseau modélisé
●	Clients déjà desservis

01

teurs » industriels ou tertiaires en milieu rural pour accroître la demande totale, il est difficile de concevoir des systèmes économiquement viables. Les territoires où les microréseaux sont une solution prometteuse s'avèrent très hétérogènes, à des échelles variées, d'où des difficultés à développer une solution, et donc une hausse des coûts d'ingénierie.

—

Pour choisir le mode d'électrification, la modélisation REM offre le plus fin niveau de granularité jamais atteint en environnements contraints en données : le bâtiment individuel.

L'éventualité d'un futur raccordement au réseau central constitue une autre incertitude qui fait peser des risques sur un investissement dans un système électrique autonome.

À ces obstacles s'ajoute la pression réglementaire qui freine une filière électrique déjà peu encline à évoluer. Aussi n'est-il pas évident de définir quels sites se prêtent mieux à une extension du réseau, au déploiement d'un microréseau ou encore à l'utilisation de systèmes autonomes. Dans les pays en développement, ces choix de planification « hybride » de l'électrification relèvent de décisions politiques d'étendre le réseau ou de la mise en œuvre d'outils logiciels ad hoc, tels Network Planner de l'université Columbia (New-York, États-Unis).

Le modèle REM, quant à lui, offre le plus fin niveau de granularité jamais atteint jusqu'ici dans ce type d'environnements contraints en données : celui du bâtiment individuel.

Outil d'optimisation robuste conçu pour traiter des données à toutes les échelles du territoire (village, région ou pays), ce logiciel permet de comparer les coûts entre différents modes d'électrification combinés (extensions réseau, microréseaux ou systèmes autonomes) et d'identifier les zones les mieux adaptées à un fonctionnement couplé au réseau ou hors réseau →6. Le REM fournit également les premières préconisations techniques d'extension, mais également des études plus

fouillées sur ces chantiers ou sur les projets de microréseaux, qui permettent aux parties prenantes (entreprises, collectivités territoriales, investisseurs) de planifier et de budgéter chaque scénario.

Principe de fonctionnement

Pour arbitrer entre ces différents scénarii et en déduire la solution la moins coûteuse, le REM nécessite deux types d'entrée :

- Informations géospatiales et données sur les ressources : localisation des bâtiments, réseau de distribution existant (le cas échéant), limitations administratives ou liées au milieu, dont la topographie et les obstacles géologiques insurmontables ou générateurs de surcoût →2, disponibilité et prix des différentes ressources énergétiques ;
- Informations sur la demande et les coûts de l'électricité : typologie des bâtiments, caractérisation de la demande pour chacun de ces types (sur la base du profil de consommation horaire de bâtiments similaires dans un environnement comparable, du nombre d'appareils recensés et leur appartenance, ou du plan de charge) →4, niveau d'électrification des bâtiments, fiabilité du réseau existant, coût de l'énergie non distribuée (CEND), équipements réseaux et de production/exigences techniques, taux d'actualisation applicable pour déterminer la valeur actuelle nette d'un projet.

En entrée, la donnée fondamentale est la localisation des bâtiments dans la zone étudiée, puisque c'est ce niveau de granularité qui permet au REM de proposer une planification à petite comme à grande échelle. Or, malgré les nets progrès observés

récemment, cette information est encore rarement fournie par les autorités ou énergéticiens locaux. C'est pourquoi le modèle REM a recours à des images satellites →5, dont son algorithme extrait

—
L'algorithme du REM forme des grappes de bâtiments, conçoit des systèmes dédiés, puis compare les coûts des solutions viables.

la position des bâtiments, les regroupe en grappes, conçoit des systèmes dédiés, puis compare les coûts des solutions viables.

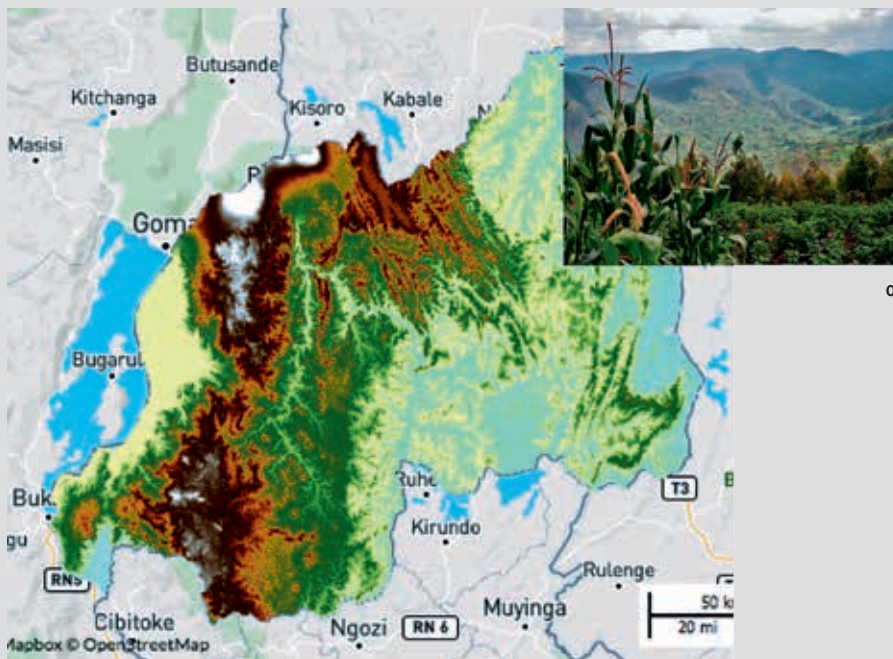
En sortie, le REM fournit un ensemble de scénarii de moindre coût pour toutes les charges d'une zone, sous deux formes : tableau énumérant les données de chaque grappe ou bâtiment isolé (système affecté et coût estimé, type de production et ventilation des coûts) ; fichiers visualisables dans un système d'information géographique (SIG) pour étudier la carte complète du territoire étudié →1.

Planificateurs et prescripteurs, publics ou privés, peuvent s'appuyer sur ces résultats pour formuler une multitude d'hypothèses sur l'exécution du projet et évaluer l'impact d'interventions politiques ou réglementaires. Au niveau de chaque système, l'objectif du REM est de fournir un socle fiable

—
01 Maquette de sortie REM : exemple d'affichage utilisateur

—
02 Exemple d'entrée REM : carte topographique du Rwanda

—
03 Relief montagneux au Rwanda : vue prise du village de Karambe (crédit photo : Ignacio Pérez-Arriaga)



03

permettant de mener des études de faisabilité et de suivi du projet et de garantir l'implication des parties prenantes.

État d'avancement

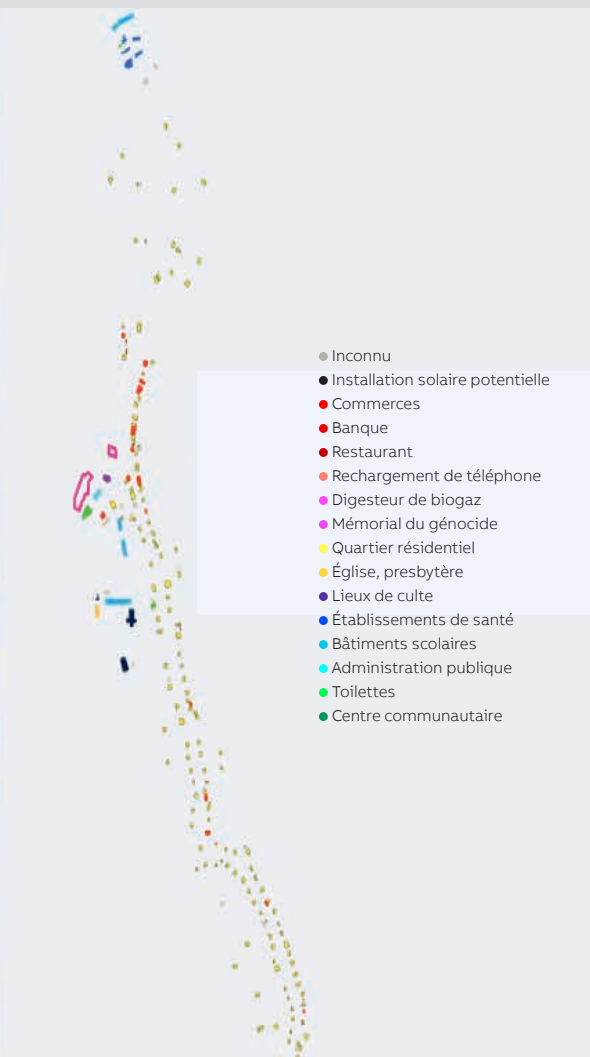
Le développement du modèle a été facilité par les premières tranches de chantiers de construction, qui ont permis d'améliorer ses fonctionnalités tout en capitalisant sur le retour d'expérience. Au Rwanda, par exemple, où l'équipe REM travaille avec les ministères de l'Équipement et de l'Éducation, il est maintenant établi que le relief montagneux du pays se prête particulièrement bien aux microréseaux →3, d'autant plus que l'extension du réseau de distribution pour desservir ou raccorder les populations reculées coûte cher. Pour ces villages perchés dans la montagne, l'enjeu d'un accès à l'électricité est de taille: il évite la corvée de descente en ville, ne serait-ce que pour acheter des piles ou recharger son téléphone!

L'exécution du modèle REM est complétée par des enquêtes approfondies auprès des populations en vue d'obtenir des estimations de charge fiables et réduire ainsi le risque et les coûts superflus d'un surdimensionnement des systèmes.

Le Bihar est l'un des états les plus pauvres de l'Inde. Dans le district de Vaishali, le REM a servi à modéliser une large palette de scénarii d'électrification avec, là encore, des résultats probants.

—
Les résultats permettent aux planificateurs, publics ou privés, d'envisager différents scénarii.

Il est surtout intéressant de noter que, dans ce cas, les analyses fournies par le REM indiquent que les zones déjà alimentées par le réseau de distribution restent de bons candidats au déploiement d'un microréseau si le réseau principal est peu fiable ou tarde à s'étendre.





05

— 04 Caractérisation des charges électriques du village de Karambe (Rwanda)

— 05 Premiers résultats fournis par l'algorithme REM d'extraction de la position de bâtiments à partir d'une image satellite

— 06 Graphe d'évolution des coûts selon différentes hypothèses de consommation et de mix de production

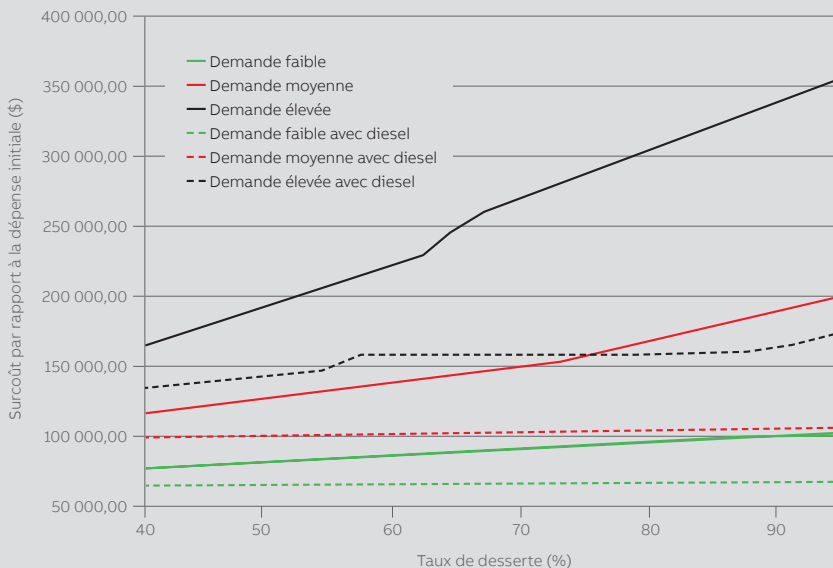
Par ailleurs, le manque de charges différenciées donne lieu à un même pic de consommation en soirée, qui oblige à stocker beaucoup d'énergie sur

dans le respect des prescriptions de fiabilité, tout en tenant compte à la fois des prévisions de charge et des historiques de données météo et d'ensoleillement.

— **Le REM sera un outil incontournable pour étudier et déterminer le meilleur bouquet de solutions dans les pays envisageant une électrification hybride.**

Le REM aide d'ores et déjà à mieux comprendre le rôle de premier plan que jouent les financements publics ou privés pour combler « le déficit de viabilité » entre la capacité financière des populations exclues du réseau et les coûteux investissements à prévoir pour améliorer leur accès à l'électricité. Face au foisonnement des projets envisagés à petite comme à grande échelle, le REM s'affirme comme un outil incontournable pour étudier et proposer le meilleur bouquet de solutions dans les pays candidats à l'électrification hybride. ●

batteries, gonflant d'autant la facture du micro-réseau. Le REM s'appuie sur une optimisation rigoureuse du système pour minimiser les dépenses d'investissement et d'exploitation



06



Sécurité intégrée





38

Depuis plus d'un siècle qu'ABB innove au service de ses clients, nous savons que les systèmes critiques d'une entreprise doivent être à la fois fiables et faciles d'utilisation. Il en va non seulement de la sûreté de fonctionnement des machines, mais aussi de la sécurité des biens et des personnes. Le Groupe s'appuie sur son expertise opérationnelle pour concevoir des appareils et systèmes de contrôle-commande dont la mission est double : réduire le risque de panne et, à défaut, en minimiser l'impact et la durée.

- 30 Facteurs humains et sécurité industrielle
- 35 Le poste de conduite entre dans l'ère de la mobilité
- 38 Coordination de l'isolement dans les postes à haute tension



30

SÉCURITÉ INTÉGRÉE

Facteurs humains et sécurité industrielle

Les opérateurs des sites de production modernes se voient confier une multitude d'activités qui compliquent leur tâche lorsqu'ils sont confrontés à des dysfonctionnements du process. Des études ont mis en évidence le rôle crucial d'une ergonomie bien pensée et optimisée de l'espace de travail pour limiter le risque d'erreurs et accroître la productivité.

Luis Duran
Hampus Schäring
Industrial Automation,
Control Technologies
Houston (États-Unis)

luis.m.duran@us.abb.com
hampus.scharing@
us.abb.com

Jeton Partini
Industrial Automation,
Control Technologies
Boras (Suède)

jeton.partini@se.abb.com

L'introduction en fabrication de systèmes informatiques et d'automatismes stratégiques pour l'entreprise a permis d'améliorer la sécurité et la productivité en exploitation normale. Mais qu'en est-il lorsque la machine industrielle se grippe ? C'est là que l'humain doit intervenir... →1.

Facteurs humains et culture de sécurité

L'être humain doit être au cœur de tout débat sur la sécurité. De nombreuses raisons justifient cette position centrale et, au premier chef, le fait que

Pour l'entreprise industrielle, la réussite d'une démarche sécurité passe par une stratégie claire et explicite de gestion des risques.

L'homme est souvent à l'origine des incidents et accidents, en dépit de la stricte culture sécurité qui prévaut dans le monde professionnel. Nombreuses en sont les conséquences, de la blessure légère à la catastrophe d'envergure faisant la manchette des journaux. Pour l'entreprise industrielle, la réussite d'une démarche sécurité passe par une stratégie claire et explicite de gestion des risques.

Comprendre et maîtriser le risque

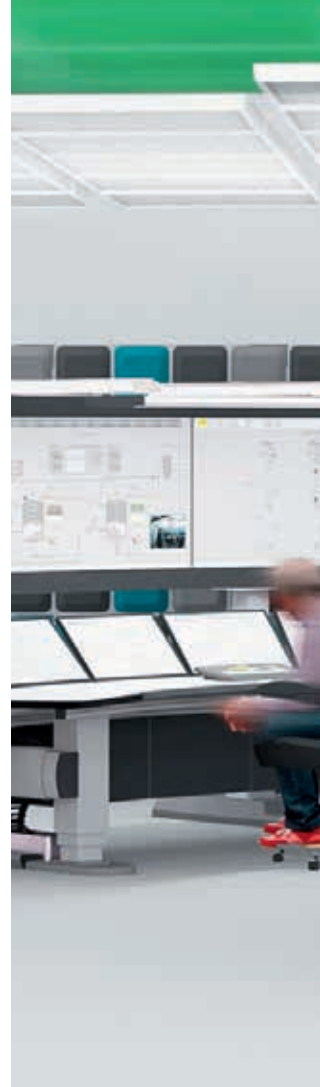
L'exploitant doit avant tout analyser les dangers et les risques pour prescrire les exigences globales de sécurité. Puis il importe de se concentrer sur les mesures proactives pour écarter, dans la mesure du possible, toute défaillance et, le cas échéant, limiter ses retombées. Les leçons de l'expérience constituent le point de départ idéal pour se poser les bonnes questions :

- Que faut-il changer après un incident pour éviter sa répétition ?
- Comment peut-on apprendre et tirer le meilleur parti de cette expérience ?
- Que faut-il modifier si la situation se reproduit ?

Plutôt que d'être vécue comme une corvée, la culture sécurité de l'entreprise devrait être l'occasion, tant pour l'employeur que l'employé, d'apprendre et de progresser. Ainsi peut-on aspirer à plus de sécurité et de productivité au travail →2.

La technologie, partie intégrante de la solution

Afin d'anticiper la défaillance, les meilleures pratiques industrielles répartissent la réduction des risques entre différentes couches de protection indépendantes, sous la forme de multiples fonctions ou systèmes autonomes. Le concept de « système instrumenté de sécurité » (SIS), bâti sur plusieurs niveaux de protection, en fait partie.





01

—
01 En dernier ressort, c'est à l'opérateur qu'il revient d'intervenir pour parer aux dysfonctionnements.

—
02 Sécurité et productivité devraient faire cause commune dans la culture d'entreprise.

Protection

Le système de contrôle-commande du procédé constitue une couche de protection qui, au-delà de favoriser la productivité, aide les équipes postées à maintenir le process dans des limites de fonctionnement sûr. À l'heure actuelle, la plupart de ces systèmes signale les anomalies à l'opérateur et l'épaule dans sa tâche en lui procurant un accès temps réel à l'information vitale.

Pour autant, lorsque des événements surviennent trop rapidement pour permettre une intervention efficace de l'opérateur, d'autres couches de protection, telles qu'un SIS automatique, entrent en action pour rétablir les conditions d'exploitation normales.

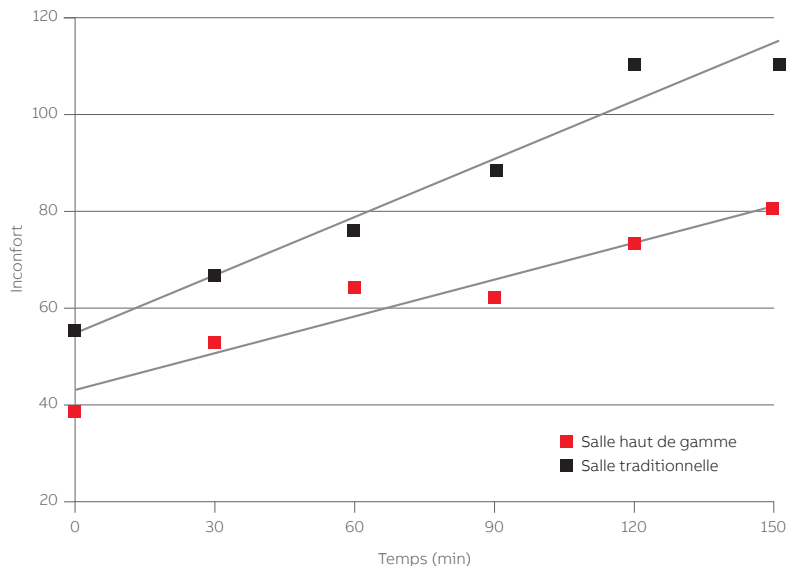
—
Pour anticiper la défaillance, les meilleures pratiques industrielles répartissent la réduction des risques entre différentes couches de protection indépendantes.

Cette sécurité fonctionnelle, prévue dès la conception, s'appuie sur un socle normatif, dont la CEI 61508 et la CEI 61511, qui entendent établir et dans certains cas dicter les meilleures pratiques de conception, de documentation, de validation et de vérification d'un projet sécurité.

Si l'une de ces couches, de nature technologique ou humaine, échoue dans la prévention du danger, d'autres barrières (non visées dans cet article) ont vocation à en limiter les conséquences : systèmes de protection contre les incendies et les risques liés au gaz, procédures d'intervention d'urgence, etc.

02





03

Reste que, dans les faits, toutes ces technologies sont conçues et mises en œuvre par des êtres humains; à ce titre, elles ne sont ni parfaites, ni sûres à 100%!

Intégration contrôle-commande/sécurité

L'intégration des systèmes de contrôle-commande et de sécurité est la clé de l'efficacité opérationnelle et de la réduction de certaines sources d'erreur humaine. Nombreux en sont les avantages :

- Les modes communs de défaillance sont envisagés avant même le lancement du produit ;
- Le produit standard peut être sécurisé pour interdire l'accès à des installations sensibles ;
- Les essais intégrés se déroulent en laboratoire, en présence d'experts ultracompetents dans les multiples technologies à l'œuvre.

L'humain, au centre de la conception

Selon plusieurs estimations, près de 70% des incidents signalés par l'industrie du pétrole et du gaz dans le monde sont dus à des erreurs humaines et comptent pour plus de 90% des pertes financières du secteur. Ce double défi, technique et économique, peut être relevé en adaptant l'environnement psychosocial de l'opérateur de conduite à son milieu de travail physique, grâce aux apports de l'ingénierie des facteurs humains et de l'ergonomie.

Concevoir l'espace de travail d'une salle ou d'un centre de conduite en vue de réduire l'erreur humaine est une tâche aussi ambitieuse que fondamentale. Elle repose en grande partie sur une conception soucieuse de faire coïncider les caractéristiques physiques et psychosociales du cadre opérationnel; une adéquation dans laquelle l'organisme britannique HSE (Health and Safety

Executive) chargé de la recherche sur la santé et la sécurité inclut la conception du poste et du lieu de travail dans sa globalité. Le volet psychologique de la démarche implique la charge mentale de l'individu, à savoir les exigences d'information et de prise de décision, ainsi que sa perception des tâches et des risques. Logiquement, toute inadéquation entre exigences opérationnelles et aptitudes personnelles est potentiellement génératrice d'erreur [1].

—
On peut éviter l'erreur humaine en adaptant l'environnement psychosocial de l'opérateur de conduite à son espace de travail physique.

Parmi l'arsenal réglementaire et normatif régissant la conception ergonomique d'un poste ou d'une salle de conduite, citons le référentiel international ISO 11064, élaboré par l'industrie offshore.

Développer l'environnement de conduite

Malgré la prévalence et le coût de l'erreur humaine, les concepteurs de centres et salles de commande se sont davantage attachés aux aspects physiques de cet environnement et au procédé lui-même qu'à la dimension humaine. Facteur aggravant : de plus en plus amenés à passer d'une commande locale à une conduite centralisée, éloignée du terrain, les opérateurs voient leur charge de travail s'intensifier, tout comme le niveau de stress et ses effets

— 03 Niveau d'inconfort perçu dans une salle de commande traditionnelle et une salle haut de gamme

— 04 La flexibilité du poste de travail multi-écran panoramique Extended Operator Workplace d'ABB permet une approche centrée sur l'utilisateur et améliore l'efficacité opérationnelle.

dévastateurs : dépression, anxiété, épuisement professionnel. Une piètre ergonomie, un mauvais éclairage et le bruit peuvent fragiliser la santé et exacerber la charge mentale de l'opérateur.

— **Sensibiliser les opérateurs aux moyens d'améliorer leur santé est l'un des principaux facteurs qui poussent ABB à mettre au point de nouvelles solutions pour identifier les premiers signes de sursollicitation et de dégradation de la santé.**

L'alignement des éléments physiques et psychosociaux améliore de facto la santé et le bien-être des salariés. Les entreprises devraient développer des politiques de gestion du stress et d'accompagnement pour repérer et éradiquer les pratiques de travail sources d'insatisfaction. Il va de soi que les processus cognitifs et l'aptitude à résoudre des problèmes varient énormément d'un individu à l'autre ; certains opérateurs excellent par exemple dans le multitâche, quand d'autres sont plus à même d'appréhender la complexité d'une mission,

d'analyser des données ou de mener efficacement une équipe. Tous partagent néanmoins une même valeur : la santé. Sensibiliser le personnel à cette question est l'un des principaux facteurs qui poussent ABB à mettre au point de nouvelles solutions pour déceler au plus tôt les premiers signes de sursollicitation de l'employé et de dégradation de son état de santé.

Cette conception axée sur l'humain est d'autant plus impérieuse que s'accroît la pression exercée par le vieillissement des effectifs. Pour prévenir la perte de connaissances et de compétences, il convient d'attirer les jeunes vers une carrière industrielle. Encore faut-il leur proposer un cadre de travail satisfaisant.

Vision panoramique

N'améliorer que le volet physique ou psychosocial de l'environnement de conduite n'est pas la solution : les deux aspects doivent progresser de concert. C'est ce qui ressort d'une étude comparative menée par ABB et l'université Chalmers, en Suède, entre une salle de commande traditionnelle et son équivalent haut de gamme. Si, dans les deux cas, l'inconfort perçu par les opérateurs s'est accru au fil du temps, ce ressenti s'est avéré moindre dans la salle haut de gamme offrant un environnement physique et psychosocial global et cohérent →3.





05

—
05 Un environnement de conduite ergonomique réduit le risque d'erreur.

Bibliographie

[1] « Reducing error and influencing behavior », Health and Safety Executive (HSE), disponible en ligne sur : www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg48.pdf, 1999.

Améliorer l'efficacité

On peut influencer la performance en modulant les niveaux d'éclairage ; en effet, un éclairage puissant renforce la motivation tout en réduisant les risques d'erreurs et d'accidents. L'éclairage a également un impact direct sur la santé et le bien-être puisque le rythme circadien de l'homme est conditionné par la luminosité ambiante. ABB a coopéré avec l'université de Lund (Suède) et d'autres organismes pour fournir aux équipes de conduite une plateforme d'éclairage centrée sur leurs besoins. Les opérateurs ont notamment pu régler l'éclairage de leur plan de travail avec une source lumineuse de teinte chaude ou froide →4, dans une plage de 900 à 1800 lux, bien supérieure au minimum de 500 lux préconisé par l'ISO 11064.

Une autre façon d'améliorer l'efficacité opérationnelle est de resserrer l'éventail des possibilités de communication, car l'opérateur ne devient pas plus performant en jonglant avec pléthore d'outils en même temps ! Au lieu de passer par une armada d'équipements radio VHF/UHF, téléphoniques et cellulaires, d'interphones et de haut-parleurs, etc., toutes les transmissions peuvent transiter par un seul appareil.

Enfin, le recours au son dirigé pour gérer les niveaux de bruit améliore également l'environnement de travail ; les haut-parleurs directifs ou « douches sonores », qui permettent de diffuser un message à un auditeur de manière ciblée et localisée, sans gêner les autres, sont pour cela tout désignés.

Priorité à l'humain

Planifier soigneusement l'activité pour parer à l'erreur humaine est un élément essentiel de la conception d'une salle de conduite. Faute d'identifier toutes les éventualités opérationnelles et de prévoir une réponse adaptée du contrôle-commande à pareilles situations, les concepteurs peuvent induire l'exploitant en erreur. Ces défaillances latentes risquent de passer inaperçues jusqu'à ce que se produise un faisceau d'événements convergeant vers l'incident. L'opérateur est alors souvent pris au dépourvu, incapable de réagir à bon escient.

—
L'intégration contrôle-commande/sécurité est la clé pour mener des opérations efficaces et minimiser certaines sources d'erreur.

Les investissements dans de nouvelles installations ou la modernisation de l'existant sont l'occasion pour l'industriel de réduire la propension à l'erreur, notamment par l'adoption de bonnes pratiques ergonomiques centrées sur l'utilisateur →5. Cette prise en compte de la dimension humaine d'une salle de conduite procurera des avantages supplémentaires ainsi qu'un environnement de travail plus sûr et plus productif. Car la sagesse veut que l'on donne, en fin stratégie, la primauté à l'homme. ●

SÉCURITÉ INTÉGRÉE

Le poste de conduite entre dans l'ère de la mobilité

Un opérateur est parfois amené à s'absenter temporairement de son poste. ABB a créé un prototype d'espace de travail qui vise à améliorer sa mobilité en lui permettant de continuer à travailler efficacement sans avoir à rester devant son pupitre.

Veronika Domova
Saad Azhar
Jonas Brönmark
ABB Corporate Research
Västerås (Suède)

veronika.domova@
se.abb.com
saad.azhar@se.abb.com
jonas.bronmark@
se.abb.com

Maria Ralph
Ancienne collaboratrice ABB

Aujourd'hui, les opérateurs postés travaillent souvent sur des pupitres de commande dont la complexité a été décuplée en à peine une décennie.

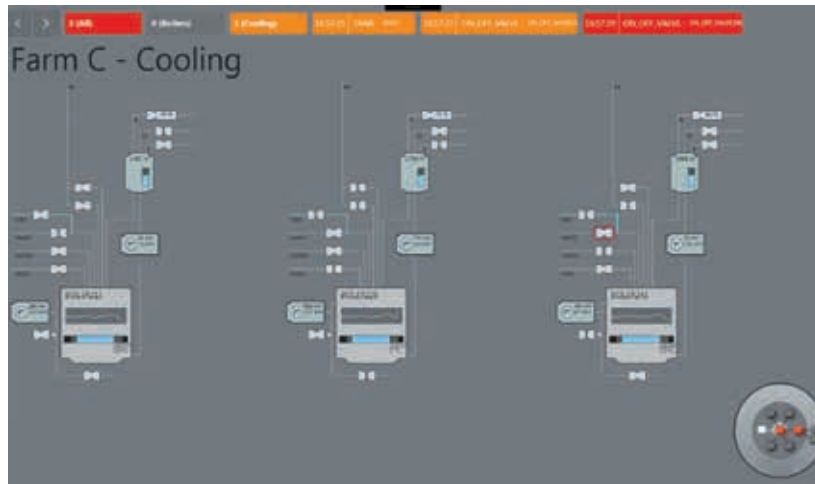
Premier objectif du prototype ABB: offrir à l'opérateur plus de flexibilité et de mobilité dans son interaction avec le système de contrôle-commande.

Même si les solutions de conduite automatique de procédé prennent en charge de nombreux événements, une surveillance humaine permanente reste généralement indispensable. Pourtant, l'opérateur peut avoir à quitter son poste plusieurs fois pendant son quart. Comment l'aider alors à garder un œil vigilant sur le process ?

Concevoir une solution offrant plus de mobilité aux équipes de conduite passe d'abord par une compréhension approfondie de leur travail. À cette fin, ABB a observé et consulté des opérateurs pour mieux appréhender leurs pratiques et habitudes, objectifs, besoins et soucis, et a dressé les constats suivants :

- Les opérateurs interagissent avec des interfaces graphiques complexes sur différents écrans et naviguent entre de nombreuses vues du système de contrôle-commande ;
- Choisir la souris correspondant au bon écran et naviguer jusqu'à une vue ou un objet donné s'avèrent problématiques. La navigation se fait généralement au moyen de menus déroulants en cascade, parfois tellement fournis qu'ils occupent tout l'écran ;
- Quand l'opérateur doit quitter son poste, par exemple pour aller voir un collègue, il peut difficilement rester informé des événements affichés sur son propre pupitre (notamment les alarmes déclenchées) ;
- L'opérateur peut avoir besoin de sortir de la salle de conduite, par exemple pour se rendre dans l'atelier. À son retour, il lui faudra peut-être un temps supplémentaire pour enlever son équipement ou ses vêtements de sécurité, ou se laver les mains, avant de reprendre sa tâche.

Les informations ainsi recueillies ont dessiné les grandes lignes de la nouvelle solution.



01



02

Conception

Les besoins identifiés durant ces entretiens et séances d'observation ont permis de construire un prototype. Le premier objectif était d'offrir à l'opérateur plus de flexibilité et de mobilité dans son interaction avec le contrôle-commande:

- Possibilité de travailler à distance des écrans;
- Souplesse d'action et de conduite;
- Rapidité de navigation entre différentes vues du système;

- Atteinte rapide d'un objet particulier du procédé dans une vue;
- Meilleure appréciation de la situation pour une détection rapide des alarmes, de leur type et de l'état de la vue de procédé active.

—
L'éclairage ambiant, blanc en service normal, passe au rouge sur déclenchement d'une alarme urgente et à l'orange sur réception d'un avertissement.

03



Les caractéristiques de ce prototype sont les suivantes :

- Interface graphique adaptable, qui ajuste la taille des textes et des objets affichés selon que l'opérateur travaille à l'intérieur ou à l'extérieur de la salle de conduite →1,2;
- Variation de l'éclairage ambiant en fonction de la situation : blanc en l'absence d'alarme, rouge vif en présence d'au moins une alarme urgente et orange sur simple avertissement. Outre ce code couleur, une variation d'intensité lumineuse indique le niveau de priorité de l'alarme →3;

—
01 Exemple de réduction de l'affichage pour une vision de près

—
02 Exemple d'agrandissement de l'affichage pour une vision de loin

—
03 Éclairage ambiant variable selon le niveau d'alarme

—
04 Affichage, par commande oculaire et vocale, des informations sur un graphique de procédé

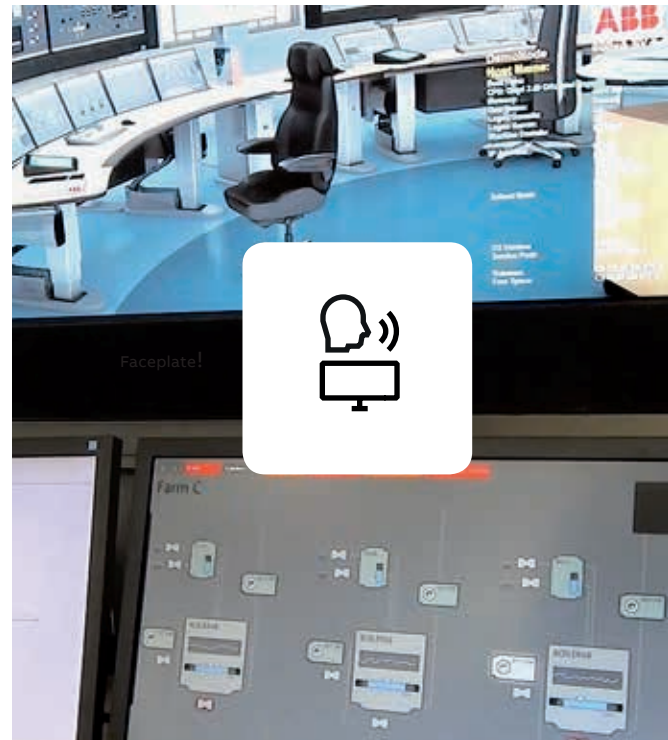
—
05 Pointage d'un graphique de procédé avec Leap Motion

- Différents sons représentatifs de l'objet déclencheur du signal d'alarme et de la gravité de celle-ci (par exemple, bruit d'eau bouillante pour une alarme chaudière);
- Nouveaux modes de pilotage et d'interaction gestuelle basés sur le système de reconnaissance de mouvement Kinect développé par Microsoft, sur le système de commande oculaire de la marque Tobii (un des chefs de file mondiaux du secteur), ainsi que sur le système de reconnaissance vocale et le logiciel de reconnaissance de mouvement des mains Leap Motion, édité par la jeune pousse californienne du même nom. Par exemple, l'opérateur peut, en fixant des yeux un graphique de procédé, ordonner par commande vocale →4 l'ouverture du synoptique correspondant et visualiser ainsi des informations sur l'objet en question, mais aussi naviguer dans la hiérarchie des vues en levant ou en

—
Concevoir une solution offrant plus de mobilité et d'interactivité aux opérateurs passe d'abord par une compréhension approfondie de leur travail.

baissant la main. Enfin, son index peut servir de pointeur de souris pour sélectionner et cliquer sur des objets →5.

Ces modes d'interaction permettent de s'affranchir de la souris et du clavier, pour plus de souplesse, de mobilité et de liberté de conduite. Ils évitent aussi de sélectionner la mauvaise souris parmi plusieurs possibilités sur un même bureau, au profit d'une meilleure concentration sur la tâche à effectuer.

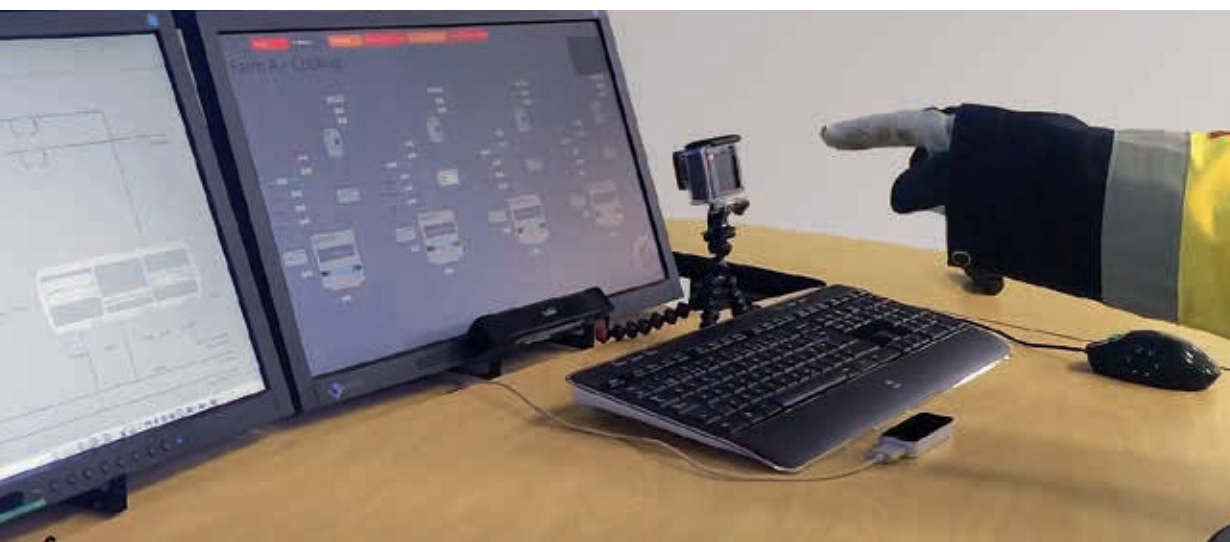


04

Enfin, la faculté d'accéder aux informations nécessaires tout en se déplaçant librement à l'intérieur comme à l'extérieur de la salle garantit une bonne appréciation de la situation à tout moment.

Ce type de solution convient à un large éventail de procédés, améliorant la liberté de mouvement des opérateurs, dans le respect des règles de la conduite industrielle. ●

05



SÉCURITÉ INTÉGRÉE

Coordination de l'isolement dans les postes à haute tension

La coordination de l'isolement vise à déterminer la rigidité diélectrique des transformateurs et d'autres composants du poste électrique dans les réseaux soumis aux surtensions. Après avoir évalué les caractéristiques de l'isolement, le concepteur de l'équipement peut choisir un système de protection à même de réduire ou de supprimer les risques de défaillance suite à un choc de foudre.

Tomasz Kuczek
Tomasz Chmielewski
ABB Corporate Research
Cracovie (Pologne)

tomasz.kuczek@pl.abb.com
tomasz.chmielewski@
pl.abb.com

Akram Abdel-Latif
ABB Power Grids,
Grid Integration
Baden (Suisse)

akram.abdel-latif@
ch.abb.com

Divers événements, caractérisés par une onde d'amplitude, de temps de montée et de fréquence spécifiques, peuvent générer des surtensions dans le réseau électrique. Les normes internationales en matière de coordination de l'isolement (CEI 60071) préconisent de représenter ces événements dans le domaine fréquentiel.

Cet article s'intéresse principalement aux phénomènes à haute fréquence (HF), classés parmi les transitoires à front rapide. Ces transitoires, généralement dus à un choc de foudre, peuvent engendrer des surtensions égales à cinq fois, voire plus, la tension assignée de fonctionnement.

Les transitoires de foudre peuvent engendrer des surtensions de cinq fois, voire plus, la tension assignée de fonctionnement.

Pour limiter les surtensions excessives, des parafoudres judicieusement dimensionnés et positionnés (de la gamme Polim d'ABB par exemple) sont très efficaces. Leur mise en œuvre est simple, mais comporte divers aspects à

01



—
01 Comment garantir la tenue de l'appareillage d'un poste électrique (ici, de 132 kV) aux surtensions causées par un choc de foudre ?

prendre en compte lors de leur sélection, dont le plus complexe est l'évaluation de la protection contre les surtensions transitoires.

Auparavant, les ingénieurs n'avaient aucun moyen de mener à bien les études complexes nécessaires à une meilleure compréhension du phénomène. Ils sont aujourd'hui épaulés par des logiciels de

—
Des parafoudres judicieusement dimensionnés et positionnés sont très efficaces pour limiter les surtensions excessives.

simulation de transitoires électromagnétiques (TEM), qui sont même incontournables dans certains cas.

Modéliser

Lorsqu'un poste haute tension (HT) est alimenté par des lignes aériennes, les chocs de foudre sont imparables →1. La foudre frappe soit directement la phase, soit le conducteur de garde en contournant l'isolateur. La tension peut alors atteindre

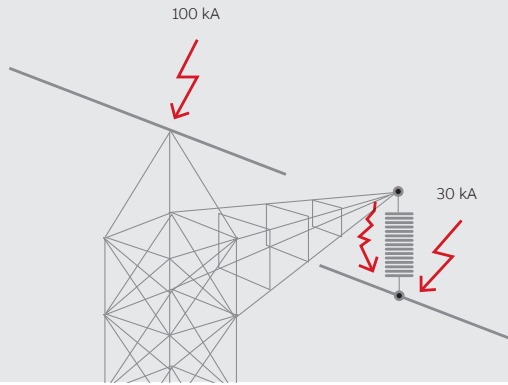
plusieurs mégavolts (MV) à des fréquences comprises entre 50 kHz et 10 MHz. Les études TEM s'appuient sur les valeurs d'intensité et les formes d'ondes de foudre établies par des référentiels internationaux (CEI, CIGRÉ), à partir de nombreuses années de mesure. Même si la foudre est par nature un phénomène imprévisible, cette approche garantit une approximation satisfaisante du courant de foudre →2.

Protéger

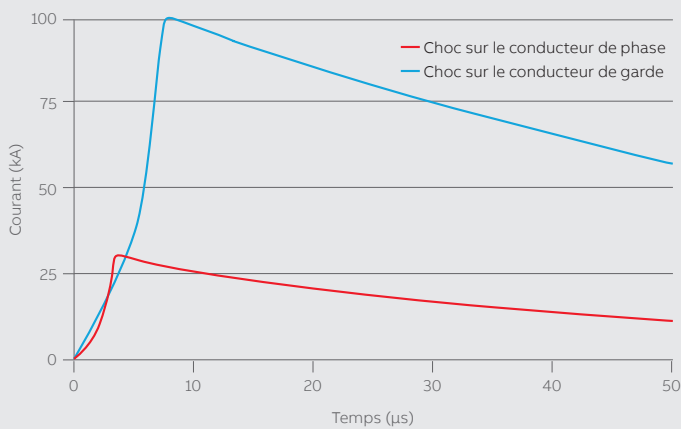
Un choc direct ou un contournement crée une onde de surtension qui se propage le long du conducteur de phase jusqu'au poste électrique. Ce n'est qu'en limitant ces surtensions que l'exploitant peut garantir un fonctionnement sûr et fiable de l'appareillage, notamment des transformateurs, qui sont les éléments les plus coûteux du système électrique. Il est possible d'utiliser à cet effet les caractéristiques non linéaires des parafoudres à oxyde de zinc, dont la consommation de courant est négligeable en régime permanent mais très élevée, de l'ordre du kiloampère (kA), en cas de choc de foudre ou d'événement similaire.

Ainsi, les surtensions sont maintenues sous le seuil maximal admissible.

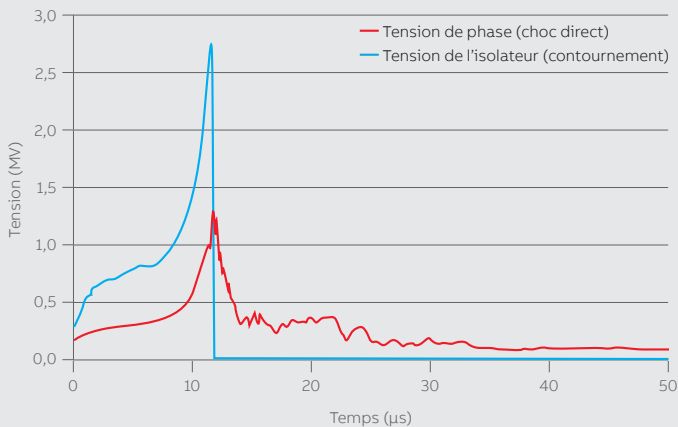




02a



02b



02c

U_c étant la tension maximale de service permanent, le graphique →3 illustre le comportement de la tension en fonction du courant avec une onde de foudre « 8/20 ». Les valeurs 8 et 20 indiquent le temps nécessaire, en microsecondes (μs), pour que le courant atteigne sa valeur crête et sa valeur

En règle générale, il faut placer le parafoudre au plus près du matériel à protéger.

de queue. La courbe 8/20 est l'une des formes d'onde de courant de décharge normalisée la plus utilisée depuis de nombreuses années, bien qu'elle ne reproduise pas tous les chocs de foudre.

Simuler

Les études de coordination de l'isolement doivent partir du principe que les pires conditions possibles surviendront toutes en même temps. Si l'on veut s'en prémunir, il y a lieu de vérifier plusieurs aspects critiques de l'installation : pente et crête de l'onde de foudre, topologie du poste, disposition des lignes aériennes, présence de câbles HT, structure du pylône, caractéristiques assignées et emplacement des parafoudres. Ces aspects peuvent être étudiés au moyen d'un réseau HT type modélisé dans le logiciel EMTP-ATP (« Electromagnetic Transients Program-Alternative Transients Program »). Le réseau étudié se compose d'une ligne aérienne de 380 kV, d'un câble HT alimentant l'appareillage à isolation gazeuse du poste et d'un transformateur de puissance →4.

Les graphiques →5, 6 présentent les résultats de simulations de chocs de foudre sur le conducteur de phase (choc direct) et de garde (contournement). L'ajout de parafoudres fait redescendre la valeur crête de la surtension sous les seuils admissibles de tension de tenue au choc (valeur crête), soit 1425 kV pour les réseaux 400 kV selon la CEI 60071. La norme définit également un « facteur de sécurité k_s » de 1,15. Certains clients exigent un k_s de 1,20 voire 1,25. La marge d'erreur étant plus grande, le parafoudre doit être spécifié en conséquence.

—
02 Simulation TEM d'un choc de foudre sur un pylône (Groupe de travail 33.01 « Foudre » du CIGRÉ)

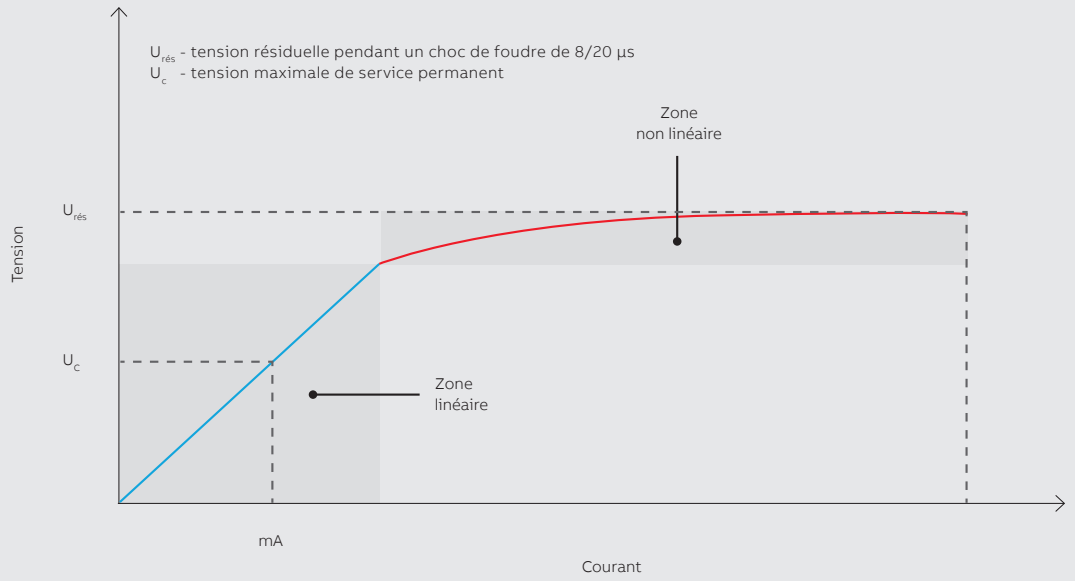
02a Structure du pylône et impacts des chocs de foudre

02b Onde de courant

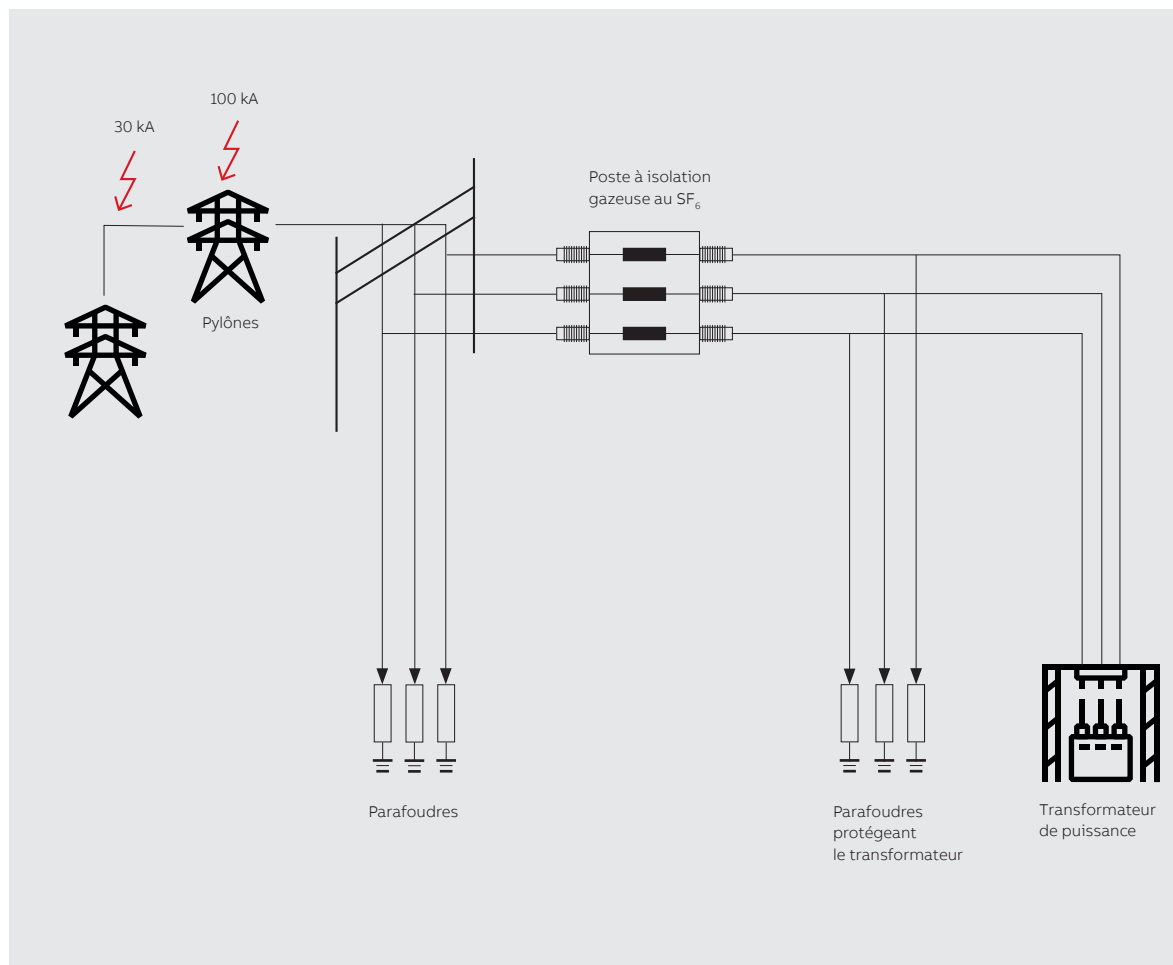
02c Niveaux de tension

—
03 Caractéristiques non linéaires du parafoudre PEXLIM d'ABB

—
04 Schéma simplifié du réseau 380 kV modélisé



03



04

Sans oublier ...

Le parafoudre n'est pas le seul facteur en jeu ; la simulation doit aussi prendre en compte la longueur des câbles d'interconnexion des parafoudres. En règle générale, il faut placer le parafoudre au plus près du matériel à protéger (transformateur,

—
Les services de simulation de coordination de l'isolement fournis par ABB couvrent aussi l'analyse des événements liés à la manœuvre des disjoncteurs ou des sectionneurs.

câble ou appareillage d'interruption). Des câbles trop longs diminuent ses capacités d'atténuation des surtensions, surtout aux fréquences plus élevées. En effet, la réactance inductive des raccordements joue un rôle plus important pendant les transitoires HF qu'en régime permanent à 50/60 Hz →7,8.

Autrement dit, le choc de foudre entraîne une chute de tension supplémentaire susceptible de porter la surtension au-delà de la tension de tenue au choc.

La conception doit donc s'attacher à réduire autant que possible la longueur des câbles du parafoudre. Ce critère prend toute son importance dans les réseaux HT et ultra haute tension (UHT), où les câbles sont généralement longs.

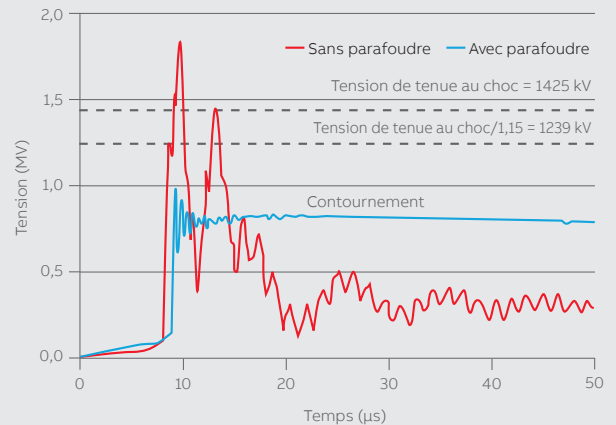
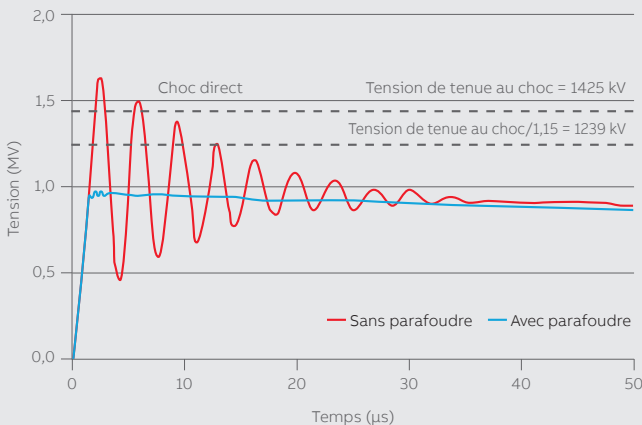
Autre facteur à prendre en compte: la capacité du parafoudre à gérer les grandes quantités d'énergie dégagées par les surtensions. Les parafoudres sont répartis en 5 classes de décharge de ligne, de la plus faible (1) à la plus élevée (5).

Les dispositifs de classe 2 peuvent être installés dans des zones peu dangereuses, où le foudroiement est rare et les manœuvres sont occasionnelles. Les parafoudres de classe 5 sont exigés lorsque le foudroiement est important et que les manœuvres sont fréquentes (quotidiennes) →9. Le concepteur peut choisir une classe supérieure aux exigences de l'installation pour bénéficier d'une marge de sécurité supplémentaire.

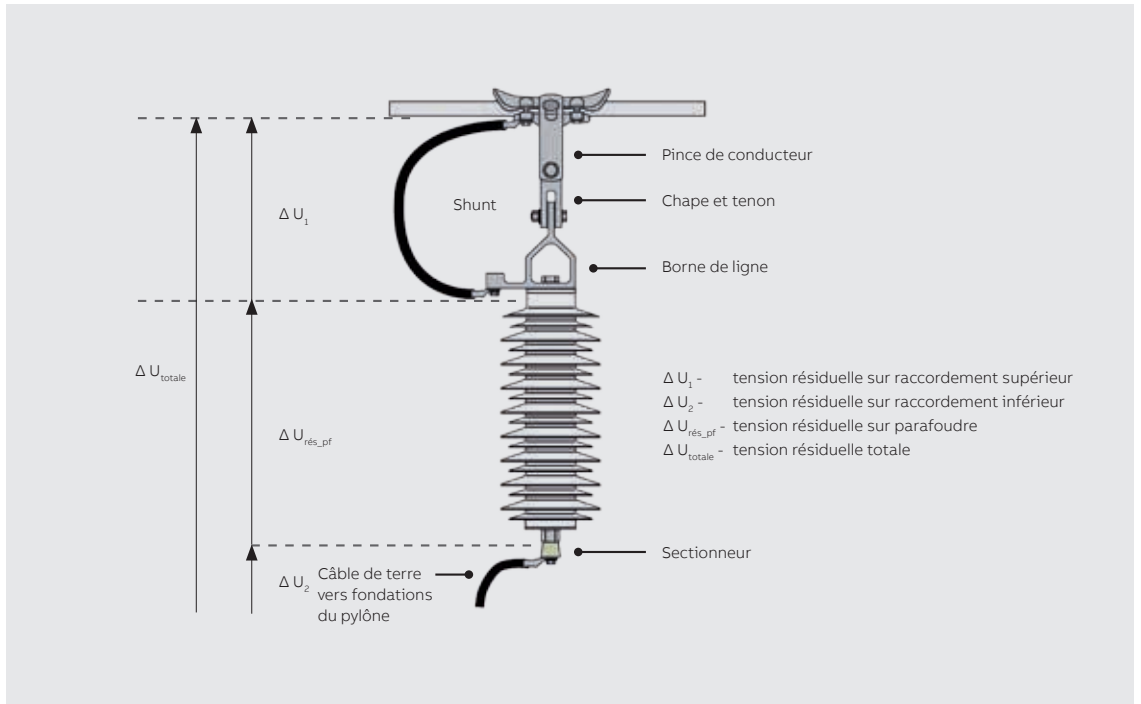
Approche orientée client

Les parafoudres proposés sont-ils adaptés au poste électrique ? Tout projet d'étude, de montage et de mise en service d'appareillage à isolation gazeuse HT doit amener à se poser cette question. Les clients apprécient généralement de disposer d'études basées sur les dernières normes et spécifications internationales en la matière, à savoir :

- la CEI60071;
- l'IEEE C62.82.1 (révision des standards IEEE 1313.1 et 1313.2).



- 05 Simulation de surtension aux bornes HT du transformateur (choc direct)
- 06 Simulation de surtension (contournement)
- 07 Tensions résiduelles dans un parafoudre avec raccords supérieur/ inférieur
- 08 Surtension en fonction de la longueur totale des câbles
- 09 Comparatif des tensions résiduelles pour différentes classes de décharge d'un parafoudre pendant une onde de courant de 8/20 µs



07

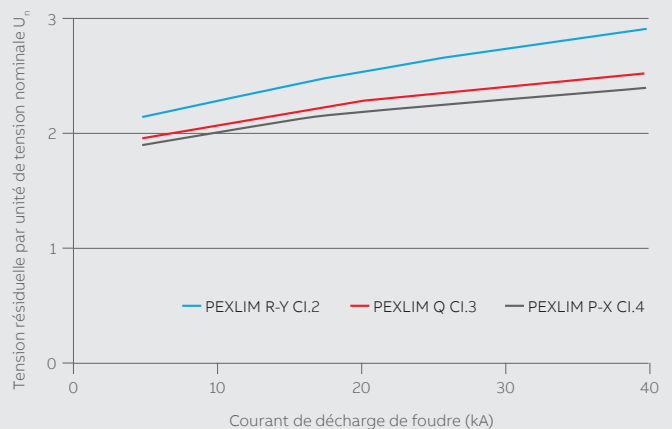
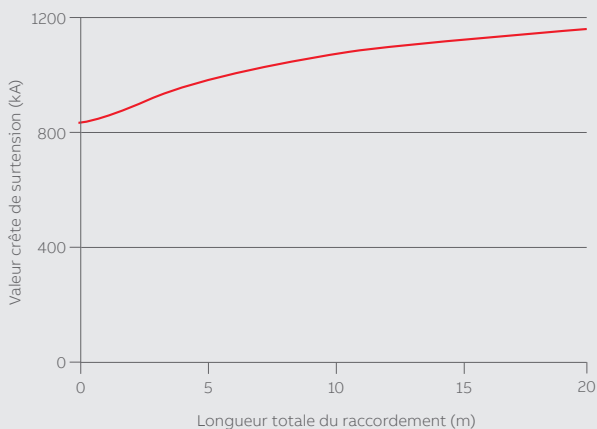
Les études de transitoires HF effectuées par ABB respectent ces normes. Sans compter que certains clients imposent leurs propres spécifications techniques, qui doivent aussi figurer au rapport

Le client est toujours en droit d'examiner le rapport de coordination de l'isolement et de demander des éclaircissements sur certains points. Cette prérogative, gage de transparence et d'ouverture, garantit l'exactitude des résultats et leur conformité aux spécifications client.

La tension peut atteindre plusieurs mégavolts à des fréquences de 50 kHz à 10 MHz.

Il va de soi que l'étude des surtensions dues à la foudre n'est qu'un aspect de la conception d'un poste. ABB assure également des services de simulation de coordination de l'isolement qui vont au-delà de ce domaine en analysant, par exemple, les événements liés à la manœuvre des disjoncteurs ou des sectionneurs, à tous les niveaux de tension. ●

final. Si certaines des exigences du client ne peuvent pas être remplies, il est capital de trouver un accord à ce sujet. Cela peut éventuellement passer par une approche originale, que les normes internationales ne décrivent pas totalement.





Numérique et analyti



e



46

que

L'informatique en nuage, ou « cloud computing », consiste à collecter, à agréger, à analyser et à exploiter des quantités colossales de données éparses, à des vitesses souvent bien supérieures aux capacités humaines, là où la réactivité est cruciale pour la sécurité ou le budget de l'entreprise. ABB conforte sa suprématie technologique dans ce domaine pour l'étendre aux applications industrielles critiques. Avec la nouvelle plate-forme ABB Ability™, les clients du Groupe peuvent mutualiser optimiser, automatiser et analyser les données : de quoi dégager l'horizon d'un concept encore nébuleux...

- 46 Surveiller, optimiser et piloter les réseaux d'énergie avec ABB Ability™
- 53 Sécuriser les transformateurs de forte puissance

53

NUMÉRIQUE ET ANALYTIQUE

Surveiller, optimiser et piloter les réseaux d'énergie avec ABB Ability™

Le nouveau système de contrôle-commande de la distribution électrique EDCS (Electrical Distribution Control System), qui fait partie de l'offre de solutions ABB Ability™, s'appuie sur les disjoncteurs connectés Emax 2 pour mettre en place une application de surveillance, d'optimisation et de conduite des réseaux basse tension, hébergée dans le nuage (« cloud »).



Nicola Scarpelli

ABB Electrification
Products, Protection and
Connection
Bergame (Italie)

nicola.scarpelli@it.abb.com

Autrefois, la filière électrique était simple : de grandes entreprises publiques, propriétaires de centrales d'énergie géantes, avaient le monopole de la production, du transport et de la distribution d'électricité jusqu'au consommateur final. Aujourd'hui, l'ouverture du marché à une myriade de petits producteurs et distributeurs bouleverse la donne.

L'essor des énergies renouvelables, qui représentent dorénavant une part importante du mix énergétique dans de nombreux pays, a accéléré cette mutation.

Ce nouveau paysage énergétique oblige à maîtriser les coûts et la complexité : toute dépense supplémentaire en matériel ou logiciel de conduite ou de gestion du réseau prend rapidement des proportions démesurées. Sans compter que ces surcoûts augmentent aussi avec la complexité. Les innovations matérielles et logicielles visant à réduire ces dépenses se sont multipliées. Face au foisonnement de systèmes numériques et de fournisseurs en lice, une approche totalement intégrée est indispensable.

Plate-forme intégrée

Fin 2016, ABB a dévoilé sa nouvelle solution logicielle ABB Ability™, qui rassemble tous les produits et services numériques du Groupe en une plate-forme centralisée conjuguant savoir-faire applicatif, maîtrise technologique et expertise numérique pour offrir plus de valeur ajoutée à ses clients. ABB Ability ne se contentera pas d'héberger un portefeuille numérique ; elle décuplera les capacités de l'Internet industriel des objets (IIoT) en favorisant une communication transversale et évolutive entre secteurs d'activité.

ABB Ability capitalise sur l'un des plus grands parcs installés au monde, fort de plus de 70 000 systèmes de contrôle-commande numérique (SNCC) et de plus de 70 millions d'instruments disséminés sur le terrain : un immense gisement pour les clients ABB.

—
01 L'Emax 2 centralise les données d'un microréseau basse tension ou de tout autre réseau électrique.

ABB Ability repose sur la solution de cloud Microsoft Azure™, gage de performance, de sécurité et de fiabilité accrues. Grâce à ce partenariat stratégique, les clients peuvent accéder aux connaissances sectorielles pointues et au vaste portefeuille de solutions industrielles ABB via la plate-forme cloud intégrée Microsoft Azure.

Cette mutation numérique ne se cantonnera pas à la distribution électrique EDCS, mais bénéficiera également à la robotique, aux infrastructures maritimes et portuaires, aux bâtiments, aux véhicules électriques et aux énergies renouvelables.

Filière électrique

Dans le domaine des réseaux électriques, les appareillages basse tension (BT) d'ABB s'interfacent avec le système EDCS pour donner naissance à une solution novatrice de gestion de l'énergie et des actifs exploitant le plein potentiel d'ABB Ability.

Cette dernière s'appuie sur une infrastructure de communication existante (Internet) et un produit existant, ici le disjoncteur à coupure dans l'air Emax 2, qu'elle dote de fonctionnalités évoluées pour offrir une protection, une optimisation, une connectivité et une logique ultra-performantes. Le client peut alors gérer la charge, la production et le stockage sans coûteux dispositif supplémentaire. La solution EDCS élargit le champ des possibles : l'utilisateur surveille, optimise et pilote ses systèmes électriques via un cloud Azure directement intégré au concept ABB Ability.

Le disjoncteur Emax 2 devient ainsi le centre névralgique du réseau de distribution BT, dont il gère à la fois les flux de puissance et de données →1.

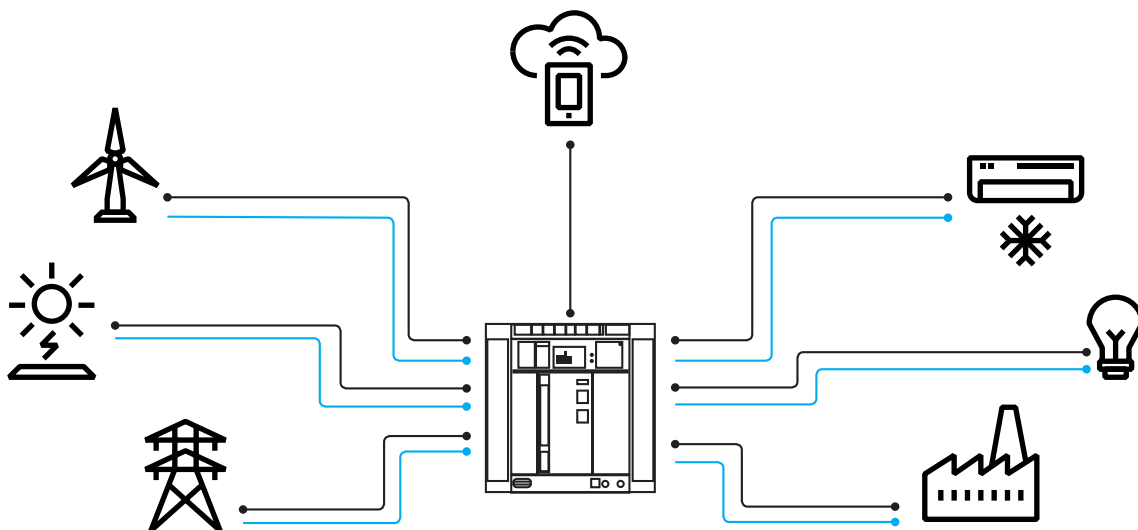
La solution ABB Ability EDCS a trois grandes fonctions :

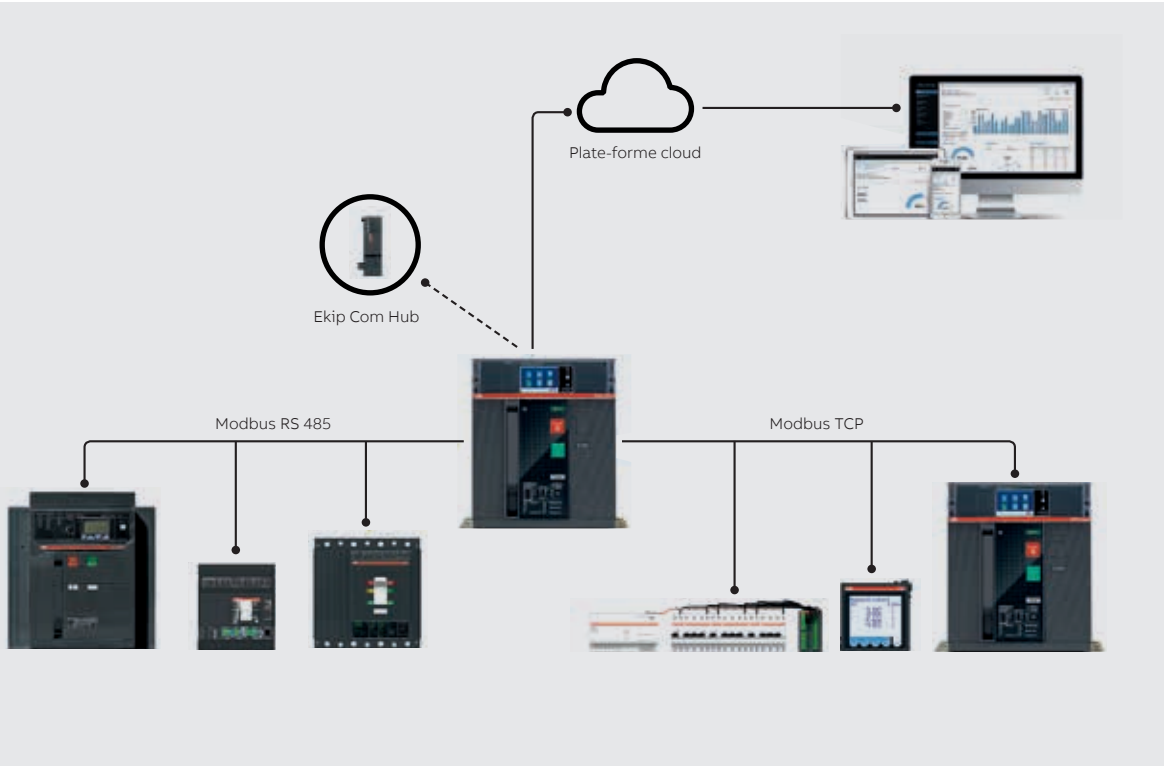
- Surveillance: suivi des performances du site, supervision du système électrique et accès immédiat aux informations vitales;
- Optimisation: collecte des données de chaque instrument, analyse et prise de décisions en fonction du résultat;

—
La solution ABB Ability EDCS s'appuie sur une plate-forme hébergée dans le cloud pour surveiller, optimiser et piloter les systèmes électriques.

- Contrôle-commande: configuration de rapports et d'alarmes, mise en place d'une stratégie efficace de télégestion énergétique.

Avec ses services modulaires et ses applications sur mesure, ABB Ability EDCS convient aussi bien aux PME industrielles qu'aux bâtiments publics et tertiaires. Sa conception a été pensée pour les utilisateurs finaux, responsables de site, consultants et tableauxiers.





02

Autres points forts de la solution : un accès simultané multisite, aux fins par exemple de suivi et de comparaison des performances de différentes installations, et de caractérisation des expériences utilisateurs en fonction du niveau d'accès requis.

—
La solution ABB convient aussi bien aux PME industrielles qu'aux bâtiments publics et tertiaires.

L'exploitant est ainsi en mesure de connaître instantanément l'état du réseau et de mener à bien audits et analyses de rendement sans se déplacer. Il a accès aux données temps réel et historiques, au niveau d'un ou de plusieurs sites, pour comparer les performances et établir un référentiel. La solution EDSCS effectuant en continu le diagnostic des dispositifs du système électrique, un seul technicien de maintenance est capable d'intervenir sur plusieurs sites, et seulement en cas de besoin. Cette maintenance prédictive de haut niveau améliore l'exploitation et abaisse les coûts.

Il est possible d'intégrer la solution à des systèmes d'automatisation et de supervision plus complexes tout en simplifiant les opérations et en diminuant les coûts. En gérant la distribution électrique, elle permet de réduire de 15% le coût global et le délai de déploiement d'un système de gestion technique centralisée (GTC).

Mais c'est sans doute au niveau de la gestion des actifs et de l'énergie que la solution offre le plus d'intérêt : ABB Ability EDSCS a été conçue précisément pour simplifier ces processus.

Architecture

La plate-forme est accessible par le biais d'une application web, utilisable en tout temps et en tous lieux, depuis son smartphone, sa tablette ou son PC. Elle gère l'accès multi-utilisateur et se connecte directement au réseau de distribution BT.

Ses services de cloud se prêtent également à la remise à niveau du parc existant et des anciennes versions de disjoncteurs ABB.

—
02 Solution ABB Ability
embarquée avec
Ekip Com Hub

—
03 Solution ABB Ability
externe avec Ekip E-Hub

L'installation électrique peut se raccorder à la plate-forme cloud en simple « plug and play », par l'intermédiaire d'un disjoncteur Emax 2 ou d'un module Ekip E-Hub. La connexion se décline en deux variantes : interne ou externe.

Solution interne

Un Emax 2 équipé du nouveau module de communication Ekip Com Hub (simple cassette enfichée sur le bornier et connectée à Internet), se raccorde au cloud →2. D'autres appareils peuvent aussi partager mesures et données avec Ekip Com Hub

—
La plate-forme ABB Ability EDCS permet d'accéder à plusieurs sites en même temps.

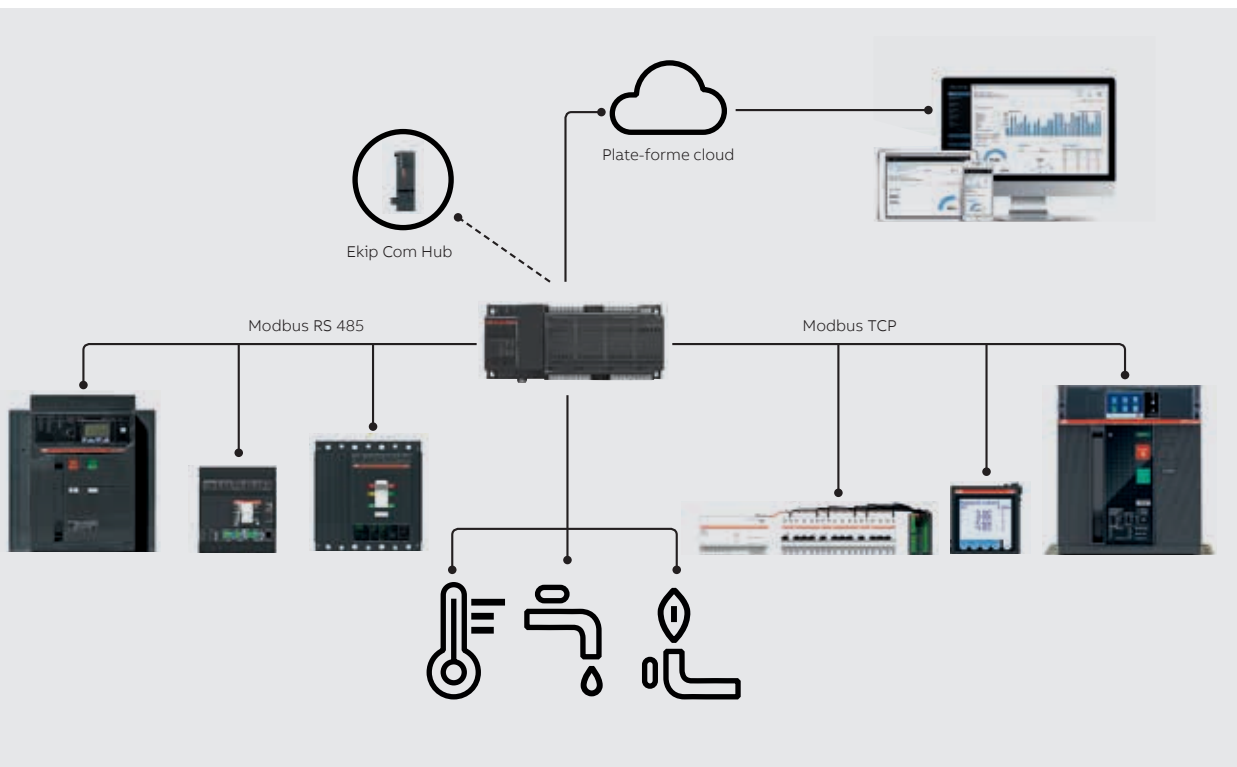
et le cloud si l'Emax 2 embarque les modules de communication suivants :

- Ekip Com Modbus RS 485;
- Ekip Com Modbus TCP;
- Ekip Link.

Les concepteurs d'ABB Ability EDCS ont voulu simplifier la vie de l'utilisateur : ce dernier peut accéder au module Ekip Com Hub avec le logiciel Ekip Connect, qui le guide dans la mise en service. Avec la configuration automatique des raccordements, cette tâche ne prend que quelques minutes.

Solution externe

Un matériel externe monté sur rail DIN permet de collecter les données de tout le système électrique →3. L'utilisateur peut y raccorder des sondes de température et d'humidité, ou un compteur d'eau sur les entrées/sorties analogiques et logiques. Enfin, des modules de communication optionnels Wi-Fi ou GPRS élargissent le champ d'application.



- 04 Tableau de bord d'ABB Ability EDCS
- 05 Affichage des données d'un ou de plusieurs sites
- 06 Fonctionnalité de gestion des actifs
- 07 Bien configurées, les alertes améliorent en temps utile l'efficacité opérationnelle.

Surveillance

Le tableau de bord de la plate-forme Ability EDCS affiche des petits utilitaires (widgets) préconfigurés pour la surveillance →4. L'utilisateur peut visualiser les tendances de production et de consommation énergétique d'un ou de plusieurs sites, mais aussi, en temps réel, la demande électrique, les pics de charge, le facteur de puissance et la qualité de la fourniture →5. Les outils ABB Ability EDCS fluidifient les échanges d'informations et permettent de gagner en efficacité au quotidien, avec moins de risques d'arrêt technique et une baisse des dépenses de maintenance atteignant 30%.

La puissante fonctionnalité « Asset Management » affiche une vue d'ensemble des actifs dans un format familier à l'utilisateur. Ce dernier peut y importer ses propres graphiques, photos →6, schémas électriques d'appareillage ou synoptiques de site, et les rendre interactifs à l'aide de marqueurs et d'outils de glisser-déposer. D'où un accès permanent à toutes les informations cruciales :

- État des appareils ;
- Plaque signalétique (type, numéro de série, caractéristiques assignées) ;
- Données de maintenance (date des dernières interventions, usure des contacts, nombre de déclenchements, etc.) ;
- Données électroniques (versions logicielles et état des relais).

Y figurent également des liens vers les manuels et la documentation ABB pertinente.

Optimisation

Cet accès à toutes les informations utiles permet de maximiser la fiabilité et les performances de l'installation. Collecte et exportation numériques des données, compilation de rapports et accès aux tendances historiques garantissent à l'utilisateur

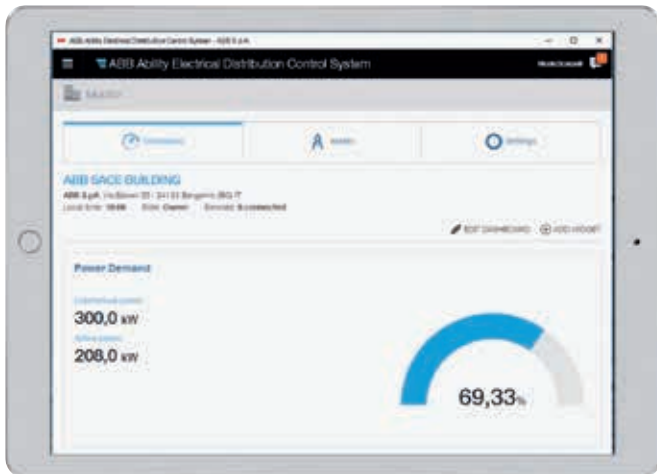
C'est sans doute au niveau des processus de gestion des actifs et de l'énergie que la solution ABB a le plus d'intérêt.

une connaissance fine et complète des systèmes électriques, propre à définir des référentiels efficaces et à les comparer aux meilleures pratiques. Qui plus est, il est possible de consigner les interventions de maintenance dans un fichier électronique et d'en télécharger les rapports.

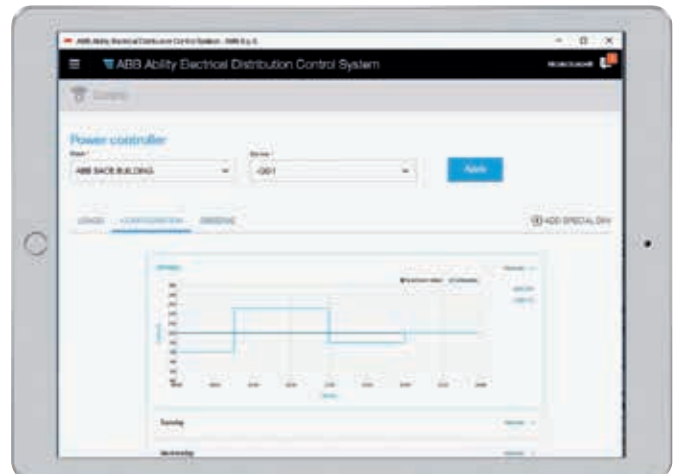
La fonction « Analytics » simplifie et renforce l'intérêt des analyses de compensation du facteur de puissance, de gestion d'énergie et d'affectation des coûts. La richesse des données collectées, à l'échelle d'un ou de plusieurs sites, éclaire la prise de décisions.

Maîtrise de la demande et report d'alarmes

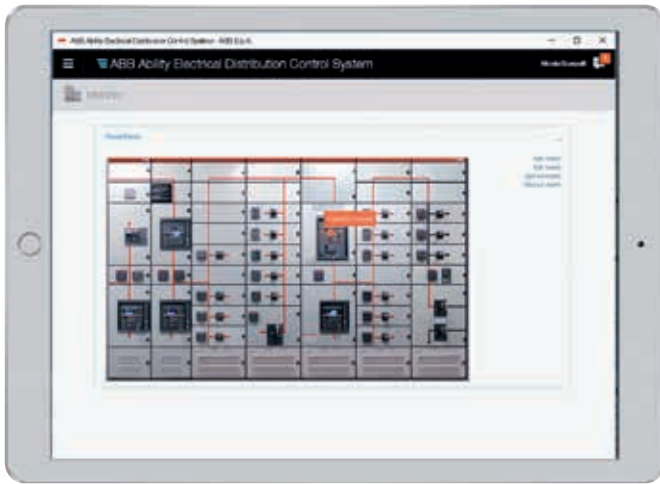
La solution aide à identifier les leviers de progrès, mais aussi à mettre en œuvre, à distance, une stratégie efficace de gestion de l'énergie et de maîtrise des pics de charge.



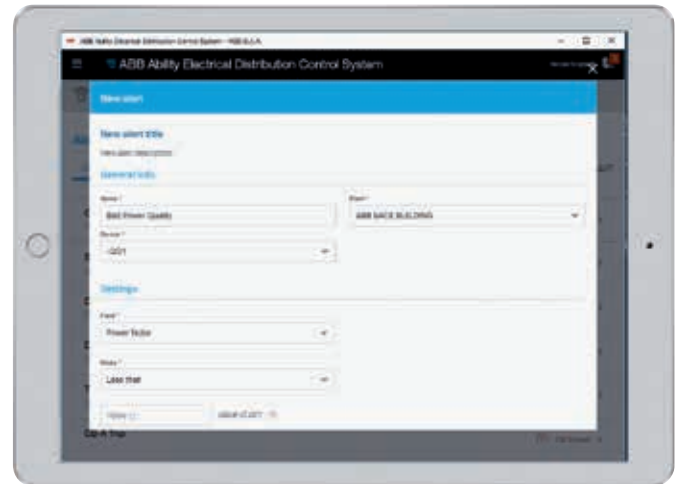
04



05



06



07

La fonction « Controls » simplifie la gestion des charges et fournit à l'utilisateur des mesures précises pour agir, grâce à ABB Ability EDCS et au régulateur de puissance du disjoncteur Emax 2. Un programme de délestage-relestage des charges non prioritaires réduit la demande électrique, favorisant les économies d'énergie.

—
ABB Ability EDCS est accessible via une application web utilisable en tout temps et partout, depuis un smartphone, une tablette ou un PC.

La fonction « Alerts » fait office de chien de garde du site →7. L'utilisateur peut paramétrer les alertes en fonction de ses besoins et du plan d'intervention, mais aussi effectuer un report vers le personnel d'astreinte à l'aide de messages en texte clair et d'e-mails.

Simplicité

La solution ABB Ability EDCS remplace un système classique de gestion et de suivi énergétiques, le coût et la complexité en moins : rappelons qu'il suffit de raccorder le module de communication en cassette Ekip Com Hub au bornier du dispositif pour se connecter au cloud. La mise en service s'effectue avec l'assistant Ekip Connect, et les raccordements se configurent automatiquement. Aucune autre solution n'offre la possibilité de relier un tableau au cloud en une dizaine de minutes →8.

Une fois la connexion établie, quelques clics suffisent pour permettre à d'autres utilisateurs, partenaires et collaborateurs, d'accéder à la plate-forme. Chacun se voit confier des tâches et des autorisations selon sa fonction dans l'usine.

Fini les configurations complexes, la profusion d'adaptateurs pour rail DIN ou les passerelles en tous genres : par rapport aux solutions similaires, ABB Ability EDCS réduit de 60 % le nombre de composants utiles. Son architecture intégrée diminue par ailleurs les temps de câblage et de raccordement tout en simplifiant l'ajout d'équipements au système.

Distribution d'eau à Vérone (Italie)

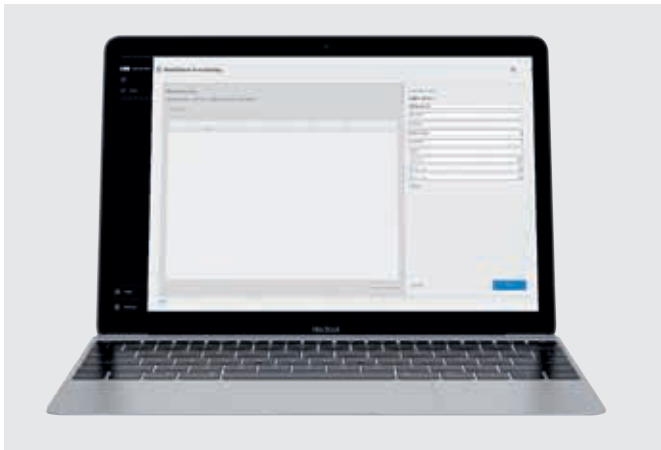
L'entreprise de distribution d'eau Consorzio di Bonifica Veronese a accueilli la première installation pilote ABB Ability EDCS. Les fonctionnalités de supervision et de report d'alarmes de la solution ont permis de réduire les temps et coûts de déplacement d'un site à l'autre. Une gestion proactive des interventions accélère le retour à la normale, évite les pannes, rationalise la maintenance et diminue les temps improductifs. Le client a ainsi vu la durée des opérations de maintenance chuter de 40 % et ses coûts d'exploitation de 30 %. Sans compter que le risque d'encourir des pénalités pour mauvaise qualité du courant, menace omniprésente dans un secteur utilisant des pompes à eau à charge variable, a nettement diminué.



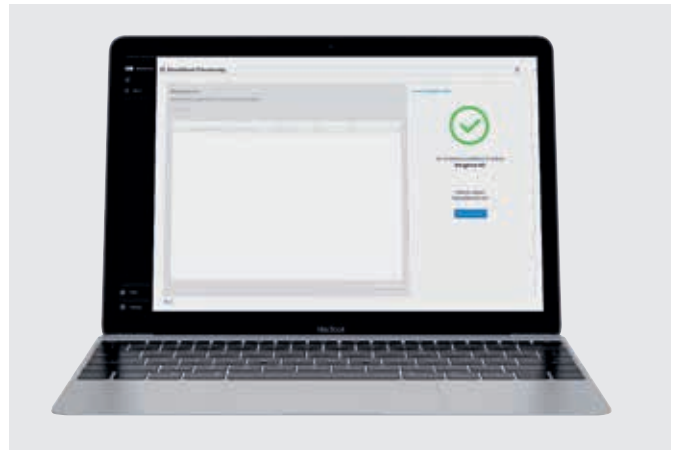
08a



08b



08c



08d

—
08 Configuration de base

08a Démarrage d'Ekip Connect 3.0 et sélection de fonction

08b Scrutation du réseau

08c Configuration de l'appareil et du site

08d Publication dans le cloud

Disposer de ces données a par ailleurs rendu le client éligible à des certificats d'efficacité énergétique d'un montant de 22 500 €, et ce sans audit externe: un indéniable gain de temps et d'argent! Le client envisage de déployer la solution ABB dans une dizaine d'autres installations de distribution d'eau.

Photovoltaïque à Dubaï (Émirats Arabes Unis)

ABB Ability EDCS équipe ici l'une des plus grandes toitures solaires photovoltaïques (PV) privées du Golfe. D'une puissance de 315 kW, elle coiffe l'usine ABB d'Al Quoz dont elle alimentera en électricité les bureaux. L'éventuel excédent de production sera réinjecté dans le réseau national.

En raccordant la toiture à l'IloT, la solution crée un profil numérique de l'installation PV, analyse en continu la qualité de l'électricité et suit les tendances de production et de consommation du site. Ce diagnostic permanent maximise la productivité PV et permet une maintenance plus ciblée et efficace des actifs.

Prêt pour l'IloT

Depuis plus de dix ans, ABB propose des technologies de pointe destinées à l'IloT: systèmes de contrôle-commande, solutions de communication,

—
Collecte et exportation numériques des données, compilation de rapports et accès aux historiques: la solution est d'une grande richesse fonctionnelle!

instrumentation ou logiciels, entre autres. ABB Ability en décuple le potentiel. L'utilisation intelligente des données offre des gains en termes d'exploitation, de productivité et de flexibilité. L'Emax 2 et la solution EDCS, qui s'insèrent naturellement dans cette tendance, révolutionneront la surveillance, l'optimisation et la conduite des réseaux électriques. ●

NUMÉRIQUE ET ANALYTIQUE

Sécuriser les transformateurs de forte puissance

Une nouvelle technologie ABB renforce la sécurité physique des infrastructures électriques, au premier chef les importants transformateurs de forte puissance, en mettant à profit la mesure vibro-acoustique, la détection d'impact en temps réel et l'analyse de données en périphérie de réseau.

Mirrasoul J. Mousavi
James Stoupis
ABB Corporate Research
Raleigh (Caroline du Nord,
États-Unis)

George Frimpong
ABB Power Products,
Transformers
Raleigh (Caroline du Nord,
États-Unis)

mirrasoul.j.mousavi@
us.abb.com
james.stoupis@
us.abb.com
george.k.frimpong@
us.abb.com

D'après un rapport du quotidien USA TODAY [1], les infrastructures électriques des États-Unis essuient une attaque physique ou informatique tous les quatre jours. Le sabotage d'un poste source en 2013, première action malveillante d'envergure, souleva une question cruciale : l'évolution des critères et exigences de sécurité physique. La multiplication de ces assauts sur les

installations électriques est préoccupante. Les premières cibles sont souvent les gros appareils →1, et ce pour une bonne raison : s'ils représentent moins de 3% du parc de transformateurs aux États-Unis, ce sont des équipements incontournables des postes à haute tension par lesquels transitent 60 à 70% de l'approvisionnement électrique du pays [2].

01



Fait aggravant, il faut entre 5 et 16 mois pour remplacer un appareil endommagé et rétablir la fourniture. En règle générale, les transformateurs

—

La nouvelle technologie ABB améliore la sécurité physique des infrastructures électriques en tirant profit des capteurs vibro-acoustiques et des outils d'analyse de données en temps réel.

de puissance sont des actifs critiques du réseau, qui pâtissent du manque de disponibilité des pièces de rechange, de longs délais de fabrication en raison notamment d'une exécution sur mesure, de difficultés de transport et de contraintes d'installation.

Consciente de l'enjeu, la North American Electric Reliability Corporation (NERC) a élaboré la norme de fiabilité CIP-014-1, entérinée par une ordonnance de la Commission fédérale américaine de réglementation de l'énergie (FERC) d'octobre 2015. Elle oblige certains transporteurs électriques, à compter d'août 2016, à évaluer la vulnérabilité des postes stratégiques et à mettre en place des plans de sécurité.

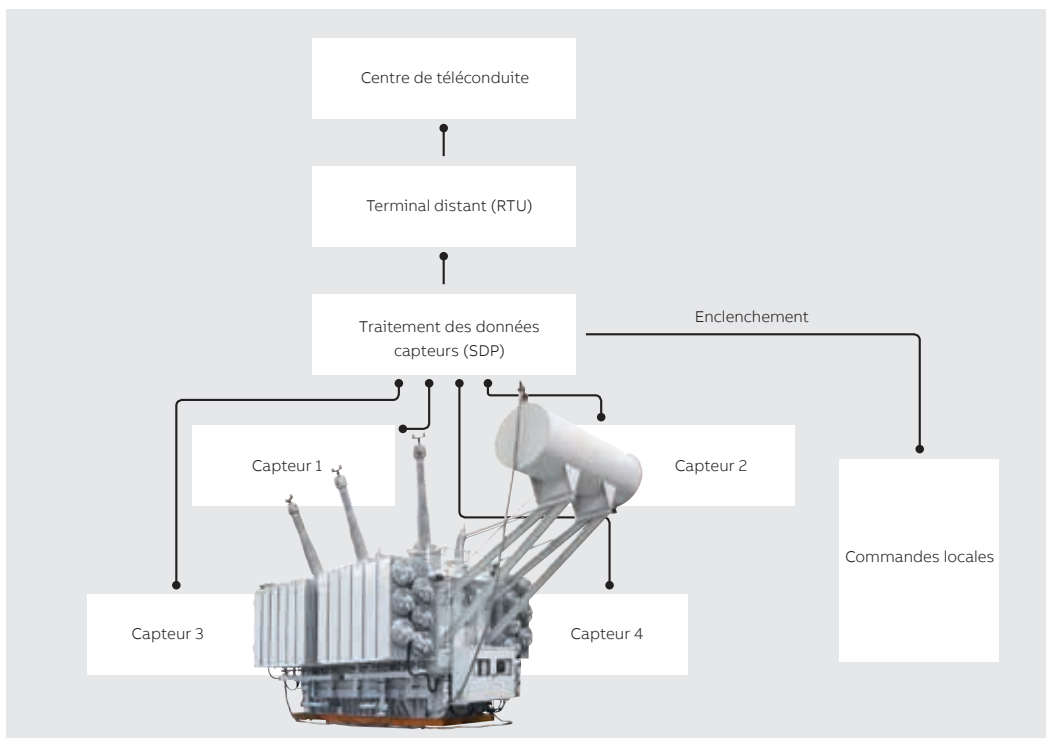
ABB apporte sa pierre à l'édifice avec une nouvelle technologie en attente de brevet, baptisée CoreStrike™, qui améliore la sécurité physique des infrastructures électriques en tirant parti de capteurs vibro-acoustiques, de détecteurs d'impact en temps réel et d'outils d'analyse en périphérie de réseau ou « edge analytics ».

Motivations

Selon un récent sondage de Utility Dive [3], 80 % des énergéticiens redoutent le sabotage de leurs postes de transformation. La même enquête révèle que les fournisseurs d'électricité ont dénombré, entre 2011 et 2014, plus de 300 attaques physiques sur les infrastructures, qui se sont soldées par des perturbations de la desserte. Sécuriser les postes et transformateurs de puissance à l'aide de capteurs et d'automatismes est un excellent moyen de lever les vulnérabilités dégradant la fiabilité du réseau tout entier.

Toute compromission de l'intégrité physique d'un transformateur appelle une réponse immédiate, du moins au plan opérationnel, afin de limiter l'ampleur des dégâts et d'éviter les retombées et pertes collatérales consécutives à un accident. Malgré leur fort impact, ces attaques sont relativement exceptionnelles ; aussi le coût de déploiement d'une stratégie de sécurité est-il toujours une contrainte qu'il faut avoir en tête.

Pour pallier la vulnérabilité des installations électriques, ABB a développé CoreStrike, un système peu coûteux de détection et d'analyse



—
01 L'essentiel du flux électrique aux États-Unis transite par un petit nombre de transformateurs de puissance. La technologie ABB contribue au renforcement de la sécurité de ces maillons faibles de la chaîne d'approvisionnement électrique. En photo, un polytransformateur.

—
02 Architecture de la solution ABB

—
03 Démonstrateur ABB

d'impact en temps réel destiné aux transformateurs de puissance. Même si plusieurs technologies satisfont aux exigences de sécurité physique des principaux actifs de postes, il est quasi impossible d'assurer une protection totale, au grand dam des acteurs du transport massif d'électricité. Il n'en reste pas moins que l'usage

—
La sortie capteur peut servir à fermer les vannes du système de refroidissement du transformateur sur détection de fuite d'huile ou à les ouvrir pour enclencher un circuit de refroidissement redondant.

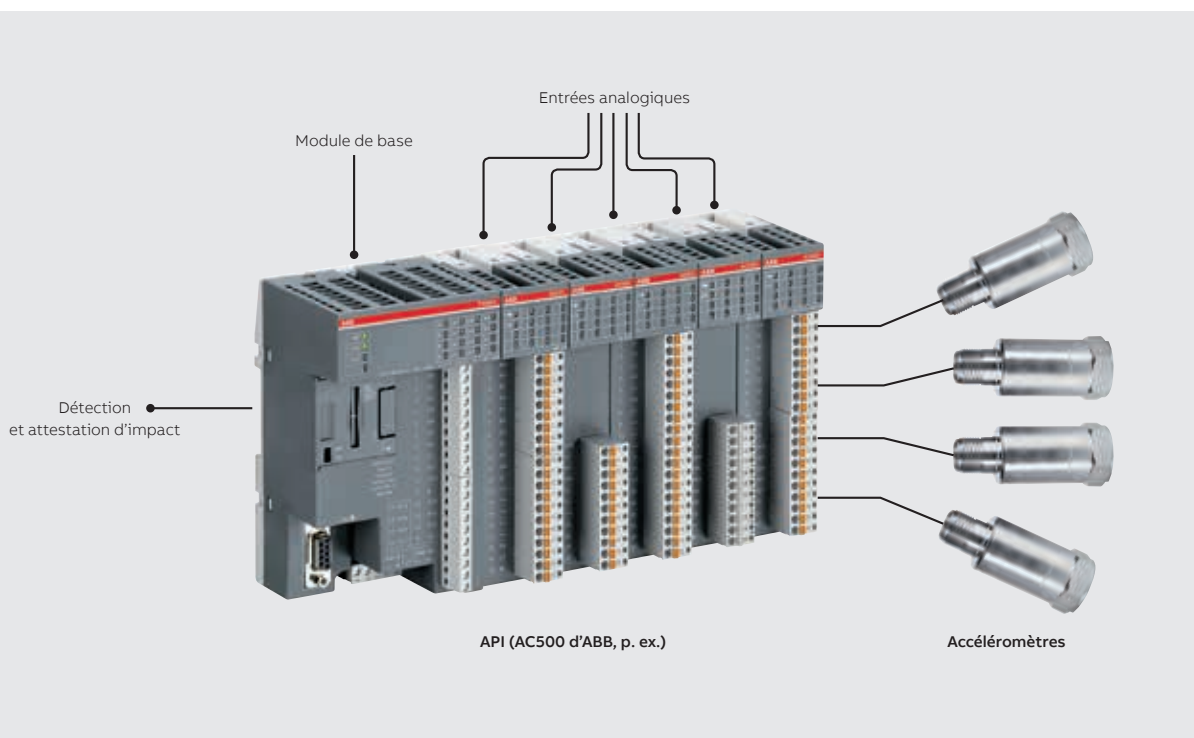
judicieux de la technologie exposée dans cet article fait partie intégrante d'un plan de sécurité propre à atténuer l'impact d'un incident et, dans certains cas, à dissuader la malveillance.

Présentation de la technologie ABB

La solution ABB de détection et d'analyse instrumentées d'impact se compose de capteurs spéciaux, d'une unité de traitement (collecte, horodatage, filtrage, moyennage des données capteurs brutes) ou « SDP » (Sensor Data Processor) et d'un terminal de téléconduite « RTU » (Remote Terminal Unit) interfacé avec le centre →2.

L'unité SDP exécute les algorithmes de détection qui déclencheront et signaleront les alarmes en local, selon le principe de l'analyse en périphérie de réseau : les résultats sont envoyés au RTU, puis transmis au centre de conduite du fournisseur d'électricité sur son support de communication privilégié. Là, des algorithmes ultraperfectionnés évaluent les dommages sur l'infrastructure ou vérifient l'intégrité des actifs dans le nuage (« cloud analytics »). Un bilan s'affiche alors en temps réel sur le tableau de bord de l'opérateur. Dans certaines configurations, et tout en respectant les critères de sécurité opérationnelle et informatique, les données remontées des capteurs peuvent être utilisées à des fins de contrôle-commande local (par exemple, fermeture des vannes de refroidissement d'un transformateur sur détection de fuite d'huile). Les sorties capteurs servent également à ouvrir des vannes afin d'activer, s'il y a lieu, un système redondant de refroidissement du transformateur.

Autre usage de ce système instrumenté : le lancement d'actions de sécurité comme, par exemple, la prise de vues ciblées du transformateur ou du poste électrique par les caméras de protection périmétrique, et leur enregistrement pour servir de preuves en cas d'analyse criminalistique et de procédure judiciaire. Cette vidéosurveillance s'effectue traditionnellement en plan fixe, selon certains angles ou sur des actifs particuliers, ou par déplacement lent, avec le risque de manquer le début ou l'origine de l'attaque.





04

Un démonstrateur matériel à bas coût de la solution ABB fut développé et testé sur le terrain. En configuration de base, il est constitué d'au moins quatre accéléromètres RMS (mesure en valeur efficace) relayés par une logique de détection et d'évaluation embarquée dans un automate programmable combinant les fonctions de RTU et de SDP →3.

Les accéléromètres sont placés à des endroits stratégiques sur la paroi de la cuve du transformateur afin de couvrir n'importe quel impact sur toutes les zones vulnérables →4. But de l'opération : détecter tout impact sur la cuve supérieur à certains seuils, au-delà desquels le système allume une LED et/ou active un signal numérique qui peut être transposé dans un système de supervision (SCADA) pour actionner des commandes automatiques ou semi-automatiques.

Le nombre de « constats » d'impact témoigne de la gravité du dommage : autrement dit, une attaque enregistrée par la totalité des accéléromètres est jugée plus grave par nature que celle constatée par un seul appareil.

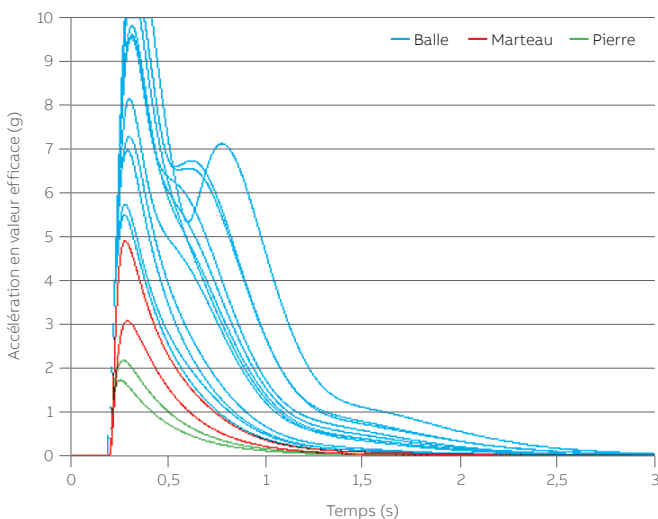
La preuve par l'usage

Trois campagnes d'essais furent menées, en divers lieux et selon différents objectifs, afin d'évaluer la faisabilité technique de l'innovation ABB et de répondre à plusieurs interrogations des chercheurs et concepteurs.

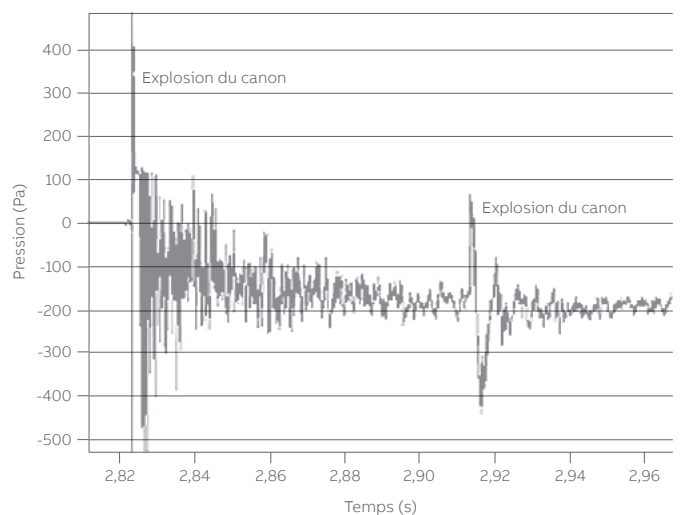
La première se déroula dans un laboratoire balistique conforme à la norme UL 752 (« Standard for Bullet-resisting Equipment from Level 1 to 10 »). Les mesures et images recueillies à l'occasion permirent de spécifier les exigences en matière d'instrumentation et d'acquisition de données pour les essais suivants.

La deuxième campagne, réalisée dans un club de tir, consista à soumettre une cuve de transformateur réseau remplie d'eau à des balles d'armes à feu tirées à 55 mètres de distance. Les mesures vibratoires et acoustiques permirent une analyse et une caractérisation approfondies des signatures d'impact de diverses balles, mais aussi de coups de marteau et de jets de pierres →5. Leurs singularités, clairement illustrées par les formes d'onde en valeur efficace, permettent de distinguer un impact de balle de celui d'un jet de pierre sur la cuve du transformateur. Paradoxalement, certains coups de marteau reproduisent les signatures d'impact de balles ; c'est là un résultat voulu puisqu'il signifie que tout bord d'attaque, même arrondi ou émoussé, peut être détecté et validé par la même configuration d'essai.

Le graphe →6 reproduit un signal acoustique de haute résolution enregistré lors d'un essai : les temps d'arrivée de l'onde de choc et de l'explosion du canon concordent avec les calculs théoriques,



05



—
04 Exemple d'emplacement d'accéléromètre

—
05 Mesure d'accélération RMS (tir de balle, coup de marteau, jet de pierre)

—
06 Signature acoustique durant un essai

—
07 Mesure d'accélération RMS (événements naturels)

Bibliographie

[1] Disponible en ligne sur : <http://www.usatoday.com/story/news/2015/09/09/cyber-attacks-doe-energy/71929786/>, consulté le 25 février 2016.

[2] Parfomak, P. W., « Physical Security of the U. S. Power Grid: High-Voltage Transformer Substations », Congressional Research Service, juin 2014.

[3] Disponible en ligne sur : <http://utilitydive.com/library/the-state-of-physical-grid-security-2015-report/>, consulté le 25 février 2016.

et l'évolution de la pression au fil du temps « signe » le calibre et l'emplacement de la balle. Une analyse fine de plusieurs enregistrements de ce type fournit une foule d'informations sur la direction, l'origine et la trajectoire du tir, ainsi que sur le type et le calibre de la balle.

La troisième campagne d'essais fut effectuée sur un transformateur sous tension en vue d'établir les valeurs et signatures vibratoires et acoustiques de base à l'aide de capteurs et d'appareils d'acquisition de données de grande précision. Le lieu d'implantation de l'appareil testé, en bordure de voie ferrée et à proximité d'un aéroport, permit à l'équipe de chercheurs de mesurer et d'observer les effets d'un environnement réaliste, et de concevoir une méthodologie de détection bâtie sur la robustesse aux fausses alarmes. Des profils d'accélération RMS types pour cinq cas de figure sont reproduits en →7; on constate que les coups de marteau l'emportent sur les vibrations causées par des événements ordinaires comme la mise sous tension du transformateur, des pompes et des ventilateurs.

Bénéfices de la solution

Des mesures de sécurité physique renforcées à l'aide de capteurs et d'analyses de données procurent un certain nombre d'avantages :

- La détection a lieu pratiquement en même temps que l'incident ; l'opérateur a donc plus de temps pour statuer sur la méthode à employer en vue de réduire les effets de l'impact sur l'appareil et par là même épargner aux parties actives du transformateur un dégât sévère entraînant une panne prolongée ;
- Le système est également bénéfique dans les cas où le transformateur surmonte l'attaque : bien cerner et comprendre l'attentat permettent d'engager des inspections sur site ou de justifier d'autres investissements visant à durcir l'appareil ou le poste ;

- La détection étant spécifique au transformateur, elle est mieux exploitable que les mesures de sécurité génériques des postes comme la vidéosurveillance ;
- Automatique, la détection ne requiert aucune surveillance active et permanente par un opérateur ;
- D'autres mesures de sécurité, telles que des caméras vidéo, peuvent être enclenchées.

—
Les singularités des formes d'onde RMS aident à différencier un impact de balle d'un choc bénin comme une pierre jetée sur la cuve du transformateur.

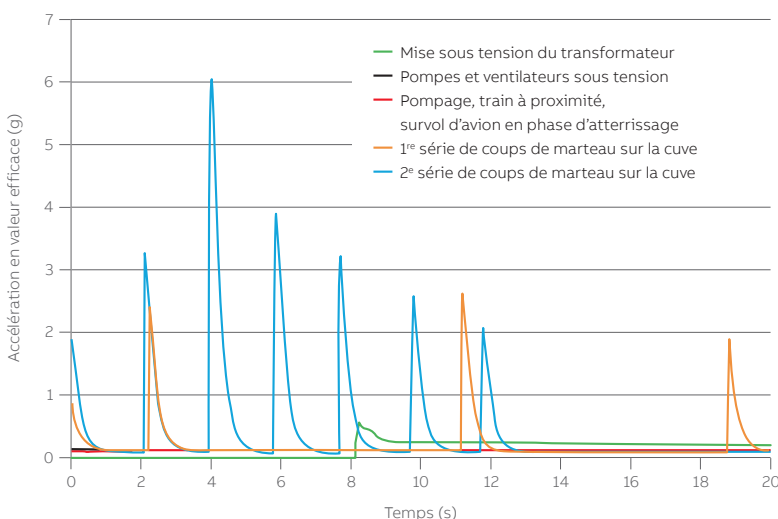
Une technologie d'avenir

La détection et le signalement d'impact en temps réel est une innovation numérique d'ABB permettant aux clients du secteur énergétique d'atteindre et de dépasser leurs objectifs de sécurité physique applicables aux transformateurs de puissance et autres actifs de valeur. La solution CoreStrike répond aux besoins de la détection et de l'évaluation en temps utile d'un impact potentiel ou réel, domaines clés de la sécurité physique des infrastructures critiques. Les informations fournies par le système peuvent être reprises dans des programmes d'automatisation et de contrôle-commande pour donner l'alerte et éviter que l'accident ne dégénère, par exemple en démarrant les systèmes de refroidissement redondants. Précisons que pour des applications de contrôle-commande, certains impératifs de sécurité opérationnelle et informatique doivent être pris en compte et respectés.

Le prototype installé sur un transformateur de poste réel a permis d'observer la stabilité à long terme et la robustesse de la solution aux faux positifs : des orages de grêle ont déjà été enregistrés par le système. Les futures versions de cette technologie pourraient intégrer des capteurs supplémentaires et inclure des actions prescriptives de réduction des incidents, dans la droite ligne de l'offre de solutions ABB Ability™ de numérisation du réseau électrique.

Remerciements

ABB Review tient à remercier Andrew Bleich, Randy Joyce, Randy Colvin, Ning Kang, Poorvi Patel et Don Puder pour leur contribution aux expérimentations de terrain, ainsi que Craig Stiegemeier et Thomas Buijs pour avoir étudié et validé l'opportunité et la faisabilité du produit, sans oublier Petter A. Fiskerud pour en avoir orchestré le développement. ●





66

Énergie



En elle-même, une ressource énergétique ne sert à rien sans les outils et procédés permettant de la maîtriser, ni les analyses, les connaissances et l'expertise pour savoir l'exploiter à point nommé, dans les règles de l'art et à bon escient. Qu'il s'agisse d'appuyer les véhicules sous-marins par 3000 mètres de fond ou de développer un nouveau gaz isolant vertueux aux multiples usages, l'excellence ABB s'étend bien au-delà de la fourniture énergétique.

- 60 Sécurité électrique:
le défi des grands fonds
- 66 ABB, pionnier des GIS
moyenne tension écologiques



ÉNERGIE

Sécurité électrique : le défi des grands fonds

Fournir de l'énergie électrique aux engins sous-marins téléguidés ou « ROV » (Remotely Operated Vehicles) de Total Marine Technology, par 3000 mètres de fond, n'est pas une sinécure. Les démarreurs progressifs et contacteurs AF d'ABB sont tout désignés pour mener à bien cette mission.

Joakim Jansson
Martin Erkander
ABB Electrification
Products, Protection and
Connection
Västerås (Suède)

joakim.x.jansson@
se.abb.com
martin.erkander@
se.abb.com

Chris Thomas
ABB Electrification
Products, Protection and
Connection
Coventry (Royaume-Uni)

chris.p.thomas@
gb.abb.com

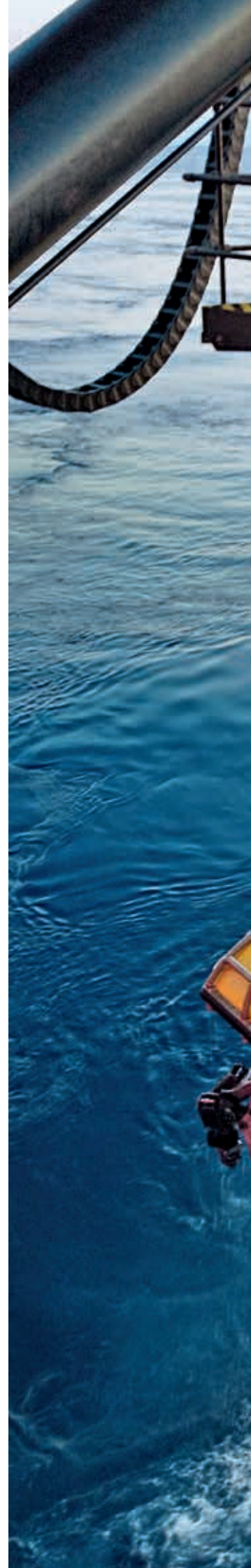
Slobodan Stankovic
Total Marine Technology
Bibra Lake (Australie)

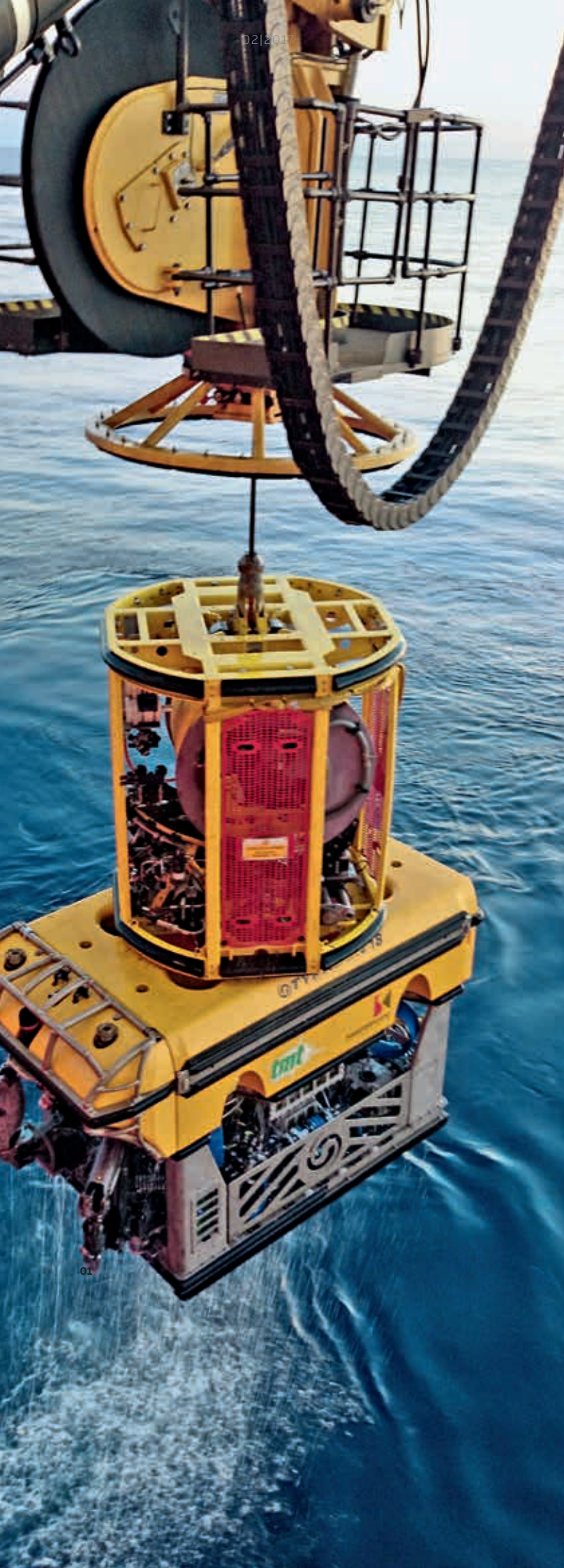
À l'évidence, la plupart des gisements pétroliers et gaziers sous-marins faciles d'accès ont d'ores et déjà été trouvés et exploités. Aujourd'hui, les nouveaux territoires d'exploration se situent généralement dans les grandes profondeurs, à des dizaines de miles nautiques de la côte, confrontant l'exploitant aux forts courants et températures glaciales des abysses.

C'est dans ce monde sous-marin inhospitalier que Total Marine Technology (TMT) fait régulièrement

—
**Le déploiement sans faille de
ROV à –3000 m : une prouesse
technique !**

plonger ses ROV à moins 1500 m →1,2. Mieux, en 2010, TMT a remporté un contrat auprès d'une entreprise australienne pour concevoir et réaliser un ROV capable de descendre deux fois plus profond !





À la différence des robots sous-marins autonomes ou « AUV » (Autonomous Underwater Vehicles), qui naviguent sans assistance ni lien physique avec la surface, un ROV est habituellement relié au navire ou autre point de lancement par des câbles ombilicaux qui transportent l'énergie (hydraulique et électrique) et permettent de communiquer

—
 Un démarreur progressif élève peu à peu la tension sur une période donnée, réduisant le courant de crête prélevé du système et stabilisant la tension de sortie.

(flux vidéo, signaux de contrôle-commande, etc.) avec l'opérateur →3, 4. L'énergie électro-hydraulique fournie au ROV sert à alimenter les systèmes à bord, à propulser l'engin ou à piloter ses bras télémanipulateurs et préhenseurs pour accomplir sa mission sous-marine. Dans le cas du Typhoon MK2 de TMT, ce rôle est dévolu à l'unité de puissance hydraulique HPU (Hydraulic Power Unit) embarquée. L'alimentation de 440 VCA en surface est élevée à 3250 VCA (60 Hz) et transmise au ROV pour démarrer. L'unité HPU utilise 3000 VCA pour entraîner les pompes hydrauliques sous-marines.

La réussite de l'intervention est subordonnée au bon fonctionnement des manipulateurs et autres systèmes embarqués du ROV. La moindre défaillance ou interruption de l'alimentation électrique en surface, par exemple, peut occasionner un dysfonctionnement des groupes hydrauliques, avec un risque de dégradation de l'équipement ou de retard dans l'accomplissement de la mission, voire d'abandon et, par conséquent, de perte d'une fenêtre météorologique favorable à l'intervention. Garantir le parfait fonctionnement de ROV à moins 1500 m est déjà une gageure; les déployer par 3000 m de fond relève de la prouesse technologique!

C'est dans ce contexte que TMT a choisi les démarreurs progressifs et contacteurs AF d'ABB.

Démarrateurs progressifs

Si certaines installations marines, même implantées à des centaines de kilomètres au large, sont alimentées à partir de la côte, la majorité d'entre

—
Grâce à leur revêtement, les cartes électroniques sont protégées de l'humidité et de l'agressivité du milieu marin.

elles s'appuie sur une production d'énergie locale. Un navire embarque toujours des groupes de puissance qui sont dimensionnés pour fournir l'énergie nécessaire au bâtiment ou à la plateforme de lancement et ses auxiliaires, guère plus.

Par conséquent, le démarrage d'un gros équipement, tel une pompe, peut occasionner d'importants creux ou pics de tension, désastreux pour l'alimentation de l'hydraulique du ROV.

Les fluctuations de l'alimentation en surface ne sont pas les seules difficultés. Pour fonctionner, le réseau hydraulique du ROV doit maintenir une certaine pression. Si l'opérateur en surface actionne un des bras de l'engin, par exemple, la pression du système hydraulique chute et le groupe de puissance à bord du navire doit pourvoir au fort appel de courant subitement requis par la pompe alimentant le circuit hydraulique. Le démarrage de la pompe directement sur le réseau, à tension maximale, crée un risque majeur de creux de tension puisque le groupe est généralement incapable de débiter assez de puissance instantanée. D'où le dysfonctionnement de l'unité HPU.

02



—
01 Les démarreurs progressifs et contacteurs AF d'ABB alimentent à la perfection le système hydraulique des engins sous-marins téléguidés ROV par 3000 mètres d'immersion.

—
02 ROV Typhoon 20 de Total Marine Technology

—
03 Les ROV sont reliés aux installations de surface par des câbles de puissance, de communication et de contrôle-commande. Leur châssis est coiffé d'une cage renfermant le système de treuil « TMS » (Tether Management System) qui relie ces ombilicaux à l'engin.

C'est là qu'intervient le démarreur progressif. Il élève peu à peu la tension suivant une rampe de durée donnée, réduisant ainsi le courant de crête prélevé du système et stabilisant la tension de sortie, ce qui a pour effet de fiabiliser l'ensemble. Le courant de démarrage s'élève habituellement à environ 60 % du courant d'un démarrage direct sur le réseau.

Les démarreurs progressifs d'ABB →6 ont bien d'autres caractéristiques propres à renforcer la fiabilité :

- Ils disposent d'une régulation de couple leur permettant d'éviter les instabilités de pression dans le fluide, consécutives à la fermeture rapide des vannes ; ce sont là des contraintes en moins qui prolongent la durée de vie du système. Cette caractéristique est très utile pour éliminer les coups de bélier dans les groupes de pompage. Ces démarreurs progressifs ont ainsi prouvé dans le passé leur capacité à économiser 40 % des frais de maintenance des pompes ;
- Une protection intégrée contre les surcharges électroniques évite tout échauffement du moteur. Le démarreur progressif PSTX d'ABB,

—
Les contacteurs AF d'ABB réduisent considérablement le nombre de références produits : quatre bobines suffisent pour couvrir les larges plages de tension CA et CC du marché.

par exemple, affiche plus de 10 modes de protection contre différentes conditions de charge et irrégularités du réseau (sous-tension, surtension). Il est connu pour sa grande richesse fonctionnelle qui permet aux clients de réduire de 80 % le nombre de composants équipant le tableau électrique et de 60 % le temps d'installation ;

- La fiabilité est encore accrue par l'utilisation de cartes électroniques protégées de l'humidité et de l'agressivité du milieu marin.

Les démarreurs progressifs ABB se distinguent également par leur compacité ainsi que leur facilité d'installation et d'emploi :

- Un contact de by-pass intégré réduit l'encombrement du dispositif par rapport à l'équivalent pourvu d'un by-pass séparé, sur le côté du démarreur. Cette intégration raccourcit le



03

temps d'installation et accroît la fiabilité puisque l'ensemble démarreur-contacteur by-pass est monté et testé en usine ;

- Une interface opérateur claire et simple facilite l'exploitation ; paramétrages et diagnostics sont guidés par des menus intuitifs. Le démarreur progressif utilise un clavier externe – une rareté chez la concurrence – pour permettre à l'opérateur de surveiller ou de modifier les paramétrages sans ouvrir la porte du tableau ; il est inclus dans la fourniture PSTX avec 3 m de câble de raccordement.

Tels sont les avantages qui ont convaincu TMT de choisir la gamme PSTB d'ABB pour remplacer ses démarreurs progressifs.

Contacteurs AF

Les démarreurs progressifs et contacteurs ABB lèvent les difficultés que les moteurs et pompes hydrauliques du ROV posent au réseau électrique.

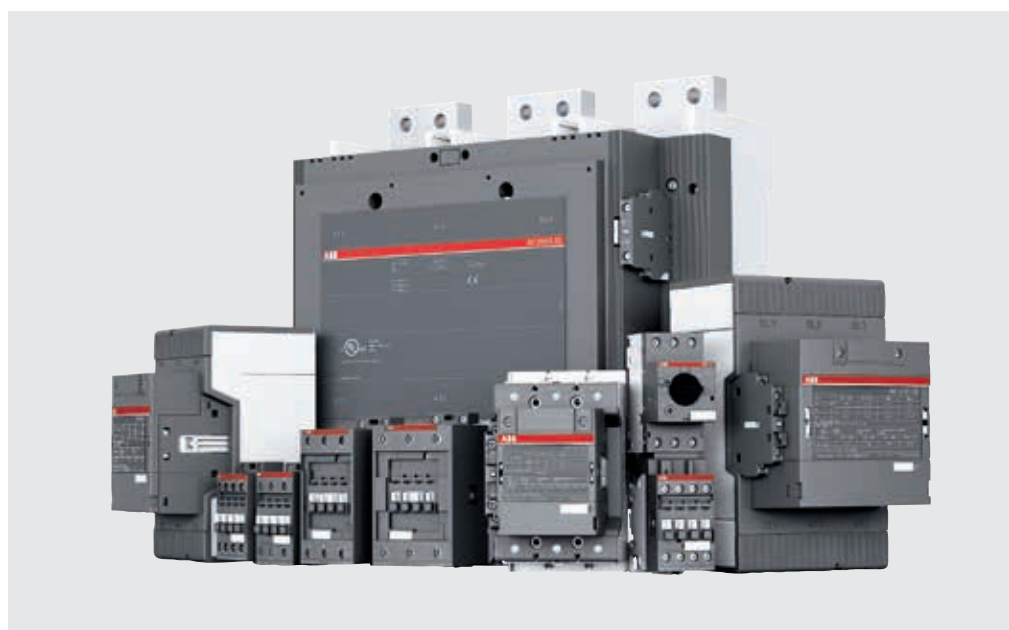




04

Un contacteur est un interrupteur à commande électrique qui active le circuit de distribution de puissance ou de démarrage des moteurs. Apparenté au relais, il s'en distingue toutefois par un fonctionnement à de plus hauts niveaux de courant assigné et des capacités de raccordement direct à de fortes charges, ainsi que de maîtrise et de suppression des arcs électriques lors de l'interruption de courants moteur élevés.

L'électronique des contacteurs AF d'ABB →5 redresse la tension alternative (CA) ou continue (CC) du circuit de commande en une tension de commande CC, appliquée à la bobine de fermeture des contacts et du circuit principal. Ce type de commande à large plage de tension permet au contacteur de fonctionner normalement dans un réseau instable. L'électronique embarquée lui garantit une consommation énergétique toujours optimisée et un fonctionnement durable et quasi silencieux, affranchi des traditionnels défauts du composant (bourdonnement, claquement).



05

—
04 Système TMS avant
amarrage au châssis
du ROV

—
05 Gamme de
contacteurs AF

—
06 Offre de démarreurs
progressifs ABB

Les fluctuations de tension d'un réseau instable, sources potentielles de dysfonctionnement des contacteurs classiques, ne sont d'aucun danger pour le contacteur AF. Les surtensions étant prises en charge par le composant lui-même

L'électronique embarquée optimise la consommation énergétique du contacteur AF.

(quand les contacteurs classiques nécessitent des limiteurs externes), elles n'atteignent jamais le circuit de commande.

La logistique en mer souffre de deux handicaps : l'exiguïté de l'espace à bord pour stocker les pièces de rechange ainsi que les délais et risques de réapprovisionnement d'urgence. Les contacteurs AF simplifient grandement les flux logistiques en réduisant de quelque 90 % le nombre de références : quatre bobines suffisent pour couvrir les gammes de tension 24-500 VCA ou 20-500 VCC. Ils sont également jusqu'à 30 % plus compacts que les contacteurs classiques, ce qui permet d'économiser une place précieuse sur le navire.

Le contrôle-commande ABB pour renforcer la fiabilité

Dans un deuxième temps, TMT décida de remplacer ses produits de contrôle-commande issus de la concurrence par des solutions basse tension ABB. Cette démarche n'avait pas seulement l'avantage de réduire le nombre de fournisseurs ; d'installation aisée, les relais de surveillance triphasés d'ABB, entre autres, sont dotés de fonctions de surveil-

lance des surtensions et sous-tensions collant exactement aux besoins (détection de coupure de phase, par exemple), tandis que les relais de protection moteur à thermistance, par leur mesure directe de la température dans les bobinages, sont gages de longévité accrue. Qui plus est, des éléments du poste de pilotage ont été remplacés par la gamme robuste d'unités de commande et de signalisation ABB (boutons, interrupteurs, voyants, etc.), aguerries aux conditions extrêmes du terrain d'évolution des ROV de TMT. Enfin, la dimension internationale du Groupe ABB, capitale pour des équipements appelés à évoluer très loin de leur port d'attache, tout comme son fort ancrage local garantissent au client une assistance universelle, de portée mondiale.

Simples, compacts, fiables

Déployer un engin sous-marin par 3000 m de fond exige des techniques, des outils et des compétences de haut vol. L'alimentation électrique est

Deuxième étape de la collaboration TMT-ABB : le remplacement du contrôle-commande existant par des produits basse tension ABB.

l'une des pièces maîtresses de cet écosystème en mer qui garantit des performances en tous points conforme aux attentes de sûreté de fonctionnement, de compacité et de logistique simplifiée. C'est en connaissance de cause que TMT a choisi les démarreurs progressifs et contacteurs AF d'ABB. ●



ÉNERGIE

ABB, pionnier des GIS moyenne tension écologiques

Les appareillages à isolation gazeuse (GIS) à l'hexafluorure de soufre (SF_6) se distinguent par leur compacité, leur fiabilité et leur sécurité exceptionnelles. Le SF_6 a toutefois l'inconvénient d'être un puissant gaz à effet de serre. ABB est le premier fabricant à proposer des GIS moyenne tension utilisant un nouveau gaz écologique.

Sebastian Zache
Maik Hyrenbach
ABB Electrification
Products, Medium Voltage
Products
Ratingen (Allemagne)

sebastian.zache@
de.abb.com
maik.hyrenbach@
de.abb.com

Magne Saxegaard
ABB Electrification
Products, Medium Voltage
Products
Skien (Norvège)

magne.saxegaard@
no.abb.com

Le réseau moyenne tension (MT), situé entre le réseau de grand transport haute tension (HT) et le réseau de distribution basse tension (BT), sert à éclairer les sites tertiaires et quartiers résidentiels, ainsi qu'à alimenter les secteurs industriels à forte intensité énergétique, les stades et le métro.

L'appareillage d'interruption et de connexion, par où transitent tous les courants dans toutes les situations envisageables, est un chaînon essentiel du maillage électrique. En fonctionnement normal, il améliore la conduite du réseau; en régime perturbé, il interrompt automatiquement les courants de défaut élevés, protège et sécurise le réseau, évitant les risques de blessure grave.

Technologie GIS pour applications exigeantes

Les villes et leur consommation énergétique ne cessent de croître tandis que la rareté du foncier fait flamber les prix. Dans ce contexte, l'appareillage électrique doit se faire tout petit, d'où le recours au SF_6 . Avec un pouvoir isolant trois fois supérieur à celui de l'air ambiant, ce gaz est gage de compacité, mais aussi de fiabilité accrue →1. La cuve scellée confine le gaz et isole les composants sous tension de l'environnement: aucun risque de contamination par poussière ou humidité, ni de

pénétration d'animaux. La probabilité de panne intempestive est quasi nulle, une bénédiction sachant qu'un arrêt de production peut facilement coûter près de 100 000 € par jour. Sans compter qu'un GIS n'exige pratiquement pas de maintenance et contribue à faire baisser les coûts d'exploitation sur le cycle de vie (généralement 30 ans ou plus).

Le SF_6 sur la sellette

ABB est le pionnier de la technologie GIS: son premier poste date de 1967. Aujourd'hui, ces appareils sont indissociables des applications

—
Les GIS sont à la fois peu encombrants et très fiables.

exigeantes. Les exceptionnelles propriétés électriques du SF_6 sont à l'origine de ce succès, en MT comme en HT. Revers de la médaille: libéré dans l'atmosphère, le SF_6 contribue fortement à l'effet de serre.

—
01 Tableau monobloc
SafeRing AirPlus d'ABB

—
02 Molécule de
fluorocétone C5

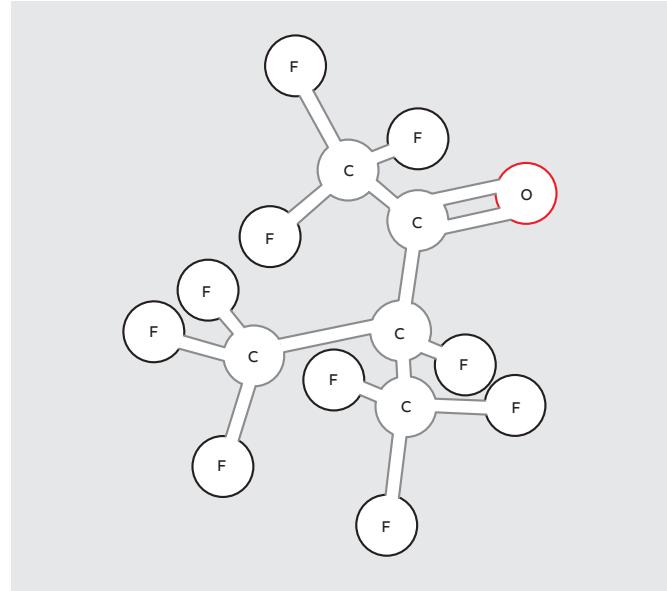
Le potentiel de réchauffement global (PRG) d'un gaz, qui désigne et mesure cette contribution, est calculé à partir de deux principaux facteurs :

- Forçage radiatif: le gaz est-il capable d'absorber la chaleur rayonnée (dans les longueurs d'onde de l'infrarouge) au lieu de la réfléchir ?

—
Malgré ses excellentes propriétés électriques, le SF₆ contribue fortement à l'effet de serre.

- Persistance: combien de temps reste-il dans l'atmosphère avant de se décomposer ?

Avec un PRG de 1, le dioxyde de carbone (CO₂) est la référence de calcul ; en comparaison, le PRG du SF₆ est de 22 800.



02

01





03

Le changement climatique s'est imposé comme une réalité imparable au cours du dernier quart de siècle. La recherche d'un remplaçant écocompatibile au SF₆ est restée infructueuse jusqu'à présent, la plupart des candidats se révélant instables ou toxiques.

—
ABB innove à nouveau avec la mise au point d'un substitut au SF₆, baptisé AirPlus™, en partenariat avec 3M.

Autre inconvénient du SF₆: étant donné son PRG élevé et son omniprésence, faute de concurrent sérieux, la plupart des pays ont adopté une réglementation stricte en matière de gestion des stocks, ce qui alourdit la charge administrative.

AirPlus™, substitut au SF₆

Cinquante ans après avoir construit le premier GIS au monde, ABB innove à nouveau. En partenariat avec 3M, le Groupe a mis au point la solution de substitution AirPlus™, qui approche les performances techniques du SF₆ sans pour autant menacer l'environnement, grâce à un PRG d'environ 0,5, soit plus de 99,99% inférieur à celui du SF₆.

Exposées au rayonnement atmosphérique, les molécules d'AirPlus se décomposent en 16 jours en moyenne contre plus de 3000 ans pour le SF₆. Si tant est que le SF₆ ou AirPlus s'échappe dans l'atmosphère. Or, dans les appareillages GIS d'ABB, le gaz est traité en circuit fermé, tout au long de son cycle de vie, évitant autant que possible les émissions polluantes.

À la différence du SF₆, AirPlus n'est pas un gaz pur mais un mélange formé à 80 % en volume d'air sec et à 20 % de fluide diélectrique NOVEC 5110, une fluorocétone à 5 atomes de carbone (C₅FK ou C₅F₁₀O) fabriquée par 3M →2. Cette molécule associe une excellente performance diélectrique à une très faible empreinte carbone.

La manipulation d'AirPlus n'exige pas plus de précautions que le SF₆, étant donné que sa toxicité est presque nulle et que ses valeurs limites d'exposition professionnelle sont comparables.

—
Exposées au rayonnement solaire, les molécules d'AirPlus se décomposent en 16 jours en moyenne contre plus de 3000 ans pour le SF₆.

Sans compter qu'AirPlus est bien moins risqué dans des applications souterraines telles que tunnels ou mines : contrairement au SF₆ qui, à de fortes concentrations, met longtemps à se mélanger à l'air et entraîne un déficit en oxygène, AirPlus est déjà composé d'air à plus de 80 % et sa dilution est extrêmement rapide.

Au-delà des questions d'écologie et de sécurité, AirPlus rationalise les processus et réduit les coûts d'exploitation. De nombreux pays réglementent l'emploi du SF₆ et imposent une gestion des stocks, des procédures déclaratives, quand ce n'est pas une écotaxe. AirPlus échappe à ces exigences et ne devrait pas y être soumis à l'avenir.

Installation pilote avec Netze BW

Netze BW, implanté dans le Sud-Ouest de l'Allemagne, est l'un des principaux gestionnaires du réseau de distribution outre-Rhin. Sa maison mère, le groupe EnBW, compte parmi les quatre plus grands énergéticiens allemands.

Netze BW modernise le poste 110 kV/20 kV de Trochtelfingen pour un coût de 10 millions d'euros. L'ancien appareillage MT de 20 kV a été remplacé par le GIS ZX2 d'ABB, en configuration à deux jeux de barres : le gain de place est de 40 % par rapport à un appareillage isolé dans l'air →3-5. Netze BW a ainsi pu installer des départs supplémentaires et se préparer à l'injection d'électricité issue des énergies renouvelables (solaire, éolien), en plein essor dans la région.

—
 03 Le GIS ZX2 d'ABB à son arrivée au poste de Trochtelfingen

—
 04 Installation





05

« Lorsqu'ABB a évoqué le développement d'un remplaçant au SF₆, explique Martin Konermann, directeur des technologies chez Netze BW, nous avons tout de suite été intéressés. AirPlus répond à deux de nos objectifs : innover et protéger l'environnement. »

Netze BW et ABB ont convenu de remplacer une partie des appareillages au SF₆ par le mélange AirPlus. Preuve est ainsi faite que les deux technologies peuvent coexister dans une même installation. Le poste de Trochtelfingen accueille le premier GIS à isolant écologique AirPlus d'Allemagne et le deuxième au monde.

Bien entendu, ce pilote a réussi tous les essais de type et individuels normalisés CEI. Après installation et essais sur site, le nouvel appareillage a été mis sous tension en juin 2016 et est aujourd'hui opérationnel. C'est là un franc succès pour Netze BW et ABB, ainsi qu'un pas important vers la standardisation de cette innovation technologique.

De l'invention à la commercialisation

Lors de la Foire de Hanovre en avril 2016, ABB a présenté deux nouveaux appareillages de coupure à isolant écologique AirPlus. L'élargissement de l'offre ouvre une nouvelle ère pour les GIS moyenne tension.

ZX2 AirPlus

Le ZX2 AirPlus est l'appareillage d'interruption primaire à isolation AirPlus d'ABB. Il repose sur l'architecture éprouvée du ZX2 haut de gamme au SF₆, proposé avec un ou deux jeux de barres. La version AirPlus sera d'abord disponible pour les valeurs assignées CEI de 36 kV maximum sous 2000 A et courant de court-circuit de 31,5 kA, et ce

—
AirPlus affiche une toxicité presque nulle et des valeurs limites d'exposition professionnelle comparables à celles du SF₆. Aucune précaution supplémentaire n'est donc à prendre !

dans la plupart des versions et types de tableaux. L'équipement intérieur a été adapté à l'utilisation d'AirPlus mais l'extérieur demeure identique, reprenant la conception et la compacité éprouvées du ZX2.

—
05 Le GIS ZX2, bien plus compact que ses prédécesseurs

Un appareillage primaire, dont la durée de vie dépasse 40 ans, constitue un investissement à long terme. C'est pourquoi ABB propose en option le ZX2 version « compatible AirPlus », destinée aux utilisateurs qui veulent se réserver la possibilité de passer à AirPlus par la suite. Le GIS est prérempli de SF₆ en usine mais contient tous les éléments nécessaires à l'utilisation future d'AirPlus.

—
À la Foire de Hanovre 2016,
ABB a présenté deux nouveaux
appareillages de coupure à gaz
isolant écologique AirPlus.

SafeRing AirPlus

SafeRing AirPlus est le tableau monobloc (RMU) de distribution secondaire d'ABB équipé du nouveau gaz isolant AirPlus. Tout aussi compact que les célèbres RMU SafeRing/SafeRing Plus au SF₆, il est initialement proposé avec les valeurs assignées CEI suivantes : 24 kV maximum sous 630 A et courant de court-circuit de 16 kA. L'interrupteur de charge et le disjoncteur, éléments clés de l'appareillage, seront disponibles dans différentes configurations modulaires pour la plupart des applications courantes.

La présence d'AirPlus ayant imposé de revoir la conception du RMU, la coupure se déroule dorénavant dans le vide. L'interrupteur de charge comme le disjoncteur reposent sur cette technologie tandis que le mélange AirPlus sert uniquement d'isolant.

AirPlus pour tous

ABB a la conviction qu'AirPlus aidera à réduire l'impact du réseau électrique sur le réchauffement planétaire. Soucieux de voir cette innovation bénéficier au plus grand nombre, le Groupe a décidé de publier ses brevets, invitant les autres constructeurs à rejoindre le mouvement AirPlus.

ABB offre ainsi un remplaçant au SF₆ dans l'appareillage MT. Le nouveau mélange gazeux, avec son PRG inférieur à 1, révolutionne la technologie GIS et diminue l'empreinte carbone du réseau. Les premiers produits ABB utilisant cet isolant écologique sont déjà commercialisés et la gamme est appelée à s'étendre dans les années à venir. Le SF₆ reste toutefois indispensable pour les fortes puissances et les applications spéciales : ABB continuera donc à réduire les émissions des GIS au SF₆. Le Groupe mise ainsi sur deux tableaux pour favoriser l'avènement d'un monde conciliant performance, productivité et écologie. ●

Publication ABB

Rédaction

Bazmi Husain
Chief Technology Officer
Group R&D and Technology

Adrienne Williams
Senior Sustainability
Advisor

Christoph Sieder
Head of Corporate
Communications

Reiner Schoenrock
Technology and Innovation
Communications

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

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

Édition

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

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

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

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

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

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

Impression

Vorarlberger
Verlagsanstalt GmbH
AT-6850 Dornbirn
(Autriche)

Maquette
DAVILLA AG
Zurich (Suisse)

Traduction française
Cléa Blanchard
clea.blanchard@
gmail.com

Dominique Helies
dhelies@wanadoo.fr

Avertissement

Les avis exprimés dans
la présente publication
n'engagent que leurs
auteurs et sont donnés
uniquement pour infor-
mation. Le lecteur ne
devra en aucun cas agir
sur la base de ces écrits
sans consulter un profes-
sionnel. Il est entendu que
les auteurs ne fournissent
aucun conseil ou point
de vue technique ou
professionnel sur aucun
fait ni sujet spécifique, et
déclinent toute respon-
sabilité sur leur utilisation.

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

ISSN : 1013-3119

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



À vos tablettes

Retrouvez
ABB Review
sur notre site
et l'application
[www.abb.com/
abbreviewapp](http://www.abb.com/abbreviewapp).

Gardez le contact


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

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



Dans le numéro 03/2017
ABB Ability™

Avec 70 millions de dispositifs connectés dans le monde, ABB est à l'avant-garde de la numérisation de l'industrie. Cette révolution n'en est qu'à ses débuts. La prochaine édition d'ABB Review mettra en vedette quelques-unes des réalisations du Groupe pour aider ses clients à jongler avec leurs données dans le nouveau vecteur de la transformation numérique qu'est le « Cloud ».

A black silhouette of a juggler is positioned on the left side of the page, set against a vibrant red background. The juggler is shown in profile, with their arms raised and hands positioned to catch or throw balls. Several black circles, representing balls, are scattered in the air around the juggler, some appearing to be in motion. The overall composition is dynamic and visually striking.