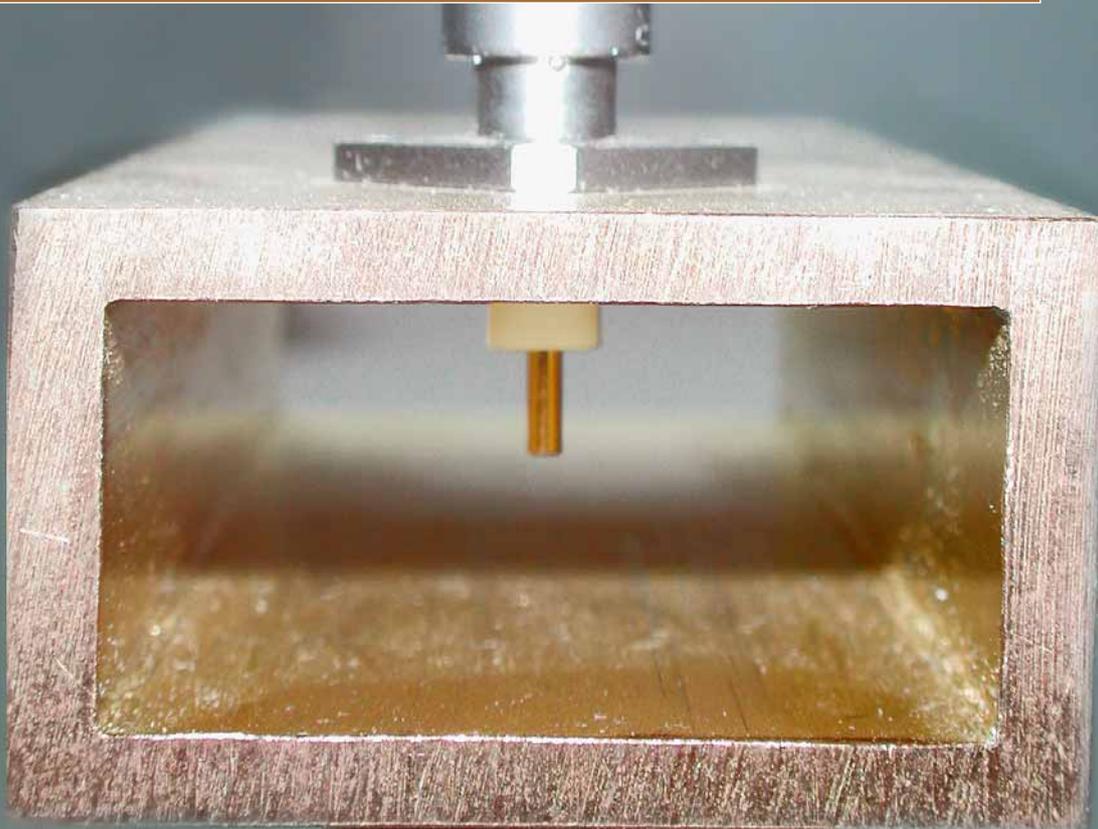


Conduite guidée dans la moyenne tension

Un nouveau support de transmission pour les appareillages MT
Kornel Scherrer, Bernhard Deck, Andreas Reimüller



La compatibilité électromagnétique est la bête noire des postes électriques dont le bon fonctionnement est notamment lié à la fiabilité des transmissions entre appareillages. Or les deux supports traditionnellement utilisés ne sont pas exempts d'inconvénients: le cuivre est vulnérable aux

perturbations électromagnétiques, la fibre optique est fragile et chère; tous deux sont sujets aux erreurs de câblage! Rien de tel avec la solution radio large bande d'ABB par tube métallique creux ou « guide d'ondes », dont les avantages sont multiples: insensibilité aux parasites extérieurs

et à la diaphonie, utilisation par plusieurs canaux simultanés, robustesse et facilité de pose.

Anticipant la normalisation internationale CEI 61850, ABB juge opportun de «révolutionner» les communications des appareillages électriques et pas seulement leur support physique. Sa solution? Un système large bande, à faible consommation électrique, par guide d'ondes fermé.

Technologies radio et CEI 61850

L'univers normatif a beaucoup progressé ces derniers temps avec notamment deux grands apports: la CEI 61850 et la tant attendue CEI 62271-1. Les dix chapitres de la norme CEI 61850, intitulée «Réseaux et systèmes de communication dans les postes», emportent l'adhésion des marchés mondialisés du génie électrique. Des projets pilotes, de portée encore modeste, mettent d'ores et déjà en application ce référentiel et de nombreux échanges d'expériences sur les solutions à l'essai, tenant compte des limites de la norme, prennent le relais de ces initiatives. L'avenir est donc à une refonte du domaine.

Un ambitieux projet de développement faisant intervenir plusieurs divisions opérationnelles d'ABB sert de cadre à l'élaboration d'une méthode novatrice (déjà à l'œuvre dans d'autres secteurs industriels) de transmission des données au sein du poste électrique, aussi sobre que fiable. La nouveauté tient à la propagation, dans une boucle fermée, d'ondes électromagnétiques haute fréquence à faible consommation. Le principe, étonnant de souplesse et de simplicité, se résume à un guide d'ondes correctement dimensionné (photo p. 26 et 1), à une antenne émettrice/réceptrice et à une liaison coaxiale avec les équipements de contrôle-commande et de protection en place.

Les technologies radio font depuis longtemps partie

de notre quotidien. Rares sont aujourd'hui les secteurs d'activités dont les données n'empruntent pas la «voie des airs». Le sans-fil est omniprésent, que ce soit dans la radio et

télédiffusion, la téléphonie mobile et les réseaux. Toutes ces applications s'appuient sur le nec *plus ultra* du moment: la transmission numérique sans fil. Que de chemin parcouru depuis le premier signal radio émis en 1886 par Heinrich Hertz avec son «éclateur», qui s'est ensuite vu ravir la vedette par l'antenne.

La propagation de signaux radio dans un guide d'ondes, avec un affaiblissement raisonnablement faible, s'accompagne de quelques contraintes simples. Les dimensions du tube conducteur, par exemple, doivent correspondre à la fréquence du signal radio: de fait, il n'y a transmission sans affaiblissement que lorsqu'une fréquence limite donnée est dépassée. Longueur d'onde et fréquence sont inversement proportionnelles: la longueur d'onde λ doit donc être inférieure à la longueur d'onde λ_{limite} . Les dimensions d'un guide d'ondes rectangulaire sont généralement données par l'équation:

$$\lambda \leq \lambda_{\text{limite}} = 2x$$

x étant sa largeur.

Etat de l'art

De nos jours, l'interconnexion des différents appareillages internes d'un poste se fait normalement en «pair à pair», plus précisément de tableau à tableau, que le signal véhiculé soit série ou binaire. Ces liaisons de type «bus de poste» sont réalisées en fil à fil avec des lignes en boucle raccordées au bornier de chaque tableau. Selon la taille de l'installation, la complexité du système d'interverrouillage et les exigences de contrôle-commande des appareils et d'information de l'opérateur, ce câblage occasionne des faisceaux de plus de 60 fils. L'ajout ou la modification de signaux sur ces lignes oblige

1 Le guide d'ondes rectangulaire, bientôt partie intégrante de l'appareillage MT



2 Assemblage de deux sections de guide d'ondes par bride étroite assurant l'isolation galvanique sans dégrader la transmission.



Energie

immédiatement à revoir de fond en comble le câblage dont l'exécution et les essais grèvent lourdement la facture de l'exploitant. Seules les transmissions série permettent de réduire le nombre de fils des lignes en boucle; signaux et mesures sont alors transmis en série vers un équipement central. De plus, les ordres de manœuvre peuvent être envoyés aux tableaux MT correspondants.

Ces contraintes environnementales ont fait de la fibre optique (guide d'ondes optiques) le support de transmission idéal, insensible aux perturbations électromagnétiques, contrairement au cuivre. Mais elle est aussi plus chère si l'on additionne les coûts du support lui-même (propriétés mécaniques),

de sa connectique (prises, protection de son cheminement dans les canalisations électriques...) et de sa pose délicate (outils et personnel spécialisés).

La nouveauté tient à la propagation, dans une boucle fermée, d'ondes électromagnétiques haute fréquence à faible consommation.

Un guide d'ondes dans les postes intérieurs

Face à des exigences de fiabilité et de longévité des systèmes de plus en

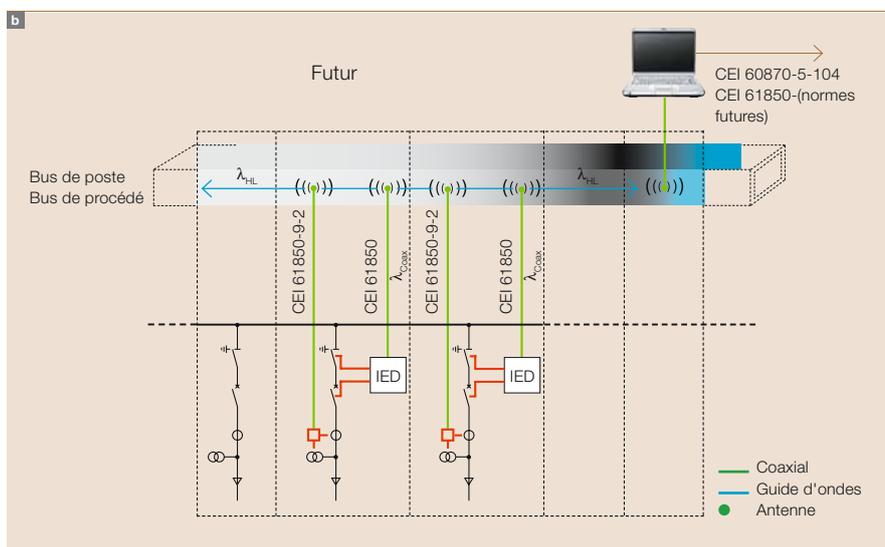
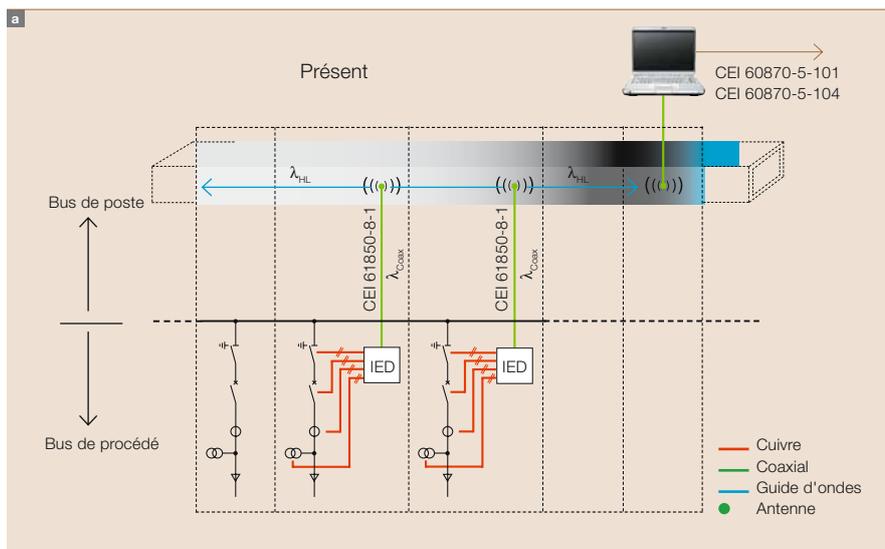
plus pressantes, ABB a cherché un support de transmission se mariant mieux à la communication entre tableaux, apte à remplir ces critères, simple d'utilisation et conforme CEI 61850. Autres contraintes: une bande passante située dans la plage d'un guide d'ondes optiques (câble FO) et une pose grandement simplifiée. Il fallait également conserver la qualité d'isolant galvanique entre émetteurs et récepteurs de données que confère le matériau des guides d'ondes optiques (contrairement aux conducteurs en cuivre).

Le guide d'ondes radio est très facile d'exécution. A l'image de son homologue optique, il faut qu'il y ait réflexion sur une ou plutôt deux surfaces de séparation parallèles pour que la propagation du signal ne subisse pratiquement aucune perte. C'est pourquoi ces deux interfaces doivent se trouver à une distance précise l'une de l'autre, elle-même déduite de la longueur d'onde utilisée (cf. équation p. 27). L'entrée et la sortie des signaux sont réalisées par des antennes sphériques. Un câble coaxial blindé comble les courtes distances entre équipements de contrôle-commande/protection et guide d'ondes. L'encadré compare les différents supports de transmission.

Les dimensions du tube conducteur, par exemple, doivent correspondre à la fréquence du signal radio.

L'énergie électrique injectée dans le guide d'ondes à l'aide d'une antenne produit, à l'intérieur du tube, une onde électromagnétique de champ électrique E et de champ magnétique H. Dès que l'on dépasse la fréquence limite du système, cette onde se propage dans le tube, quasiment à la vitesse de la lumière. En entrée, on commence par créer un champ E qui donne ensuite un champ H. Les antennes du guide d'ondes sont en principe réversibles, c'est-à-dire capables à la fois d'émettre et de recevoir une énergie HF. Un guide bien dimensionné facilite la propagation des ondes électromagnétiques, quasiment sans

3 Guide d'ondes: le support de transmission du présent a et du futur b



perte (affaiblissement linéique d'environ 2 dB/km); sa forme se contente d'un signal de faible puissance de 5 GHz. La technique employée est celle des réseaux locaux sans fil (WLAN) modernes. Dans un guide d'ondes, les signaux radio sont protégés des parasites extérieurs et n'ont pas d'influence perturbatrice sur leur environnement.

Les sections de guide d'ondes sont aménagées dans les cellules basse tension de l'appareillage de façon à se raccorder automatiquement dès l'installation des tableaux. Comparée aux systèmes de lignes en boucle traditionnels (comptant jusqu'à 60 fils), cette technologie allège au maximum l'établissement des liaisons entre tableaux, lors de l'installation de l'appareillage sur le site. Le couplage des tableaux aligne automatiquement les différentes sections de guide d'ondes. Les interstices entre sections, dans chaque tableau, sont scellés par bride **2** pour éviter toute pollution ou agression extérieure du conducteur. A la longueur d'onde utilisée, cet interstice ne joue en rien sur l'affaiblissement de la transmission. Par rapport à une ligne Ethernet blindée classique, le guide d'ondes offre davantage de robustesse mécanique, d'immunité aux interférences HF et, contrairement aux câbles, une isolation galvanique tableau par tableau (tout comme le guide d'ondes optiques). Ce système « prêt à l'emploi » permet de tester sans difficulté l'ensemble de la communication, *in situ*.

Deux guides d'ondes distants de quelques mètres (ex., un appareillage installé à chaque extrémité du poste) peuvent être reliés par un système passif composé d'antennes et de câbles coaxiaux. En ce qui concerne la topologie du réseau, la redondance doit être organisée de manière à tolérer la défaillance d'un appareil de connexion ou de la liaison, selon le principe n-1. Par analogie directe avec le cuivre ou l'optique, la solution consiste seulement à dupliquer le point d'accès au guide d'ondes, puisque l'on peut supposer dans ce cas qu'une liaison de transmission par guide d'ondes est extrêmement robuste et, par conséquent, à l'abri des défaillances: de quoi réaliser à moindre frais un réseau quasi redondant **3**.

Dans un guide d'ondes, les signaux radio sont protégés des parasites extérieurs.

Perspectives d'évolution

La nouvelle normalisation CEI 61850 ne se borne pas à décrire une interface de communication simple, basée sur un bus de poste; elle définit aussi un bus de procédé permettant le raccordement d'équipements primaires numériques: capteurs de tension et de courant, transformateurs ou appareils de connexion ou de coupure ayant une interface de communication CEI 61850. Quand il faut transmettre en temps réel, conformément à la

CEI 61850-9-2:2004 [9, 10], des mesures échantillonnées de tension/courant, des capteurs ou transformateurs de mesure au dispositif électronique intelligent « IED » (flux verticaux), ou encore d'IED à IED (flux horizontaux pour, notamment, la protection des jeux de barres), la robustesse de la liaison est capitale. Autre impératif: s'assurer que cette connexion offre assez de bande passante et de rapidité pour éviter tout retard de transmission préjudiciable au système de protection. Sur une connexion par guide d'ondes, vitesse et bande passante sont assurées par la technologie « multicanal »: jusqu'à 24 canaux indépendants, d'un débit unitaire de 56 Mbit/s, peuvent ainsi être raccordés au guide. C'est à la fois la garantie de flux d'informations verticaux et horizontaux, conformes CEI 61850, et la possibilité de remplir d'autres fonctions: relevé des compteurs installés dans l'appareillage, exécution de services web. Le couplage d'autres constituants actifs peut être réalisé par un convertisseur de support approprié. Pour les mesures échantillonnées, en particulier, la connexion par guide d'ondes se plie aux exigences sécuritaires de la protection électrique et normatives de la CEI 61850-9-2:2004 [9, 10].

Encadré Points forts et points faibles des différents supports de transmission en lice

	Support physique	Disponibilité	CEM	Résistance thermique	Robustesse mécanique	Pose	Extension de l'installation
Câble électrique (paire torsadée catégorie 5, connectique RJ45)	+	-	+	+	0	0	
Fibre optique (multimode 2G 62,5/125 µm)	+	+	0	-	-	-	
Guide d'ondes	++	+	+	++	+	++	

Kornel Scherrer

ABB Management Services Ltd.
Zurich (Suisse)
kornel.scherrer@ch.abb.com

Bernhard Deck

ABB Medium Voltage
Baden-Dättwil (Suisse)
bernhard.deck@ch.abb.com

Andreas Reimüller

Calor Emag Medium Voltage Products
Ratingen (Allemagne)
andreas.reimueller@de.abb.com