

L'évolution des postes électriques

Cent ans de modernité

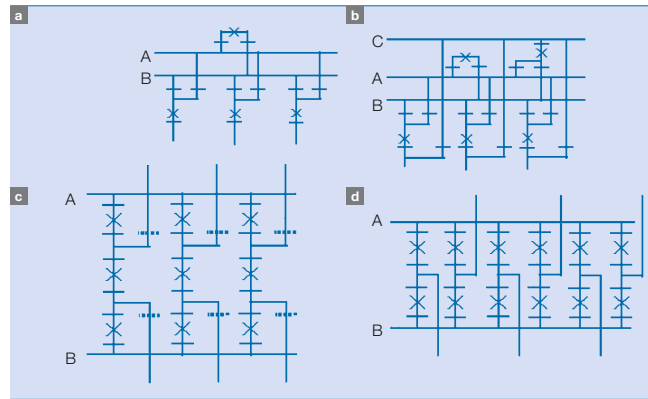
Hans-Erik Olovsson, Sven-Anders Lejdeby

Que vaut un siècle dans l'histoire de l'humanité? Pourtant, à l'échelle du progrès technique, c'est une éternité! Lorsque ABB fabriqua son premier poste électrique, il y a une centaine d'années, qui aurait pu imaginer les appareillages d'aujourd'hui? A l'époque, les disjoncteurs rivalisaient de volume et de complexité au point de nécessiter une surveillance de tous les instants et une maintenance rapprochée. L'essentiel du XX^e siècle se consacra au développement de nouvelles techniques permettant d'accroître la puissance, la disponibilité, la vitesse de manœuvre et l'automatisation des appareils tout en réduisant leur maintenance et leur encombrement. Certaines de ces avancées ont débouché, dans les années 60, sur l'appareillage à isolation gazeuse (GIS), qui permet de réduire de près de 90 % les dimensions d'un poste électrique traditionnel isolé dans l'air (AIS)! Dans les années 70, la protection électromécanique classique est détrônée par la technologie statique (amplificateurs opérationnels). L'heure est aujourd'hui au contrôle-commande numérique des postes, avec l'émergence de systèmes de protection et de conduite multifonctions et communicants.

Les exploitants des réseaux de distribution sont désormais en mesure de surveiller et de piloter à distance leurs ouvrages, sans avoir à déplacer de personnel. Il existe aujourd'hui des postes préfabriqués modulaires, à isolation gazeuse ou dans l'air, qui présentent le double avantage d'écourter les délais de livraison et d'améliorer la qualité de l'installation.

À l'aube de la construction des systèmes électriques, il y a près d'un siècle, le réseau ne brillait pas par sa fiabilité! Les disjoncteurs et leur électromécanique fort complexe exigeaient de fréquentes interventions de maintenance et les pannes dues à ces arrêts répétés étaient monnaie courante. L'invention de l'interrupteur-sectionneur a indéniablement contribué à accroître la disponibilité des réseaux électriques. Les configurations unifilaires consistaient à ceinturer les disjoncteurs d'un grand nombre d'interrupteurs-sectionneurs de façon à garder en service les parties adjacentes de l'appareillage pendant les travaux sur les disjoncteurs. D'où les schémas de poste à deux jeux de barres **1a** et avec jeu de barres de transfert **1b**. Ce choix n'avait pas pour seul motif les contraintes de maintenance; il visait aussi à limiter les retombées des défauts primaires dans le système électrique: non-déclenchement du disjoncteur ordinaire sur défaut primaire dû à un élément externe, apparition d'un défaut sur le jeu de barres, par exemple. Dans les configurations **1a** et **1b**, ces types de défaut se soldent par la perte de tous les éléments raccordés au jeu de barres! C'est pour limiter ces déboires tout en tenant compte de la maintenance que furent adoptées les configurations à un disjoncteur et demi **1c** et à deux disjoncteurs **1d**.

1 Différentes configurations unifilaires: **a** à deux jeux de barres, **b** à deux jeux de barres et jeu de barres de transfert, **c** à un disjoncteur et demi, et **d** à deux disjoncteurs. **a** et **b** se focalisent sur la maintenance: **c** et **d** se préoccupent de la maintenance et des défauts.



De nos jours, les disjoncteurs sont plus endurants que leurs prédécesseurs. Pour preuve, l'intervalle de maintenance des disjoncteurs ABB isolés dans l'hexafluorure de soufre SF₆ (avec mise hors service des composants primaires) est supérieur à 15 ans; il plafonne encore à 4 ou 5 ans pour les interrupteurs-sectionneurs à construction ouverte, implantés dans des zones peu ou pas polluées. À noter que cette périodicité est proportionnelle au degré d'exposition de l'appareil à une pollution naturelle (sel, sable...) ou industrielle.

Même si les interrupteurs-sectionneurs et leur fonction de coupure et de séparation sont indispensables, force est d'avouer que leur maintenance reste très contraignante et, qui plus est, onéreuse. Des innovations dans le

domaine des appareils de connexion pour postes AIS ont fait de l'interrupteur-sectionneur classique (à coupure magnétique dans l'air) un composant redondant, la fonction de redondance étant superposée ou intégrée au disjoncteur **2**. Résultat: une disponibilité accrue du poste et une surface au sol quasiment divisée par 2! Les nombreux avantages d'une solution hybride (disjoncteur-sectionneur) sur la configuration traditionnelle à 1½ disjoncteur pour postes de 400 kV à coupure dans l'air (cumulant disjoncteurs et interrupteurs-sectionneurs) sont résumés en **2**: le gain de place abaisse les coûts d'acquisition et d'aménagement du site, la modernisation des postes existants est facilitée et l'impact environnemental, avec moins de matériaux polluants, est minime.

Une espèce menacée? Les transformateurs de mesure avaient traditionnellement pour mission de transmettre les valeurs de tension et de courant primaires aux appareillages secondaires de commande, de protection et de mesure. Ces mastodontes constitués de matériaux isolants, de bobines de cuivre et de tôles de fer devaient aussi alimenter en énergie les équipements électromécaniques secondaires; or ces derniers sont maintenant réalisés en technolo-

Une espèce menacée?

Les transformateurs de mesure avaient traditionnellement pour mission de transmettre les valeurs de tension et de courant primaires aux appareillages secondaires de commande, de protection et de mesure. Ces mastodontes constitués de matériaux isolants, de bobines de cuivre et de tôles de fer devaient aussi alimenter en énergie les équipements électromécaniques secondaires; or ces derniers sont maintenant réalisés en technolo-

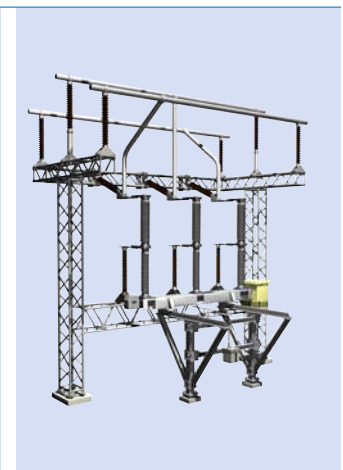
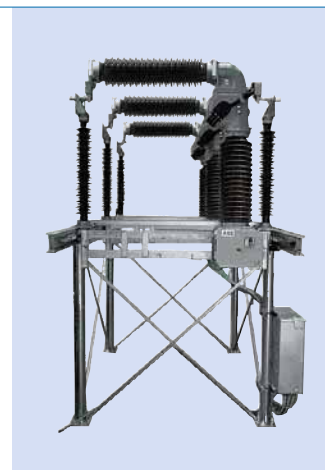
2 Exemples d'appareillages ABB novateurs avec fonction de coupure superposée ou intégrée au disjoncteur

a Solution hybride

b Connexion et coupure PASS

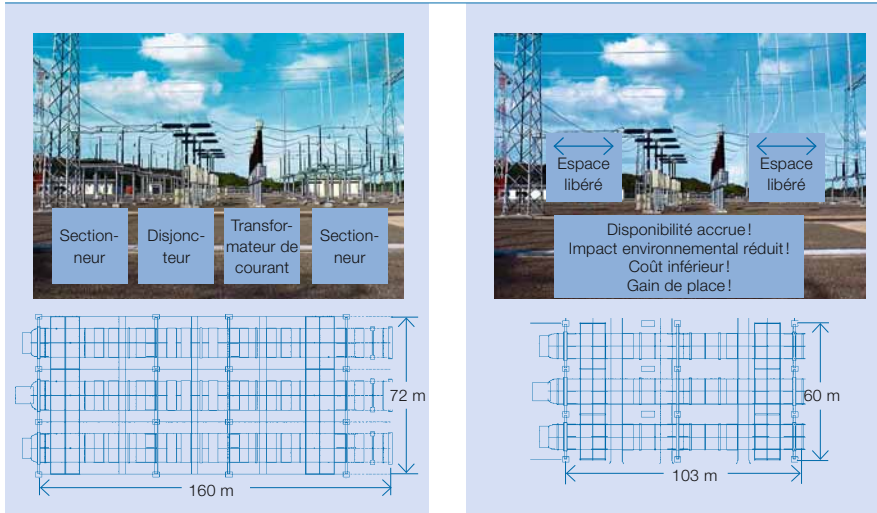
c Compass

d Solution compacte



Transformateurs et postes

3 De la solution traditionnelle à disjoncteurs et interrupteurs-sectionneurs de 400 kV (gauche) à la formule hybride à disjoncteur-sectionneur (droite) : la surface au sol est considérablement réduite.



gie numérique et alimentés par une source séparée (batterie, par exemple). De surcroît, à l'ère de la fibre optique, ces bons vieux transformateurs encombrants peuvent être remplacés par des capteurs optiques fournissant des valeurs de tension et de courant primaires, qui sont numérisées pour être transmises à l'équipement secondaire. Cette évolution réduira encore l'encombrement et le coût des appareillages, tout en conférant aux équipements secondaires plus de souplesse et de sécurité.

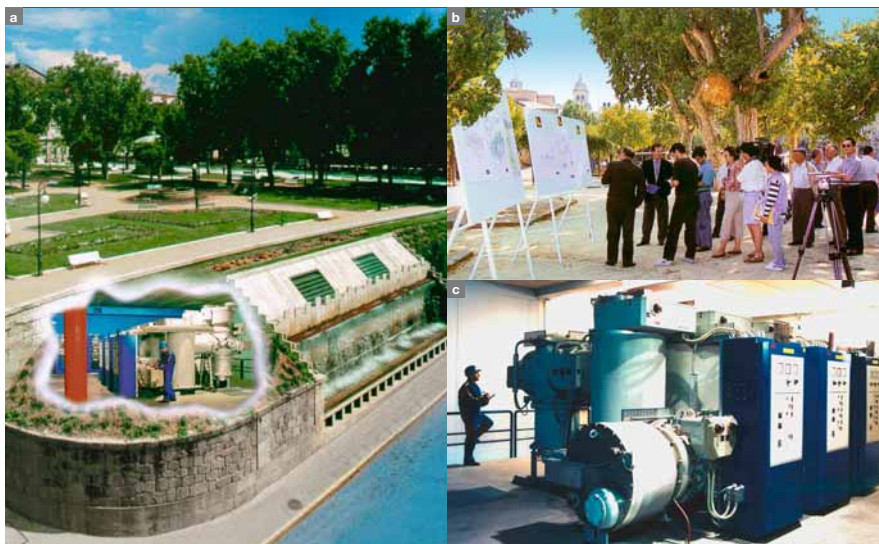
Discrétion absolue

La technologie des postes électriques n'est pas la seule à avoir progressé au cours des cent dernières années ; leur aspect a également changé du tout au tout. A l'origine, nombreux étaient les postes à s'ériger en périphérie des villes ou agglomérations, leur esthétique n'ayant guère d'importance. Les voici aujourd'hui rattrapés par l'urbanisation galopante des dernières décennies, au grand dam des riverains qui en déplorent le style et le bruit des transformateurs de puissance. Pour y

remédier, les postes ont été logés dans des bâtiments en harmonie avec l'architecture urbaine, qui se font totalement oublier ! Le gain de place (-40% à -50% pour les AIS d'intérieur et -70% à -80% pour les GIS) a grandement facilité cette mutation. L'installation des équipements à l'intérieur accroît la disponibilité et la fiabilité du poste, le risque de défaillances primaires (animaux, pollution atmosphérique ou industrielle) étant considérablement atténué pour les postes AIS et totalement éliminé pour les GIS. Elle autorise également la télé-surveillance du bâtiment, espaçant d'autant les visites périodiques. Les postes sont en outre protégés des risques d'intrusion et du vandalisme, et les nuisances sonores et vibratoires des appareillages sont nettement réduites. Les centres-villes du monde entier s'équipent désormais de postes GIS entièrement enterrés et donc invisibles 4.

Le gain de place abaisse les coûts d'acquisition et d'aménagement du site, la modernisation des postes existants est facilitée et l'impact environnemental, avec moins de matériaux polluants, est réduit.

4 Poste enterré, totalement invisible a Les jeux d'eau refroidissent le transformateur et en étouffent le bruit. b Consultation publique sur un projet d'implantation de poste c Appareillage GIS en sous-sol



Deux critères sont primordiaux dans la conception et la réalisation de nouveaux postes en zones urbaines : compacité et sécurité. En effet, le prix du foncier oblige à rogner sur l'espace occupé et les postes doivent respecter des règles de sécurité des personnes de plus en plus draconiennes, dans les zones d'habitat denses. Pour répondre à ces exigences, en milieu urbain et périurbain, et s'adapter à chaque cas de figure, ABB a développé un poste urbain compact d'intérieur, dénommé «URBAN», pour des tensions de 170 kV maxi. Des systèmes novateurs s'inscrivent dans cette offre ABB, tels que des modules isolés dans l'air et au SF₆, selon les impératifs de l'installation.

Du maçonnerie au préfabriqué

Un poste préfabriqué bénéficie d'un avantage de taille lorsque la durée

Transformateurs et postes

5 Poste préfabriqué de type MALTE: a ancien ouvrage, b nouveau génie civil et c intérieur du poste: transformateur (milieu), cellule HT (droite), cellule MT et équipements secondaires (gauche)



totale du projet est courte: sa mise en œuvre rapide et simple. A cela s'ajoute une plus grande qualité de fourniture puisque le poste est intégralement testé en usine avant livraison. Le poste de distribution MALTE, doté d'un transformateur de 16 MVA maxi, en est un exemple. Il se compose de cellules préfabriquées et prétestées. Le précâblage primaire et secondaire des cellules accélère les raccordements. Au terme d'une semaine de montage et d'essais sur site, le poste est opérationnel. Sa surface au sol (environ 100 m²) occupe moins de 30% d'un poste AIS d'extérieur. MALTE 5 est constitué de 3 cellules:

- Le *transformateur de puissance* principal qui repose sur une dalle préfabriquée servant également de cuve à huile, avec cloisons et toiture;
- Une *cellule haute tension (HT)* équipée d'un disjoncteur débrosable COMPACT de 52 kV; précisions que ce module ne nécessite pas de fondations puisqu'il s'articule sur la cellule transformateur de puissance;
- Une *cellule moyenne tension (MT)* équipée d'appareillages montés en armoire et abritant les équipements de relaying, de commande et CA/CC auxiliaires de tout le poste; elle est aussi attelée à la cellule transformateur de puissance.

Outre son faible encombrement et sa rapidité de montage, MALTE apporte de nombreux avantages sur une solution traditionnelle: haute disponibilité des équipements

intérieurs, coûts de maintenance et d'inspection réduits, facilité de démontage (fondations comprises)

Les transformateurs de mesure encombrants sont remplacés par des capteurs optiques qui réduisent encore l'encombrement et le coût des appareillages, tout en conférant aux équipements secondaires plus de souplesse et de sécurité.

et mobilité, insertion paysagère et respect de l'environnement, sécurité des intervenants et du voisinage.

Équipements secondaires

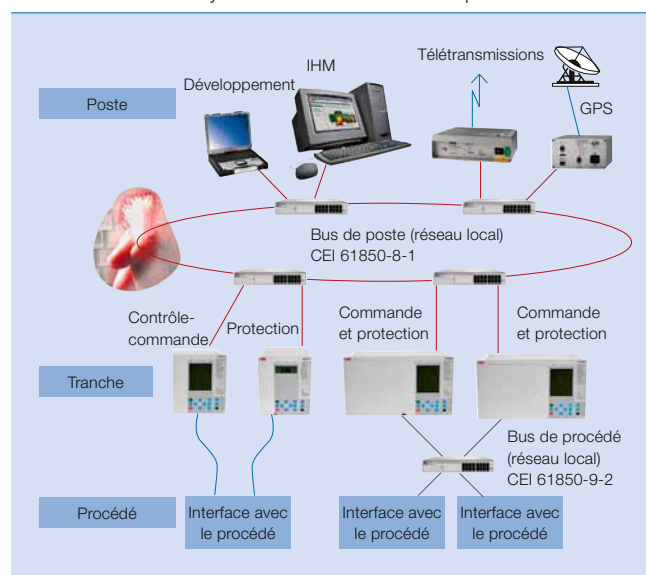
Comme leurs homologues primaires, les systèmes secondaires d'un poste ont beaucoup progressé. L'exploitation manuelle, par exemple, cède le pas à une gestion de l'information plus évoluée. Le secondaire d'un poste moderne 6 assure:

- la protection et la supervision des équipements primaires;
- l'accès local et distant aux appareillages du système électrique;
- des manœuvres manuelles et des automatismes locaux;
- la communication et l'interfaçage des équipements au sein du secondaire;
- la communication et l'interfaçage avec la gestion de réseau.

Toutes ces fonctions sont accomplies par un système d'automatisation de poste «SAS» (*Substation Automation System*) assorti de dispositifs secondaires programmables, plus connus sous l'acronyme «IED» (*Intelligent Electronic Devices*), qui se chargent de la commande, de la surveillance, de la protection et de l'automatisation du poste. Un IED se singularise par:

- la desserte d'une ou de plusieurs travées;
- des fonctions de protection indépendantes pour chaque ligne d'alimentation;
- des calculs rapides en temps réel, qui déclencheront au besoin un signal;
- la possibilité de combiner comme de dissocier les fonctions de protection et de commande;

6 Architecture d'un système de commande et de protection moderne



Transformateurs et postes

7 Préfabrication d'un système de relayage et de commande : a essai en usine de l'équipement de poste complet, b transport des modules sur site, c poste opérationnel



- la communication avec des IED situés tant au niveau poste qu'au niveau tranche.

Pour accroître la fiabilité et la disponibilité du SAS, la protection peut être dupliquée pour garantir la redondance du système. Une redondance totale oblige à doubler l'ensemble des IED et des systèmes annexes (alimentation, par exemple), les deux systèmes étant ainsi assurés de fonctionner indépendamment l'un de l'autre.

Le poste de distribution préfabriqué MALTE présente l'avantage d'une mise en œuvre rapide et simple, et d'une meilleure qualité de fourniture.

Préfabrication

Poste préfabriqué et automatismes prétestés deviennent la norme. L'ensemble est livré sous forme de compartiments renfermant toutes les fonctions requises d'une partie du système primaire, qu'il suffit ensuite de raccorder par fibre optique 7. La préfabrication est avantageuse à bien des égards :

- Le coût total du poste est revu à la baisse en optimisant la fabrication et les essais ;
- La qualité est meilleure puisque le module est entièrement testé en usine et livré avec l'ensemble du câblage intact ;
- Le gros du montage et des tests étant réalisé en amont, la durée du chantier sur site est considérablement écourtée ;

- La préfabrication convient tout à fait aux projets d'implantation ou de modernisation de l'existant ;
- Une rénovation se traduit par le remplacement de tout le bâtiment de commande, minimisant ainsi l'immobilisation du poste.

Communication

Dans un SAS, la vitesse et l'efficacité des transmissions entre IED sont fondamentales. Certes, la communication numérique dans les postes ABB ne date pas d'hier. Néanmoins, elle souffrait de l'absence de protocoles normalisés et de faibles débits qui freinaient la transmission ou posaient problème dans des systèmes conjuguant à la fois des matériels d'ABB et d'autres constructeurs. Pour lever ces obstacles, ABB a soutenu et contribué de près à la mise au point de la norme internationale CEI 61850 sur les réseaux et systèmes de communication dans les postes [1].

Les postes modernes sont en général pilotés à distance, les échanges entre poste et centre de téléconduite empruntant un réseau étendu. De nos jours, les nouvelles lignes aériennes ou les connexions par câbles adoptent la fibre optique pour protéger la transmission sur de grandes distances.

Perspectives d'avenir

D'industrielle, notre société est devenue, en un siècle, « informationnelle ». Un foisonnement d'idées passionnantes, en particulier sur la Toile, a bouleversé nos modes de vie et méthodes de travail. L'avènement d'Internet, par exemple, au cœur d'entreprises mondiales comme ABB, a grandement simplifié et fluidifié les contacts avec le

client. Les projets peuvent aujourd'hui être menés à bien sur la base de données communes, convenues entre les deux parties.

Les équipements d'un poste électrique seront de plus en plus intégrés et compacts, tandis que la mesure et la totalité des fonctions secondaires transiteront sur des câbles optiques.

A l'avenir, les équipements d'un poste électrique se feront de plus en plus intégrés et compacts, tandis que la mesure et la totalité des fonctions secondaires transiteront sur des câbles optiques. Bref, des tonnes de porcelaine, de cuivre et de fer se fondront en une poignée de fibres. Les postes seront alors plus rapidement livrés et moins encombrants, en harmonie avec le milieu naturel.

Hans Erik Olovsson

Sven-Anders Lejdeby

ABB Power Systems, Substations

Västerås (Suède)

hans-erik.olvsson@se.abb.com

sven-anders.lejdeby@se.abb.com

Bibliographie

- [1] Frei, C., Kirmann, H., Kostic, T., Maeda, T., Obrist, M., *Célérité et qualité bien, ordonnées*, Revue ABB 4/2007, p. 38-41