

Unité Mobile : une nouvelle approche de remplacement d'un système de commande et protection dans une installation existante.

J-S LABBÉE, Hydro-Québec, Canada

SOMMAIRE

Afin d'augmenter l'efficacité de ses projets de réfection de systèmes de commande et protection dans ses installations de transport d'électricité, Hydro-Québec a conçu un système de commande et protection temporaire. Ce système autonome nommé *Unité mobile* est installé à l'extérieur du bâtiment de commande sous forme de plusieurs cabinets. Les unités mobiles sont déployées lors de la période des travaux associée au remplacement d'un système de commande et protection. Cette solution, qui est simple et rapide à déployer, permet de remplacer temporairement le système de commande et protection à pérenniser.

L'utilisation des unités mobiles permet de maintenir l'installation en exploitation lors de la période des travaux tout en libérant le bâtiment de commande de ses équipements. Cette stratégie de réalisation facilite le déploiement du nouveau système de commande et protection.

Ce système modulaire est conçu de sorte à être installé et réutilisé dans un très grand nombre d'installations. Pour minimiser le câblage, les unités mobiles utilisent le protocole de communication IEC-61850 (GOOSE/MMS) pour communiquer entre eux.

Cette solution a été implantée avec succès au poste St-Sauveur à l'automne 2017, dans le cadre d'un projet de pérennité du système de commande et protection. L'évaluation post-projet a permis de démontrer qu'Hydro-Québec a économisé 1,7 M\$ sur le projet et réduit l'échéancier du projet de 1 an.

MOTS CLÉS

CEI-61850, modernisation système commande et protection, mise en route, système commande et protection distribuée

1. Problématiques :

La réalisation de projet de réfection de systèmes commande et protection dans une installation existante est très complexe. Il est souvent impossible de remplacer l'ensemble du système d'un seul coup étant donné le manque d'espace dans le bâtiment. Le remplacement du système doit se faire par étapes, car le système de commande et protection doit demeurer en fonction lors de la période des travaux.

Le remplacement traditionnel du système, tel que réalisé actuellement à Hydro-Québec, rencontre plusieurs obstacles :

- Agrandissement de bâtiment;
- Nombreuses étapes temporaires de travaux;
- Remplacement séquentiel des panneaux selon une séquence préétablie;
- Échéancier du projet augmenté et dépendant des retraits accordés par l'exploitant;
- Complexifie la mise en route et l'ingénierie.

L'ensemble de ces problématiques se traduit par une augmentation des coûts et de la durée de réalisation de projet.

Dans le cadre du projet de réfection du système de commande et protection du poste St-Sauveur, Hydro-Québec s'est donné comme mandat de développer de nouvelles pratiques de réalisation de projet de pérennité pour le système de commande et protection. Un système de commande et protection mobile temporaire a été conçu pour faciliter et optimiser le projet de remplacement.

2. Concepts :

L'unité mobile a été créée pour relever le système de commande et protection d'une installation existante sans altérer son fonctionnement et nuire à l'exploitation du poste. Ce système est mobilisé pour la durée des travaux. L'unité mobile est conçue pour libérer la salle de commande de ses équipements afin de faciliter l'implantation du nouveau système de commande et protection.

Ainsi, les activités réalisées à l'intérieur du bâtiment deviennent indépendantes de l'exploitation du réseau lors de la mise en route du nouveau système. Il en résulte :

- Une accélération dans l'exécution des travaux;
- Les travaux en période de pointe hivernale, normalement proscrits par des contraintes d'exploitation, peuvent être réalisés;
- Le système pouvant être testé en entier, la mise en route du système est simplifiée et accélérée.

L'unité mobile est conçue pour permettre :

- Le démantèlement complet ou en partie du système de commande et protection du poste actuel;
- Un déploiement simple et rapide;
- Être modulaire et réutilisable pour divers projets (visée de 350 des 500 postes d'Hydro-Québec).

3. Principe de fonctionnement :

La solution retenue pour libérer la salle de commande est de déporter le système de commande et protection temporaire à l'extérieur du bâtiment. Un cabinet est installé à l'extérieur pour chacun des appareils ou groupes d'appareils rapprochés physiquement. Le système de commande et protection est déporté dans chacun des cabinets.

Chaque cabinet est relié, via des câbles de cuivre, au coffret de commande de l'appareil. Les cabinets sont reliés entre eux par fibre optique via un réseau local de commande et protection (RLCP). Ce réseau permet aux différents DEI d'échanger des informations entre eux.



Figure 1 : unité mobile

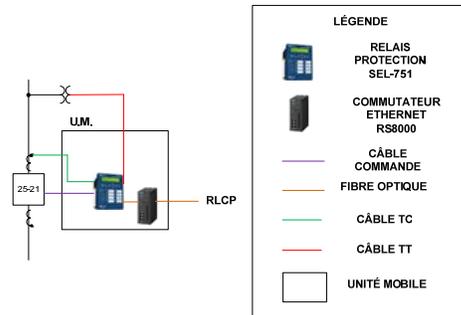


Figure 2 : Principe de raccordement unité mobile

Les cabinets sont munis d'un relais de protection. Ces relais, en plus de réaliser la fonction de protection;

- Font l'acquisition des signaux d'alarmes et de signalisation de l'appareil via 61850-8-1 MMS;
- Effectuent la commande volontaire de l'appareil;
- Réalisent les fonctions de mesure;
- Réalisent l'IPM de repli.

Pour minimiser les travaux d'excavation et l'empreinte physique des unités mobiles, nous utilisons le protocole de communication 61850-8-1 GOOSE pour :

- Émettre les ordres de déclenchement des disjoncteurs entre chacun des cabinets;
- Réaliser une protection de barre MT et HT par mode blocage.

L'utilisation d'une protection différentielle classique pour protéger les barres HT et MT a été rejeté pour limiter le tirage de câble. L'utilisation du protocole « IEC 61850-9-2 process bus » a été rejetée pour éviter une architecture complexe du RLCP associée à ce type de technologie.

Un exemple d'architecture pour un poste avec 2 transformateurs est présenté à la figure suivante :

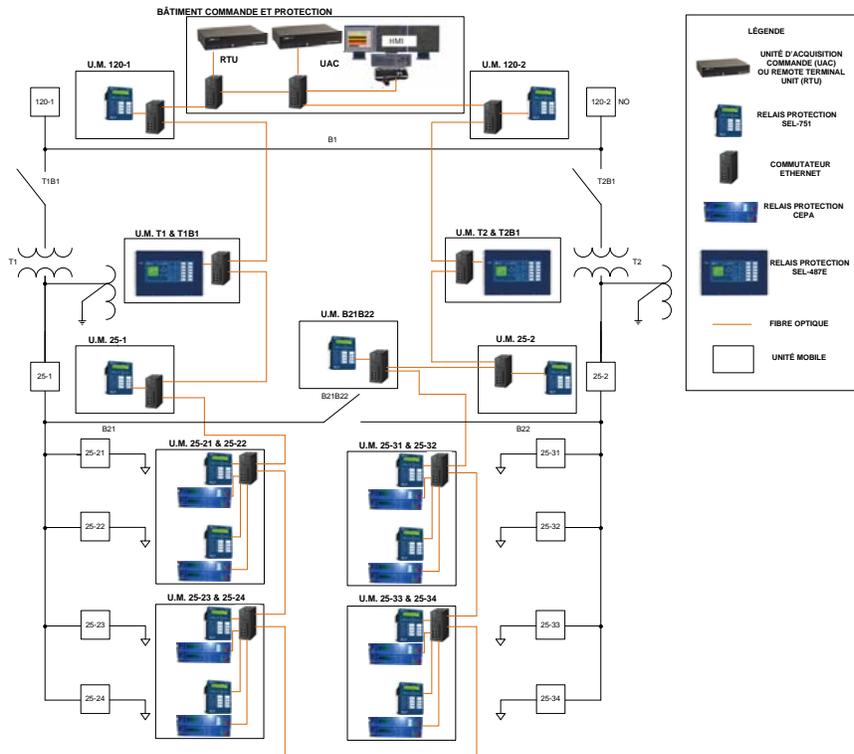


Figure 3 : Architecture RLCP

4. Implantation des unités mobiles :

Une des plus grandes contraintes de projet chez Hydro-Québec est l'accord, via l'exploitant, de retrait d'exploitation d'équipement ou de système de commande et protection. L'utilisation d'unité mobile permet de limiter l'impact des contraintes d'exploitation sur la réalisation de projet.

De par l'installation d'un système de commande et protection temporaire, l'utilisation des unités mobiles demande un plus grand nombre de retraits d'exploitation que la méthode de remplacement traditionnelle. Cependant, comparativement au remplacement traditionnel, qui demande de longs retraits d'exploitation (plusieurs jours ou semaines), les retraits réalisés avec les unités mobiles sont de très courte durée (<1 journée par unité) et possèdent un temps de rappel très faible (<4 hrs). Il devient aisé pour l'exploitant d'accorder ces retraits, même en période de pointe.

Le gain de temps obtenu par l'unité mobile se justifie par la modularité du système de commande et protection ainsi que par la mise en route pré-opérationnelle du système en laboratoire. Au chantier, seul le raccordement de l'unité mobile à son équipement est requis. Le déploiement devient alors très rapide.

5. Composition des cabinets:

Chacun des cabinets possède une source d'alimentation C.C. et C.A. fournie par son équipement associé (disjoncteur, transformateur, etc.). Afin d'offrir un environnement semblable à un bâtiment de commande, chaque cabinet est chauffé. Pour éviter une exploitation des équipements en dehors de leur gamme d'opérations, la panne du chauffage ainsi que la haute et basse température des cabinets sont supervisées.

Les unités étant situées à l'extérieur, le matériel composant le cabinet respecte la gamme de température -40° à $+85^{\circ}\text{C}$. Ainsi, advenant une panne du chauffage d'un cabinet, la plage d'opération en température des équipements composant le cabinet sera respectée.

6. Projet St-Sauveur :

Le poste St-Sauveur est un poste de distribution 120-25kV composé de trois transformateurs 47MVA ONAF. Le poste est composé de 14 départs d'artères. La barre HT n'est jamais exploitée bouclée (disjoncteur d'attache ouvert). La figure suivante montre le schéma unifilaire du poste ainsi que les zones de protection.

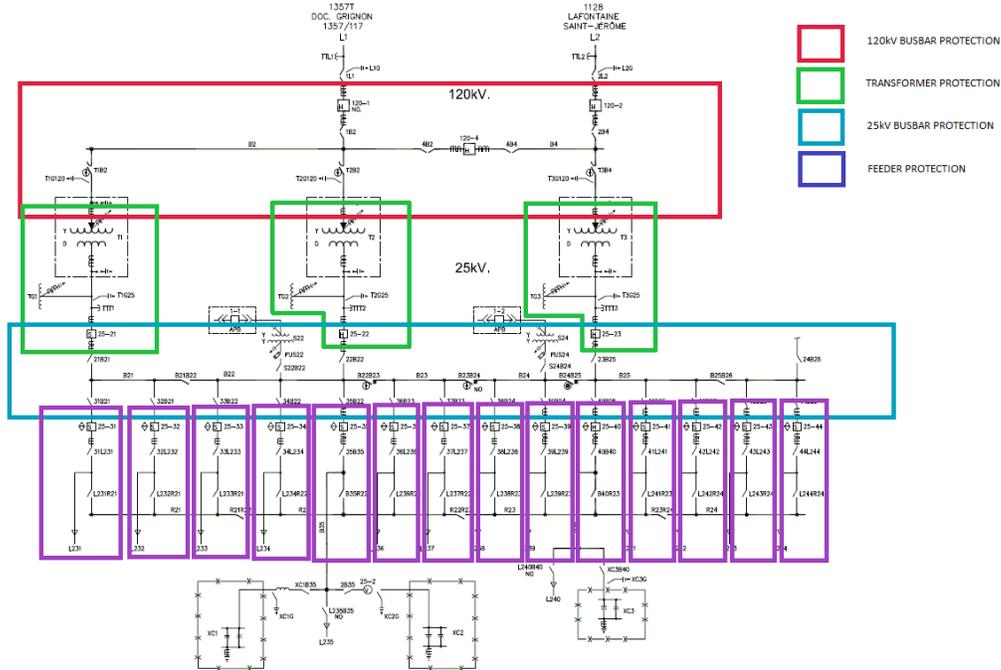


Figure 4 : Schéma unifilaire poste St-Sauveur

6.1. Protections du poste St-Sauveur:

6.1.1. Critères de conception du système de protection temporaire du poste St-Sauveur:

Le poste St-Sauveur est composé de 22 unités mobiles. Le déploiement de l'unité mobile étant temporaire (6 mois à 1 an), les critères de fonctionnement du système de protection peuvent être abaissés comparativement à un système installé de façon permanente. Ce mode de protection dégradé survient également dans le mode de réalisation traditionnelle (sans unité mobile) lors de l'exécution des différentes étapes des travaux (retrait d'une vieille protection pour en installer une nouvelle, par exemple).

Avec les unités mobiles, chaque équipement doit être protégé au minimum par une protection primaire. La redondance des protections (A et B) n'est pas requise. La redondance est assurée par des protections de surintensité de relèvement.

La perte du RLCP ne doit pas compromettre l'exploitation du poste et l'intégrité des équipements lors d'un défaut. Une redondance doit être assurée par un élément de protection temporisé sur perte du RLCP. Pour y parvenir, on implante dans chaque unité mobile de disjoncteur un élément de protection temporisé (SEL-751). Le déclenchement de cette protection étant réalisé via un fil de cuivre directement à l'appareil, cette protection est indépendante du RLCP pour fonctionner.

Le déclenchement d'un disjoncteur étant tributaire du fonctionnement du relais SEL-751 associé, une panne du relais SEL-751 doit entraîner inévitablement un retrait d'exploitation du disjoncteur. Il en est de même pour la perte de la protection du transformateur. L'absence de redondance au niveau du

système de protection a comme impact, lors d'une défaillance d'un relais de protection, le retrait d'exploitation de l'appareil associé. Cependant, de par la durée temporaire de l'unité et la faible occurrence d'un tel événement, ce risque est jugé acceptable par l'exploitant.

6.1.2. Protection d'artères:

Chaque départ d'artère 25 kV, incluant les départs vers les batteries de condensateurs, est équipé d'une protection CEPA (protection conçue exclusivement pour Hydro-Québec). La CEPA est la protection normalisée à Hydro-Québec pour une artère.

Les artères sont également munies d'un relais SEL-751. Ce relais effectue le mode de protection par blocage de la barre MT ainsi que la commande de repli par l'IPM (le relais CEPA communique seulement en DNP3 et ne supporte pas le MMS CEI-61850-8-1).

Cette protection est indépendante du RLCP pour fonctionner. Cette protection déclenche son disjoncteur associé via un câble (déclenchement indépendant du RLCP).

6.1.3. Protection de barre 25 kV:

La barre MT 25kV est protégée par deux fonctions de protection. Ces fonctions sont implantées dans les relais de protection SEL-751 des disjoncteurs BT de transformateurs:

A. Protection primaire

La protection primaire de barre MT 25kV est réalisée par le mode blocage. Ce mode de protection est dépendant du RLCP pour fonctionner.

Le signal de blocage est envoyé via le protocole de communication GOOSE CEI-61850-8-1 des relais SEL-751 d'artères vers les relais SEL-751 des disjoncteurs BT de transformateur.

B. Protection relève

La protection de relève de barre MT est réalisée par une protection de surintensité de phase et de neutre implantée dans le relais SEL-751 des disjoncteurs BT de transformateur. Cette protection est active en tout temps et n'est pas conditionnée par aucun élément. La protection SEL-751 déclenche son disjoncteur associé via un câble (déclenchement indépendant du RLCP).

6.1.4. Protection de transformateur 120-25kV:

Les transformateurs sont protégés par deux protections. La protection primaire est implantée dans le relais SEL-487E dédié à chacun des transformateurs. La protection de relève est implantée dans les relais SEL-751 des disjoncteurs de ligne HT.

A. Protection primaire

La protection primaire est réalisée par le relais différentiel SEL-487E. Cette protection est dépendante du RLCP pour fonctionner, car les ordres de déclenchement de la protection sont réalisés par message GOOSE via le RLCP aux relais SEL-751 des disjoncteurs.

B. Protection relève

La protection qui couvre en relève le transformateur est la protection de surintensité à contrôle de tension des disjoncteurs de ligne HT. La protection SEL-751 déclenche son disjoncteur associé via un câble (déclenchement indépendant du RLCP).

Pour éviter tout déclenchement intempestif (réglage sous la charge), cette protection est active seulement lorsque la protection primaire de transformateur est hors fonction (détection d'une panne relais ou d'une perte de communication entre relais).

6.1.5. Protection de barre 120kV:

La barre HT 120kV est protégée par deux protections implantées dans le relais de protection SEL-751 des disjoncteurs de ligne HT :

A. Protection primaire

La protection primaire de barre HT 120kV est réalisée par le mode blocage. Ce mode de protection est dépendant du RLCP pour fonctionner.

Le signal de blocage en provenance des transformateurs est émis par la protection de transformateur SEL-487E. Le signal d'identification en provenance du disjoncteur d'attache HT est émis par le relais SEL-751 associé au disjoncteur d'attache HT. Ce signal est transmis par protocole 61850-8-1 GOOSE via le RLCP.

Les signaux de déclenchement sont émis par le relais SEL-751 des disjoncteurs de ligne HT. Ces signaux sont transmis par protocole 61850-8-1 GOOSE via le RLCP.

B. Protection de relève

La protection de relève de barre 120kV est réalisée par une protection de surintensité de phase. Cette protection est implantée dans les relais SEL-751 des disjoncteurs de ligne HT. Ce mode de protection est indépendant du RLCP pour fonctionner.

La protection de surintensité est active en tout temps et n'est pas conditionnée par aucun élément.

La protection SEL-751 déclenche son disjoncteur associé via un câble (déclenchement indépendant du RLCP).

6.2. Architecture du RLCP:

Le RLCP est bouclé afin de se prémunir d'un bris de fibre optique reliant deux unités mobiles. L'architecture du RLCP étant temporaire, une seule unité d'acquisition et de commande de poste (UAC) est implantée (SG-4250). En plus des fonctions traditionnelles, on utilise également le SG-4250 pour remplir les fonctions suivantes :

- Traducteur de protocole. Permet de convertir les protocoles DNP3 et MMS CEI-61850-8-1 en protocole SFI14. Le protocole SFI14 est un protocole propriétaire d'Hydro-Québec. Ce protocole est utilisé pour configurer et communiquer avec l'IPM et le RTU. Ce protocole est maintenu afin de conserver l'IPM normalisé à Hydro-Québec;
- Comme un automate pour réaliser les automatismes en langage Grafset et les fonctions logiques.

Le poste étant muni d'une seule unité d'acquisition et de commande de poste, une panne de celle-ci se traduit inévitablement par la perte de la conduite de l'ensemble du poste. Pour éviter un tel incident, on implante à l'IPM, en plus de l'interface normalisée, une seconde interface utilisant le protocole MMS CEI-61850-8-1. Cette interface permet l'acquisition de l'état des appareils directement des relais de protection composant le poste mobile. Cette interface est conçue pour ressembler le plus possible à l'interface opérateur homologué chez Hydro-Québec.

Les échanges de signaux entre les relais de protection (communication horizontale) sont réalisés par protocole GOOSE CEI-61850-8-1.

Les échanges de signaux entre les zones (communication verticale) sont réalisés par les protocoles suivants, selon la fonctionnalité :

- Par protocole MMS CEI-61850-8-1 pour les fonctions de conduite et téléconduite, à l'exception des CEPA de ligne MT qui sont échangés par protocole DNP3;
- Par protocole MMS CEI-61850-8-1 pour l'automatisme de régulation de tension;
- Par protocole SFI14 entre l'IPM et l'unité d'acquisition et de commande du poste et entre le RTU et l'unité d'acquisition et de commande du poste.

6.3. Paramètre du RLCP:

Le temps de rétablissement du RLCP est dépendant du nombre de commutateurs. Le RLCP étant composé d'un grand nombre de commutateurs à St-Sauveur (24), la perte d'un commutateur peut compromettre le fonctionnement des protections lors du rétablissement du RLCP. Avec cette configuration, le temps maximum de rétablissement obtenu en laboratoire est de 80 ms. Ce temps ne compromet pas le temps d'élimination de défaut sur le réseau 120kV.

6.4. Interface de Commande:

En mode de fonctionnement normal, la commande des appareils se fait à distance via le RTU ou localement via l'IPM. Suite à une défaillance de l'IPM et du RTU, une commande de repli peut être effectuée en face avant des relais de protection composant le cabinet via des boutons poussoirs. Pour éviter une manœuvre au pied de l'appareil, il est également possible de brancher une manette à l'unité mobile. Cette manette permet d'effectuer des commandes d'ouverture/fermeture d'appareil en respectant une distance sécuritaire.

7. Conclusion :

Les bénéfices attendus par l'utilisation des unités mobiles de commande ont été rencontrés dans le cadre du projet St-Sauveur. :

- Augmentation de la disponibilité du réseau;
- Diminution du temps de mise en route;
- Réalisation de travaux sans contrainte d'exploitation et sans risque pour l'exploitant.
- Réduction des coûts et de la durée du projet;
- Séquençage inter-panneau absent;
- Réduction de l'ingénierie temporaire;

Dans le cadre du projet St-Sauveur, la durée du projet a été diminuée de 1 an en utilisant les unités mobiles de commande. Ce gain en temps a généré des économies de l'ordre de 1,7 million pour le projet :

- Frais de gestion de chantier: 630k\$
- Frais d'intérêt en moins: 280k\$
- Frais de contingence en moins: 500k\$
- Frais de MER en moins: 300k\$

Ce projet a également permis à Hydro-Québec de :

- Tester l'implantation du protocole de communication CEI-61850 dans des installations existantes («brown project»);

- Valider la cohabitation et l'intégration du CEI-61850 avec les différentes versions de systèmes et technologies en place chez Hydro-Québec.

De nombreuses leçons apprises lors de ce projet pourront être transposées dans le futur lors de la migration du système de commande et protection actuelle vers un système CEI-61850.

Suite à la réussite de ce projet, Hydro-Québec évalue la possibilité d'utiliser cette solution dans des projets de modernisation de système de commande et protection de plus grande envergure.