

# TESTS D'AUTOMATISATION ET DE COMMANDE

Thomas Schossig, OMICRON electronics GmbH

thomas.schossig@omicronenergy.com

Autriche

## Résumé

Lors de la mise en service de systèmes d'automatismes de poste (SAS) avec protection, automatisation et commande (PAC), l'accent est traditionnellement mis sur les tests du système de protection et de ses paramètres. Les tests de protection utilisent des méthodes établies, comme les tests des paramètres par IED ou de nouvelles approches comme les tests basés sur le système. La normalisation et des outils de test appropriés ont considérablement augmenté l'efficacité et la fiabilité des tests de protection. Si l'on considère le temps passé lors de la mise en service, les tests du système d'automatismes et de communication prennent aujourd'hui encore plus de temps que les tests de la protection. Les systèmes d'automatismes sont devenus de plus en plus complexes et les efforts pour tester la communication et le bon fonctionnement de tous les signaux transmis aux systèmes de supervision (SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition) ont considérablement augmenté. Cet article décrit une nouvelle approche qui sera utilisée dans toutes les phases du cycle de vie du SAS. En utilisant les capacités du processus d'ingénierie CEI 61850 et les données disponibles dans les fichiers de description de configuration de poste (SCD), il est possible d'introduire de nouvelles méthodes plus efficaces pour les tests de réception en usine (FAT) et les tests de réception sur site (SAT). L'approche identifie les signaux potentiels à tester dans le fichier SCD. Les liaisons de communication et les services CEI 61850 utilisés sont reconnus, documentés et peuvent être utilisés pour générer des plans de test. Ces modèles de test peuvent être créés pendant la phase de spécification, adaptés pour les FAT, puis réutilisés pendant les SAT. L'article décrit tout d'abord les différentes phases du cycle de vie des systèmes d'automatismes modernes de poste et recueille les expériences des gestionnaires de réseaux électriques en matière de tests de la signalisation SCADA. Les exigences relatives à l'équipement de test seront identifiées. Un exemple de réalisation technique sera décrit.

## 1 CEI 61850

La norme CEI 61850 a été publiée en tant que norme internationale au début des années 2000 et constitue la norme établie pour les projets d'automatismes de poste (SAS). L'édition 2 [1] et la prochaine version 2.1, bientôt disponible, augmentent l'acceptation dans le monde entier.

## 2 À propos des tests

Étant donné que la protection est disponible, il est nécessaire de procéder à des tests reconnus[2]. Les équipements de protection sont testés régulièrement et démontrent leur fonctionnalité ainsi que l'ensemble des paramètres. Il n'existe pas de telles approches pour les SAS et SCADA. Cet article explique pourquoi ce sujet prend de l'importance aujourd'hui.

## 3 Définitions dans la norme

### 3.1 Modèle de données et modes de test

Selon la norme CEI 61850-7-4 [4], chaque IED contient un modèle de données (data model) avec des nœuds logiques (Logical Node - LN). Les LN sont organisés en dispositifs logiques (Logical Device - LD). Le nœud contient des informations comme le démarrage de la protection ou la position du disjoncteur. De plus, chaque LN contient un attribut Mode (Mod). Cinq d'entre eux sont définis :

- Activé
- Bloqué
- Test
- Test/bloqué
- Désactivé

Si l'on tient compte des paramètres de l'ensemble d'un LD, il en résulte un comportement (Beh). L'annexe A2 contient un tableau indiquant les dépendances complexes. [5].

### 3.2 Indication de simulation

Avec l'édition 2, pour les messages GOOSE et Sampled Values[3] (valeurs échantillonnées), une nouvelle information a été introduite, permettant de distinguer les valeurs réelles des valeurs simulées. Cette « indication S » (simulée) est valable pour l'ensemble du dispositif physique (LN LPHD, dispositif physique), ses performances peuvent être comparées aux commutateurs de test conventionnels.

### 3.3 Verrouillage CILO

Toutes les classes de LN commençant par C indiquent « commande ». Ainsi, « CILO » [4] indique le verrouillage et libère un dispositif de commande une fois les conditions remplies. Il existe une instance de ce LN par appareil commandable. Toutes les indications de position pertinentes doivent être souscrites. La réalisation du verrouillage n'est qu'un « problème local » [4].

### 3.4 Supervision avec LGOS

La norme CEI 61850 7-4 [4] définit la classe LGOS en tant que LN. La première lettre (L) indique le nœud concerne le système. Ce nœud a été introduit avec l'édition 2 et permet la supervision de l'abonnement GOOSE.

## 4 Cycle de vie du SAS

La norme ne décrit pas les tests du SAS mais le cycle de vie d'un projet (partie 4, [6]). Des termes couramment utilisés comme FAT (Factory Acceptance Testing, tests de réception en usine) et SAT (Site Acceptance Testing, tests de réception sur site) apparaissent.

En considérant le cycle complet (Fig. 1), nous pouvons décrire le projet depuis la spécification jusqu'à l'exploitation de l'équipement.

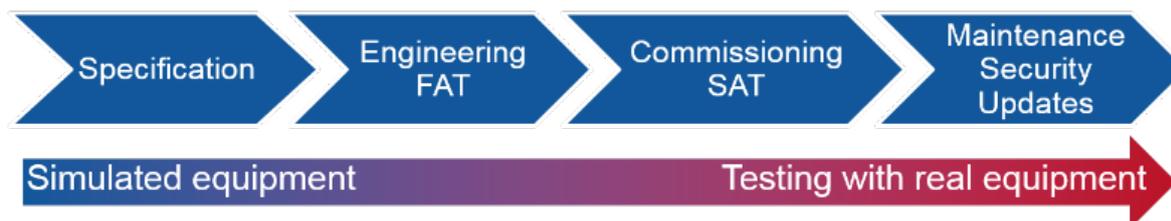


Fig. 1 Cycle de vie du SAS

Le projet démarre sur un bureau qui le spécifie et l'utilise pour les appels d'offres. La partie 6 de la norme CEI 61850 décrit la conception du SAS. De plus, les paramètres non conformes à la norme CEI 61850 comme les paramètres de protection doivent être définis à l'aide d'outils spécifiques au fournisseur. La phase est finalisée avec les FAT et la mise en service s'ensuit. La phase se termine par les SAT. Mais même après les SAT, une maintenance peut suivre et les mises à jour de sécurité deviennent de plus en plus importantes.

## 5 Tests du SAS

### 5.1 Verrouillages

La réalisation de verrouillages selon la norme CEI 61850 a été l'une des premières applications des messages GOOSE CEI 61850 [7]. Le mécanisme de multidiffusion facilite la transmission des indications de position des sectionneurs, par exemple, vers les autres contrôleurs de travées ou vers les IED centralisant les conditions de verrouillage. Différentes approches de réalisation de verrouillages ont été discutées entre les gestionnaires de réseaux électriques. Il existe des avantages et des inconvénients pour l'approche centralisée aussi bien que pour l'approche décentralisée [7].

En réalisant ces approches, le sujet des tests a gagné en importance. Des groupes de travail regroupant des entreprises d'électricité en Allemagne ont discuté des approches et des séquences de tests [8] et introduit le sujet dans la normalisation internationale. La Fig. 3 illustre les composants concernés.

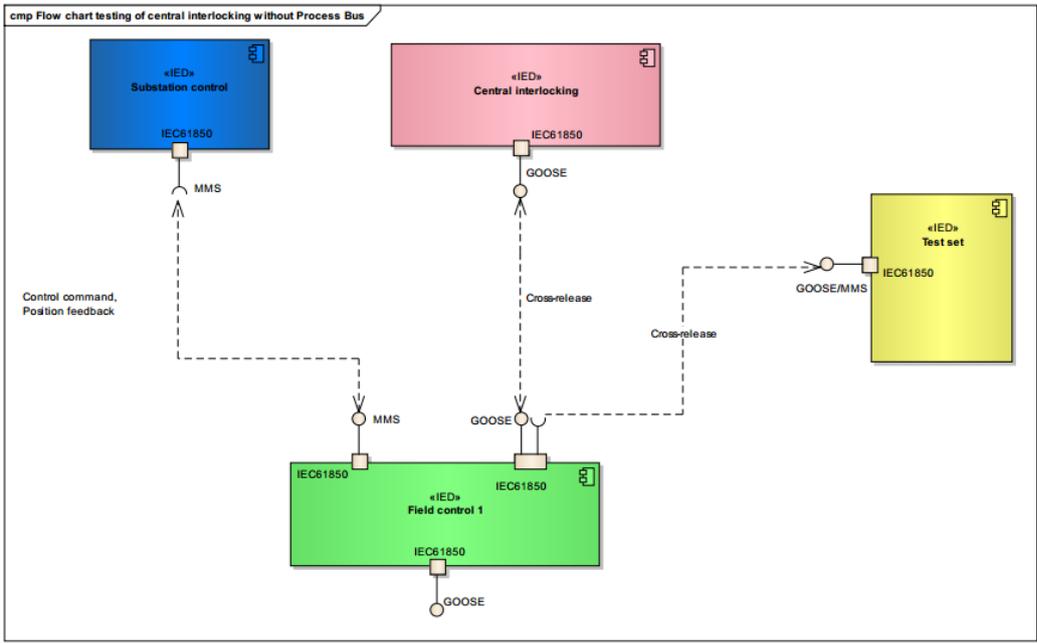


Fig. 2 Verrouillages [8]

Le scénario de test pourrait être réalisé comme dans la Fig. 3 :

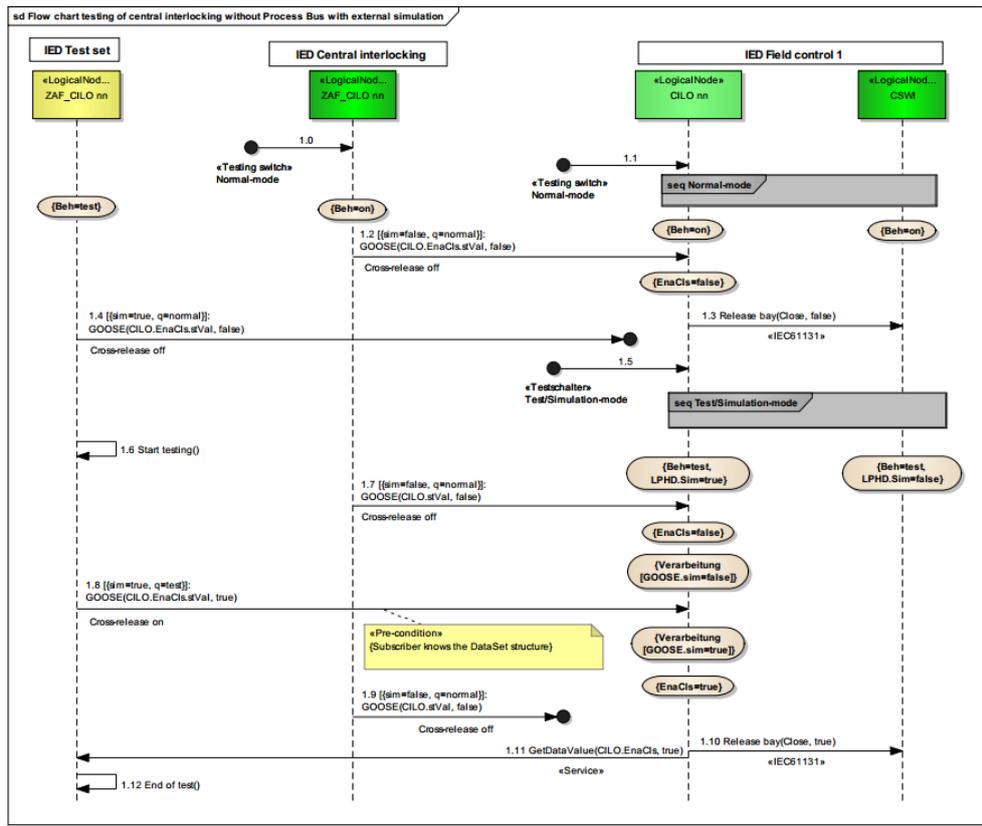


Fig. 3 Test des verrouillages [8]

### 5.2 Un sur n

Un autre exemple typique est le contrôle 1 sur n. Il permet d'éviter les commandes en cas d'exécution d'autres commandes. La Fig. 4 illustre un exemple pour les commandes Select-before-operate (SBO).

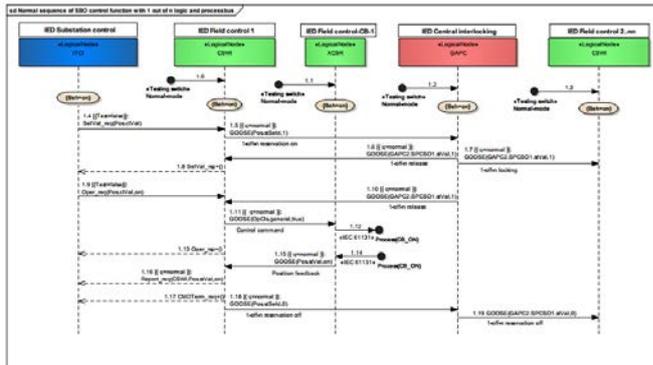


Fig. 4 SBO avec contrôle 1 sur n [8]

## 6 Approche des tests

Il convient à présent d'étendre la méthode proposée. La simulation d'IED reste importante lors de la conception, des FAT, SAT et de la mise en service. Un équipement de test automatisé est proposé. Ce test étend le test à l'ensemble du système d'automatismes de poste (SAS) à partir des tests et de la simulation d'un seul IED. Le besoin de simulation est présent dans toutes les phases du projet. Toutefois, il diminue et différents types de tests s'appliquent (Fig. 1).

## 7 La solution de test

### 7.1 Vue d'ensemble

La solution de test proposée doit être constituée de logiciel et de matériel (Fig. 5). L'utilisation de matériel dédié et pas seulement le développement d'une application PC a été choisi pour les raisons suivantes :

- Garantie de la cybersécurité et d'une connexion sécurisée au réseau du poste
- Capacités en temps réel pour calculer les Sampled Values et traiter messages GOOSE
- Possibilité de réaliser des simulations multi-IP
- Connexion à plusieurs réseaux
- Possibilité de mettre à jour les patchs de sécurité
- Licence



Fig. 5 Montage de test

Le logiciel offre une boîte à outils pour les différentes tâches.

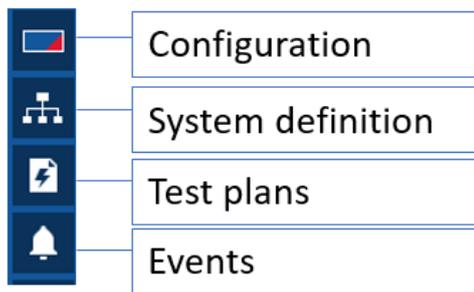


Fig. 6 Outils

## 7.2 Système à tester

Comme nous l'avons mentionné, l'ensemble du système est actuellement à l'essai (Fig. 7).

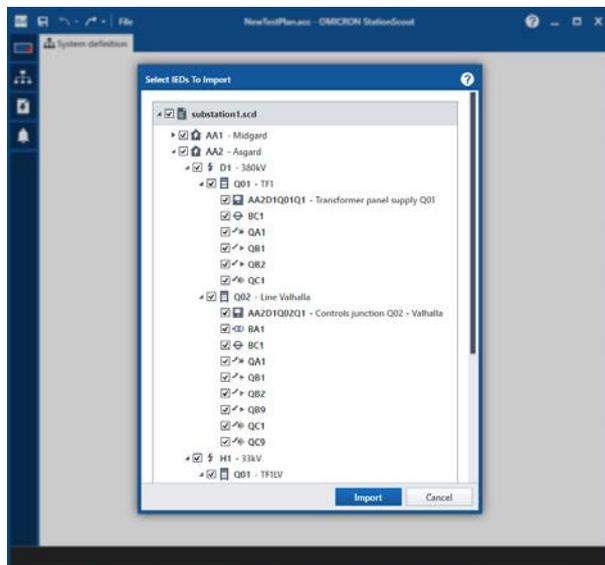


Fig. 7 Système à tester

### 7.3 ZeroLine

L'ensemble du système sera visualisé (Fig. 8). Toutes les informations disponibles dans le fichier SCD seront utilisées. Cela couvre également les informations dans la section du poste (niveau de tension, cellule, etc.). La norme définit les possibilités de modélisation des éléments d'un schéma unifilaire. La norme en cours d'élaboration, CEI 61850-6-2 [9], permettra de l'étendre. Les fichiers SCD actuels ne contiennent pas cette information. On propose donc de travailler avec un schéma « zéro-filaire » (« ZeroLine ») pour visualiser les éléments (Fig. 8). ZeroLine signifie un regroupement par niveau de tension, un agencement des cellules et des éléments correspondants.

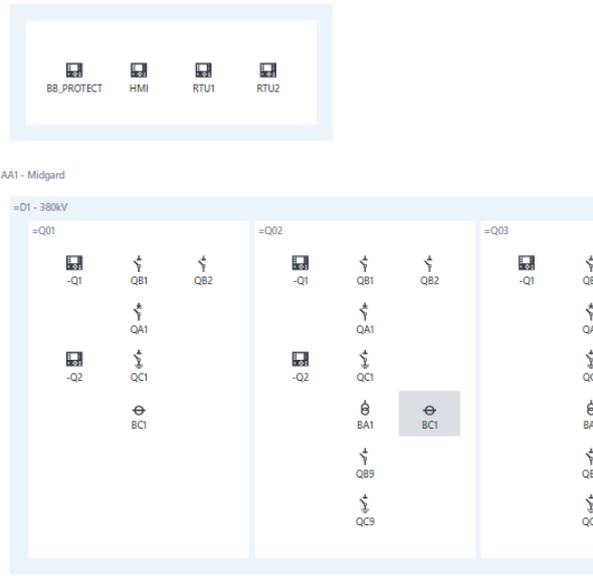


Fig. 8 ZeroLine

La navigation dans les SAS imposants peut se faire comme dans les systèmes cartographiques. (Fig. 9).

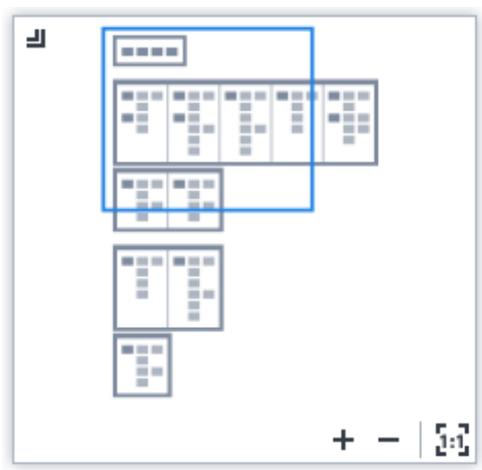


Fig. 9 Navigation

En cliquant sur « Go-live », il est possible de visualiser l'état actuel.

### 7.4 Traçage des signaux

La fonctionnalité du SAS transfère le message de sa source à tous les récepteurs. S'il y a une erreur dans cette communication, les techniciens de mise en service doivent suivre le signal pendant son passage dans le SAS. Trouver de telles erreurs de signal dans le cas d'un câblage en cuivre prenait beaucoup de temps. Avec la norme CEI 61850, cela devient presque impossible à faire manuellement. La solution de test décrite ici permet de voir comment les signaux se propagent à travers le SAS, voir la Fig. 10. L'architecture utilisée permet de suivre les

signaux communiqués sous forme de GOOSE et de rapports. Cela rend le dépannage des problèmes de communication assez facile.

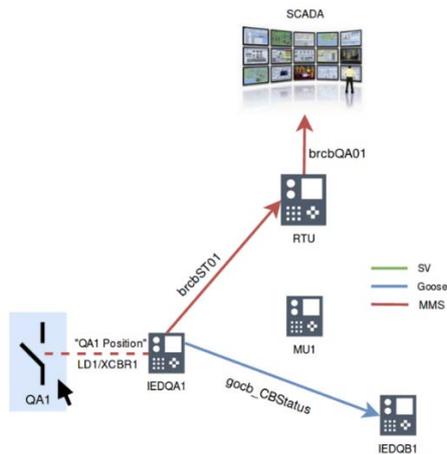


Fig. 10 Transmission de l'indication de position

Le logiciel permet de visualiser les liens. Le contrôleur de travées communique avec SCADA (Fig. 11).

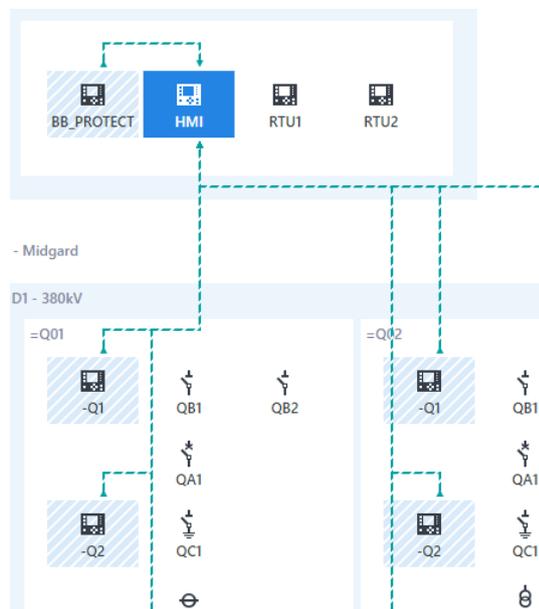


Fig. 11 Traçage du signal

La quantité importante d'informations peut prêter à confusion ; les filtres peuvent aider (Fig. 12).



Fig. 12 Filtre

Par exemple, des filtres pour les messages GOOSE et les rapports (Fig. 13).

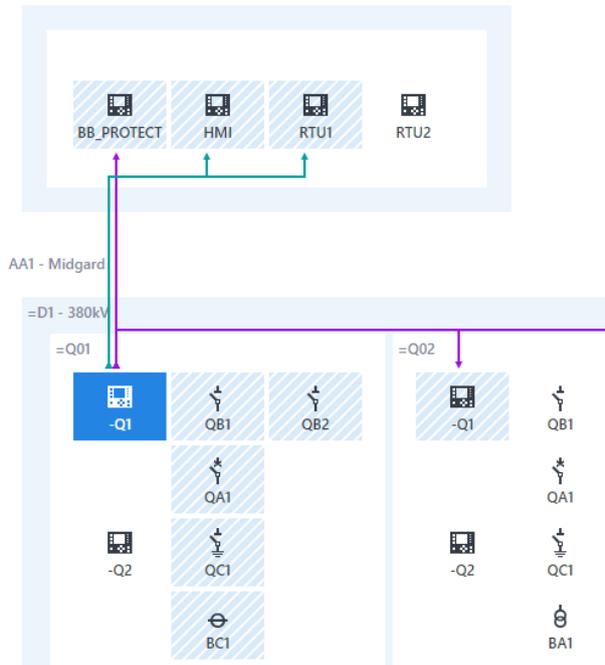


Fig. 13 Informations filtrées

## 7.5 Noms

Les noms dans le modèle de données (data model). Aucun expert ni utilisateur de la norme CEI 61850 ne peut attendre plus d'informations. Le logiciel reconnaît les noms, détecte l'objectif et visualise en conséquence. Les noms pourraient être adaptés (Fig. 14) ; par exemple dans sa propre langue.

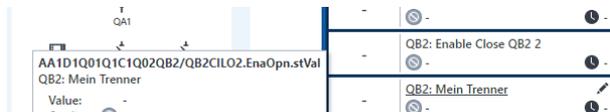


Fig. 14 Noms des signaux

## 7.6 Norme CEI 61850 en arrière-plan

La norme CEI 61850 peut également être visualisée dans l'exemple comme un ensemble de données (dataset) (Fig. 15) et des blocs de contrôle GOOSE (GOOSE Control Blocks) (Fig. 16).

DataSet - Report_Switchgear_Status		
Name		
DO	C1Q02QA1/QA1CILO3.EnaCls	[ST]
DA	stVal	[ST]
DA	q	[ST]
DA	t	[ST]
DO	C1Q02QA1/QA1CILO3.EnaOpn	[ST]
DO	C1Q02QA1/QA1CSWI3.Pos	[ST]
DO	C1Q02QA1/QA1XCBRI.Pos	[ST]
DO	C1Q02QB2/QB2CILO2.EnaCls	[ST]
DO	C1Q02QB2/QB2CILO2.EnaOpn	[ST]

Fig. 15 Dataset CEI 61850

AA1D1Q01Q1  
LD0/LLN0.GCB\_switchgear

**GOOSE details**

Control Block reference:	AA1D1Q01Q1LD0/LLN0\$G0\$GCB_switchgear
Destination MAC address:	01:0C:CD:01:00:01
Application ID:	1
GOOSE ID:	GoID
DataSet reference:	AA1D1Q01Q1LD0/LLN0\$GOOSE_Switchgear_...
VLAN ID:	0
VLAN priority:	4
Configuration revision:	1

**Communication**

Subscribers

- BB\_PROTECTOR
- AA1D1Q02Q1
- AA1D1Q03Q1
- AA1T3Q04Q1
- AA1D1Q05Q1

Transmitted signals

Fig. 16 CEI 61850 GOOSE

## 7.7 Analyse et dépannage

Les modèles de données (data models) des IED modernes peuvent être imposants. Il est utile de regrouper et trier les informations automatiquement. Les informations les plus importantes concernant l'état deviennent visibles. Le logiciel analyse les valeurs et les affiche (Fig. 17).

IED details	
IP address:	192.168.0.8
Vendor:	Company X
Model:	XYZ 400
Automation	
QA1: Circuit breaker	
QB1: Circuit switch 1	
QB2: Circuit switch 2	
QC11: Circuit switch 3	
QC21: Circuit switch 4	
Protection	
Differential	- 
Time overcurrent	1.70 kA Start
Trip conditioning	Start
Measurement	
BC1: Current transformer 1	1.32 kA
BC1: Current transformer 2	1.78 kA
BC1: Current transformer 3	1.27 kA
Communication	

Fig. 17 groupe

## 7.8 Plans de test

Si les tests sont documentés et enregistrés, ils peuvent être utilisés dans différentes phases. La Fig. 18 présente un plan de test prêt à être réutilisé dans une autre phase du projet SAS. Les séquences peuvent être exécutées et évaluées automatiquement.

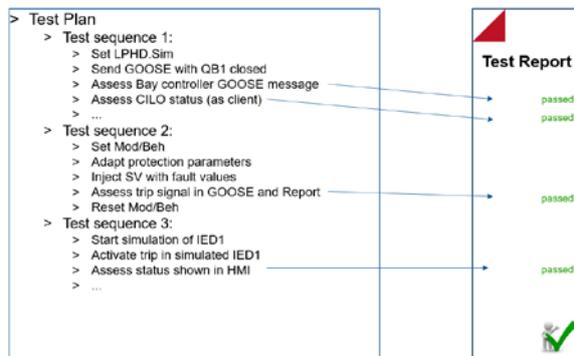


Fig. 18 Plan et rapport de test

## 7.9 Tests de la logique

La logique est utilisée dans les verrouillages, comme décrit précédemment, ainsi que dans toute autre fonction d'automatisation du poste. Les conditions de logique de test sont implémentées dans les appareils de commande. Tester de telles fonctions logiques est essentiel dans les tests de réception en usine et sur site. En cas de verrouillage, l'état simulé ou réel de l'organe de coupure est pris en compte et évalué. Pour représenter le résultat des conditions de logique de verrouillage, la norme CEI 61850 représente l'état du relâchement dans le nœud logique CILO. Comme le montre la Fig. 19, la solution proposée lit la valeur du modèle de données et évalue le comportement de verrouillage en lisant automatiquement les valeurs CILO. Il est essentiel de comprendre que le comportement de la logique doit être testé à chaque étape du cycle de vie d'un SAS. Ainsi, même après un changement d'IED ou une mise à niveau du firmware, l'ensemble du test une fois effectué peut être répété. Les problèmes survenus peuvent être résolus, puis le test peut être répété (« Tester – résoudre – répéter »).

Remarque : les éléments non existants seront simulés, de sorte que cette approche permet d'effectuer des tests à n'importe quelle étape.

### ▼ Test case Q01-1

#### Simulation

QB1: QB2: QA1:

#### Assessments

QB1-CILO: close-locked  
QB2-CILO: open-locked  
QA1-CILO: unlocked

### ▶ Test case Q01-2

Fig. 19 Tests du verrouillage

## 7.10 Test après mise à niveau du firmware

Auparavant, la mise en service d'un SAS supposait des tests approfondis pendant les tests de réception en usine et sur site, mais aucun test de routine ni mise à jour de firmware (figée) pour les 10 à 20 années suivantes. Ce n'est plus valable.

Les relais de protection dans les postes doivent également être corrigés avec des mises à jour de sécurité. Le problème, c'est qu'ensuite, tout ce qui provient de ce relais doit être testé à nouveau, ainsi que toute la communication. Il n'existait jusqu'à présent pas de moyen approprié pour tester à nouveau la communication. Tout devait être fait manuellement.

La solution proposée offre des tests et des évaluations automatiques. L'ensemble de la communication de l'appareil peut facilement être testée à nouveau après la mise à jour du firmware en exécutant le plan de test déjà préparé pour cet appareil (Fig. 20).

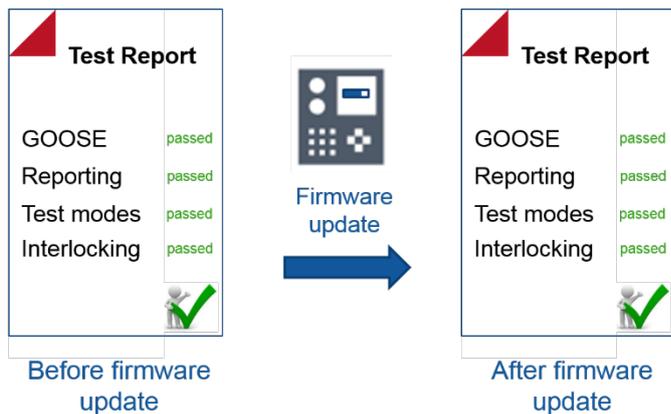


Fig. 20 Test après mise à jour du firmware

### 7.11 Supervision GOOSE

Tel que visualisé dans la Fig. 13, le GOOSE est envoyé en multidiffusion (un vers plusieurs). Ainsi, chaque IED qui fait partie de cette multidiffusion recevra cette information. La réception et l'utilisation de ces informations sont appelées « abonnement ». Mais comment savoir si l'abonnement à la fonction est correct ? Bien entendu, tester la réaction du système montrera que cela fonctionne. Toutefois, il serait plus facile d'utiliser ces informations uniquement à partir du modèle de données de l'IED. Comme indiqué précédemment, la norme CEI 61850 définit le nœud logique LGOS. En tant que nœud système, les attributs de données décrivent l'état de l'abonnement GOOSE. De plus en plus de fournisseurs transmettent ces informations. La Fig. 21 présente les informations stockées. Si l'abonnement échoue, cela peut être indiqué (Fig. 22).

BB_PROTECTOR • Data Model • PROT • AA1D1Q02Q2LGOS1		
LN AA1D1Q02Q2LGOS1 GOOSE subscription		
Name	Description	Value
▶ DO Beh	Behaviour	on
▶ DO NamPlt	Name plate	
▶ DO NdsCom	Subscription needs commissioning	false
▶ DA St	Status of the subscription	true
▶ DA stVal [ST]	Status value of the data	true
▶ DA q [ST]	Quality of the attribute(s) representing the value of the data	good
▶ DA t [ST]	Timestamp of the last change in one of the attribute(s) representing the value of the d...	2018-06-25 09:05:18.000
▶ DA d [DC]	Textual description of the data	
▶ DO SimSt	Status showing that really Sim messages are received and accepted	false
▶ DO ConfRevNum	Expected configuration revision number of the GOOSE message	0
▶ DO RxConfRevNum		0
▶ DO LastStNum	Last state number of received GOOSE	0
▶ DO GoCRef	Reference to the subscribed GOOSE control block	AA1D1Q02Q2Control/LLN0\$GO\$QB9

Fig. 21 LGOS

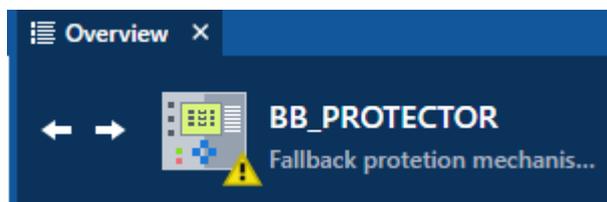


Fig. 22 Échec de l'abonnement

## 8 Simulations

Comme nous l'avons déjà mentionné, la simulation est importante à toutes les étapes du SAS. Comme nous l'avons expliqué, le nombre de simulations pourrait diminuer, mais le besoin existe à n'importe quelle étape, à

commencer par la spécification et tandis que la conception implique qu'aucun équipement réel n'est disponible. L'approche permet de simuler tout équipement manquant. Pour la première étape, cela signifie tout. La simulation des IED impliqués dans la communication permet de vérifier les liaisons de communication, l'ingénierie des datasets et des data models. Très souvent, l'IHM locale (client) n'est pas disponible lors de la configuration des IED. La simulation de ce système SCADA permet de s'assurer que les IED sont configurés correctement.

Au cours de la phase de mise en service, il est également possible que les IED ne soient pas disponibles et doivent être simulés. Tester la communication avec un SCADA de niveau supérieur (salle de commande, dispatching national) est une étape importante lors de la mise en service. Ces « tests de bit » prennent beaucoup de temps et requièrent l'attention du collègue dans le centre de commande. Tout problème qui survient augmente la probabilité que le test doive être arrêté et répété. La simulation du client est donc très utile pour éviter de telles frustrations. D'autre part, une fois effectués, les tests peuvent être répétés facilement et permettent de gagner du temps.

## 9 Perspectives

Il existe plusieurs possibilités pour étendre cette approche. Étant donné qu'une injection analogique est nécessaire au moins une fois pendant le test, elle doit être possible. Dans les postes numériques modernes, le matériel en temps réel a émis les signaux sous forme de Sampled Values conformément aux normes CEI 61850-9-2 et CEI 61869-9.

Au cours des dix dernières années, la protection, l'automatisation et la commande se sont développées ensemble, aucune distinction claire n'est établie entre les différentes tâches. Les méthodes de tests modernes doivent en tenir compte. De plus, les tests de protection passent du test d'un seul équipement au test du système et des solutions sont disponibles. De telles approches doivent être utilisées ensemble et fourniront une procédure de test globale.

## 10 Conclusions

Les fonctions d'automatisation et de commande deviennent de plus en plus importantes en raison de leur large application dans les systèmes d'automatismes de poste modernes. L'exécution automatique de ces tests offre un potentiel d'économies considérable et améliore la fiabilité du réseau. Des solutions de test sont disponibles

## Références

- [1] CEI 61850-1 éd. 2 : 2013 Réseaux et systèmes de communication pour les automatismes des systèmes électriques – Partie 1 : Introduction et présentation
- [2] Schossig, W., Schossig, T. : Protection Testing- A Journey through Time. PAC World Conference, 2011, Dublin
- [3] CEI 61850-8-1 éd. 2 : 2011 Réseaux et systèmes de communication pour les automatismes des systèmes électriques – Partie 8-1 : Mise en correspondance des services de communication spécifiques (SCSM) - Mises en correspondance pour MMS (ISO 9506-1 et ISO 9506-2) et pour l'ISO/IEC 8802-3
- [4] CEI 61850-7-4 éd. 2 : 2010 Réseaux et systèmes de communication pour les automatismes des systèmes électriques – Partie 7-4 : Structure de communication de base - Classes de nœud logique et classes de donnée objet compatibles
- [5] Schossig, T. : Tests CEI 61850 dans l'édition 2 - Une systématisation. DPSP 2012, Birmingham
- [6] CEI 61850-4 éd. 2: 2011 Réseaux et systèmes de communication pour les automatismes des systèmes électriques – Partie 4 : Gestion du système et gestion de projet
- [7] FNN : CEI 61850 aus Anwendersicht. 2012. <https://www.vde.com/de/fnn/themen/netzbetriebsmittel/schutz-leittechnik/hinweis-iec-61850-anwendersicht>
- [8] DKE 952.0.10 : Tests fonctionnels CEI 61850 – Prüfansätze und ihre Anwendung. 2016 <https://www.dke.de/resource/blob/1575556/030ac44e51a084d5526440ed34d0a63c/testing-dokument-data.pdf>
- [9] CEI 61850-6-2 éd.1.0: 2018 Réseaux et systèmes de communication pour les automatismes des systèmes électriques – Partie 6-2 : Configuration description language for extensions for human machine interfaces
- [10] Andreas Klien, Cristian Marinescu, Winfried Peter : Cyber Security – Herausforderungen und Antworten. OMICRON AWT 2017 ; Friedrichshafen
- [11] [www.omicronenergy.com/newStationScout](http://www.omicronenergy.com/newStationScout)

OMICRON est une société internationale qui développe et commercialise des solutions innovantes de test et de diagnostic pour l'industrie électrique. Les produits OMICRON offrent aux utilisateurs une fiabilité extrême dans l'évaluation de leurs équipements primaires et secondaires. Des services dans le domaine du conseil, de la mise en service, du test, du diagnostic et de la formation viennent compléter l'offre OMICRON.

Des clients dans plus de 160 pays bénéficient déjà de la capacité d'OMICRON à mettre en œuvre les technologies les plus innovantes dans des produits d'une qualité irréprochable. Les centres de support implantés sur tous les continents leur offrent en outre une expertise et une assistance de tout premier plan. Tout ceci, associé à un réseau solide de partenaires commerciaux a contribué à faire de notre société un leader sur son marché dans l'industrie électrique.

Pour un complément d'information, une documentation supplémentaire et les coordonnées précises de nos agences dans le monde entier, veuillez visiter notre site Internet.