

Augmentation de l'efficacité des essais chez un grand fabricant d'équipements de protection et contrôle commande

Dr. Till Welfonder, OMICRON

Résumé

Les fabricants d'équipements de protection et de contrôle-commande qui réalisent également des installations complètes doivent être en mesure de réaliser des essais fiables afin d'éviter les coûts de modification et les pertes indirectes. Les différentes phases de tests sont brièvement présentées ci-après. Les équipements de tests modernes représentent certes un investissement, mais ils sont amortis très rapidement si les tests sont organisés et standardisés, et si les possibilités offertes par les tests automatisés sont pleinement exploitées.

À la demande d'un important fournisseur anonyme, l'ensemble de son parc mondial d'équipements de tests CMC a été examiné pour vérifier son potentiel d'automatisation par utilisation de l'Omicron Control Center. Une estimation des économies qui pourraient être réalisées en termes de durée des tests et de coûts connexes a été réalisée. Les différences régionales et une chronologie du développement du « degré d'automatisation » font également partie des sujets étudiés. Une étude sur l'utilisation du temps de test économisé pour garantir une croissance future innovante sera examinée. Un bref coup d'œil est également jeté sur d'autres méthodes de tests organisées et automatisées, telles que les tests avec la norme CEI 61850, les tests orientés application avec RelaySimTest ou la gestion des données de tests avec ADMO.

Les montants donnés pour les coûts et les bénéfices générés ne sont évidemment que des exemples et peuvent varier considérablement d'une région à l'autre. Par conséquent, les conditions d'un site ou projet donné doivent être étudiées avant de pouvoir tirer des conclusions sur sa propre activité. Toutefois, les exemples présentés devraient encourager le lecteur à faire sa propre analyse.

1 Introduction

Avant d'aborder l'analyse complexe des parcs d'équipements de tests des principaux fabricants d'équipements de protection et de contrôle-commande, commençons par un exemple simple :

Imaginez qu'un fabricant qui effectue régulièrement un grand nombre de tests de protection et qui, par conséquent, dispose de possibilités d'automatisation, décide d'acheter un équipement de test automatisé.

Pour cette estimation, supposons également que cet investissement coûterait entre 30 000 et 60 000 €, selon le choix du produit et l'application.

Supposons aussi que ce fabricant facture son personnel sur projet à un taux de 1000€/jour et que

les coûts internes de personnel intégrant les frais généraux journaliers sont d'au moins 600 €, ce qui correspond à un coût horaire d'environ 75 € sur une journée de huit heures.

Soyons pessimistes et supposons également qu'il n'utilise son équipement que pendant 20 % de la journée de travail et que, le reste du temps, il soit entreposé, en transit ou retenu aux douanes lors de l'expédition sur site. Les déclarations de clients qui nous sont adressées attestent cependant souvent d'une utilisation totalement optimisée de l'équipement, parfois avec des degrés d'utilisation beaucoup plus élevés ; mais restons dans le pire des cas. Si ce client effectue des tests automatisés en utilisant des bibliothèques de tests de protection (PTL) [4, 5, 6, 7] disponibles gratuitement ou des plans de tests personnalisés pour certains d'entre eux, il peut facilement réduire à un tiers le temps nécessaire aux essais et à l'établissement des rapports d'essais. Ce chiffre est pessimiste, car plusieurs clients nous ont indiqué « *Nous pouvons le faire en un cinquième du temps* » [10].

Si l'on fait abstraction du travail pendant le WE habituel sur site et que l'on prend une année de travail tout à fait normale de 50 semaines, de 5 jours chacune, cela représente 250 jours par an.

Voici maintenant le calcul simple :



- **1 CMC** utilisé pendant 20 % du temps :
→ $0,2 \times 250 \text{ jours} = 50 \text{ jours/an}$
- **Temps** : automatisé = $\frac{1}{3}$ du temps manuel :
→ 50 jours au lieu de 150 jours manuellement
→ 100 jours de test économisés
- **Économies réalisées** (600 €/jour ; 75 €/heure) :
→ $100 \text{ jours/an} \times 600 \text{ €/jour} = \mathbf{60\,000 \text{ € par an}}$
- Investissement en équipement de test d'environ 30 k€ à 60 k€
- **RSI** (Retour Sur Investissement) :
→ CMC amorti après **6 mois à 1 an**
- **Bénéfice après amortissement** :
→ Ce CMC permettrait d'économiser
→ 100 jours par an, soit 60 k€ par an pendant encore 10 à 20 ans.

Image1: Calcul d'amortissement simplifié pour un équipement de test CMC automatisé

Bien entendu, on peut passer beaucoup de temps à discuter des avantages et des inconvénients d'un tel calcul dans la vie réelle, de ses conséquences logiques, des économies de temps et de coûts qui pourraient raisonnablement être réalisées et de la mesure dans laquelle un fabricant devrait en répercuter une partie sur le client final en raison des pressions concurrentielles du secteur concerné, ou de la mesure dans laquelle le fabricant pourrait utiliser ces économies pour accomplir d'autres tâches importantes qui lui confèreraient un avantage technologique et économique durable. Plus d'informations à ce sujet figurent dans la section 4. Il n'en demeure pas moins qu'un fabricant qui ne tire pas profit des avantages de l'automatisation, ou qui cherche à réaliser des économies au mauvais endroit lorsqu'il choisit des équipements de tests et opte pour des solutions qui n'offrent pas de telles possibilités, subira, par rapport à d'autres fabricants, des inconvénients, sera plus cher, réalisera moins de bénéfices ou perdra même des parts de marché.

Afin d'effectuer un examen plus détaillé de la rentabilité des tests automatisés organisés pour les fabricants d'équipements de protection et d'installations complètes, il est important de connaître et de comprendre tout d'abord le processus du fabricant et les différentes phases de tests.

Une chose est importante dans le secteur des projets en particulier, mais aussi dans le développement et la production :

Les tests sont utiles pour détecter les erreurs système le plus tôt possible dans le cycle du projet. Plus un défaut est corrigé tardivement, plus les coûts engendrés par cette modification seront élevés pour le fabricant.

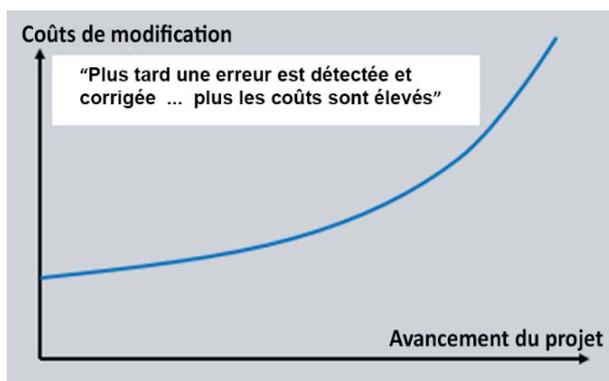


Image 2 : Courbe symbolique des coûts de modification

2 Phases de test types

Les fabricants d'équipements de protection et de contrôle-commande, qui fabriquent également des éléments constitutifs des postes moyenne et haute tension, ou qui construisent, mettent en service et entretiennent des installations complètes, doivent effectuer des tests dans plusieurs différentes

situations. Il est généralement possible de distinguer les phases de tests types suivantes :

2.1 Tests en recherche et développement

Lorsque de nouveaux relais de protection sont conçus ou que les équipements existants sont perfectionnés et améliorés, cela va généralement de pair avec les nouvelles avancées technologiques, et leur fonctionnalité doit alors être testée en conséquence. Les fabricants de relais et d'équipements de tests sont souvent confrontés à de nouveaux défis.

Cela s'applique aux nouveaux algorithmes, à la communication, par exemple, conformément la norme CEI 61850, à l'intégration de transducteurs innovants, aux nouveaux concepts de réseaux tels que les Smart Grids, ou à des applications totalement nouvelles.

Les services de recherche et développement doivent soumettre les nouveaux équipements à un grand nombre de tests au cours des essais de type afin de s'assurer qu'ils fonctionnent correctement en toutes circonstances. L'automatisation est déjà largement utilisée ici pour faciliter la gestion d'un grand nombre de situations de test différentes et découvrir les problèmes qui peuvent subsister. Il arrive également qu'un grand nombre de tests manuels soient effectués pour examiner en détail des phénomènes bien spécifiques.

2.2 Tests dans la production en série

Dans la production en série de modèles neufs ou existants, l'objectif est de s'assurer que chaque unité « de la ligne » est conforme aux spécifications du fabricant. Lors de ces essais de type, un grand nombre de tests de précision sont effectués les uns après les autres, ainsi que des tests de fonctionnement spécifiques. Il est évident qu'il s'agit d'un système hautement automatisé et que des rapports de test automatiques sont indispensables.

2.3 Tests dans le secteur des projets

Dans le secteur des projets, les équipements et composants fabriqués en interne ou achetés à des tiers sont assemblés en systèmes ou en installations complètes qui sont ensuite livrés au client final conformément aux spécifications. Les équipements sont installés et, après acceptation du client, mise en service.

Une description détaillée du secteur des projets se trouve dans les publications communes d'un grand fabricant de matériel électrique et d'OMICRON [1, 2]. Les principales phases du projet sont décrites ci-dessous dans un plan de projet simplifié (Image 3).

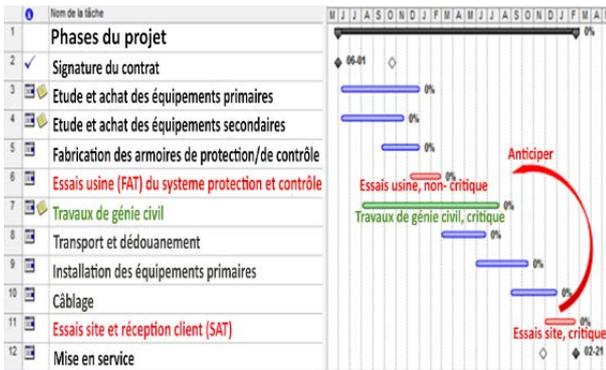


Image 3 : Plan de projet simplifié et principales phases du projet

Les sous-ensembles (par exemple, les armoires, les systèmes de contrôle-commande numérique, les équipements haute et moyenne tension, etc.), et enfin l'installation complète, doivent être soumis à des tests totalement fiables. Étant donné que le temps d'essais est planifié à l'avance et son coût inclus dans le prix du projet, il est extrêmement important dans ce secteur très concurrentiel d'optimiser les heures travaillées et faire ainsi des économies. D'autre part, la qualité doit être une priorité absolue (pour des raisons de sécurité et en raison des coûts énormes de matériel et de temps d'arrêt en cas de défaillance). La mauvaise qualité dans ce secteur fait rapidement passer un fournisseur sur la liste noire du client insatisfait, de sorte que les commandes ultérieures sont très improbables.

Les tests secondaires ont une influence significative sur l'ensemble du projet. Ils occupent la plus grande partie de la durée totale des tests du projet et se composent de deux sections principales :

- Tests en usine, suivis des tests de réception en usine (FAT)
- Tests sur site, suivis des tests de réception sur site (SAT)



Image 4 : Test complet en usine d'un système de protection et de contrôle-commande numérique interconnecté

Afin d'optimiser le temps et les coûts tout en assurant une qualité maximale, il est important d'effectuer autant de tests que possible en usine pour maintenir les tests sur site aussi courts et efficaces que possible. Les taux horaires pour ces derniers sont nettement plus élevés. De plus, les tests sur site sont sur le « chemin critique » du projet (un retard dans cette phase retardera tout le projet). Cependant, les tests en usine, qui se déroulent en début du projet en même temps que les travaux de génie civil, ne sont pas sur ce chemin critique.

Les éléments du système de protection et de contrôle-commande sont souvent inter-connectés lors des essais usine et le fonctionnement du système complet est testé au préalable.

Les armoires de travée et les fonctions de protection sont souvent hautement standardisées, de sorte que les tests automatisés sont largement utilisés ici aussi. Les mêmes séquences de test peuvent être utilisées ultérieurement sur site.

2.4 Tests pendant la maintenance et l'entretien

Si, après la mise en service, une maintenance régulière doit être effectuée sur l'installation du client, elle est souvent effectuée par le service après-vente du fabricant. Certains clients effectuent eux-mêmes les contrôles de maintenance ou les confient à un prestataire de services externe.

Quelle que soit la situation, les séquences de test initiales peuvent être réutilisées pour la maintenance, de sorte que toute modification dans le temps des performances de l'équipement peut être identifiée en comparant les résultats des tests. Une bibliothèque de données de tests et d'installations bien organisée est nécessaire à cet effet (voir également la section 5) [9].

2.5 Tests pour l'analyse des défauts

L'analyse des défauts du réseau ne fait généralement plus partie du projet, mais c'est une tâche typique sur installation après la livraison, pendant la phase de garantie ou de maintenance. La capacité à évaluer les défauts et à enregistrer les événements permet d'expliquer pourquoi un relais de protection a déclenché ou non. Les équipements de tests permettent de « lire » les données enregistrées par les relais et de les injecter dans un relais identique, ce qui facilite l'analyse des cas de défaillance spécifiques.

Une bibliothèque de données et de documentation sur les cas de dysfonctionnement bien organisée est également très importante (voir également la section 5) [9].

3 Examen du parc d'équipements de tests CMC d'un fabricant international

Nous avons procédé à un examen minutieux du parc d'équipements CMC et des licences OMICRON Control Center (OCC) associées de l'un de nos clients de longue date. Ce client est l'un des principaux fabricants internationaux d'équipements de protection et de contrôle-commande. Il propose également des solutions complètes en distribution électrique dans le secteur des projets, des services et de la maintenance. Les données suivantes ont été collectées par OMICRON fin 2015 à la demande du fabricant dans le cadre d'un exercice d'analyse de la valeur de qualité (QVE).

Remarques préliminaires importantes :

Nous n'avons intentionnellement pas donné le nom du fabricant, car le texte qui suit contient des informations très détaillées sur son parc d'équipement international.

Toutefois, pour plus de précision, nous souhaitons clairement préciser que les images utilisées dans cet article ne sont pas nécessairement en rapport avec ce fabricant, mais qu'elles ont été délibérément sélectionnées parmi différents fabricants afin de préserver l'anonymat des données. Les images ont pour but de donner une compréhension globale du processus de test et n'indiquent en aucune façon l'origine des données.

Nous avons simplement baptisé la société « ELECTROCOMPANY » sans référence intentionnelle à toute entreprise qui pourrait avoir un nom similaire.

3.1 Parc d'équipements CMC du fabricant

Le fabricant « ELECTROCOMPANY » dispose d'un total de 449 équipements de tests de protection CMC utilisés dans le monde entier. Les premiers équipements ont été achetés dès 1995. Ces

équipements sont toujours en exploitation aujourd'hui et sont utilisés dans le monde entier pour la recherche et le développement, les processus de production, les secteurs des projets et des services. L'Image 5 représente l'achat mondial d'équipements CMC par année. Les équipements sont présentés par date de livraison d'usine de toutes les unités qui, au moment de l'étude (2015) appartenaient au fabricant « ELECTROCOMPANY ». Les équipements acquis par la reprise d'autres sociétés entre 1995 et 2015 sont renseignés par leur date de livraison d'usine. Les équipements appartenant à des sociétés qui ont pu être cédées et qui n'appartiennent plus à « ELECTROCOMPANY » ont été éliminés rétroactivement à la date de livraison d'usine.

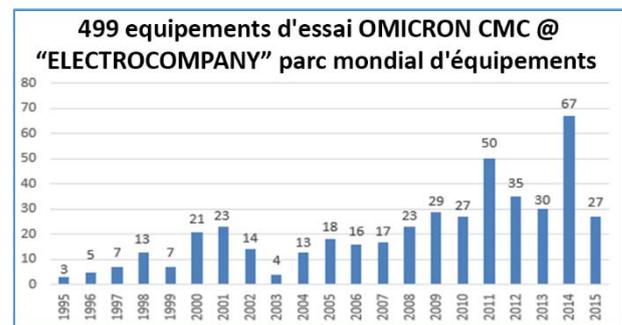


Image 5 : Parc d'équipements CMC d'« ELECTROCOMPANY » (par année de livraison)

3.2 Utilisation de l'OMICRON Control Center (OCC)

L'utilisation de l'OCC permet d'atteindre un « degré d'automatisation » très élevé. Même si des modules de test séparés, tels que STATE SEQUENCER, RAMPING, OVERCURRENT, ADVANCED DISTANCE et bien d'autres, offrent déjà une large gamme de possibilités d'automatisation, l'OCC permet de franchir une nouvelle étape majeure. Différents modules de test peuvent être reliés ensemble dans n'importe quel ordre dans l'OCC pour former une séquence de test. Cela peut être réalisé pas à pas ou de manière entièrement automatique, et tous les résultats sont obtenus dans un rapport de test complet. Si l'interface de relais étendue par OMICRON (XRIO) est également utilisée, les fonctions de test en question peuvent être adaptées automatiquement aux différents paramètres de réglage du relais. Cela signifie que les relais ayant la même fonction, mais avec des paramètres différents en fonction du départ sur lequel ils sont connectés, sont testés automatiquement avec la même séquence sans nécessiter d'adaptation fonctionnelle. De nombreux relais permettent également d'exporter leurs paramètres de réglage, qui peuvent ensuite être chargés dans l'OCC de manière entièrement automatique. Par conséquent, il est judicieux de prédéfinir ces séquences de test OCC une fois pour chaque type de relais ou de fonction, puis de toujours travailler avec la même séquence, ce qui

permet de gagner énormément de temps et de réaliser des comparaisons intéressantes pendant l'évaluation (par exemple, modifications du comportement du relais au fil du temps pendant les essais de maintenance ou également des tests de détection des anomalies pendant la production). OMICRON met gratuitement à la disposition de ses utilisateurs un grand nombre de séquences comme une PTL pour la plupart des types de relais. Celles-ci peuvent être utilisées telles quelles ou adaptées par le client pour répondre à ses exigences de test. Dans le secteur des projets, les clients créent souvent des séquences OCC pour des armoires standardisées complètes avec plusieurs relais afin de gagner énormément de temps lors du test fonctionnel de l'armoire complète, d'abord lors du test en usine, puis lors de la mise en service sur le site de construction.

Notre fabricant, « ELECTROCOMPANY », fait largement appel à l'OCC, en fonction du domaine d'application et de l'usine. Dans d'autres domaines, nous avons constaté un potentiel d'amélioration croissant, en particulier ces dernières années. L'Image 6 présente une comparaison, cette fois cumulée par année, des quantités d'équipements de tests CMC et des licences OCC associées dans lesquelles « ELECTROCOMPANY » a investi au cours des 20 dernières années.

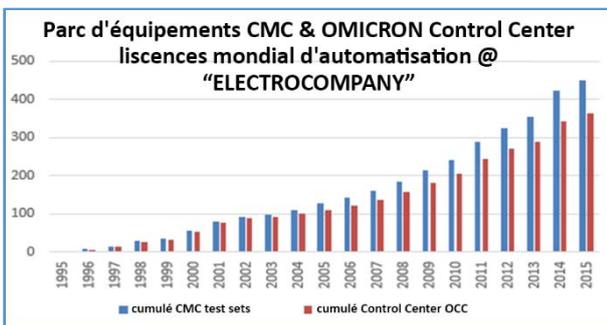


Image 6 : Parc d'équipements CMC et OCC d'« ELECTROCOMPANY » (cumulé)

3.3 Définition : « degré d'automatisation »

Nous avons créé la notion de « degré d'automatisation » pour l'étude suivante du parc d'équipements d'« ELECTROCOMPANY » et nous l'avons définie comme suit :

$$"degree\ of\ automation" = \frac{\text{number of OCC}}{\text{number of CMC}} \quad (1)$$

Cette définition n'indique pas clairement dans quelle mesure le travail chez « ELECTROCOMPANY » est réellement automatisé, puisque le travail manuel peut naturellement se poursuivre même si une licence OCC est détenue. Toutefois, elle offre un aperçu intéressant du potentiel d'automatisation du parc d'équipements et de son évolution au cours des 20 dernières années. Nous savons d'après les

commentaires et les demandes des clients adressés à notre assistance technique que les licences OCC existantes d'« ELECTROCOMPANY » sont largement utilisées. Il existe sans aucun doute un besoin permanent de formation pour familiariser les nouveaux collègues avec les possibilités et les avantages de l'OCC et augmenter ainsi le degré d'utilisation effectif.

Il convient également de noter à ce stade que non seulement l'OCC contribue à l'automatisation, mais qu'« ELECTROCOMPANY » a développé sa propre interface utilisateur externe, à l'aide de l'interface d'automatisation CMEngine fournie par OMICRON, qui permet de piloter les CMC sur les sites de production de relais de protection. Sur des bancs de tests fixes, où les échantillons à tester sont soumis non seulement à des tests électriques, mais aussi thermiques ou mécaniques, le technicien d'essais sur la chaîne de production a l'avantage d'avoir la même interface utilisateur pour toutes les applications. Étant donné que CMEngine est également inclus dans le pack OCC et qu'« ELECTROCOMPANY » l'acquiert généralement en tant que pack commun afin d'utiliser les équipements ailleurs pour l'automatisation pure avec l'OCC, nos chiffres ne sont pas falsifiés par ce point. Dans ce cas, le « degré d'automatisation » inclut un contrôle externe (automatisation) via CMEngine.

3.4 Évolution du « degré d'automatisation » dans le monde

Si nous regardons le « degré d'automatisation », tel que défini ci-dessus, du parc d'équipements mondial d'« ELECTROCOMPANY », deux points surprenants apparaissent immédiatement :

- Le « degré d'automatisation » moyen chez « ELECTROCOMPANY » dans le monde est très élevé, à environ 85 %.
- Au cours des 10 premières années, le « degré d'automatisation » a rapidement augmenté pour atteindre 100 %. Depuis 2004, il a diminué lentement, mais de façon continue, pour atteindre environ 80 % aujourd'hui. La tendance est légèrement à la baisse.

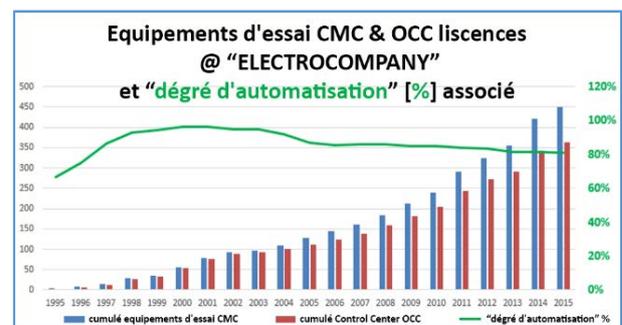


Image 7 : Parc d'équipements CMC et OCC d'« ELECTROCOMPANY » et « degré d'automatisation » mondial (cumulé)

La légère baisse du « degré d'automatisation » au cours des 10 dernières années chez « ELECTROCOMPANY » nous a particulièrement intéressés, et nous avons rencontré des techniciens d'essais et des responsables de la mise en service de ce secteur pour trouver une explication. Nous avons pu identifier trois causes principales possibles :

Causes principales :

- Jusqu'à il y a une dizaine d'années, le poste de « technicien » était encore très important dans les grandes entreprises. C'est lui qui définissait les exigences exactes pour la technologie de test. Depuis, le service achats a exercé une influence accrue sur la prise de décision. Les avantages techniques ne comptent plus autant et souvent, seul le prix d'achat est important. Il y a quelques années, de nombreux acheteurs ont reçu des instructions claires pour économiser de l'argent et on leur a demandé de ne plus acheter tout ce que le technicien demandait. Les primes personnelles sont souvent un facteur supplémentaire et dépendent simplement de la réduction du prix d'achat sans tenir compte du rendement global (analyse de la valeur de qualité ou coût total de possession). Ces derniers points ont repris de l'importance ces dernières années, mais l'approche adoptée est longue et difficile.
- La concurrence est devenue de plus en plus forte, en particulier dans le secteur des projets à l'international, et les prix des projets ont baissé alors que les marges se réduisent. Ces dernières années, on a donc essayé de travailler davantage avec des unités locales moins chères et de délimiter clairement les responsabilités financières des projets, y compris au sein du groupe. On a de plus en plus recours à la gestion de projet commerciale, qui emploie des chefs de projet ayant une formation plus commerciale que technique, parfois appuyés par des gestionnaires de projet qui surveillent uniquement les coûts sur leur secteur. Cette déclaration d'un chef d'équipe de mise en service expérimenté soulève un point : « *Le nombre de personnes ayant une vision globale de l'entreprise ou d'un projet partagé entre la maison mère et les entités locales diminue constamment. Aujourd'hui, il est devenu très difficile de trouver un chef de projet prêt à investir plus de temps dans des tests intensifs en usine, afin que quelqu'un d'autre puisse gagner du temps sur le site de construction, si les coûts économisés ne sont plus sous sa responsabilité.* »
- De même, le personnel temporaire externe est de plus en plus utilisé ces dernières années dans le cadre de programmes de réduction

des coûts et d'optimisation de la charge de travail, souvent dans des pays où l'enseignement et la formation techniques continus sont négligés. Les changements fréquents de personnel interne et le personnel insuffisamment formé font que les possibilités d'automatisation existantes pour les tests sont parfois insuffisamment utilisées, ce qui conduit inévitablement à consacrer plus de temps aux tests manuels. Le manque de connaissances des avantages des tests automatisés se traduit par un « degré d'automatisation » en déclin.

3.5 Évolution du « degré d'automatisation » par région

L'examen de l'évolution du « degré d'automatisation » par région conduit à d'autres conclusions intéressantes, dont certaines appuient largement les remarques ci-dessus, mais révèlent en outre des phénomènes locaux.

L'Image 9 présente un aperçu comparatif du « degré d'automatisation » moyen par région. Les six évaluations individuelles de l'Image 10 montrent l'évolution au fil du temps du « degré d'automatisation » dans ces six régions.



Image 8 : Présentation des différentes régions

La région la plus importante en termes d'utilisation des équipements CMC chez « ELECTROCOMPANY » est la région Europe et Afrique (EA) qui s'étend de Vladivostok au Cap, mais exclut la région d'Europe centrale (EUC) avec les principaux marchés de l'Allemagne, l'Autriche et la Suisse. Avec l'Amérique latine (AL), l'EUC est la région présentant le plus grand « degré d'automatisation ». Le niveau ici est presque de 100 %, tandis que dans l'EA et au Moyen-Orient et en Asie du Sud (MOAS) il n'est que d'environ 70 %. L'Asie-Pacifique (AP) et l'Amérique du Nord (AN) sont entre les deux, avec environ 85 %.

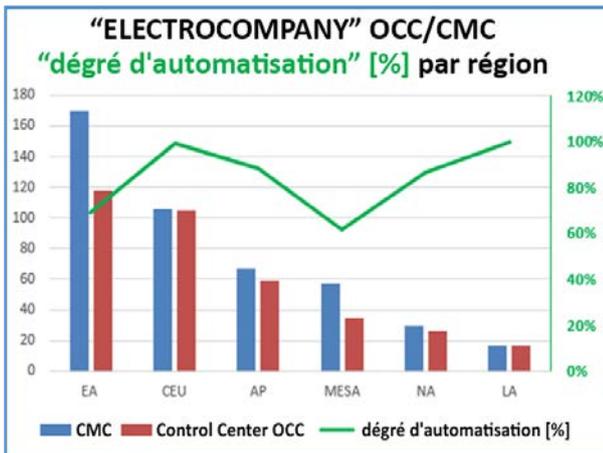


Image 9 : Pool d'équipements CMC et OCC d'« ELECTROCOMPANY » avec le « degré d'automatisation » correspondant (par région)

Si l'on examine les changements au fil du temps du « degré d'automatisation » par région, on constate des évolutions très intéressantes :

En CEU (l'Europe centrale), le « degré d'automatisation » est resté constant depuis 20 ans à près de 100 %. Sur les principaux marchés de l'Allemagne, l'Autriche et la Suisse, les avantages de l'automatisation sont pleinement reconnus et exploités par « ELECTROCOMPANY ». C'est, d'une part, la conséquence d'une grande réussite économique, d'une compréhension de la qualité et de méthodes de travail extrêmement organisées, et, d'autre part, de coûts salariaux relativement élevés si l'on considère la situation dans son ensemble. D'autre part, une bonne formation et une formation continue régulière et de haut niveau du personnel technique, ou la participation à des séminaires techniques spécifiques à l'industrie, tels que les conférences d'utilisateurs OMICRON, par exemple, contribuent à ce que les employés de différentes entreprises échangent des idées et apprennent les uns des autres.

En EA (l'Europe & l'Afrique), nous pouvons clairement voir le déclin au niveau mondial de l'automatisation chez « ELECTROCOMPANY » comme décrit ci-dessus. Au cours des 15 dernières années, elle a diminué lentement mais constamment, passant de 100 % en 2001 à un peu moins de 70 % aujourd'hui. Les raisons de ce déclin ont déjà été exposées dans la section 3.4.

En AP (l'Asia Pacifique), on observe précisément le phénomène inverse. Le « degré d'automatisation » chez « ELECTROCOMPANY » dans cette région ne cesse d'augmenter et atteint aujourd'hui près de 90 % après avoir commencé à environ 40 %. Il s'agit d'un succès majeur, qui s'explique

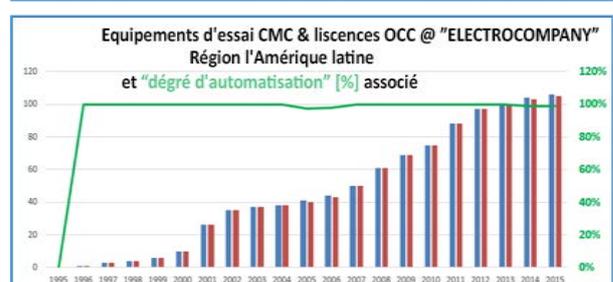
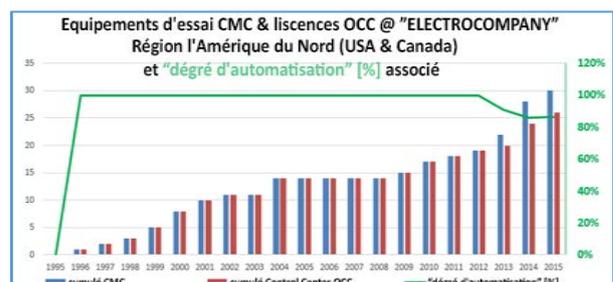
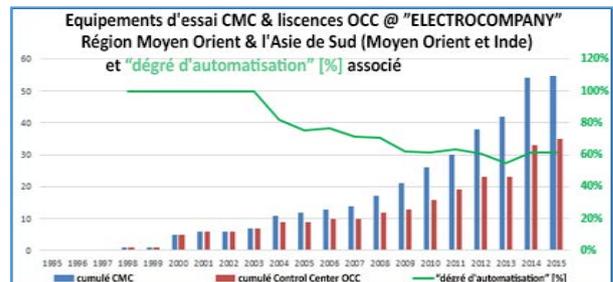
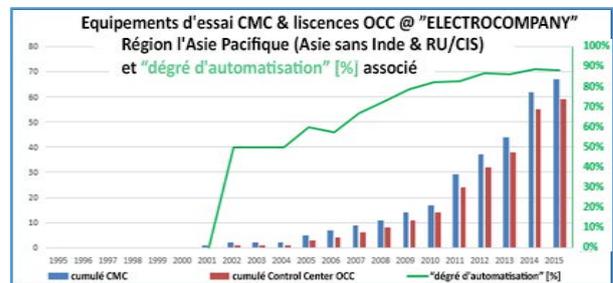
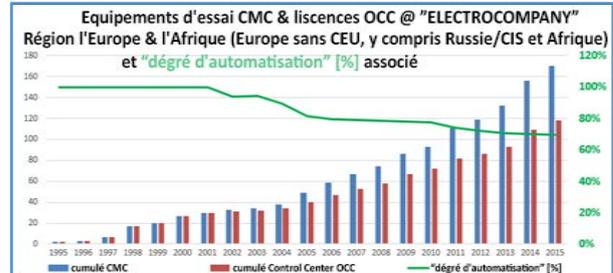
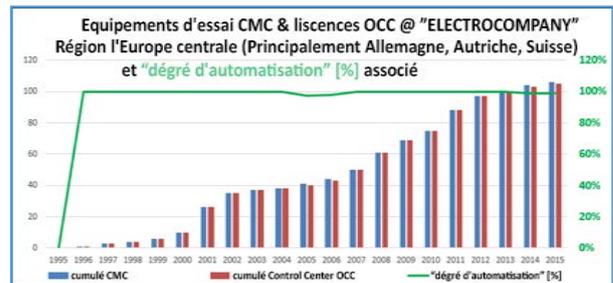


Image 10 : Pool d'équipements CMC et OCC d'« ELECTROCOMPANY » et « degré d'automatisation » (cumulé)

par deux raisons principales. Tout d'abord, dans les pays asiatiques, OMICRON se distingue très nettement des simples produits bon marché de la concurrence locale en raison de sa haute qualité et de son inimitable capacité élevée d'automatisation, et est particulièrement compétitif avec l'OCC. Ensuite, si l'on utilise la norme CEI 61850, l'OCC représente une simplification énorme lors de l'utilisation de GOOSE et Sampled Values (SV), qui est très répandue dans cette région.

Au MOAS (Moyen Oriente & l'Asie de Sud), on peut observer une forte baisse du « degré d'automatisation » chez « ELECTROCOMPANY », qui est probablement liée à la situation économique, au niveau des prix, ainsi qu'aux faibles coûts salariaux en Inde. Des techniciens d'essais de pays à faibles coûts sont également principalement employés dans la riche région du Moyen-Orient. De plus, l'automatisation peut être facilement remplacée si un seul technicien d'essais est simplement remplacé par trois techniciens peu coûteux qui effectuent les tests manuellement.

En NA et LA (l'Amérique du Nord & Amérique latine), le « degré d'automatisation » reste constant au fil des ans à presque 100 %. Cela s'explique probablement, notamment, par l'utilisation très précoce des relais numériques américains sur le marché, qui offraient déjà un grand nombre de fonctions de protection sophistiquées depuis très longtemps et où les tests automatisés en valaient la peine. Les techniciens locaux de « ELECTROCOMPANY » sont donc habitués à ce type de tests en raison de leur environnement de travail.

La baisse minime du « degré d'automatisation » en AN au cours des trois dernières années est probablement directement liée à la forte croissance d'OMICRON chez « ELECTROCOMPANY » sur ce marché. Suite à une coopération accrue avec « ELECTROCOMPANY », de nouveaux domaines d'application en dehors du test des protections ont été découverts ici pour les CMC, pour lesquels il n'existe pas de demande initiale d'automatisation.

3.6 Division en deux profils représentatifs de test et d'automatisation

Afin d'estimer le plus précisément possible les gains de temps et d'argent qui ont été réalisés à partir du parc d'équipements CMC d'« ELECTROCOMPANY » depuis sa création, nous avons divisé les cas d'application types en deux profils d'utilisation principaux simplifiés. Nous avons défini trois scénarios (MAX, INTERMÉDIAIRE et MIN) pour chacun de ces deux profils. MIN représente le pire et MAX le meilleur cas réaliste. Il s'agit bien entendu d'approximations et de simplifications, mais en moyenne, ces deux groupes d'applications et ces trois scénarios donnent une image réaliste.

Nous avons placé la recherche, le développement, les tests en laboratoire et les essais de production dans le **groupe d'application 1**.

Les projets, avec phase d'essais usine puis essais sur site, ainsi que les tests dans une activité de service et de maintenance ont été regroupés dans le **groupe d'application 2**.

La différence significative entre ces deux groupes est le taux d'utilisation plus important des équipements de test en laboratoire et sur site de production, car les équipements ne sont pas indisponibles en raison du transport ou blocage en douanes, etc. Le temps gagné avec l'OCC est également légèrement plus important ici, puisque des relais de même type sont souvent testés en série. Dans le secteur des projets, il faut également inclure l'essai des équipements périphériques au relais, ce qui réduit le gain de temps possible. Cependant, les coûts de personnel en production sont moins élevés, car il n'y a pas de frais de déplacement, d'indemnités de dépaysement ou de travail à risque en comparaison au travail sur site de construction.

Par souci de simplicité, nous avons laissé le nombre de jours ouvrables sur l'année à 250 dans les deux cas, bien que les week-ends soient souvent travaillés lors de la mise en service.

Étant donné que les modules de test permettent également un certain degré d'automatisation sans utiliser l'OCC, nous en avons tenu compte en utilisant un gain de temps inférieur uniquement pour les dispositifs qui ne sont pas encore équipés de l'OCC (module/manuel). Pour tous les autres, nous avons uniquement utilisé les données (OCC/manuel) et n'avons pas compté le gain de temps deux fois.

Electrocompany	R&D/laboratoire/production			Projet/Chantier/Service		
	MIN	MEDIUM	MAX	MIN	MEDIUM	MAX
Taux d'utilisation/an (%)	60	70	80	20	40	60
Temps économisé OCC/manuel (%)	50	70	90	40	60	80
Temps économisé modules/manuel (%)	20	30	40	20	30	40
Jours travaillés / an (jours)	250	250	250	250	250	250
Coûts de personnel/jour (€)	600	600	600	800	900	1000

Tableau 1 : Paramètres d'estimation par groupe d'application et scénario pour « ELECTROCOMPANY »

3.7 Économies globales en termes de coûts et de durée des tests

Le calcul du gain de temps et d'optimisation des coûts sur l'ensemble des années pour le parc d'équipement mondial d'« ELECTROCOMPANY » est similaire à l'exemple ci-dessus, très simplifié (Tableau 1). Dans la mesure où nous souhaitons tenir compte de toutes les unités, nous avons supposé, par souci de simplicité, que les deux groupes d'applications sont représentés à peu près

aussi fortement dans le groupe au niveau mondial. Cela devrait être examiné plus en détail si l'on considère les économies par région, par pays ou même par équipement. Les différences s'équilibrent au niveau mondial.

L'Image 11 montre l'évolution cumulée de la durée des tests économisée en jours pour l'ensemble du parc d'équipements.

Selon les scénarios, entre 20 000 et près de 70 000 jours ont été économisés au cours des 20 dernières années (Image 12). Le scénario réaliste INTERMÉDIAIRE permet une **économie de 40 000 jours**.

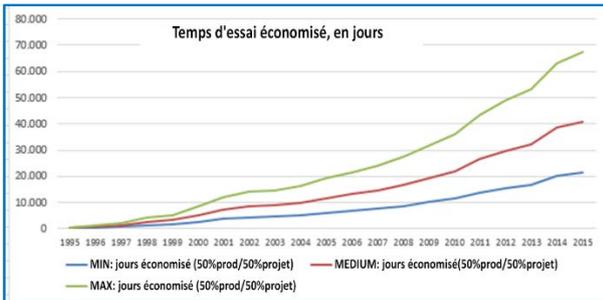


Image 11 : Économies en termes de durée des tests dans le monde entier (cumulées) chez « ELECTROCOMPANY » ; scénarios MIN, INTERMÉDIAIRE, MAX

Si nous convertissons ces gains de temps sur les tests en coûts de main d'œuvre correspondante, en gardant les deux groupes d'applications et leurs taux journaliers identiques, cela représente des économies pour « ELECTROCOMPANY » de 13 à 46 millions d'euros. Le scénario réaliste INTERMÉDIAIRE permet une **économie d'environ 26 millions d'euros**.

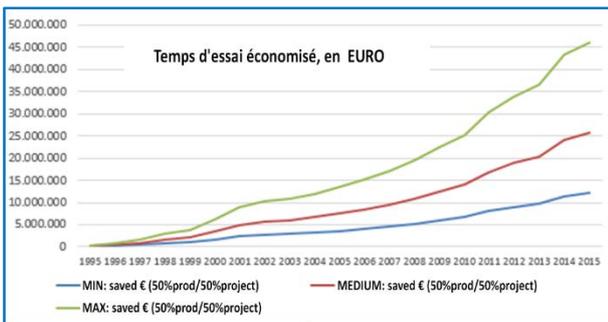


Image 12 : Économies réalisées en termes de coûts de test dans le monde entier (cumulées) chez « ELECTROCOMPANY » ; scénarios MIN, INTERMÉDIAIRE, MAX

Le fait que les économies évoquées ci-dessus présentent une pente ascendante non linéaire malgré le « degré d'automatisation » légèrement à la baisse (Image 7) s'explique par la forte croissance du parc d'équipements qui accompagne la croissance du groupe « ELECTROCOMPANY ».

3.8 Estimation potentielle : augmentation du rendement grâce à la mise à niveau de l'OCC

L'une des tâches de l'étude QVE chez « ELECTROCOMPANY » consistait à déterminer le potentiel d'amélioration du parc d'équipements. Quatre-vingt-six dispositifs CMC, soit environ 17 % du parc, sont actuellement exploités sans l'OCC. Une mise à niveau immédiate de ces dispositifs avec l'ajout de l'OCC permettrait, s'ils étaient également utilisés à des fins d'automatisation, de réaliser des économies supplémentaires de 2,3 à 5,2 millions d'euros par an, selon le scénario. Dans le scénario INTERMÉDIAIRE, les **économies supplémentaires potentielles sont de 3,7 millions d'euros par an**. Et tout cela pour un coût d'investissement négligeable.

Toutefois, il faudrait s'assurer que les licences OCC sont utilisées de manière optimale pour tous les équipements. La formation et le partage d'expériences sont essentiels dans ce cas (voir la section 4.2).

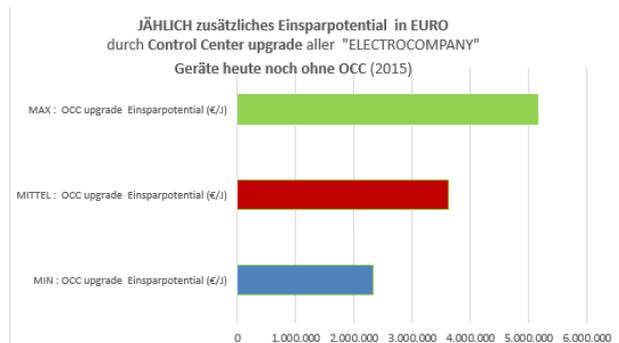


Image 13 : Économies mondiales supplémentaires potentielles chez « ELECTROCOMPANY » grâce à une mise à niveau de l'OCC, en euros

3.9 Autres étapes de l'étude de cas

Dans l'étude de cas d'« ELECTROCOMPANY », nous avons présenté les résultats au service central des achats dans le cadre d'une étude QVE. En tant que fabricant d'équipements de tests, OMICRON fait partie d'un groupe de fournisseurs d'outils et de matériaux extérieurs, qui ne sont pas assimilés à des fournisseurs de systèmes (comme les fabricants de chariots élévateurs ou d'outillage). Il était donc très important d'expliquer exactement ce que font nos systèmes de test, qu'il ne fallait pas prendre en compte uniquement le prix de l'équipement, mais aussi les économies réalisées sur les temps d'essais aux différentes phases d'un projet.

Les résultats ont été très bien accueillis. Le service achats d'« ELECTROCOMPANY » est très intéressé par une collaboration sur le long terme avec des fournisseurs stratégiques qui participent à la création de valeur pour le groupe.

Des efforts seront ensuite entrepris pour assurer une meilleure connaissance de ces possibilités au sein du

groupe. La très bonne coopération existante avec la R&D, sera élargie pour développer l'utilisation du matériel OMICRON vers d'autres produits de la gamme. La formation interne, la formation continue et le partage d'expériences ont été identifiés comme un point important que nous voulons renforcer, en particulier dans les pays où le « degré d'automatisation », tel que nous le définissons, est faible, voire en déclin.

4 Utilisation raisonnable du temps économisé

Nous arrivons maintenant au point le plus important de l'article : **que signifie le terme « économie » ?**

Nous avons estimé l'économie réalisée en termes de durée de tests et l'avons convertie en une somme équivalente d'économies financières en euros, en prenant en compte un taux journalier. Nous l'avons fait pour montrer plus clairement l'ordre de grandeur des économies potentielles.

Un CMC peut faire beaucoup de choses ; il peut économiser beaucoup de temps et d'efforts, contrôler de façon fiable la sécurité du système et aider à développer de nouvelles solutions innovantes, mais il ne peut malheureusement pas imprimer des billets.

Les économies financières restent donc fictives, même si les gains de temps sont réels. C'est à la personne chargée des tests et à son employeur de déterminer comment répartir ce temps de façon équitable et de voir ce qu'ils en font raisonnablement.

4.1 Conclusion erronée pour les fabricants innovants : « le CMC remplace les techniciens d'essais »

La conclusion erronée la plus grande et la plus irresponsable que la direction d'une entreprise pourrait prendre si elle est intéressée par un avenir prometteur pour son entreprise, consisterait à dire : *« X fois 1 500 heures économisées signifie que nous n'avons plus besoin de X techniciens d'essais ».*

Quiconque a essayé de recruter un spécialiste de protection bien formé sait à quel point il est difficile de trouver le bon candidat et à quel point un technicien ou un ingénieur en protection est précieux pour son entreprise.

Les techniciens d'essais de protection connaissent non seulement les relais de protection, les équipements de tests et procédures de test complexes, mais ils doivent également connaître le fonctionnement global du système, intégrant les équipements haute tension, ainsi que les caractéristiques du réseau. Les techniciens de protection possèdent souvent une vaste expérience, particulièrement dans le domaine des projets, et une bonne compréhension générale du processus global

d'un projet, puisqu'ils interviennent à différents moments importants et qu'ils sont en mesure de juger des améliorations à apporter.

Par ailleurs, ces dernières années, les protections et le contrôle-commande numérique sont de plus en plus imbriqués. Cette tendance va s'accroître avec l'utilisation de réducteurs de mesures numériques, de Merging Unit et de nouveaux défis surgiront constamment dans le domaine des communications avec la norme CEI 61850.

4.2 Investissement dans la formation continue, la formation et la compétitivité durable

Il est donc facile de répondre à la question de savoir ce qu'il faut faire du temps gagné pour le réinvestir d'une manière qui rapporte le maximum de bénéfices à l'entreprise :

Il devrait être investi dans la formation des techniciens de protection, et, le cas échéant, dans de nouveaux développements dans d'autres domaines techniques de l'entreprise, où ils peuvent apporter une contribution décisive grâce à leur expérience. Il peut s'agir, par exemple, de développer des produits nouveaux et innovants, d'améliorer le rendement et la qualité des projets ou de développer de nouvelles activités rentables dans le domaine des services.

Dans tous les cas, leur expérience devrait également être mise à profit pour former de nouveaux jeunes techniciens d'essais qui, dans de nombreux pays, rejoignent les entreprises sans avoir la formation en génie électrique adéquate.

Dans notre étude de cas avec « ELECTROCOMPANY », un groupe moderne, hautement compétitif et tourné vers l'avenir, c'est exactement ce qui a été fait. Lorsque nous annonçons des économies moyennes de 26 millions d'euros, cette somme a été économisée en utilisant des tests automatisés dans l'ensemble des processus de production et de projet ces dernières années afin d'éviter que des techniciens d'essais hautement qualifiés ne consacrent leur temps aux tests point-à-point sur le câblage ainsi qu'à d'autres tâches répétitives, comme le montre symboliquement l'Image 14. Le temps mis à la disposition de ces spécialistes a été consacré au développement d'innovations et de services, ainsi qu'à d'autres activités lucratives, à un coût global comparable.

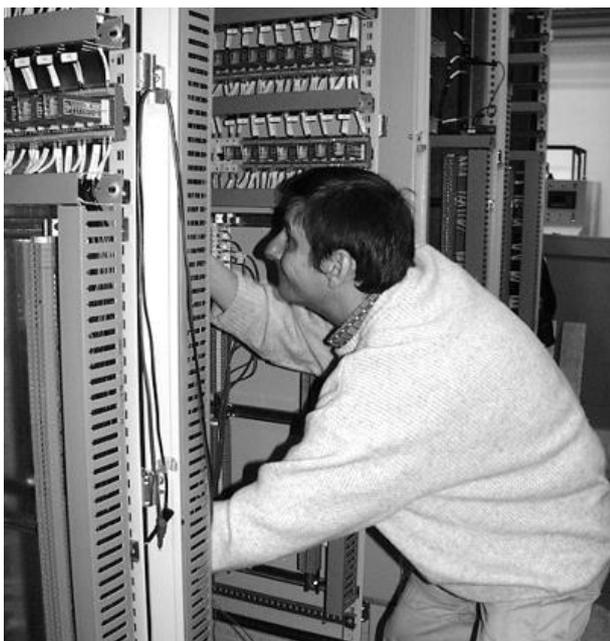


Image 14 : Tests point-à-point chronophages dans l'ère du « tout cuivre », avant l'ère numérique

5 Perspectives

Dans les sections précédentes, nous avons abordé presque exclusivement l'efficacité de l'utilisation de l'OMICRON Control Center, car c'était l'objectif principal de l'étude.

Cependant, par souci d'exhaustivité, nous souhaitons à ce stade mentionner qu'il existe un certain nombre d'autres possibilités dans le domaine des tests, qui peuvent accroître l'efficacité d'un testeur ou de toute une équipe de testeurs.

5.1 Optimisation de l'utilisation du parc d'équipements CMC grâce à l'ajout de CMControl avec des équipes mixtes d'experts en protection et d'utilisateurs occasionnels

Lors des visites de clients et des présentations de produits auxquelles participent des services techniques entiers, nous sommes constamment confrontés au constat suivant : dans une équipe qui partage un ou plusieurs équipements de tests CMC, il y a presque toujours quelques techniciens d'essais qui utilisent régulièrement l'équipement et dont certains connaissent très bien la technologie d'automatisation. L'utilisation d'un PC ne présente pas de problèmes pour eux. Cependant, il y a presque toujours des membres de l'équipe qui sont très polyvalents sur des activités d'essais ou de

maintenance sur équipements primaires et secondaires. Ces techniciens n'interviennent que très peu sur des protections très simples et n'ont souvent pas le temps d'apprendre TEST UNIVERSE et l'OCC. De plus, l'utilisation d'un PC pour leurs tâches faciles est souvent considérée comme superflue, voire comme un obstacle.

Pour ces employés, une automatisation parfaite n'est pas la solution la plus efficace, mais il est beaucoup plus efficace pour eux d'effectuer le test manuellement, sans PC.

Si l'on souhaite augmenter considérablement le taux d'utilisation d'un dispositif CMC dans une telle équipe mixte, l'utilisation supplémentaire de CMControl, un module de commande tactile pour des tests manuels simples, est la solution idéale. Ces modules CMControl peuvent également être installés de manière rétroactive sur un parc d'équipements existant et permettent donc de mieux utiliser la capacité CMC, soit automatisée avec un PC, soit manuellement sans PC.

Cela vaut donc la peine que les chefs d'équipe de test réfléchissent soigneusement à la composition de l'équipe et réfléchissent à cette option supplémentaire. Toutefois il convient d'être vigilant : il y a de bons techniciens qui trouvent l'utilisation d'un PC désagréable. Souvent, ils n'aiment pas l'admettre, mais ils sont très heureux lorsqu'ils ont une alternative simple qui facilite leur travail et surmonte ainsi leur réticence accumulée envers les tests de protection.

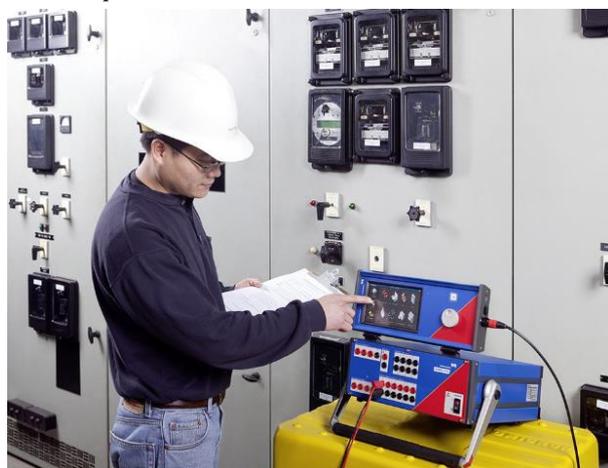


Image 15 : Tests manuels rapides avec le CMControl pour des tests simples

5.2 Tests liés aux applications avec RelaySimTest

Les tests automatisés classiques avec l'OCC testent le bon fonctionnement d'un relais de protection en utilisant les paramètres de protection définis dans ce relais. On parle donc souvent de « tests de paramètres ».

Cependant, que faire si les paramètres sont erronés ? Soit mal calculés, soit copiés d'un relais type lors des

essais fonctionnels d'usine vers un relais d'un autre départ sans avoir rectifié les seuils propres au départ concerné. Cela arrive, et ce n'est pas si rare que ça.

Le relais fonctionne alors correctement avec un « test orienté paramètres ». Par contre, il sera entièrement mal réglé pour son utilisation opérationnelle réelle.

Le logiciel RelaySimTest [8] offre d'excellentes possibilités, également automatisées, de tester non seulement si la fonction de protection est correcte, mais aussi si les paramètres de protection sont adaptés pour l'application en question. En d'autres termes, le relais est testé ainsi que les personnes qui ont calculé les paramètres de protection ou les ont « entrés » dans le relais de protection.

Un test de ce type est connu sous le nom de « test orienté application » et est basé sur une simulation prenant en compte les paramètres du réseau. RelaySimTest passe ensuite automatiquement par une série de conditions de défaut sélectionnables et vérifie la réaction du système de protection en fonction des situations.

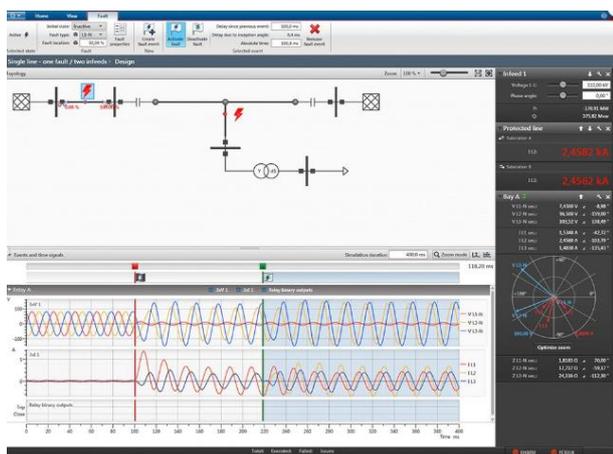


Image 16 : Tests orientés application avec RelaySimTest

5.3 Automatisation OCC pour les tests de protection avec la norme CEI 61850

Les techniciens d'essais qui veulent tout savoir sur les équipements de protection, le comportement du réseau, mais qui doivent en même temps se charger des tests en utilisant la norme 61850 (message GOOSE et Sampled Values), ont beaucoup à faire. Ils auraient tout intérêt à rendre cela aussi simple que possible grâce à l'automatisation, afin de pouvoir se concentrer sur les points importants. Bien entendu, les relais peuvent être testés avec la norme CEI 61850 sans utiliser l'OCC, mais chaque fois que l'équipement de test est mis en service, les signaux GOOSE et les flux SV doivent à nouveau être déclarés en « câblage numérique », comme le re-câblage de l'équipement de test dans le passé si quelqu'un l'avait débranché et rangé pendant la pause déjeuner. L'OCC est tout aussi utile dans l'univers de la norme CEI 61850 que les prises de test combinées

et les « fiches de test » spéciales pour les essais traditionnels. Le module GOOSE ou SV est chargé et les paramètres sont saisis une seule fois au début de la séquence OCC, après quoi tout se passe toujours automatiquement au redémarrage de la séquence. Cela permet de gagner du temps et d'éviter les erreurs inutiles.

5.4 Gestion automatique simple des données de test de protection avec ADMO

Beaucoup de choses ont été dites jusqu'à présent sur la qualité et les gains de temps potentiels en ce qui concerne le processus de test lui-même et la production du rapport de test.

Toutefois, la gestion des données de test, des rapports de test et de la documentation associée offre également des possibilités importantes d'amélioration de la qualité (cela est parfois exigé et vérifié lors des audits de qualité de toute manière), de gain de temps, et même d'apport de valeur ajoutée considérable dans le domaine des services, afin de générer de nouvelles activités rentables.

Beaucoup de données et de fichiers de tests sont encore simplement classés quelque part lorsqu'un projet est terminé ou qu'une inspection de maintenance est effectuée. Des données importantes prennent la poussière dans les dossiers papier quelque part, ou disparaissent dans les profondeurs de l'explorateur Windows, ou pire encore, dans une énorme base de données de l'entreprise où toutes sortes de choses sont stockées.

Ainsi, lorsque toutes les anciennes données d'un test sont requises (audit, examen des défaillances de relais en cas de déclenchement incorrect, ou simplement pour une maintenance régulière), rien ne peut être trouvé, ou ce qui est trouvé est incomplet, ou bien il faut passer beaucoup de temps pour tout rassembler.

Pour cela, ADMO propose une solution très simple pour stocker toutes les données en même temps et les retrouver immédiatement. ADMO permet également de créer facilement une vue d'ensemble d'un parc de relais ou de projets et de programmer des cycles de maintenance, rappelant automatiquement quand et où la prochaine mesure doit être effectuée. Le potentiel pour des régions d'électricité, mais aussi des entreprises réalisant des projets ou des prestations de services, est considérable. En association notamment avec l'OCC, il est possible, pour les maintenances régulières, de comparer les résultats des essais sur un relais avec ceux des essais précédents et d'en tirer des conclusions sensées sur les modifications. Tout ce qu'il faut, c'est disposer de toutes les anciennes données avec la séquence OCC pour recréer exactement le même type de défaut. Les certificats d'étalonnage des deux équipements de tests (avant et maintenant) peuvent également être disponibles

afin que la différence entre les résultats au fil du temps puisse être clairement attribuée à une modification du relais ou de sa connexion au système auquel il est connecté.



Image 17 : Gestion organisée des données de tests avec la solution de gestion de la maintenance ADMO

6 Résumé

En raison de la numérisation croissante des équipements de protection et des systèmes de contrôle-commande, les exigences en matière de tests sont de plus en plus variées. Les fonctions qui étaient auparavant câblées sont aujourd'hui intégrées numériquement. D'une part, cela rend les tests plus complexes pour les techniciens d'essais, d'autre part, cela offre de nouvelles possibilités pour accroître l'efficacité d'un test tout en réduisant sa durée.

Il s'agit avant tout d'une stratégie de test adaptée dans laquelle des systèmes complets sont presque entièrement testés au préalable en usine. L'utilisation de bus de données à fibre optique au lieu d'un câblage classique cuivre encourage cela.

En revanche, les possibilités d'effectuer des tests automatisés efficaces et de gagner un temps précieux, par exemple avec l'OMICRON Control Center, sont de plus en plus importantes.

L'étude de cas d'un fabricant proposée dans cet article montre à quel point ces gains de temps peuvent être impressionnants. Bien qu'il ne s'agisse que d'une estimation approximative appuyée par plusieurs déclarations de clients, il est clair que l'investissement dans des équipements de tests automatisés corrects et fiables n'a rien à voir avec les énormes économies de coûts sur la réalisation de ces essais.

L'automatisation et l'organisation des tests sont utiles, tout comme l'investissement dans des séminaires de formation et de formation continue pour les techniciens d'essais, dont les compétences deviendront un atout de plus en plus important dans une entreprise prospère et innovante.

Abréviations

ADMO – solution de gestion de la maintenance d'OMICRON
 AP – Asie-Pacifique
 EUC – région Europe centrale
 CMC – équipement de test secondaire OMICRON
 CMControl – interface utilisateur manuelle OMICRON
 CMEngine – interface d'automatisation
 EA – région Europe et Afrique
 IED – dispositif électronique intelligent
 FAT – test de réception en usine
 GOOSE – événement générique d'un poste orienté objet
 GPS – système de positionnement global
 AL – région Amérique latine
 MAX – scénario optimiste
 MOAS – région Moyen-Orient et Asie du Sud
 MIN – scénario pessimiste
 INTERMÉDIAIRE – scénario moyen, réaliste
 UF – unité de fusion
 AN – région Amérique du Nord
 OCC – OMICRON Control Center
 PTL – bibliothèque des tests de protection d'OMICRON
 RelaySimTest – logiciel de test orienté application
 SAT – tests de réception sur site
 SV – Sampled Values
 QVE – analyse de la valeur de qualité
 XRIO – interface relais étendue OMICRON

Références

- [1] Canaguier, T. ; Derossi, Q. ; Welfonder, T. : Cost-optimized Protection & Control System Testing and Commissioning Process, in Turnkey HV Substation Project Business (Processus de mise en service et de tests de systèmes contrôle et de protection optimisés en termes de coûts, dans le cadre d'un projet clé en main de poste HT). International Protection Testing Symposium 2010 d'OMICRON, Salzbourg.
- [2] Canaguier, T. ; Derossi, Q. ; Welfonder, T. : Kostenoptimierte Prüfung und Inbetriebnahme von Schutz- und Leittechnik in schlüsselfertigen Hochspannungsschaltanlagen-Projekten. Réunion 2011 des utilisateurs OMICRON, Darmstadt.
- [3] Welfonder, T. : Test der Auslösezonen von Distanzschutzrelais bei einpoligen Fehlern (Tests de zone de déclenchement pour les relais de distance en cas de défauts unipolaires). Conférence 1999 des utilisateurs OMICRON, Leipzig.

- [4] Carvalheira, E. ; Albert, M. ; Janke, O. : PTL : A solid basis for building customized line protection standards (PTL : une base solide pour construire des normes de protection de ligne personnalisées). International Protection Testing Symposium 2009 d'OMICRON, Vienne.
- [5] Fong, P. ; Albert, M. : Efficient, Easy and Standardized Testing of Electromechanical Relays by Using a Library of Test Templates (Tests efficaces, simples et standardisés des relais électromécaniques à l'aide d'une bibliothèque de modèles de test). International Protection Testing Symposium 2010 d'OMICRON, Salzbourg.
- [6] Albert, M. : Empfehlungen zur effizienten Prüfung des Q-U-Schutzes (Recommandations pour des tests efficaces de la protection Q-U). Réunion 2011 des utilisateurs OMICRON, Darmstadt.
- [7] Pritchard, C. ; Jotz, K. : Philosophie manueller und automatisierter Schutzprüfung (Philosophie des tests de protection manuels et automatisés). Netzpraxis Jg 54 (2015). Vol. 7-8. Pages 54-59.
- [8] Fink, F. : Von der Schutzparameterprüfung zur Schutzsystemprüfung (Passage du test des paramètres de protection au test du système de protection). Netzpraxis Jg 55 (2016). Vol. 1-2. Pages 18-23.
- [9] Sovonja, D. : Schutzgeräteverwaltung mit ADMO bei der TransnetBW GmbH – Effiziente datenhaltung in einem Prozessnetzwerk (Gestion des dispositifs de protection avec ADMO chez TransnetBW GmbH - Stockage efficace des données dans un réseau de processus). Conférence 2014 des utilisateurs OMICRON, Bonn.
- [10] Jaramillo, J. ; Londoño, J. : Time Saving Intelligence – testing 5000 relays in one fifth of the time (Intelligence en termes de gain de temps - tests de 5 000 relais en un cinquième du temps). Magazine OMICRON. Volume 6. Numéro 1. 2015. Pages 32-34.

À propos de l'auteur



Till Welfonder, titulaire d'un doctorat en génie électrique, est né en 1967 à Stuttgart, en Allemagne. Il a obtenu son diplôme en génie électrique à l'université de Stuttgart en 1994. En 1995, il s'installe en France et obtient son doctorat en 1998 à l'Institut National Polytechnique de Grenoble sur le thème « Localisation des défauts dans les réseaux MT à neutre compensé d'EDF ». Il a commencé sa carrière en tant qu'ingénieur en protection en 1998. De 2000 à 2007, il a été responsable de l'activité de protection et contrôle des postes d'un fabricant international de postes de projets clé en main HT/MT, avant de devenir chef de la division moyenne tension en 2007. Fin 2009, il rejoint OMICRON France en tant que directeur régional des ventes pour la France et l'Italie, en particulier dans les tests de protection. Depuis 2013, Till Welfonder est directeur régional des ventes d'OMICRON pour la région Europe et Afrique, y compris la coordination des tâches de gestion des grands comptes pour un petit nombre de clients internationaux sélectionnés.

Mots clés

Relais de protection, tests automatisés, OCC, rendement, secteur des projets, production, essai de type, test en série, test en usine, FAT, test sur site, SAT, coûts en heures-personnes, gain de temps, analyse de la valeur de qualité, QVE, coût total de possession, tests orientés application et tests paramétrés, gestion des données, CEI 61850, formation continue, formation.