

ETUDE DES TESTS DE NON REGRESSION POUR LA MAINTENANCE DES PROTECTIONS NUMERIQUES – UNE METHODE SURE POUR DÉTECTER LES COMPOSANTS DÉFECTUEUX

Richard Marenbach, Michael Albert (OMICRON electronics Deutschland GmbH, Allemagne)

richard.marenbach@omicronenergy.com

Allemagne

Résumé

Les cycles de vie des protections numériques modernes sont de plus en plus courts. Les délais entre les mises à jour des firmwares diminuent également. Par conséquent, la stratégie des tests de maintenance doit évoluer et se moderniser. L'exploitant doit notamment vérifier les exigences fonctionnelles, la qualité du nouveau firmware, les paramètres de réglage, et faire la mise en service etc.

Le présent article porte sur la méthode de tests de « non-régression » qui est bien connue en matière de développement de logiciels. Une procédure de test fixe qui est mise au point pendant la phase de mise en service sert de référence pour les nouveaux tests. La méthode exige une procédure écrite des types de tests que l'IED (Intelligent Electronic Device), doit subir au cours de son cycle de vie. Grâce à la qualité et la précision de cette documentation, l'exploitant dispose d'un bon outil pour conserver les méthodes de test dans l'entreprise. Ce point est très important pour la gestion des compétences internes.

Grâce à cette nouvelle approche, la qualité des tests pourrait être améliorée tout en réduisant leur durée.

Mots clés : test de non-régression, stratégie de test, cycle de vie des IED gestion des compétences, test de maintenance.

1 Introduction

Les exigences en matière de tests d'IED modernes augmentent rapidement. Les cycles de vie des IED sont de plus en plus courts et des centaines de paramètres doivent être testés ou vérifiés. De plus, les raisons des tests sont souvent très différentes. Du point de vue des fabricants, la qualité du produit est primordiale. Du point de vue de l'exploitant les exigences fonctionnelles, la mise à jour du nouveau firmware et la qualité de la mise en service, sont les critères principaux.

Dans ce contexte, il est très important d'examiner tout d'abord l'ensemble du cycle de vie d'un IED : de la phase d'études et d'ingénierie jusqu'à la mise en service. Tous les tests effectués en fin de fabrication, puis en phase d'ingénierie et d'essais usine aboutissent finalement au test de réception sur site (SAT), qui est le dernier test avant sa mise en service.

2 Cycle de vie d'un équipement

Le paragraphe suivant présente les différentes phases du cycle de vie d'un IED du point de vue de l'exploitant. Les phases liées à la fabrication de l'IED ne seront pas étudiées. Les différentes phases sont les suivantes :

- Phase d'études et d'ingénierie.
- Phase d'appel d'offres.
- Phase de réception en usine.
- Phase de mise en service.
- Phase de maintenance.

Au cours de chaque phase, différentes actions relatives aux tests doivent être effectuées. Mais au cours de ces actions, des pannes peuvent également survenir. Ces défauts doivent être évités ou éliminés.

Pendant la phase d'études du système de protection, l'ensemble du système est défini. L'ingénieur en charge des études doit déterminer quels sont les principaux équipements à protéger et la philosophie à adopter pour chacun. Le système de protection se caractérise par sa sélectivité, sa rapidité, sa fiabilité et sa disponibilité. Tous ces attributs doivent être définis de façon à ce que la philosophie de protection voulue par l'exploitant soit respectée. Plusieurs questions doivent être abordées : Quelles sont les fonctions de protection utilisées ? Si un système de protection redondant est requis, quelles sont les fonctions de protection intégrées dans l'IED principal 1 ou principal 2 ? Comment la protection secours est-elle activée ? Quel système de communication à l'intérieur du poste ou entre les postes est utilisé ?

La phase d'appel d'offres est probablement la phase la plus importante. Elle comprend plusieurs étapes différentes. Tout d'abord, il faut définir une procédure de préqualification qui inclut la description de toutes les séquences de test qu'un nouvel IED de protection doit subir pour être validé [2]. Réaliser la préqualification des IED avant la publication de l'appel d'offre permet de gagner du temps et d'être prêt au moment de la publication. De cette façon, un fabricant et son produit peuvent être pré-qualifiés et l'éditeur de l'appel d'offres sait que seuls les produits qui répondent à ses besoins sont proposés, ce qui lui permet de se concentrer sur d'autres points, comme le prix [3]. La procédure de préqualification peut inclure une description écrite des tests que l'IED doit passer ou même des fichiers numériques qui peuvent être directement exécutés sur un équipement de test dédié. Pour une description plus détaillée, voir les sections suivantes.

La phase de test de réception en usine (FAT) se déroule, à l'usine du fabricant de l'IED. Le client ou son représentant assiste aux tests et valide la procédure. Le fonctionnement de l'IED dans son armoire de protection peut être testé. La communication entre les IED à l'intérieur d'une même armoire ou inter armoires et l'interface avec d'autres systèmes peut faire partie du test. Des paramètres standard sont souvent utilisés pour vérifier les performances de l'IED et du système de protection.

3 Phase de mise en service et SAT

La phase de mise en service commence avec la livraison des armoires de protection sur site. Tous les IED, tous les processus, tous les canaux de communication doivent être testés. L'ensemble du système sera assemblé et câblé. Cela comprend également les TC, les TT, les « merging unit » et les disjoncteurs.

Pendant la phase de mise en service, tous les composants du système de protection doivent être câblés et interconnectés. De plus, tous les paramètres de l'IED doivent être réglés sur les valeurs définies. Ainsi, de nombreux cas de test sont nécessaires avec différents objectifs pour chaque test.

Objectifs de tests	Contenu (à titre d'exemple)
Système de protection global	Vérifier si le système de protection (tous les IED installés) sur une ligne parallèle fonctionne correctement : sélectivité pour tous les types de défauts, protection de secours correctement configurée, protection contre les défaillances du disjoncteur fonctionnant correctement.
Vérification des paramètres de l'IED	Vérifier si l'IED fonctionne correctement avec les paramètres réels dans les limites des tolérances décrites par le fabricant.
Communication du poste	Tester si la communication à l'intérieur du poste ou vers des systèmes distants fonctionne comme souhaité.
Scénarios logiques de déclenchement	Vérifier si un schéma logique développé par l'utilisateur au sein d'un IED fonctionne comme défini.
Test de communication entre deux postes	Vérifier le bon fonctionnement d'un système de télé protection ou d'une différentielle de ligne.
Alarmes	Vérifier si toutes les alarmes sont signalées de la manière souhaitée. L'essayeur doit accorder toute son attention à la définition d'un cas de test de manière à ce que seule l'alarme vérifiée soit activées et pas les autres.
Contrôles du câblage	Vérifier que tous les câbles soient branchés correctement.

Un test de réception sur site (en présence d'un témoin) (SAT) clôturera cette procédure. Pour les procédures suivantes, il est nécessaire d'utiliser un équipement de test qui enregistre toutes les séquences pré définies de façon à pouvoir les réutiliser à une date ultérieure avec les mêmes valeurs et la même précision.

4 Exigences pour des tests de mise en service précis

Après un test de réception sur site, une question principale se pose : le système de protection est-il maintenant prêt à fonctionner comme il se doit ? Il est également vrai que l'on ne peut jamais être sûr à 100 % que le système de protection ne présente aucun défaut. Mais les personnes en charge des tests peuvent établir des procédures bien définies pour éliminer autant de défaillances que possible pendant la phase de mise en service.

Pour les considérations suivantes, nous supposons qu'une phase de préqualification bien définie a eu lieu afin que les IED de protection utilisés soient capables de fournir les fonctionnalités souhaitées.

Pour obtenir la meilleure qualité de mise en service, les éléments suivants doivent être disponibles:

- Une description des fonctions du système qui doivent être testées (spécification des exigences fonctionnelles de mise en service, CFRS).
- Une description de la façon dont les fonctions doivent être testées (spécification des exigences de test de mise en service, CTRS).
- Des équipements de test avec une précision au moins 10 fois supérieure aux tolérances des IED utilisés.
- Des équipements de test pour lesquels procédure de test peut être préparée en amont de la SAT.
- Des équipements de test permettant de sauvegarder tous les résultats de manière à ce qu'aucune action manuelle n'ait à être effectuée ou que le rapport de test puisse être modifié ultérieurement sans notification.
- Une description de la manière dont les équipements de test doivent être utilisés pour l'application concernée (manuel d'utilisation des plans de test personnalisés).
- Des techniciens de mise en service qui comprennent le système de protection et savent comment utiliser l'équipement de test.

La Figure 1 présente un exemple de CTRS ainsi qu'un manuel d'utilisation.

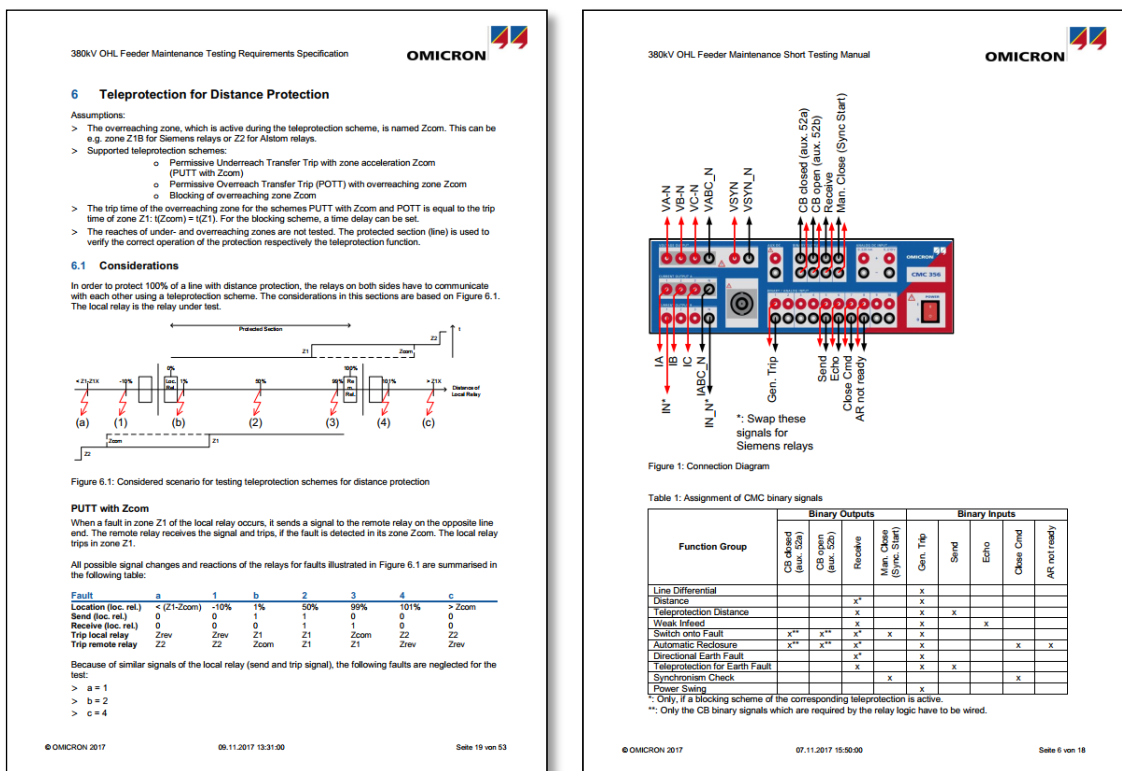


Figure 1 : Exemple de CTRS et manuel d'utilisation des tests

Si toutes ces exigences sont remplies, les documents de test, y compris tous les fichiers de test et les résultats de la SAT, peuvent maintenant être sauvegardés et servir de référence pour les tests ultérieurs au cours de la phase de maintenance.

5 Qu'est-ce qu'un test de non-régression ?

Pour expliquer pourquoi une telle référence est si importante pour les tests ultérieurs, nous allons faire une brève présentation d'un autre type de procédures de test utilisées dans le développement de logiciels.

Si de nouveaux composants du logiciel OMICRON ont été développés, il faut également s'assurer que les anciens composants logiciels fonctionnent toujours dans la nouvelle version du logiciel comme dans l'ancienne version. Pour ce faire, un test de non-régression est effectué. C'est pourquoi il faut un équipement à tester qui peut servir de référence, ce que l'on appelle le « banc de test des relais ».

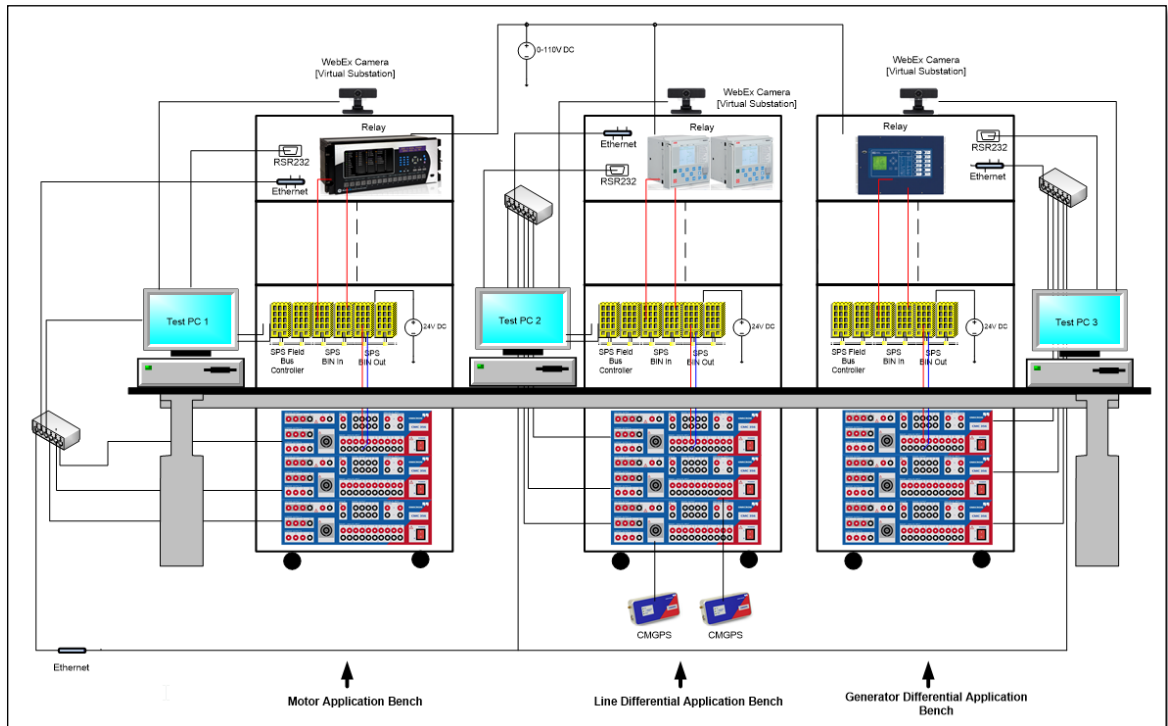


Figure 2 : Concept d'un banc de test de relais

Le banc de test de relais est principalement un système de test qui contient différents racks dans lesquels différents IED de protection sont montés. Ces IED ont des paramètres spécifiques pour assurer de nombreuses fonctions de protection différentes. L'important est qu'à partir du moment où les IED du banc de test ont été paramétrés, il est strictement interdit de les toucher pour éviter toute modification accidentelle de paramètres.

L'exemple suivant explique comment cela fonctionne : lors du développement d'une version de logiciel (par exemple la version V1.0), les testeurs de logiciels signalent tous les défauts de logiciel identifiés au cours de leurs procédures de test aux développeurs qui peuvent alors éliminer les défauts du logiciel afin que cette version soit prête à être mise à la disposition des clients. Si une nouvelle version du logiciel est en cours de développement (par exemple la version V2.0), il est très simple de tester les fonctionnalités logicielles inchangées en utilisant ce banc de test. En cas de défaillance du logiciel testé, les testeurs peuvent être certains que la cause du comportement incorrect relève d'un défaut de la nouvelle version du logiciel, car rien n'a changé au niveau du banc de test.

Une méthode de test basée sur cette approche est appelée test de non-régression. Ce principe peut maintenant être utilisé pour les tests de maintenance des IED, où les fichiers de test de la SAT serviront désormais de référence. Par conséquent, il est strictement interdit d'apporter des modifications aux fichiers de test de la SAT pendant la phase de maintenance.

6 Tests au cours de la phase de maintenance.

Un certain temps après la mise en service, un test de maintenance de l'IED est réalisé. Pour de nombreux exploitants, ce contrôle est effectué au bout de 4 ans. Le but de ce contrôle est d'évaluer si l'ensemble de l'IED dans son environnement fonctionne toujours correctement. La raison principale des tests de maintenance est donc la recherche de composants défectueux. Ci-après, nous supposons que personne n'a modifié les paramètres de

l'équipement depuis que la SAT a eu lieu. Néanmoins, il peut être utile de vérifier les paramètres avant de tester si les paramètres de SAT sont toujours identiques à ceux de l'IED.

Même si aucun changement prévu dans l'armoire de l'IED n'a été effectué depuis la SAT, des imprévus peuvent survenir entre-temps, par exemple :

- Une obsolescence des composants
- Des écarts relevés au niveau des composants (valeurs nominales en dehors des tolérances)
- Des contacts desserrés en raison de vibrations
- Un défaut d'isolement
- Des signaux déconnectés en raison de l'intrusion d'un animal
- Et plus encore.

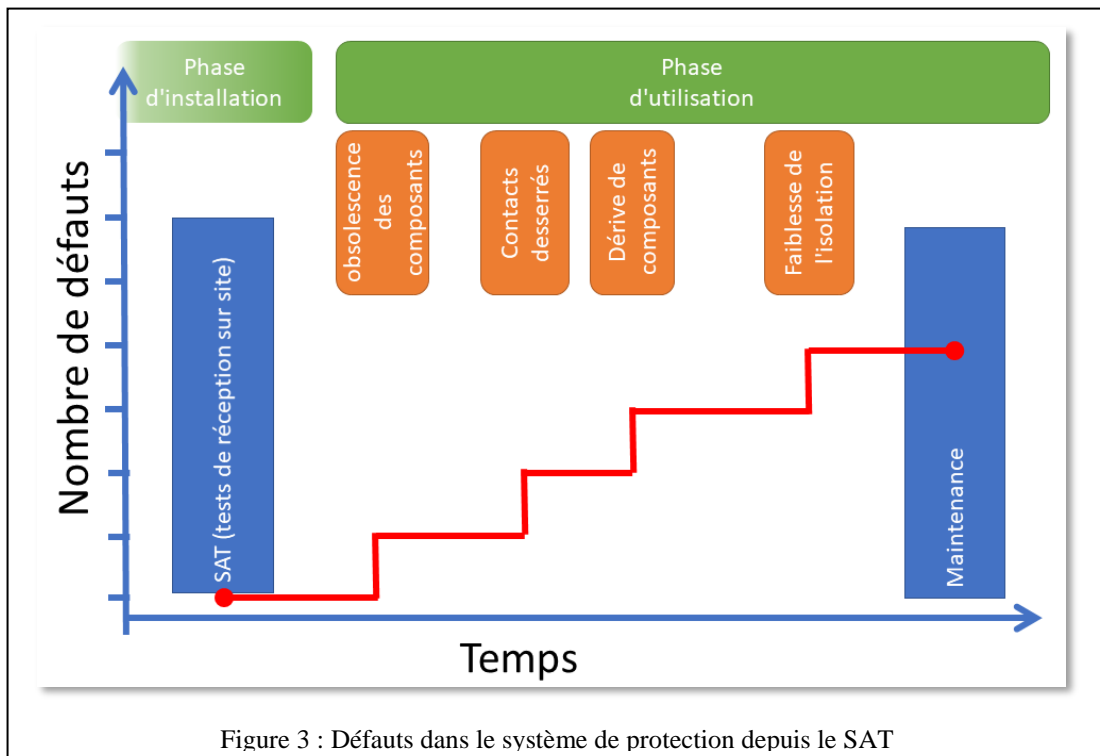


Figure 3 : Défautes dans le système de protection depuis le SAT

Cela signifie qu'à partir de la dernière SAT, un certain nombre de défaillances du système de protection ont pu se produire et n'ont pas été observées jusqu'à présent en raison d'un mauvais fonctionnement de la protection (Figure 3). Il est désormais nécessaire de prendre les définitions et les séquences de test de la SAT et de les réutiliser pour le test de maintenance. Normalement, la SAT comprend de nombreuses séquences de test et il est logique de se demander si toutes ces séquences sont également nécessaires pour les tests de maintenance. C'est une question de philosophie de test et les réponses peuvent être très diverses, de « nous utilisons les mêmes séquences de test que pour la SAT » à « nous faisons juste une inspection visuelle ».

L'utilisation des séquences de test très complètes et complexes de la SAT garantit que tous les défauts qui se sont produits depuis la SAT peuvent être détectés pendant le test de maintenance.

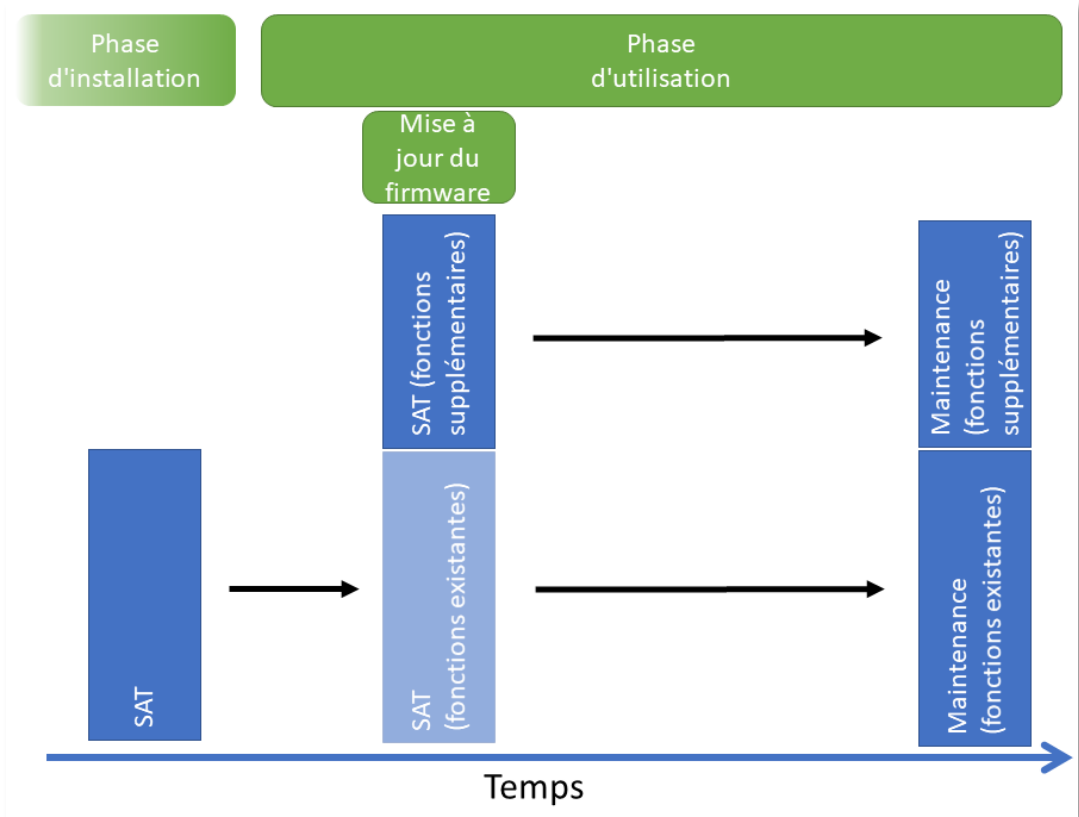


Figure 4 : Procédures de test de mise à jour du firmware

7 Mises à jour du firmware et autres modifications

Aujourd'hui, il arrive assez souvent qu'un firmware modifié doive être implémenté dans l'IED avant que le test de maintenance ne soit effectué. Ici, il est nécessaire d'introduire également une sorte de processus de préqualification avant la sortie du nouveau firmware.

Trois scénarios différents doivent alors être envisagés :

- Le fabricant de l'IED n'a éliminé que les défauts de fonctionnement de l'IED qui n'apportent aucune nouvelle fonctionnalité. Dans ce cas, le testeur peut utiliser les séquences de test de la SAT. Cela permet d'obtenir la meilleure qualité et la plus grande rapidité d'exécution des tests.
- Le fabricant de l'IED a ajouté des fonctionnalités supplémentaires (par exemple, un paramètre de protection qui n'était pas visible jusqu'à présent est désormais visible par l'utilisateur afin que la valeur puisse être modifiée). Le testeur peut utiliser les séquences de test de la SAT. De plus, les nouvelles fonctionnalités doivent être testées. Les séquences de test de SAT peuvent être utilisées et adaptées pour fournir la qualité de test souhaitée (Figure 4).
- Très souvent, l'exploitant profite de la mise à jour du firmware (ou même de la réalisation des tests de maintenance) pour mettre à jour certains paramètres de relais, car les caractéristiques primaires du réseau ont été modifiées. Dans ce cas, il est très utile d'avoir un équipement de test capable de produire toutes les séquences de test non pas en valeurs absolues mais en valeurs relatives par rapport aux paramètres du relais. Quoiqu'il en soit, il est recommandé d'effectuer des tests de type SAT basés sur des gammes de test de haute qualité.

8 Contenu des tests de SAT et de maintenance

Les discussions sur ce qu'un test de maintenance devrait inclure sont fréquentes, à l'instar de ce qui a été décrit précédemment. Par conséquent, il faut tenir compte de la durée de test nette et brute nécessaire (qui équivaut à la durée totale des tests par rapport à la durée des tests de l'IED seul).

Comme cela a été prouvé dans de nombreux postes, une gamme de test standardisée mise en œuvre avec un équipement de test entièrement automatisé peut réaliser un nombre de séquences de test important dans un temps très court. Des exemples montrent qu'une mise en service d'une protection différentielle de ligne 400 kV dure environ 1,5 heure (sans tester les alarmes). Il s'agit de la durée de test nette sans prendre en considération le déplacement vers le poste, la préparation et le raccordement de l'équipement de test, etc. Cela signifie que même si le nombre de séquences de test requis pour la maintenance ne représente que 50 % du nombre de séquences de test de la SAT, seules 45 minutes pourraient être économisées en durée de test, ce qui ne représente dans ce cas que 10 % de la durée de test brute (Figure 5).

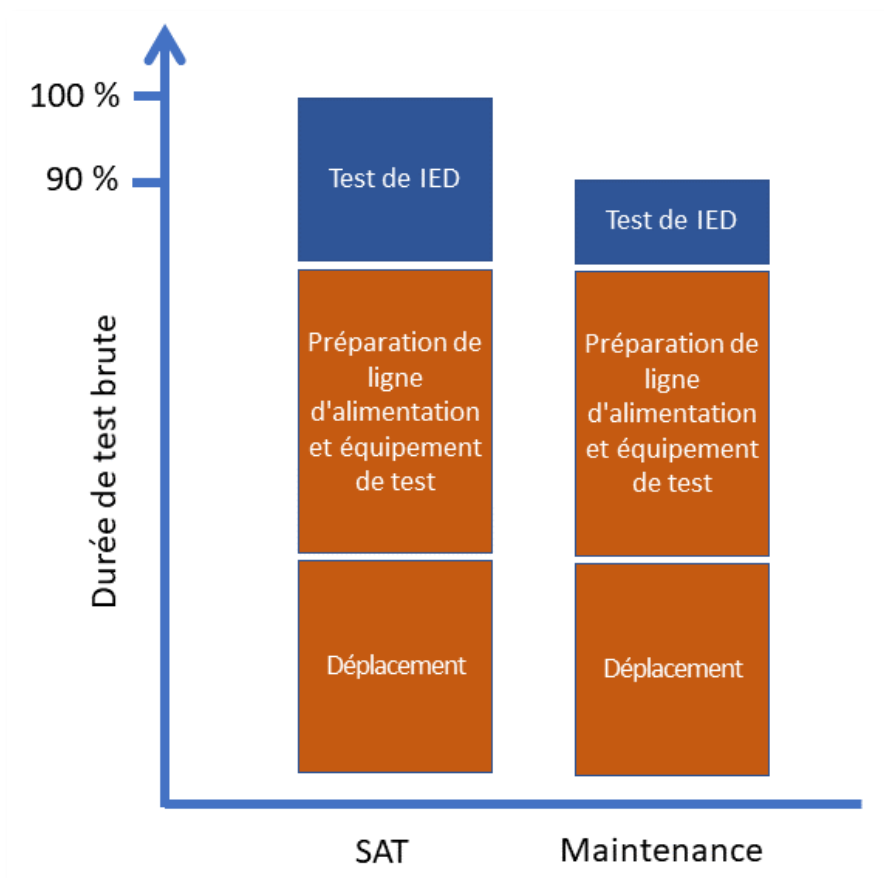


Figure 5 : Comparaison de la durée de test brute pour les SAT et les tests de

Pour cette raison, de nombreux exploitants utilisent des solutions de test entièrement automatisées qui ne font pas la différence entre les essais réalisés lors de la SAT et les tests de maintenance. Ils utilisent toujours toutes les séquences de test de la SAT.

9 Gestion des compétences et qualité des tests

L'utilisation d'une méthode de test normalisée fondée sur une spécification des exigences fonctionnelles de mise en service (CFRS) et une spécification des exigences de test de mise en service (CTRS) peut présenter de nombreux avantages pour l'exploitant, comme le montrent plusieurs cas réalisés.

Le testeur lui-même gagne du temps pour développer la procédure de test : la procédure de test est déjà définie, seuls les paramètres modifiés doivent être configurés avant que le test d'un nouvel équipement de protection ne commence. Tous les plans de test incluent les mêmes tests, ce qui signifie que la qualité des tests peut être mieux contrôlée et finalement améliorée. Il est plus facile de travailler en équipe, car tout le monde travaille avec les mêmes normes. Les membres de l'équipe peuvent échanger leurs expériences et partager leurs connaissances.

Et, argument de poids, une telle normalisation aide à conserver le savoir-faire des personnes au sein de l'entreprise. Les expériences de l'entreprise sont documentées. Il devient très facile d'organiser des formations pour les nouveaux employés afin de les familiariser avec la philosophie de test choisie par l'entreprise.

De nouvelles fonctions de protection ou de nouveaux algorithmes (améliorés) dans les fonctions de protection peuvent être reconnus et la solution de test mise à jour peut être mise à disposition de chaque testeur simultanément. Le développement d'un tel test n'est effectué qu'une seule fois.

10 Conclusions

Comme les cycles de développement des fabricants d'IED seront bientôt plus courts, les processus de test au sein d'une entreprise doivent également être adaptés. Une réflexion très poussée sur les principes de travail peut se traduire par une meilleure efficacité en termes de durée et de qualité des tests.

- Aspects qualitatifs : la répétabilité des tests est bien meilleure qu'avec des tests exécutés manuellement.
- Réduction des coûts grâce au gain de temps dans la préparation, l'exécution et la documentation du test lui-même.
- Aspects de la conservation des compétences des employés expérimentés au sein de l'entreprise par la rédaction des documents standard.
- Aspects de la résolution des problèmes techniques par une équipe centrale de spécialistes et la diffusion d'une solution standardisée pour les testeurs sur le terrain.
- Aspects de l'amélioration de la précision et spécificité des tests par l'utilisation de cas de test très sophistiqués. Ces tests ne pourraient normalement pas être effectués par tous les testeurs.
- Utilisation de fonctionnalités avancées des outils de test qui peuvent ne pas être connues des testeurs sur le terrain.

Références

- [1] *Regression test approach for testing of protection IEDs to improve field testing quality and support knowledge management* (Approche de test de non-régression pour tester les IED de protection afin d'améliorer la qualité des tests sur le terrain et de soutenir la gestion des connaissances), Michael Albert, Richard Marenbach, DPSP 2018, Belfast, 2018
- [2] *Prequalification of new Assets using the Example of Distance Protection Devices* (Pré-qualification de nouveaux équipements à l'appui de l'exemple des appareils de protection à distance), Christoph Trabold, Michael Albert, Richard Marenbach (OMICRON electronics Deutschland), PAC World Conference 2016, Ljubljana, 2016
- [3] Règles applicables aux procédures de passation de marchés par les entités opérant dans les secteurs de l'eau, de l'énergie, des transports et des services postaux jusqu'en 2016, Directive 2014/25/UE
- [4] *380-kV-OHL protection testing at National Grid using customized test plans* (Tests de protection d'une ligne 380 kV du réseau national à l'aide de plans de test personnalisés), Nashmi H. Al-Harbi, Ahmed Abdulhamied M. Yanbawi (réseau national, Arabie saoudite), réunion des utilisateurs OMICRON en Arabie Saoudite, al-Khobar, Arabie Saoudite, 7 - 9 mai 2017

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.