

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 106 (2015)

Heft: 10

Artikel: Valorisation des équipements et investissements de renouvellement

Autor: Burri, Philippe / Tabara, Daniel

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856719>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Valorisation des équipements et investissements de renouvellement

Aspects essentiels de l'asset management stratégique

La libéralisation totale du marché suisse de l'électricité est un sujet d'actualité. L'introduction de la concurrence contraint les entreprises actives sur ce marché à revoir leurs stratégies commerciales et techniques pour s'adapter en tout temps à un environnement changeant. Un des nombreux paramètres intervenant dans l'élaboration d'une stratégie d'entreprise est la connaissance synthétique de la valeur de ses biens d'équipements et des investissements nécessaires à leur bon fonctionnement. Ces aspects font partie intégrante du processus de gestion des actifs industriels, ou asset management.

Philippe Burri, Daniel Tabara

L'asset management est défini comme un « ensemble d'activités et pratiques systématiques et coordonnées, par lesquelles une organisation gère ses biens d'une manière optimale et durable » [1]. Grâce à l'approche analytique, l'asset management permet de trouver un équilibre entre les coûts, les risques et la performance souhaitée des actifs pour atteindre les objectifs de l'organisation. Cet équilibre délicat doit être établi sur tout le cycle de vie des actifs (de la conception au démantèlement). Il devient de plus en plus fragile dans le contexte actuel, désormais soumis aux pressions externes.

Dans la première partie de cet article, une méthode d'analyse est présentée. Dans la seconde partie, l'application de cette méthode à travers des cas concrets sera illustrée. Plus spécifiquement, les investigations ont été orientées dans le domaine des réseaux de distribution des fluides (électricité, eau, gaz, chauffage à distance, etc.).

Objectifs

La méthode présentée a été développée afin de :

- calculer la valeur des équipements des réseaux ;
- optimiser les investissements nécessaires à leur renouvellement ;
- fournir une aide précieuse au niveau de l'asset management stratégique.

Partant de la nature des équipements d'un réseau, de leur durée d'exploitation, de leur répartition temporelle et des coûts de renouvellement, cette méthode permet de définir une stratégie de renouvellement répondant à plusieurs contraintes.

Tous les paramètres de synthèse énumérés ci-après évoluent au cours du temps. Ils sont ajustables après chaque modification importante des équipements (changement de la taille du réseau, changement technologique, modification du coût des équipements, etc.). En tout temps, ils doivent donner aux décideurs (financièrement responsables) une vision synthétique de la valeur des infrastructures.

Valeur à neuf

La valeur à neuf ou valeur de remplacement revient au coût de construction d'un équipement quasi identique, estimé

sur la base des prix du jour. Lorsqu'on calcule la valeur de remplacement d'un ensemble composé d'un grand nombre d'équipements (par exemple un réseau de distribution de l'électricité ou de gaz), il est souvent nécessaire de « découper » cet ensemble en sous-ensembles, eux-mêmes composés d'éléments ayant pour dénominateurs communs principaux : un coût à l'unité similaire, une durée d'exploitation identique, un taux de défaillance identique.

Dans le domaine électrique, les réseaux basse tension (BT) et moyenne tension (MT) sont des sous-ensembles. Plusieurs sous-ensembles peuvent encore être déclinés au sein d'un même sous-ensemble. Les coûts à l'unité fondent toute recherche d'optimisation. En étant suffisamment représentatifs de la réalité, ils ne doivent toutefois pas entrer dans des particularismes trop pointus (selon la loi des grands nombres). Ces coûts correspondent aux spécificités du lieu. Par exemple, on peut traiter la moyenne des 10 plus grands chantiers représentatifs des années précédentes.

Valeur technique

La valeur technique d'un équipement au temps t dépend uniquement de la durée d'exploitation de cet équipement, de son âge et de sa valeur de remplacement. On part du principe que l'évolution dans le temps de la valeur technique des équipements du réseau dépend linéairement du vieillissement. Leur fonctionnement reste donc stable durant toute la durée d'exploitation, sans augmentation significative des frais

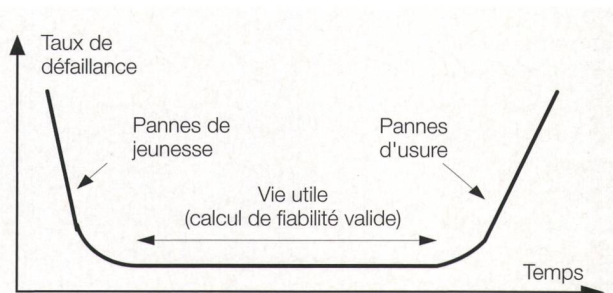


Figure 1 Taux de défaillance des systèmes électriques.

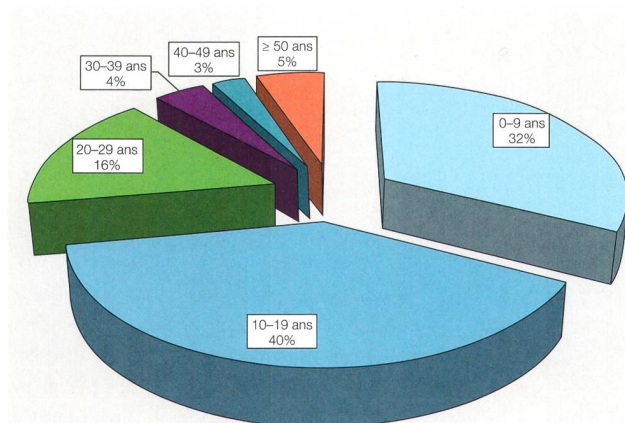


Figure 2 Répartition temporelle des équipements au début du cycle.

d'entretien. La durée d'exploitation ou la vie utile est définie comme le temps durant lequel un équipement présente un taux de défaillance faible [2]. Cette durée est fonction de l'expérience du terrain ou des statistiques internationales.

En connaissant l'évolution de la valeur technique sans investissement, et selon une proposition d'investissement dans le temps, nous pouvons calculer l'évolution de la valeur technique en fonction des montants investis. La valeur technique ne donne aucune indication sur la qualité technique des équipements: nous partons du principe qu'ils fonctionnent correctement. C'est une forme d'actualisation de la valeur des infrastructures.

Valeur d'acquisition

Si elle n'est pas connue, la valeur d'acquisition ou historique est reconstituée à partir de la valeur à neuf d'un équipement, de son âge et d'un indice sur l'évolution des prix de construction au cours du temps. Selon les domaines, différents indices de prix peuvent être pris en compte.

Valeur résiduelle

La valeur résiduelle représente le solde au bilan. Elle se calcule à partir de la valeur d'acquisition et en fonction d'une durée d'amortissement théorique recommandée. Selon telle proposition d'investissement dans le temps, on calcule l'évolution de la valeur résiduelle en fonction des montants investis. Il est aussi possible de calculer les amortissements et les intérêts annuels futurs en fonction du passé et des investissements prévus. Ces deux composantes entrent dans le calcul des coûts d'acheminement futurs (timbre), parallèlement aux coûts opérationnels. Plu-

sieurs scénarios d'évolution du timbre peuvent ainsi être étudiés.

Comment amortir un ensemble d'équipements qui sont en constant renouvellement? En règle générale, on cherche à amortir un équipement conformément aux recommandations de la branche. Le problème se corse en présence de n équipements semblables (de même durée d'exploitation), mais dont les dates de construction sont réparties aléatoirement dans le temps. Pour aborder ce problème, l'évolution de la valeur résiduelle est analysée en parallèle avec l'évolution de la valeur de substance. Ensuite, les périodes critiques en relation avec ces deux grandeurs sont mises en évidence.

Indice d'état

Pour un ensemble d'équipements dont la durée d'exploitation est semblable, on définit un indice d'état, variant de 0 (équipements obsolètes) à 1 (équipements neufs). Cet indice est calculé à

partir de la valeur technique d'un ensemble d'équipements et de la proportion d'équipements ayant dépassé la durée d'exploitation. Il donne donc une information indirecte sur l'état de vieillissement d'un ensemble d'équipements, en relation avec le choix d'une durée d'exploitation.

Un ensemble d'équipements peut présenter une valeur technique acceptable (rapportée à la valeur de remplacement) et peut être composé d'un grand nombre d'éléments ayant dépassé leur durée d'exploitation. Ce cas peut être illustré comme suit. Si pour un ensemble de n éléments semblables, une moitié a dépassé la durée d'exploitation, tandis que l'autre moitié est neuve, la valeur technique représente la moitié de la valeur à neuf. Le même résultat est obtenu pour n éléments ayant chacun atteint en âge la moitié de la durée d'exploitation. Or, dans le premier des cas, une entreprise encourt nettement plus de problèmes d'exploitation que dans le deuxième. La notion d'indice d'état exprime alors cette différence en attribuant une valeur plus faible au cas n°1 par rapport au cas n°2. Pour des équipements semblables, avec la même durée d'exploitation, l'indice d'état permet de comparer rapidement deux ensembles distincts (les réseaux électriques de deux villes différentes, par exemple).

Optimisation des investissements

Entre autres objectifs, une stratégie de renouvellement doit minimiser au mieux

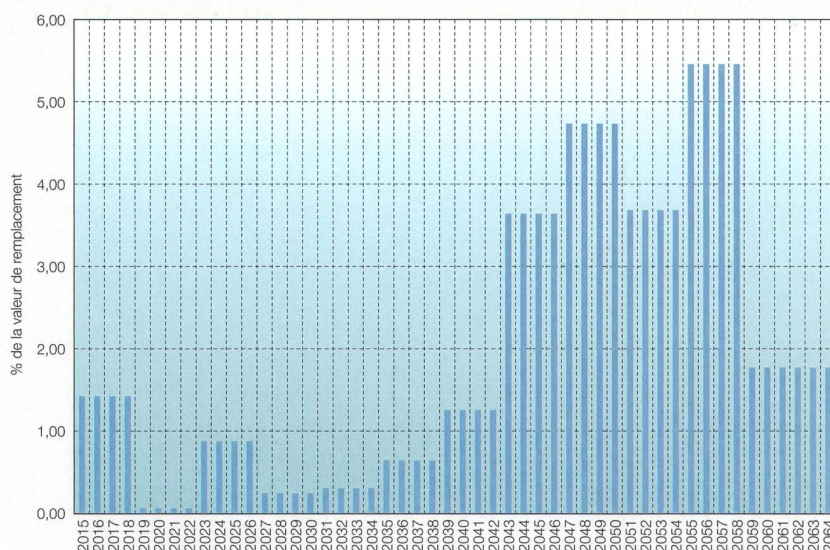


Figure 3 Proposition d'investissements de renouvellement.

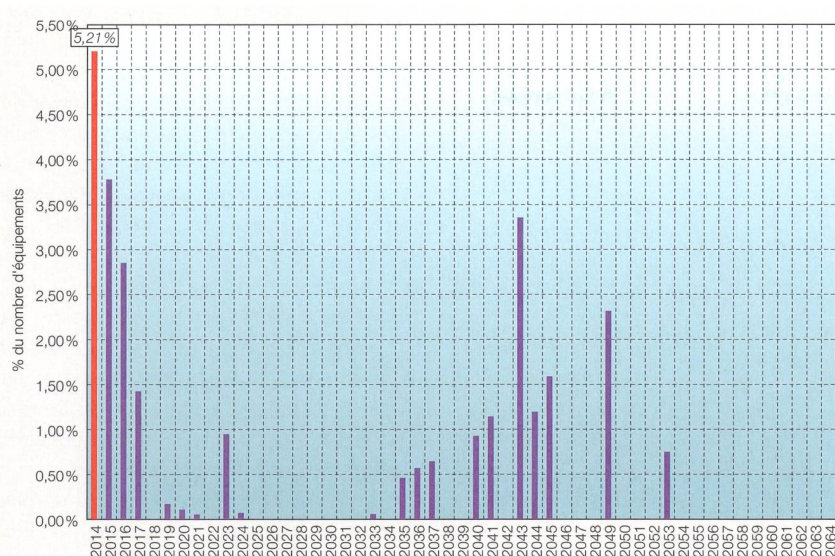


Figure 4 Nombre d'équipements dépassant la durée d'exploitation.

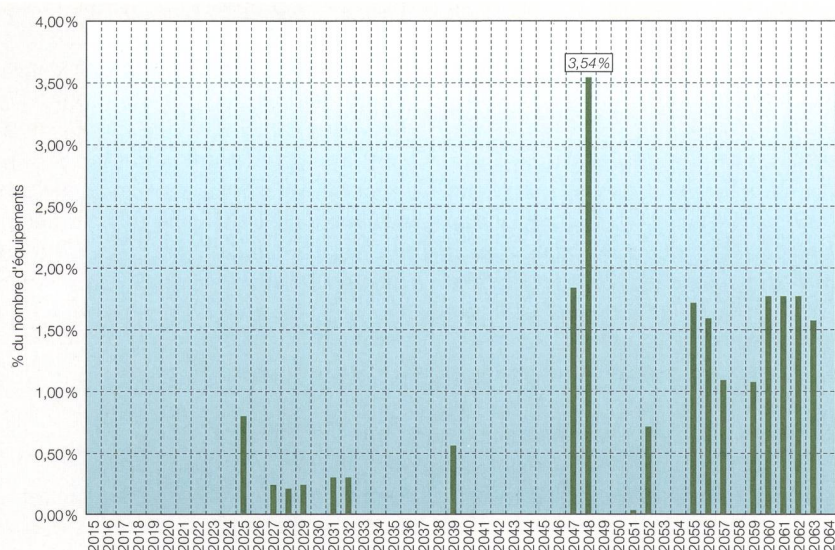


Figure 5 Nombre d'équipements remplacés trop tôt.

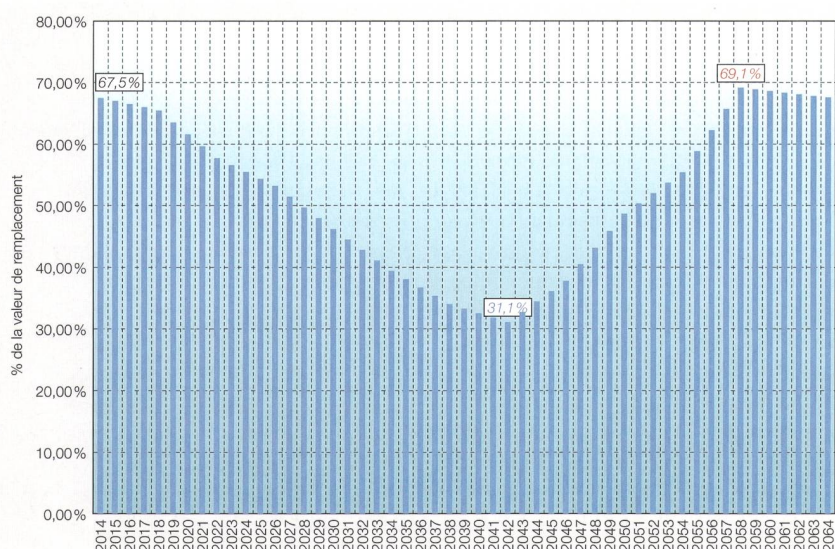


Figure 6 Évolution de la valeur technique.

le nombre d'équipements dépassant la durée d'exploitation, tout en évitant la sur-qualité. Idéalement, une entreprise ne doit pas entretenir une quantité trop importante d'installations anciennes. Malheureusement, ce principe n'est appliqué que dans trop peu de cas. Il s'agit alors de définir des stratégies d'investissement permettant d'améliorer une situation, puis d'en maintenir le meilleur état possible.

Pour distinguer une stratégie d'investissement d'une autre, trois indices de performance supplémentaires ont été définis :

- l'indice sur les écarts d'investissements ;
- l'indice sur la durée limite d'exploitation ;
- l'indice de sur-qualité.

Un indice de performance global combine les trois indices susmentionnés. Dans une évaluation, le poids de chaque indice peut encore être pondéré. Parmi la série de stratégies d'investissements donnée, on cherche laquelle engendre le plus grand indice de performance global.

La façon d'optimiser les investissements de renouvellement peut s'illustrer par l'analyse des câbles d'un réseau électrique moyenne tension. Dans ce cas leur durée d'exploitation vaut 50 ans. La répartition temporelle des équipements au moment de l'analyse par intervalles de 10 ans est présentée dans la figure 2.

Indice sur les écarts d'investissements

Pour le bon fonctionnement technique et financier d'une entreprise, faire face à de brusques variations d'investissements est souvent dommageable. À l'occasion de la libéralisation du marché, il est difficile de prévoir les variations d'investissements dues aux facteurs externes. Mais dans le cadre du renouvellement d'équipements connus, nous pouvons tenter de les atténuer. Pour appréhender cette problématique de manière simple, un indice sur les écarts d'investissements a été défini. Une tolérance, appelée « pourcentage toléré sur les écarts », lui est associée. L'augmentation du nombre d'écarts d'investissements entre deux années dépassant la tolérance fait tendre l'indice vers 0. De même, l'augmentation de la taille des écarts entraîne également l'indice vers 0. Une valeur de 1 correspond à un investissement constant durant tout le cycle. Pour une courbe

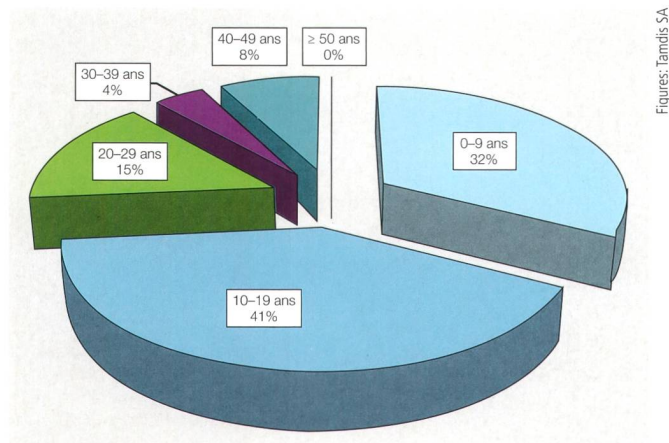


Figure 7 Répartition temporelle des équipements en fin de cycle.

« échantillonnée », cet indice est donc fonction du nombre d'écarts et de leur ampleur.

Les investissements de renouvellement des câbles analysés dans cet exemple ont été lissés par périodes de quatre ans sur le cycle de vie (**figure 3**). Le pourcentage toléré sur les écarts est de 2,5 %. L'indice sur les écarts d'investissements vaut 0,67.

Indice sur la durée limite d'exploitation

Cet indice, appelé aussi de sous-qualité, tient compte de la quantité de dépassement de la durée limite d'exploitation sur un cycle. L'indice peut varier de 0 à 1. La valeur de 1 correspond à aucun dépassement durant tout le cycle.

Dans une stratégie de renouvellement, l'un des paramètres importants consiste à connaître la part des équipements risquant de dépasser leur durée d'exploitation au cours du temps. Il faut naturellement prendre en compte les investissements consentis. Le nombre d'équipements dépassant la durée d'exploitation est exprimé en proportion du nombre d'équipements total au moment de l'évaluation.

En lissant au mieux les investissements, certains câbles dépasseront la durée d'exploitation un certain temps, dont on peut fixer une limite. Ici, cette limite a été imposée à 6 % du nombre total d'équipements (**figure 4**). On observe que les investissements opérés au début du cycle permettent de diminuer le nombre d'équipements vétustes durant près de 10 ans (avec un pic d'accroissement passager après 9 ans). Cette diminution semble donc être sous contrôle, compte tenu de la nature des équipements et des possibilités d'investissements. L'indice de sous-qualité vaut 0,96.

Derrière ce dépassement acceptable de la durée d'exploitation se cache la notion de risque lié aux investissements. Évidemment, si on désire atténuer ce risque au maximum, les investissements sont d'autant plus élevés. C'est le point stratégique où il faut trouver un consensus entre risques et ressources financières à disposition.

Indice de sur-qualité

L'indice de performance sur la sur-qualité représente le taux d'équipements remplacés trop tôt, avant qu'ils n'aient atteint leur pleine durée d'exploitation.

L'indice peut varier de 0 à 1. La valeur de 1 correspond à aucun remplacement prématuré durant tout le cycle.

En lissant au mieux les investissements, certains câbles devront être remplacés avant d'avoir atteint leur pleine durée d'exploitation (**figure 5**). Dans cet exemple l'indice de sous-qualité vaut 0,79.

Indice global

Pour le calcul de l'indice global de performance de la stratégie de renouvellement, la même importance est donnée à chacun des indices. En conséquence, la valeur de cet indice est 0,81.

La valeur technique des câbles (**figure 6**) vaut encore 68 % de la valeur de remplacement au début du cycle (la longueur d'un cycle représente la durée d'exploitation). En fonction des investissements proposés, la courbe atteint un minimum (en 2042), avant de revenir approximativement à la valeur technique initiale, en fin de cycle. On démontre ainsi que les équipements sont renouvelés au bon moment (ni trop tôt, ni trop tard). La répartition temporelle des câbles en fin de cycle est très proche de celle en début de cycle (**figure 7**).

Zusammenfassung

Bewertung von Ausrüstungen und Ersatzinvestitionen

Grundlegende Aspekte des strategischen Assetmanagements

Bei der Erarbeitung einer Unternehmensstrategie besteht einer der zahlreichen Parameter darin, einen Überblick über den Wert der Investitionsgüter zu haben. Das Assetmanagement erlaubt es dank einem analytischen Ansatz, ein Gleichgewicht zwischen Kosten, Risiken und der gewünschten Performance der Aktiven zu finden, um die Organisationsziele zu erreichen. Dieses fragile Gleichgewicht muss über die gesamte Lebensdauer der Aktiven gehalten werden, von der Konzeption bis zum Rückbau. Im ersten Teil dieses Artikels wird eine Analyseverfahren vorgestellt. Der zweite Teil, der im nächsten Bulletin veröffentlicht wird, illustriert die Anwendung dieser Methode anhand konkreter Fälle.

Eine Erneuerungsstrategie soll die Anzahl Anlagen, deren Betriebsdauer ausgeschöpft ist, minimieren und dabei eine Überqualität verhindern. Es gilt also, Investitionsstrategien festzulegen, um die Situation zu verbessern und den bestmöglichen Zustand zu bewahren. Anhand der vorgeschlagenen Analyseverfahren lässt sich mithilfe von drei Leistungsindizes eine Erneuerungsstrategie festlegen. Es sind dies die Indizes betreffend Investitionsabweichungen, die maximale Betriebsdauer und die Überqualität. Diese drei Indizes werden in einem Gesamtperformanceindex zusammengefasst. Aus verschiedenen Investitionsstrategien wird diejenige ausgewählt, die den höchsten Gesamtperformanceindex aufweist. Über die gesamte Lebensdauer werden mehrere Parameter überwacht, darunter das Investitionsniveau, die Anzahl Anlagen, deren Betriebsdauer ausgeschöpft sein wird, der technische Wert, der Restbuchwert und der Zustandsindex. Der Zustandsindex wird zum Beispiel basierend auf dem technischen Wert dieser Anlagen und dem Anteil der Anlagen berechnet, die die Betriebsdauer bereits überschritten haben. Er erlaubt es, für ähnliche Anlagen mit derselben Betriebsdauer einen raschen Vergleich zwischen zwei unterschiedlichen Anlagen anzustellen. Diese Parameter erlauben jederzeit einen Überblick über den Wert der Infrastruktureinrichtungen und damit die Analyse mehrerer Szenarios betreffend die Entwicklung der Netzkosten.

Cr

Paramètres de risque

Dans le domaine de la sécurité industrielle, le risque se définit comme la probabilité de voir un danger se concrétiser dans un ou plusieurs scénarios, associés à des conséquences dommageables sur des biens ou des personnes. Le niveau de risque se quantifie alors par la multiplication entre la probabilité d'occurrences de chaque scénario et la gravité des conséquences du scénario associé.

Le taux de défaillance est relatif à la fiabilité des équipements ou des composants. Il permet de quantifier la probabilité d'une panne subite d'un équipement fonctionnant correctement, de l'instant t à l'instant suivant $t + dt$ (figure 1).

Le coût moyen d'une défaillance équivaut au coût de l'intervention visant à

éliminer la défaillance. À ce coût direct, il faut ajouter un coût indirect, comme le coût de l'énergie non distribuée ou une éventuelle pénalité.

La durée d'interruption recouvre la durée nécessaire pour éliminer la défaillance. Elle est influencée par la configuration du réseau, le mode de conduite, les systèmes de contrôle et de commande du réseau, ainsi que la durée d'intervention.

Le nombre de clients touchés est déterminé pour chaque défaillance du réseau.

En seconde partie de l'article, la méthode proposée sera développée de manière plus pointue pour analyser les investissements de renouvellement et le risque relatifs à un réseau de câbles de

distribution moyenne et basse tension, en milieu urbain.

Lien

■ www.tamdis.ch

Références

- [1] ISO 55000, www.thelAM.org
- [2] www.fiateq.com/index.php?id_ssrb=46

Auteurs

Philippe Burri est ingénieur EPFL. Il a été directeur technique de Viteos SA. Depuis 2013, il est ingénieur conseil.

philippe.burri2@gmail.com

D^r **Daniel Tabara** est ingénieur EPFL. Depuis 2012, il est directeur de TamDis SA, société fondée par quatre entreprises d'approvisionnement en énergie, spécialisée dans l'asset management des réseaux de distribution.

Tamdis SA, 1350 Orbe
daniel.tabara@tamdis.ch

Anzeige



«Energiedaten – die Herausforderung der Zukunft»

Unsere beiden Spitzenreferate werden Sie begeistern: **Herr Dr. Sandro Gaycken** (ESMT Berlin) spricht Klartext zur **Cybersicherheit in der Energiewirtschaft** vor dem Hintergrund organisierter Kriminalität und aktiver Nachrichtendienste, **Herr Prof. Dr. Lukas Schmid** (IDEE-FHS) verspricht Inspiration für EVUs dank **Trend- und Zukunftsforschung**.

2. Fachtagung und Themenmesse 23. Oktober 2015 in der Umwelt Arena, Spreitenbach

Bei der aktuellen Modernisierung der Schweizer Energienetze setzen die Energieversorger vermehrt auf intelligente Netze, d.h. auf die technologischen Möglichkeiten effizienter Smart Grid und Smart Metering-Lösungen.

Eine stabile Versorgungssicherheit, ein wirtschaftlicher Betrieb, Umweltverträglichkeit und die technologische Sicherheit sind Schlüsselfaktoren eines erfolgreichen Smart Grid. Deshalb werden sämtliche Anforderungen und Massnahmen an der Fachtagung thematisiert und Ihre Fragen beantwortet. Sechs hochkarätige Referenten erwarten Sie.

Mehr Infos und Anmeldung unter www.swissmig.ch

swissmig 

Die Fachtagung steht unter dem Patronat von:



Hauptsponsor

