

**Zeitschrift:** Bulletin Electrosuisse  
**Herausgeber:** Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik  
**Band:** 106 (2015)  
**Heft:** 11

**Artikel:** Valorisation des équipements et investissements de renouvellement  
**Autor:** Burri, Philippe / Tabara, Daniel  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-856732>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 19.03.2025

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

# Valorisation des équipements et investissements de renouvellement

## Aspects essentiels de l'asset management stratégique

Un des nombreux paramètres intervenant dans l'élaboration d'une stratégie d'entreprise est la connaissance synthétique de la valeur de ses biens d'équipement et des investissements nécessaires à leur bon fonctionnement. Ces aspects font partie intégrante du processus de gestion des actifs industriels, ou asset management.

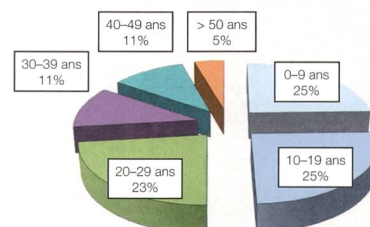


Figure 1 Répartition temporelle des câbles MT.

Philippe Burri, Daniel Tabara

Après avoir décrit la méthode en première partie de l'article, son application est présentée ci-après. L'analyse porte sur un réseau de câbles de distribution souterrain, moyenne et basse tension, en milieu urbain.

### Données de base

Les données du réseau (en 2014) sont affichées dans le **tableau 1**. Selon ces données, en utilisant les indices des prix de construction, nous pouvons calculer les valeurs (CHF) du réseau au moment de l'analyse (**tableau 2**). La répartition temporelle des câbles par périodes de 10 ans est représentée dans la **figure 1** et la **figure 2**, respectivement pour les câbles MT et pour les câbles BT.

Les câbles MT et BT doivent être renouvelés à la fin de leur cycle de vie de 50 ans. À noter le retard de renouvellement des câbles BT, équivalant à 13% de leur valeur de remplacement (21 millions de francs). Un tel déséquilibre est difficile à rattraper. L'entreprise doit alors trancher entre deux stratégies. Soit elle choisit d'investir massivement sur des périodes relativement courtes, en tenant

compte des multiples contraintes organisationnelles. Soit elle tente de répartir les investissements sur de plus longues périodes, en tenant compte des risques d'exploitation liés à une lente décroissance.

### Optimisation des investissements

La proposition d'investissements de renouvellement optimisés, pour les câbles MT et BT, est représentée dans la **figure 3** et les indices de performance correspondants sont affichés dans le **tableau 3**. Le dépassement annuel de la durée d'exploitation est maintenu au-dessous de 4,5% du nombre d'équipements pour les câbles MT. Pour les câbles BT, le

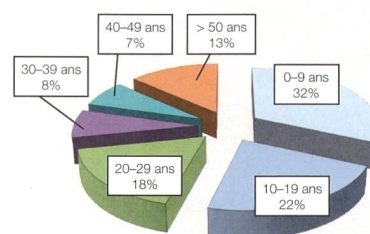


Figure 2 Répartition temporelle des câbles BT.

retard initial devra être rattrapé en 12 ans. Par la suite, le dépassement annuel de la durée d'exploitation pourra être maintenu dans des limites acceptables, autour de 5% du nombre total d'équipements.

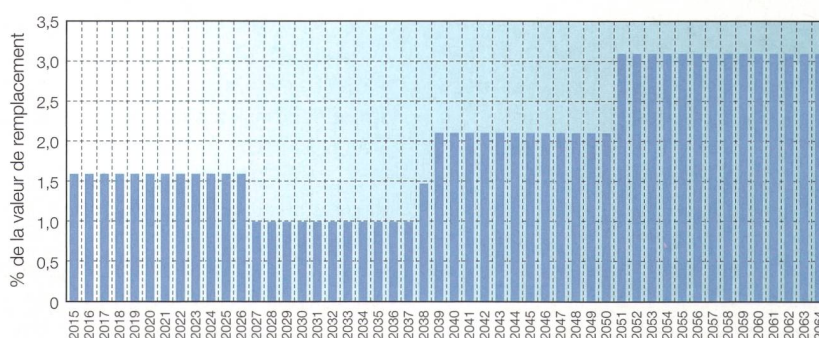


Figure 3 Investissements optimisés cumulés.

Donnée	Valeur
Longueur des câbles MT	262 409 m
Longueur des câbles BT	557 726 m
Coût moyen du remplacement d'un câble MT	CHF 333 / m
Coût moyen du remplacement d'un câble BT	CHF 290 / m
Durée d'amortissement des câbles MT et BT	35 ans
Durée d'exploitation des câbles MT et BT	50 ans

Tableau 1 Données du réseau analysé.

Équipement	Valeur à neuf	Valeur de substance	Valeur de substance sur valeur à neuf	Valeur historique	Valeur résiduelle	Valeur résiduelle sur valeur à neuf
Câbles MT	87 382 197	49 594 622	57 %	80 307 209	37 811 419	43 %
Câbles BT	161 740 540	91 779 043	57 %	145 911 114	74 802 346	46 %

Tableau 2 Valeurs du réseau analysé.

Indice	Câbles MT	Câbles BT
Écarts d'investissement	0,97	0,91
Durée limite d'exploitation	0,93	0,85
Sur-qualité	1	1
Global	<b>0,97</b>	<b>0,92</b>

**Tableau 3** Indices de performance de la stratégie proposée.

Donnée	Valeur
Nombre de clients desservis	50 000
Durée d'interruption d'une liaison MT, min / max	1 / 240 min
Durée d'interruption d'une liaison BT, min / max	1 / 480 min
Nombre de clients touchés par une interruption dans le réseau MT, min / max	1 / 200
Nombre de clients touchés par une interruption dans le réseau BT, min / max	1 / 10

**Tableau 4** Données de l'analyse de risque.

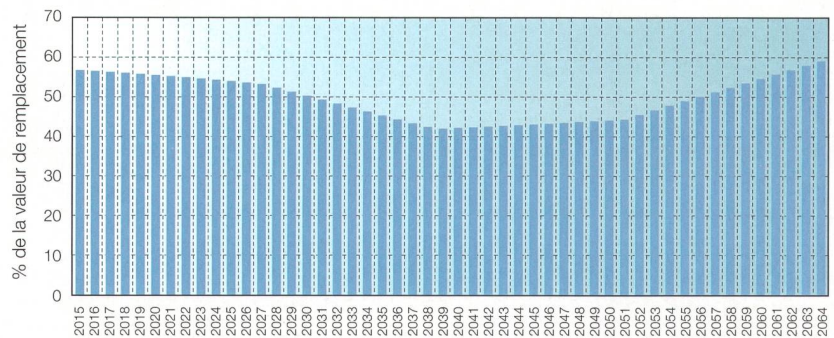
La valeur technique des câbles MT et BT (**figure 4**) atteint son minimum en 2037, avant le retour en fin de cycle à la valeur de substance de départ. Cette constatation prouve que les équipements sont renouvelés au bon moment (ni trop tôt, ni trop tard). La diminution de la valeur de substance durant une longue période ne reflète pas des investissements insuffisants, mais provient de l'inégalité des tranches d'âge au sein de la population d'équipements. En amortissant chaque nouvel investissement en 35 ans, et sachant que l'amortissement au départ vaut encore 2,2% de la valeur de remplacement (anciens câbles également amortis en 35 ans), on obtient alors l'évolution des amortissements sur le cycle de vie des câbles (**figure 5**). L'évolution des amortissements permet de prévoir la variation du timbre due aux investissements prévisibles dans le futur.

### Analyse de risque

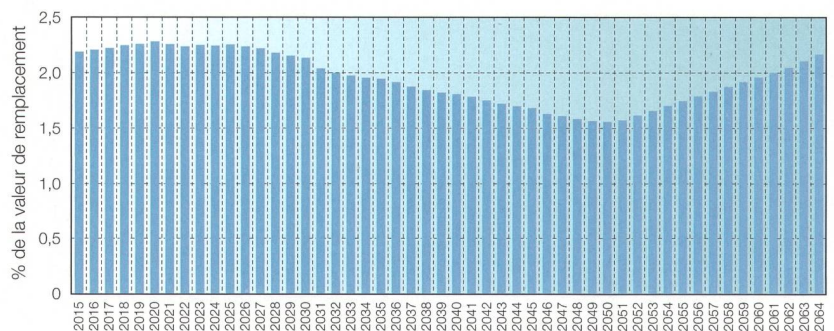
En analysant le risque de défaillance des équipements, il est possible de répondre, entre autres, aux questions suivantes :

- Quel est le risque d'une stratégie de renouvellement en termes financiers ?
- Quel est le risque d'une stratégie de renouvellement en termes d'image de l'entreprise (sécurité de la fourniture) ?
- Quel est le risque du retard de renouvellement ou de prolongation de la durée d'exploitation des équipements ?

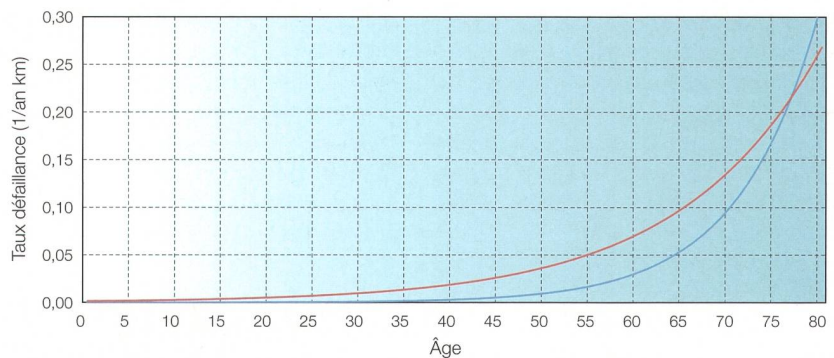
Les données nécessaires à une analyse de risque sont listées dans le **tableau 4**. Le taux de défaillance des câbles peut être



**Figure 4** Évolution de la valeur technique cumulée.



**Figure 5** Évolution des amortissements cumulés.



**Figure 6** Exemples de taux de défaillance des câbles. Rouge : câbles synthétiques XLPE, bleu : câbles papier Pb.

tiré des statistiques de l'entreprise ou de la documentation de spécialité ([1] – [3]). Dans cette analyse, il est convenu que le taux de défaillance suit une fonction exponentielle. Un exemple de taux de défaillance pour deux types de câbles MT et BT les plus courants est donné en **figure 6**. Le graphique représente le nombre de défaillances possibles par année et par kilomètre en fonction de l'âge des câbles.

### Cas 1 : Renouvellement après 50 ans

Les résultats du calcul de risque pour la stratégie d'investissement décrite sont

affichés dans le **tableau 5**. Le nombre annuel des défaillances possibles est important en début de cycle : il est dû au retard de renouvellement des câbles BT. Le nombre de clients affectés touche un maximum au début et au milieu du cycle de vie des câbles. L'indice SAIDI (**figure 7**) suit la même tendance. Au début du cycle, un client est interrompu en moyenne pendant 3,5 min par an. Cette durée baisse au fur et à mesure que le retard de renouvellement des câbles BT diminue. Ensuite, elle remonte car les investissements de renouvellement des câbles MT sont

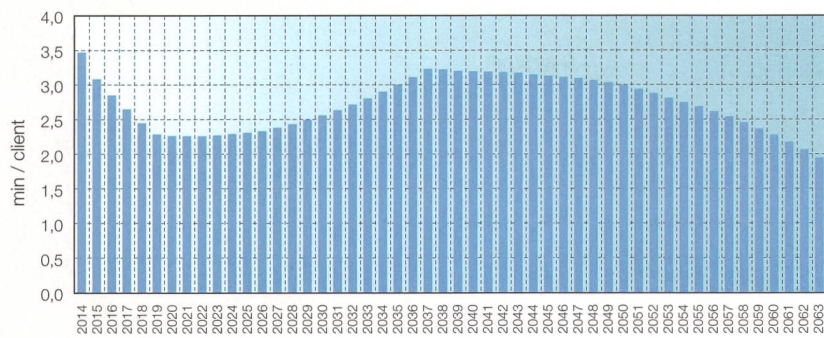


Figure 7 Évolution possible de l'indice SAIDI (min/client) dans le cas 1.

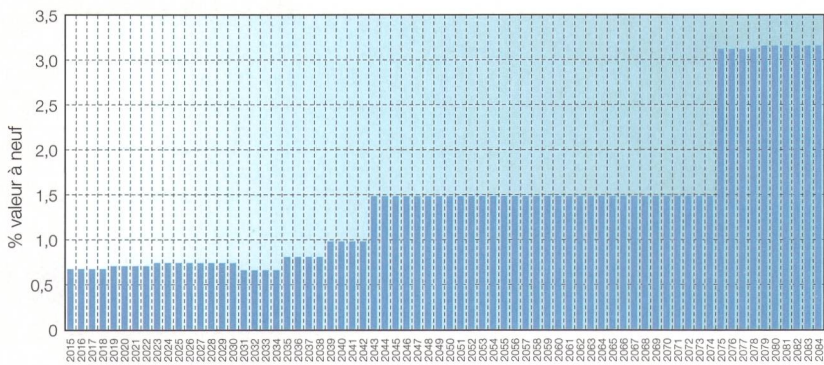


Figure 8 Investissements optimisés cumulés dans le cas 2.

Paramètre	Valeur annuelle
Nombre de défaillances possibles, cumul câbles MT et BT	Près de 16 défaillances possibles en début de cycle (maximum) Près de 5 défaillances possibles en fin de cycle (minimum)
Nombre de clients affectés	En début de cycle: 586 / Nombre maximum: 619 En fin de cycle: 343
Indice SAIDI (durée moyenne de coupure par client desservi)	En début de cycle: 3,5 min (maximum) En fin de cycle: 1,8 min (minimum)
Coût des défaillances	En début de cycle: 223 000 CHF (maximum) En fin de cycle: 121 000 CHF (minimum)

Tableau 5 Résultats de l'analyse de risque dans le cas 1.

maintenus à une valeur relativement faible les 23 premières années. Après 2035, l'investissement de renouvellement des câbles MT augmente significativement; il fait ainsi baisser à nouveau l'indice SAIDI.

Le coût annuel des interventions pour éliminer les défaillances représente environ 5% du montant annuel des investissements de renouvellement. À cela, il faut ajouter le coût indirect, comme le coût de l'énergie non distribuée, celui des pénalités possibles et tout autre coût lié à l'image de l'entreprise.

### Cas 2: Durée d'exploitation augmentée de 20 ans

Les conséquences économiques et le risque d'une prolongation de la durée

d'exploitation des câbles de 50 à 70 ans sont analysés. Les données nécessaires à cette analyse sont identiques à celles du premier cas.

Paramètre	Valeur annuelle
Nombre de défaillances possibles, cumul câbles MT et BT	Près de 16 défaillances possibles en début de cycle. Durant les 20 prochaines années, croissance constante du nombre de défaillances. Pics de défaillances possibles: plus de 30 par année Près de 12 défaillances possibles en fin de cycle (minimum)
Nombre de clients affectés	En début de cycle: 586 En croissance constante, pour atteindre un pic de près de 1 600 clients/an (3,2% du nombre total d'abonnés)
Indice SAIDI (figure 9)	En début de cycle: 3,5 min En croissance constante, atteignant un pic de 9 min pour chaque client desservi
Coût des défaillances	En début de cycle: 241 000 CHF En croissance constante, pour atteindre un pic de 607 000 CHF

Tableau 7 Résultats de l'analyse de risque dans le cas 2.

Indice	Câbles MT	Câbles BT
Écart d'investissement	1	0,86
Durée limite d'exploitation	0,99	0,86
Sur-qualité	0,05	0,99
Global	<b>0,68</b>	<b>0,91</b>

Tableau 6 Indices de performance pour le cas 2.

Comme attendu, la prolongation de la durée d'exploitation des câbles de 20 ans fait diminuer de manière conséquente le niveau annuel des investissements (figure 8). Afin de ne pas péjorer la situation initiale (faible retard de renouvellement), le dépassement de la durée d'exploitation des câbles sera maintenu en dessous de 1%. En conséquence, 1,4% de la longueur totale des câbles MT doit être renouvelé chaque année, avant la durée d'exploitation limite. Les indices de performance de cette stratégie sont affichés dans le tableau 6. Par rapport au premier cas (tableau 3), l'indice global est plus faible pour les câbles MT, tandis qu'il reste pratiquement identique pour les câbles BT. L'indice de sur-qualité péjore l'indice global de performance des câbles MT.

Les résultats du calcul de risque sont affichés dans le tableau 7. Le coût annuel des interventions pour éliminer les défaillances représentera cette fois environ 15% du montant annuel des investissements de renouvellement, trois fois plus que dans le premier cas.

En comparant les résultats des deux cas, on voit clairement que l'augmentation de la durée d'exploitation des câbles MT et BT permet une diminution des investissements annuels de renouvellement. En revanche, cette diminution pourrait engendrer des risques non négligeables en termes de sécurité de fourniture, de capacité d'agir, ainsi que pour l'image des entreprises.

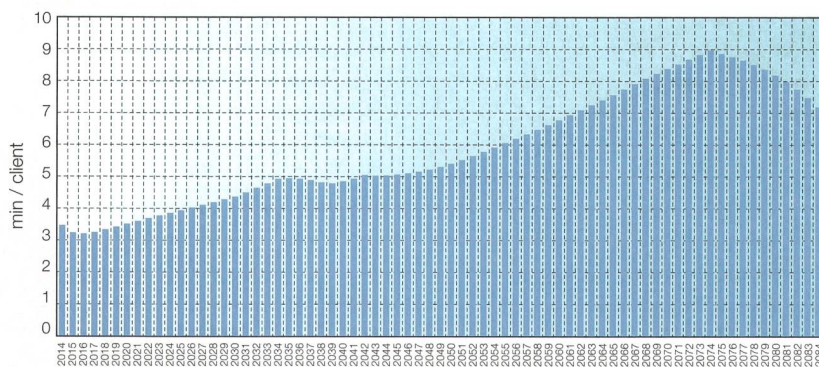


Figure 9 Évolution possible de l'indice SAIDI (min/client) dans le cas 2.

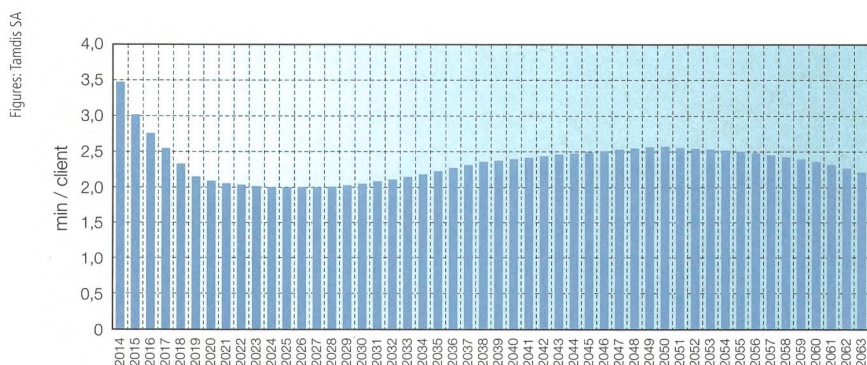


Figure 10 Évolution possible de l'indice SAIDI (min/client) dans le cas 3.

## Zusammenfassung

### Bewertung von Ausrüstungen und

#### Ersatzinvestitionen

##### Grundlegende Aspekte des strategischen Assetmanagements

Die im Bulletin 10/2015 beschriebene Methode wurde nun auf einen konkreten Fall angewandt. Um die Lücke beim Ersatz von Mittel- und Niederspannungskabeln zu überbrücken, kann ein Unternehmen zwei Strategien verfolgen. Es entschliesst sich entweder zu massiven Investitionen während relativ kurzer Zeitspannen, was zu verschiedenen Einschränkungen in der Organisation führen kann, oder es versucht diese Investitionen über längere Perioden zu verteilen, wodurch aber das Ausfallrisiko steigt.

Vorweg gilt zu beachten, dass Kabel eine Betriebsdauer von 50 Jahren haben. Optimal ist die Ersatzstrategie, die den höchsten Gesamtperformanceindex aufweist. Mithilfe der Risikofaktoren Ausfallrate, Kosten eines Ausfalls, Unterbruchdauer und Anzahl von einem Unterbruch betroffene Verbraucher wurden anschliessend der SAIDI-Index und die Kosten der Ausfälle geschätzt. Und zum Schluss wurde analysiert, inwiefern sich eine Verlängerung der Betriebsdauer der Kabel von 50 auf 70 Jahre wirtschaftlich auswirkt bzw. welches Risiko damit einhergeht.

Wenn wir die Ergebnisse vergleichen, wird klar, dass eine Erhöhung der Betriebsdauer der Kabel eine Senkung der jährlichen Ersatzinvestitionen ermöglicht. Dieser Rückgang könnte seinerseits jedoch beträchtliche Risiken in Bezug auf Versorgungssicherheit, Handlungsfähigkeit sowie das Image der Unternehmen bergen. Anhand der vorgeschlagenen Methode kann zudem die optimale Art und Weise ermittelt werden, um die Kabel anhand einer auferlegten Risikotoleranz zu ersetzen. Es kann beispielsweise ein SAIDI-Index festgelegt werden, der nicht überschritten werden darf.

Fazit: Bei der Strommarktöffnung ist es unabdingbar, Methoden zu finden, mit denen jederzeit – und rasch – die unbedingt erforderlichen Investitionen angepasst werden können, um die Investitionsgüter auf dem bestmöglichen technischen Stand und dem optimalen Finanzniveau zu halten. Die vorgeschlagene Methode eröffnet für zahlreiche Beteiligte (Querverbandsunternehmen, Versorgungsnetze für den öffentlichen Verkehr, Gemeinden usw.) Perspektiven für Forschung und Analyse.

D. Tabara

## Cas 3: Tolerance au risque

En partant de l'analyse appliquée au premier cas, l'entreprise désire connaître la meilleure stratégie pour que l'indice SAIDI ne dépasse pas la limite de 2,5 min par an (figure 7). Dans ce cas, il s'agit de trouver la manière optimale de renouveler les câbles en fonction d'une tolérance au risque imposée. Il est admis que le renouvellement des câbles BT ne peut pas être accéléré. Le retard initial devra être rattrapé en 12 ans, comme dans le premier cas analysé. La seule marge de manœuvre réside dans le renouvellement des câbles MT. Le dépassement annuel de la durée d'exploitation doit être réduit au minimum, en dessous de 2% du nombre d'équipements. À partir de 2024, aucun câble MT ne doit dépasser la durée d'exploitation limite de 50 ans. Par conséquent, environ 2% de câbles MT doivent être renouvelés annuellement avant d'atteindre leur pleine durée d'exploitation. L'indice de performance total diminue à 0,76 au lieu de 0,97 (tableau 3). Les investissements de renouvellement augmentent de 14% sur les 20 premières années. L'évolution possible de l'indice SAIDI est reproduite en figure 10. Dès la troisième année d'investissement, cet indicateur atteindra, au maximum, 2,52 min par an.

## Conclusions

À l'occasion de la libéralisation du marché de l'électricité, il devient impérieux de trouver des méthodes susceptibles d'ajuster en tout temps, et rapidement, les investissements indispensables pour maintenir les biens d'équipement aux meilleurs niveaux techniques et financiers possibles. Les gestionnaires des réseaux et les responsables financiers des entreprises d'approvisionnement en électricité (EAE) doivent dès lors intégrer des méthodes pour analyser les investissements. Il s'agit de donner aux différents acteurs le moyen de dialoguer « synthétiquement » au sujet de leurs objectifs respectifs, lesquels peuvent souvent diverger.

Dans le cadre d'un management moderne, il devient également indispensable de mettre au point des méthodes pour contrôler le bien-fondé des budgets d'investissement octroyés. Dans le contexte des fusions d'entreprises en cours, il devient non moins nécessaire de définir des bases de données transcrivant les coûts à l'unité (par région, par pays, par secteur, etc.). Grâce à ces bases de

données, il est possible d'analyser la pertinence des investissements annoncés. Ces derniers répondent-ils à l'évolution des marchés ?

Dans ce contexte toujours, l'analyse cohérente de la valeur des biens d'équipement, qui restent semblables mais appartiennent à différentes sociétés, permet de simuler les conséquences sur le plan de la valorisation des infrastructures, dans le cadre d'une fusion. En fonction des investissements, une analyse de risque en relation avec la fiabilité des équipements devient également indispensable pour donner aux managers des EAE une meilleure compréhension de l'impact qu'ont ces mêmes investissements sur la sécurité de fourniture. Il faut

encore ajouter que, lors de la libération des marchés, les pouvoirs publics voudront exercer un certain contrôle sur les perspectives d'évolution quant à l'état des biens d'équipement stratégiques. Il sera alors sans doute nécessaire de justifier les coûts pour les maintenir en état.

En conclusion, la méthode proposée ouvre des perspectives d'étude et d'analyse concernant, de près ou de loin, de nombreux acteurs, qu'ils travaillent avec ou dans le domaine des biens d'équipement (sociétés d'électricité, de distribution multi fluides, réseaux d'alimentation des transports publics, communes, etc.).

### Lien

[www.tamdis.ch](http://www.tamdis.ch)

### Références

- [1] Ype C. Wijinia, Martijn S. Korn, Saskia Y. de Jager, Paulien M. Herder, Long term optimization of asset replacement in energy infrastructures, 2006 IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics, October 8-11, 2006, Taipei, Taiwan.
- [2] FGH, Technischer Bericht 299, Asset-Management von Verteilungsnetzen – Komponentenverhalten und Analyse des Kostenrisikos.
- [3] VDN-Verfügbarkeitsstatistik, Berichtsjahr 2006.

### Auteurs

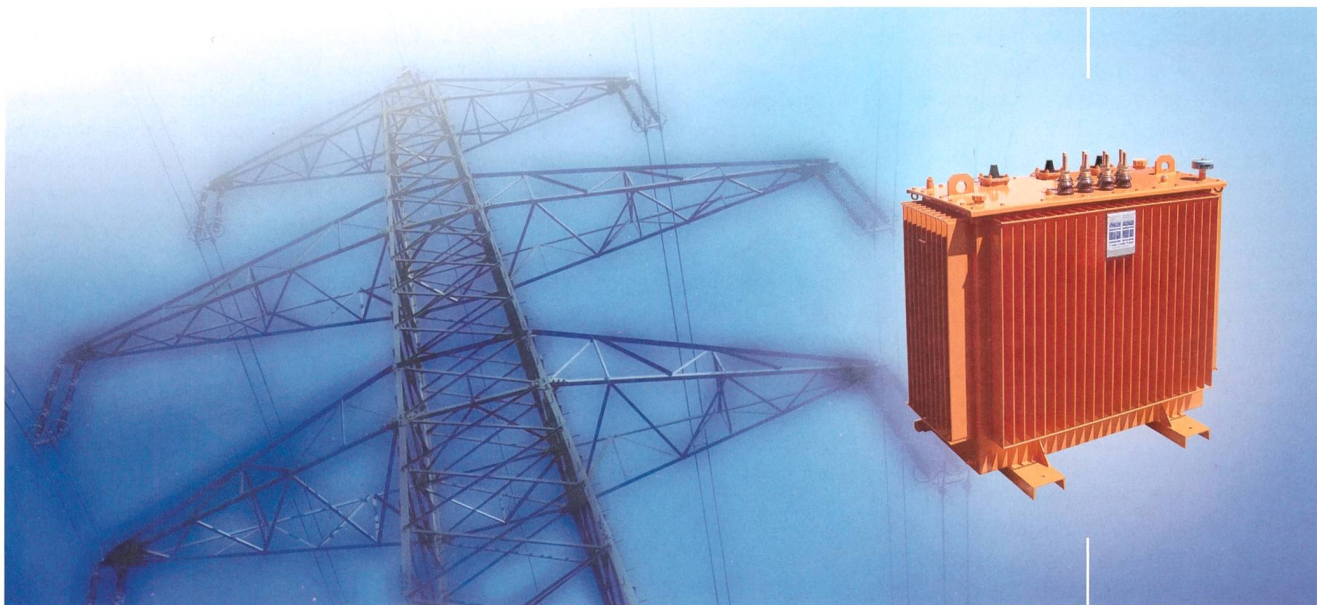
**Philippe Burri** est ingénieur EPFL. Il a été directeur technique de Viteos SA. Depuis 2013, il est ingénieur conseil.

[philippe.burri2@gmail.com](mailto:philippe.burri2@gmail.com)

Dr **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.

**Tamdis SA, 1350 Orbe**  
[daniel.tabara@tamdis.ch](mailto:daniel.tabara@tamdis.ch)

Anzeige



**Die einfache Lösung für Ihr NISV-Problem**  
– wir reduzieren die Felder an der Quelle  
auf ein Minimum.

**RAUSCHER**  
**STOECKLIN**

**Rauscher & Stoecklin AG**

Reuslistrasse 32, CH-4450 Sissach  
T +41 61 976 34 66, F +41 61 976 34 22  
[info@raustoc.ch](mailto:info@raustoc.ch), [www.raustoc.ch](http://www.raustoc.ch)