

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 108 (2017)
Heft: 5

Artikel: Zum optimalen Netz = Vers le réseau optimal
Autor: Dollfus, M. / Gerbex, S. / Tabara, D.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-791311>

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: 27.11.2025

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



Zum optimalen Netz

Festlegung der Topologie eines zuverlässigen und wirtschaftlichen Verteilnetzes | Verteilnetze sind mit neuen Herausforderungen konfrontiert. Diesen sollte nicht nur durch punktuelle Verstärkungen begegnet werden. Um die beste Topologie für die zukünftigen Anforderungen zu finden, wurde ein Planungstool entwickelt, das die vorhandene Infrastruktur optimal nutzt.

TEXT M. DOLLFUS, S. GERBEX, D. TABARA, G. JEANBOURQUIN, R. CHERKAOU

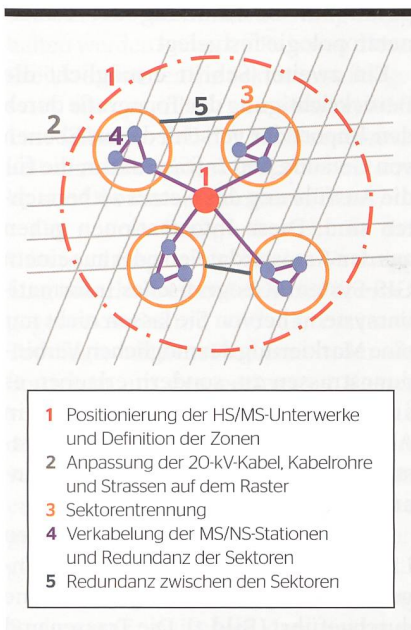
Mit der Zunahme der dezentralen Energieerzeugung, der Verbreitung der Elektrofahrzeuge sowie der Integration von intelligenten Technologien werden die Verteilnetze eine zentrale Rolle im elektrischen System der Zukunft spielen. Während der letzten Jahrzehnte wurden die Mittelspannungs- (MS) und Niederspannungsnetze (NS) verstärkt und erweitert, um der Erhöhung der Nachfrage oder dem Anschluss von neuen Verbrauchern und Produzenten gerecht zu werden. Diese mehrstufigen Ausbauten führten teilweise zu einer suboptimalen Netztopologie. Für die Verteilnetzbetreiber (VNB) wird vor diesem Hintergrund die Zielnetzpla-

nung eine zentrale Herausforderung, sowohl aus Sicht der Versorgungssicherheit wie auch der Wirtschaftlichkeit.

Mit dieser Problematik sieht sich Viteos, der Verteilnetzbetreiber der drei grossen Städte des Kantons Neuenburg, konfrontiert. Die MS-Netze, mit 8 kV betrieben, werden durch mehrere Unterwerke ab dem 60-kV-HS-Netz versorgt. Diese Anlagen erreichen ihr Lebensende im Jahr 2040. Die stetige Zunahme der Gesamtlast führt zur Erreichung der Betriebsmittelgrenzwerte und zeigt, dass bedeutende Ausbauten notwendig sein werden. Aus diesen Gründen wird eine Spannungsumstellung auf 20 kV für La Chau-de-

Fonds und Le Locle bis 2035 vorgesehen, fünf Jahre später für die Stadt Neuenburg.

Durch die vorgesehene Spannungserhöhung entsteht die Notwendigkeit, das heutige Netz grundsätzlich zu überdenken und die optimale Topologie – unter Berücksichtigung der aktuellen Infrastrukturen – zu definieren. In diesem Kontext hat Alpiq Enertrans in Zusammenarbeit mit Viteos, Tamdis und der EPFL ein Planungstool entwickelt. Dieses Tool wurde für die Planung des zukünftigen 20-kV-Netzes von La Chau-de-Fonds und Le Locle genutzt. Die Besonderheit der Methode liegt in der Berücksichtigung der bestehenden Anlagen, der Topologie und der



- 1 Positionierung der HS/MS-Unterwerke und Definition der Zonen
- 2 Anpassung der 20-kV-Kabel, Kabelrohre und Strassen auf dem Raster
- 3 Sektorentrennung
- 4 Verkabelung der MS/NS-Stationen und Redundanz der Sektoren
- 5 Redundanz zwischen den Sektoren

Bild 1 Prinzipschema des optimierten Netzes.

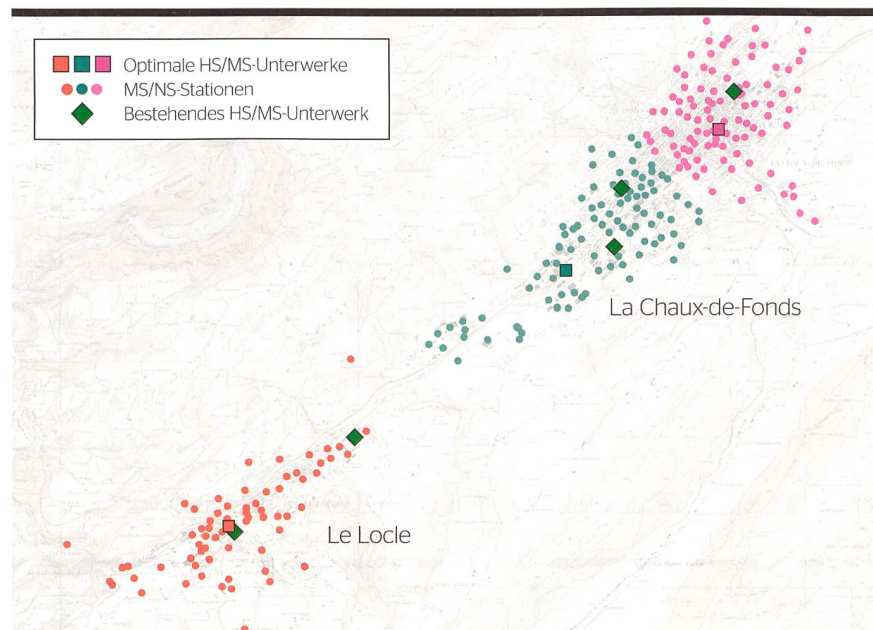


Bild 2 Lage und optimale Aufteilung der 3 HS/MS-Unterwerke für die Städte Le Locle (rot) und La Chaux-de-Fonds (blau und pink).

Topografie für die Ermittlung der optimalen Lösung. Die Anpassbarkeit auf andere Verteilnetze war ebenfalls ein Schwerpunkt der Entwicklung.

Zuverlässige Netze mit tiefen Kosten

Aus der Sicht des VNB kann das ideale Netz alle Kunden ohne Unterbrechung und mit minimalen Kosten versorgen. Da sich diese zwei Ziele widersprechen, wird folgendes Prinzip eingesetzt: Man wählt die wirtschaftlichste Konfiguration, die alle Verpflichtungen/Rahmenbedingungen erfüllt (geografisch, technisch, zeitlich usw.). Im Tool werden diese Verpflichtungen in Regeln oder Funktionen übersetzt. Lösungen, die diese Rahmenbedingungen nicht erfüllen, werden schlecht bewertet oder ganz ausgeschlossen. Vordefinierte Kriterien, wie der erwünschte Redundanzgrad oder die Anzahl versorgter Stationen ab einem MS-Abgang, können einfach angepasst werden. Neue Regeln können je nach Netzbesonderheit und Vorgaben des VNB hinzugefügt werden.

Das heutige Netz der «Montagnes neuchâtelaises» umfasst rund 280 MS/NS-Stationen. Es besteht fast ausschliesslich aus rohrverlegten Kabeln. Das Netzgebiet wird durch fünf Ausspeisepunkte mittels HS/MS-Transformation versorgt (drei in La Chaux-de-Fonds und zwei in Le Locle). Dazu gibt

es auch zwei MS-Schaltanlagen, die eine gewisse betriebliche Flexibilität ermöglichen. Die Investitionen der letzten Jahre wurden im Vorgriff auf eine zukünftige Spannungserhöhung durchgeführt. D.h. einige Anlagen sind schon für 20 kV isoliert und/oder mit umschaltbaren Transformatoren ausgestattet.

Die Aufgabenstellung lag in der Festlegung der zukünftigen 20-kV-Netztopologie, um es Viteos zu ermöglichen, die notwendigen Investitionen frühzeitig zu planen. Dieses MS-Netz soll die Versorgung aller Verbraucher gewährleisten, auch wenn ein beliebiges Netzelement nicht verfügbar ist: Kabelverbindung, HS/MS-Transformator oder MS-Sammelschiene. Um Auswirkungen auf das NS-Netz zu vermeiden, wurden die Standorte der heutigen MS/NS-Stationen beibehalten. Diese wurden durch einige zusätzliche Stationen für die Lastabdeckung der vorgesehenen Entwicklungen ergänzt.

Das Ziel war die Bestimmung von Anzahl und Standorten der HS/MS-Unterwerke sowie die Topologie und die Trassen der MS-Kabelleitungen des Netzes. Das gesuchte Netz soll möglichst preisgünstig realisiert werden können und zu reduzierten Betriebskosten führen. Sämtliche topografischen und operativen Rahmenbedingungen sollen sowohl für Realisierung wie auch für den Betrieb erfüllt sein.

Die Ermittlung der zukünftig zu versorgenden Lasten erfolgte auf der Basis von Istwerten, ergänzt um Annahmen bzgl. Lastzuwachs, Entwicklung von bestimmten Quartieren oder neuen Industriekunden. Als Ergebnis dieser Analyse wurde die maximale Leistung zu jeder bestehenden oder geplanten Station festgelegt.

Im Vergleich zum aktuellen Zustand wurde eine Reduktion der Anzahl Unterwerke und Schaltstationen sowie eine Abnahme der gesamten Länge der MS-Kabel angestrebt. Als vereinfachte Hypothese wurde nur ein Kabeltyp für das ganze Netz gewählt.

Das optimale Netz festlegen

Bis heute gibt es keine mathematische Methode, die ein solches Problem exakt lösen kann. Das entwickelte Tool basiert daher auf einer heuristischen Methode. Die Entwicklung der optimalen Lösung erfolgt etappenweise nach dem Prinzip von **Bild 1**.

Die erste Etappe ermöglicht die Festlegung der Standorte der HS/MS-Unterwerke. Die geografische Positionierung wird auf Basis der Koordinaten und der maximalen Lasten der MS/NS-Stationen durchgeführt. Die Optimierung erfolgt durch ein iteratives Partitionierungsverfahren für eine vorgegebene Anzahl von Ausspeisepunkten.

Im Fall der Städte La Chaux-de-Fonds und Le Locle wurden die Simu-

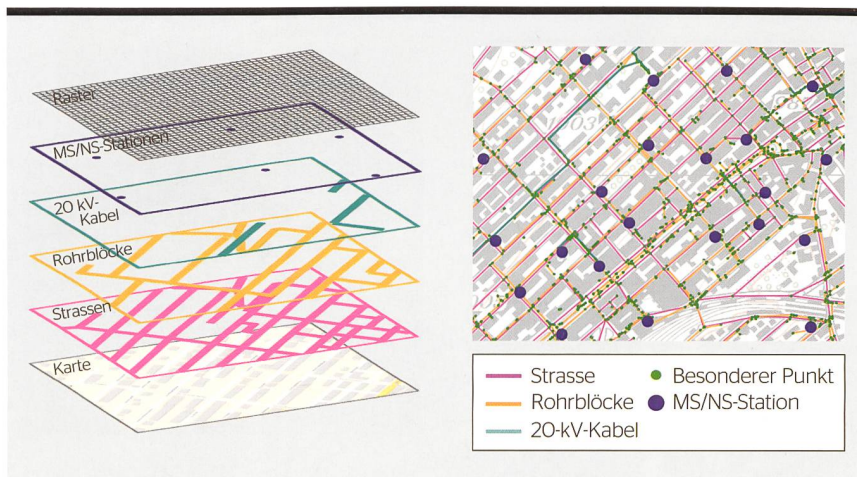


Bild 3 Darstellung der Strassen, Rohrblöcke und 20-kV-Kabel auf einer Karte.

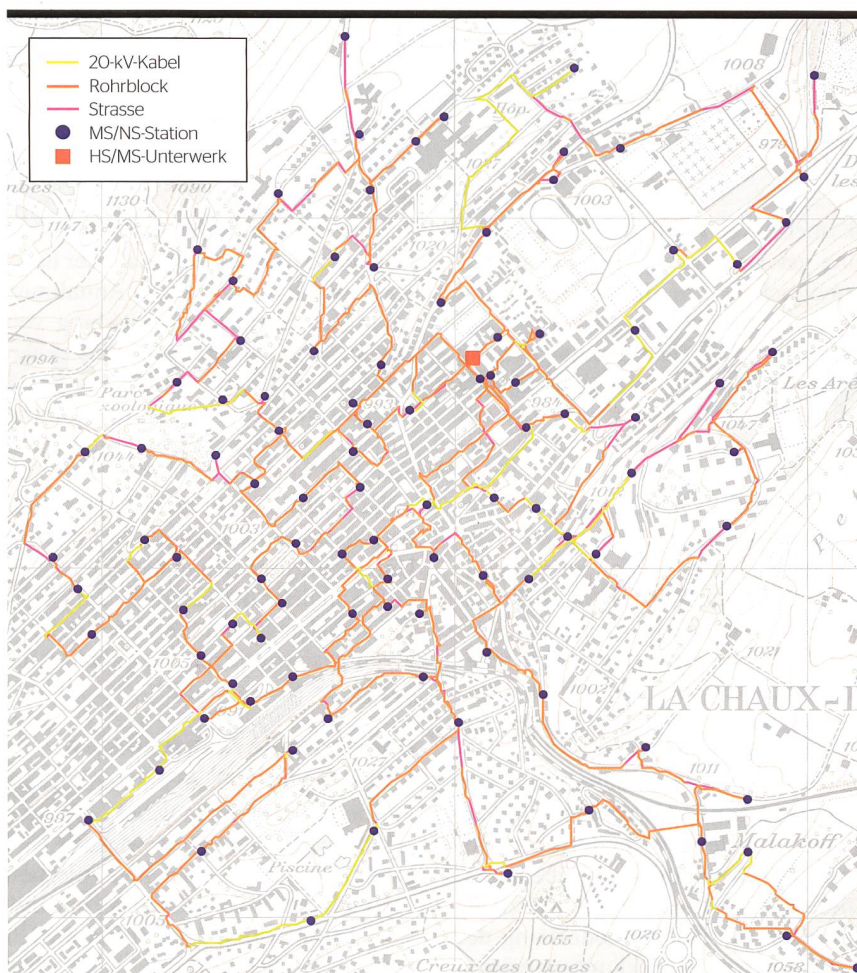


Bild 4 Berechnete Kabeltrassen mit Nutzung bereits getätigter Investitionen (20-kV-Kabel, Rohrblöcke).

lationen für eine unterschiedliche Anzahl von HS/MS-Unterwerken durchgeführt. **Bild 2** zeigt das Ergebnis mit drei Unterstationen. Die theoretisch optimalen Standorte wurden mit den Positionen der aktuellen Unterwerke verglichen. Um grösst-

möglichen Nutzen aus der vorhandenen Infrastruktur in Bezug auf Hoch- und Tiefbau zu ziehen, wurden diejenigen bestehenden Unterwerksstandorte identifiziert, die den optimalen Standorten am nächsten kommen. Diese Standorte wurden als Ausgangs-

punkt zur Bestimmung der Kabelnetztopologie festgelegt.

Ein zweiter Schritt ermöglicht die Berücksichtigung der Topografie durch den Import der verschiedenen Ebenen von Gelände und Infrastruktur, die für die Ausführung des Netzes zu betrachten sind. Diese Informationen gehen aus den Katasterdateien oder aus einem GIS-System (Geografisches Informationssystem) hervor. Sie lassen nicht nur eine Markierung der möglichen Verbindungstrassen zu, sondern erlauben es auch, die Realisierungskosten in Abhängigkeit der vorhandenen Infrastruktur bzw. der auszuführenden Bauarbeiten zu berechnen.

Um die Elemente der verschiedenen Layer zur Übereinstimmung zu bringen, wird eine Vernetzung der Räume durchgeführt (**Bild 3**). Die Trassen und Koordinaten der Elemente werden den am nächsten liegenden Punkten des Gitters zugeordnet. Das Tool identifiziert dabei die besonderen Punkte wie Stationen, Kreuzungen, Änderungen von Elementtyp usw.

Anschliessend wird ein ähnlicher Algorithmus wie bei GPS-Systemen (Navigationssystemen) angewandt. Der Algorithmus berechnet die minimalen Kosten der Trassen, um jedes Paar von Unterstationen oder ein Unterwerk mit einer Unterstation zu verbinden. Diese «wirtschaftlichen» Distanzen werden gespeichert und bei der Bestimmung der Verbindungen des optimalen Netzes verwendet.

Je nach vorhandener Infrastruktur auf einer Teilstrecke werden drei Kategorien von Investitionskosten eingesetzt: verwendbare, bereits verlegte 20-kV-Kabel, leere oder wiederverwendbare Rohrblöcke sowie Abschnitte, bei denen eine komplette Neuverlegung notwendig ist (Tiefbau, Kabel sowie Kabelverlegung).

All diese Informationen werden auf ein Gitter mit 5-m-Raster abgebildet. Zwischen zwei spezifischen Punkten wird die Verbindung mit den jeweils minimalen Investitionskosten ausgewählt und vermerkt.

Die dritte Etappe besteht in der Zuordnung und Gruppierung von Stationen zu einem HS/MS-Unterwerk (Sektorbildung). Die Anzahl Sektoren entspricht dabei der Anzahl Abgänge ab dem HS/MS-Unterwerk. Die Sektoren werden so definiert, dass die vordefinierten Verpflichtungen wie z.B. die Anzahl Statio-

nen oder die maximale Leistung eingehalten werden kann. Im Rahmen dieses Projektes wurden die Sektoren so festgesetzt, dass es mit der zu versorgenden Last selbst im Fall der Nichtverfügbarkeit eines beliebigen Netzelements zu keinen Überlastsituationen kommt.

Die vierte Etappe besteht in der Untersuchung der optimalen Verkabelung innerhalb eines Sektors. Für einen gegebenen Sektor wird die optimale Topologie mit dem Pfad erzielt, der alle Stationen mit den geringsten Kosten verbindet. Diese Optimierung ist mit dem «Problem des Handelsreisenden» vergleichbar. Im von Alpiq Enertrans entwickelten Tool wird es durch einen genetischen Algorithmus mit den vorgängig ermittelten Pfadkosten gelöst.

In der fünften Etappe wird eine Redundanz zwischen den Sektoren aufgebaut. Diese werden durch Stationspaare auf Basis minimaler Kosten verbunden.

Abschliessend wird die optimale betriebliche Topologie durch eine Minimierung der Wirkverluste im Netz erreicht. Zudem erfolgt auch eine Prüfung der Spannungsniveaus.

Eine effiziente und flexible Methode

Bild 4 stellt die effektiven Kabeltrassen für einen Teil des Netzgebiets dar. Die Auswertung der Ergebnisse zeigt, dass das entwickelte Tool die bereits vorhandene Infrastruktur in hohem Masse miteinbezieht. Im optimierten Netz werden mehr als 80 % der bereits verlegten 20-kV-Kabel und der bestehenden Rohrblöcke genutzt.

Die Ergebnisse, die mit dieser Planungsmethode erhalten wurden, zeigen, dass das zukünftige 20-kV-Netz der «Montagnes neuchâtelaises» die vordefinierten Ziele erfüllt. Das Zielnetz führt zu einer Erhöhung der Übertragungskapazität und bietet eine bessere Versorgungssicherheit mit Vollredundanz zwischen den Zonen.

Die durch den Algorithmus erzielten Optimierungen können direkt betriebswirtschaftlich quantifiziert werden. Zukünftig sind nur noch drei statt fünf HS/MS-Unterwerke notwendig, zudem kann auf zwei Schaltanlagen verzichtet werden. Ein weiterer, wesentlicher Nutzen liegt in der Verringerung der totalen Kabellänge.

Im Vergleich zum aktuellen Netz ergibt sich eine Reduktion um rund 40 %.

Eine Stärke der Methode besteht in ihrer Flexibilität und in der Anpassungsfähigkeit auf andere Netztopologien und Rahmenbedingungen. Auch eine Erweiterung für die Anwendung in der Optimierung von NS-Verteilnetzen ist einfach realisierbar.

Autoren

Marlène Dollfus ist Projektleiterin in der Gruppe Netzservices bei Alpiq Enertrans AG.

→ Alpiq Enertrans AG, 1008 Prilly
→ marlene.dollfus@alpiq.com

Dr. Stéphane Gerbex ist Leiter der Gruppe Netzservices bei Alpiq Enertrans AG.

→ Alpiq Enertrans AG, 1008 Prilly
→ stephane.gerbex@alpiq.com

Dr. Daniel Tabara ist Geschäftsführer von Tamdis.

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

Gilles Jeanbourquin ist Leiter der Abteilung Elektrizität bei Viteos.

→ Viteos, 2301 La Chaux-de-Fonds
→ gilles.jeanbourquin@viteos.ch

Dr. Rachid Cherkaoui ist Lehr- und Forschungsrat sowie Leiter der Gruppe Power System an der ETH Lausanne.

→ EPFL, 1015 Lausanne
→ rachid.cherkaoui@epfl.ch

IS-e CRM und Billing für Energieversorger

smart energy

Diese Lösung von innosolv setzt neue Massstäbe für Billing und CRM. Mehr als 470 Energieversorger vertrauen auf **is-e**.

Die Software

- ◆ automatisiert den «Meter-to-Cash»-Prozess
- ◆ bietet im CRM auch Leads und Angebote
- ◆ läuft auf mobilen Geräten
- ◆ hilft, Geschäftsfälle via Portal zu erledigen (etwa Wohnungswechsel)
- ◆ enthält ein komfortables Dokumentenmanagement inkl. Vertragsmanagement

innosolv

Your Software. Our Passion.

www.innosolv.ch



Vers le réseau optimal

Définition de la topologie d'un réseau de distribution fiable et économique | Les réseaux de distribution sont soumis à de nouveaux défis qui ne peuvent être relevés efficacement par des renforcements ponctuels. Un outil de planification a donc été développé pour définir leur topologie optimale, tout en utilisant au mieux les infrastructures déjà disponibles.

TEXTE M. DOLLFUS, S. GERBEX, D. TABARA, G. JEANBOURQUIN, R. CHERKAOUI

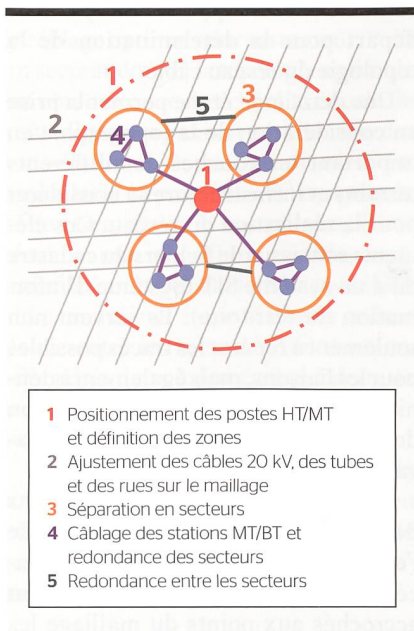
Avec l'augmentation croissante de la production décentralisée, la pénétration des véhicules électriques ou encore l'intégration des technologies intelligentes, les réseaux de distribution sont amenés à jouer un rôle central dans le système électrique. Au cours des dernières décennies, les réseaux moyenne tension (MT), voire basse tension (BT), ont été renforcés et étendus pour répondre à l'accroissement de la demande ou à l'arrivée de nouveaux consommateurs et producteurs. Ces développements successifs ont pu conduire à des réseaux dont la topologie s'éloigne de plus en plus de la solution optimale. Pour les gestionnaires de réseau de distribution (GRD), la planifi-

cation du réseau cible devient un enjeu majeur, tant au niveau de la sécurité d'approvisionnement que du point de vue économique.

Une telle problématique se présente à Viteos, distributeur et GRD des trois grandes villes du canton de Neuchâtel. Ses réseaux MT, exploités en 8 kV, sont alimentés depuis le réseau haute tension (HT) 60 kV par des postes de transformation dont les installations arriveront en fin de vie d'ici à 2040. Parallèlement, l'augmentation de la charge globale fait que les limites d'exploitation des réseaux actuels sont pratiquement atteintes et que des développements importants sont nécessaires. Pour ces différentes raisons, un passage

à 20 kV a été prévu à l'horizon 2035 pour les villes de La Chaux-de-Fonds et du Locle et, 5 ans plus tard, pour celle de Neuchâtel.

Ce changement de tension constitue une occasion rêvée de repenser le réseau et d'en définir sa topologie optimale, tout en utilisant au mieux les infrastructures actuelles. C'est dans ce contexte qu'un outil de planification des réseaux de distribution a été réalisé chez Alpiq Enertrans, en collaboration avec Viteos, Tamdis et l'EPFL. Ce développement a été utilisé pour la planification du futur réseau 20 kV de La Chaux-de-Fonds et du Locle. L'originalité de la méthode réside dans la prise en considération des installations, de la



- 1 Positionnement des postes HT/MT et définition des zones
- 2 Ajustement des câbles 20 kV, des tubes et des rues sur le maillage
- 3 Séparation en secteurs
- 4 Câblage des stations MT/BT et redondance des secteurs
- 5 Redondance entre les secteurs

Figure 1 Principe de construction du réseau optimal.

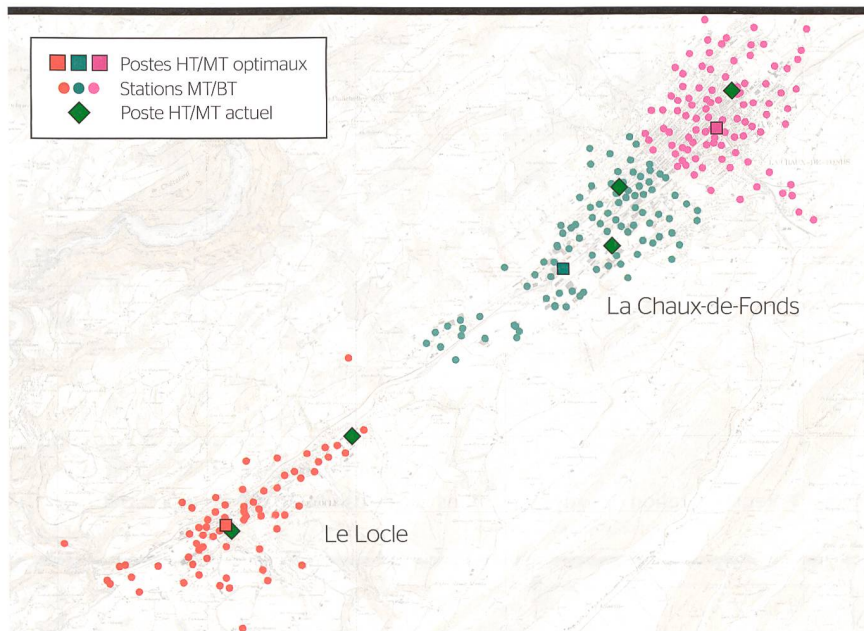


Figure 2 Positions et répartitions optimales obtenues avec 3 postes HT/MT pour les villes du Locle (rouge) et de La Chaux-de-Fonds (bleu et fuchsia).

topologie et de la topographie existantes dans la recherche de la solution optimale. Son adaptabilité à tout type de réseau de distribution constitue également l'une de ses forces.

Des réseaux fiables à moindre coût

Du point de vue d'un GRD, le réseau idéal est celui avec lequel tous les clients peuvent être desservis sans interruption et à moindre coût. Ces deux objectifs étant contradictoires, le principe consiste à trouver la configuration la plus économique qui satisfasse à des contraintes de différentes natures (géographiques, techniques, temporelles, etc.). Dans l'outil développé, ces contraintes sont traduites sous forme de règles ou de fonctions pénalisant, voire interdisant les solutions dans lesquelles elles ne sont pas respectées. Les différents critères prédéfinis, comme le degré de redondance souhaité ou le nombre maximum de sous-stations alimentées depuis un départ MT, sont facilement adaptables. De nouvelles règles peuvent facilement être rajoutées en fonction des spécificités du réseau, de la zone à alimenter ou des buts à atteindre.

Le réseau actuel des Montagnes neuchâteloises compte environ 280 sous-stations MT/BT. Il est réalisé presque exclusivement en câbles posés dans des tubes. L'ensemble est alimenté par 5 postes sources avec transforma-

tion HT/MT (trois à La Chaux-de-Fonds et deux au Locle) auxquels s'ajoutent deux postes de couplage MT apportant une certaine flexibilité d'exploitation. Les divers investissements effectués ces dernières années ont été faits en prévision d'une augmentation de la tension, c'est-à-dire que certaines installations sont déjà équipées de matériel isolé pour du 20 kV et/ou de transformateurs bitension commutables.

L'exercice a consisté à définir la topologie du futur réseau 20 kV afin de permettre à Viteos de planifier les investissements pour y parvenir. Ce réseau MT doit permettre d'approvisionner l'ensemble des consommateurs, et ce, même en cas d'indisponibilité d'un élément quelconque: liaison câblée, transformateur HT/MT ou jeu de barres MT. Pour éviter d'impacter le réseau BT, les sous-stations MT/BT actuelles ont été conservées; celles-ci ont été complétées par quelques sous-stations supplémentaires afin de répondre aux développements prévus.

L'objectif était de déterminer le nombre et les emplacements des postes de transformation HT/MT ainsi que la topologie et les tracés des câbles MT du réseau. Le réseau optimal recherché devait présenter les coûts d'investissement et d'exploitation minimum, tout en respectant diverses contraintes topographiques et opérationnelles liées à sa réalisation et à son exploitation.

La détermination des charges à alimenter dans le futur a été effectuée sur la base de mesures adaptées pour tenir compte de l'accroissement de la demande, du développement de certains quartiers ou de l'arrivée de nouveaux clients industriels. Ces analyses ont permis d'attribuer à chaque sous-station, existante ou planifiée, une puissance maximale.

Par rapport à la situation actuelle, une diminution du nombre de postes de transformation et de couplage ainsi que de la longueur totale des câbles MT était attendue. Pour des raisons de simplification, il a été convenu de recourir à un seul type de câble pour l'ensemble du réseau.

Définir le réseau optimal

À ce jour, il n'existe pas de méthode mathématique exacte permettant de résoudre un tel problème dans des délais « raisonnables ». L'outil développé se base sur des méthodes heuristiques. La recherche de la solution optimale est réalisée par étapes, selon le principe de la **figure 1**.

Une première étape permet de définir les emplacements des postes de transformation HT/MT. Ce positionnement s'effectue à partir des coordonnées géographiques et des charges maximales des sous-stations MT/BT. L'optimisation est réalisée pour un nombre de postes sources donné en utilisant une méthode de partitionnement itérative.

Figures: Alpiq Enertrans

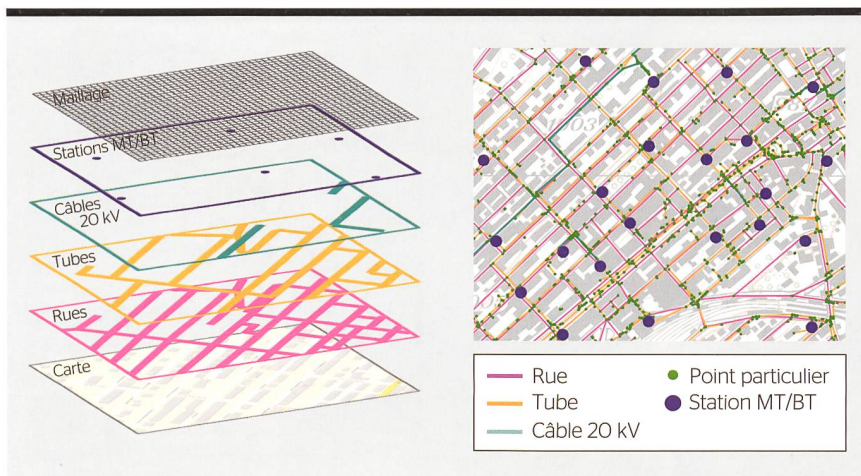


Figure 3 Représentation des rues, des tubes et des câbles 20 kV sur une carte.

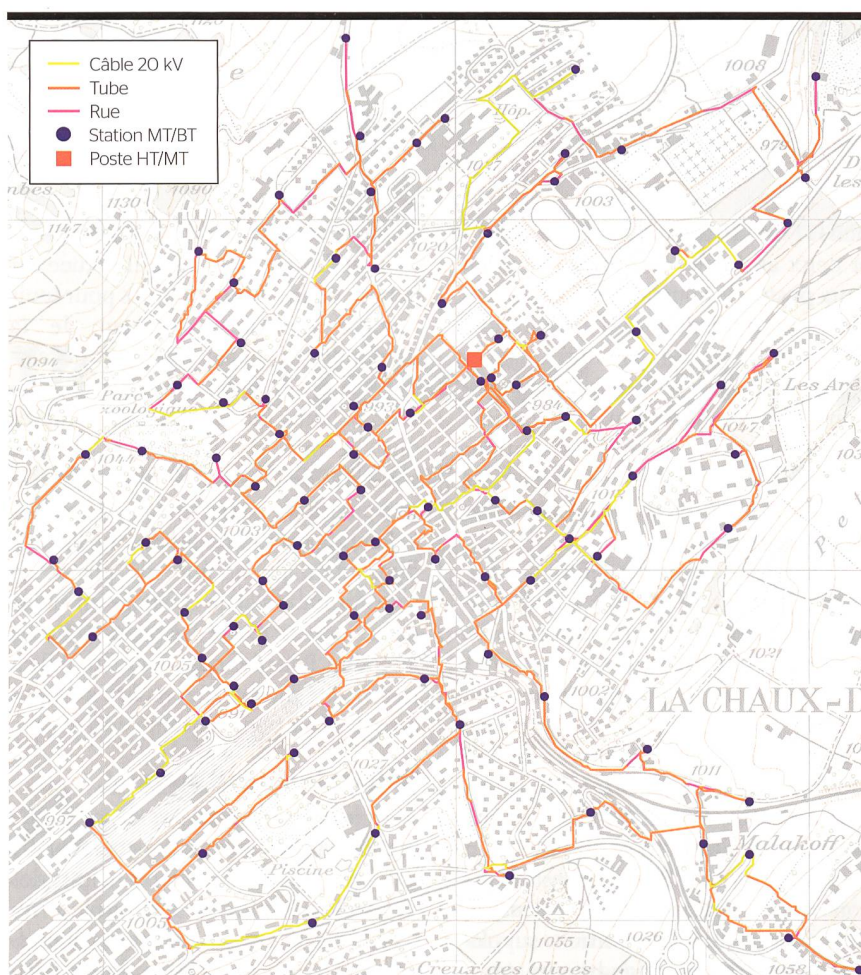


Figure 4 Tracés effectifs des câbles à travers des installations existantes ou des rues de La Chaux-de-Fonds.

Dans le cas des villes de La Chaux-de-Fonds et du Locle, les simulations ont été effectuées pour différents nombres de postes HT/MT. La figure 2 illustre le résultat obtenu avec trois postes. Les emplacements optimaux théoriques ont été comparés aux posi-

tions des postes actuels. Afin de bénéficier des infrastructures existantes en terme de bâtiments et de génie civil, un critère de proximité a été appliqué pour choisir les positions des futurs postes de transformation HT/MT parmi les postes existants. Ces empla-

cements ont été repris comme point de départ pour la détermination de la topologie du réseau câblé.

Une deuxième étape permet la prise en considération de la topographie en important les couches des différents terrains et infrastructures à considérer pour la réalisation du réseau. Ces éléments sont issus de fichiers du cadastre ou d'un système SIT (Système d'information du territoire). Ils servent non seulement à repérer les tracés possibles pour les liaisons, mais également à définir les coûts de réalisation en fonction des installations existantes ou des travaux à réaliser.

Pour faire correspondre les éléments des différentes couches, un maillage de l'espace est introduit (figure 3). Les tracés et coordonnées des éléments sont accrochés aux points du maillage les plus proches. L'outil identifie les points particuliers correspondant à des sous-stations, des croisements, des changements d'éléments, etc.

Un algorithme similaire à celui des systèmes d'itinéraires GPS est ensuite utilisé pour déterminer le coût minimal du tracé permettant de relier n'importe quelle paire de sous-stations ou un poste de transformation à une sous-station. Ces distances « économiques » sont stockées pour être réutilisées lors de la recherche des liaisons du réseau optimal.

Trois catégories de coûts d'investissement ont été utilisées en fonction des infrastructures à disposition sur un tronçon: des câbles 20 kV utilisables en l'état, des tubes vides ou réutilisables, une rue nécessitant la réalisation d'une fouille, la pose de tubes et le tirage de câbles.

L'ensemble est calé sur un maillage de cinq mètres de trame en retenant entre deux points particuliers les infrastructures nécessitant l'investissement minimum.

La troisième étape consiste à séparer les sous-stations attribuées à un poste HT/MT en secteurs. Le nombre de secteurs correspond au nombre de départs partant du poste HT/MT. Il est défini de manière à respecter les contraintes préalablement définies, par exemple le nombre limite de sous-stations ou la puissance maximale. Dans le cadre de ce projet, les secteurs ont été définis de manière à ce que la charge à alimenter ne conduise à aucune surcharge, y compris en cas d'indisponibilité de n'importe quel élément du réseau.

La quatrième étape consiste à trouver le câblage optimal pour un secteur. Pour un secteur donné, la topologie optimale est obtenue en recherchant la boucle de coût minimum passant par chacune des sous-stations. Cette optimisation est assimilable au problème du voyageur de commerce. Dans le cas présent, il est résolu par un algorithme génétique utilisant les coûts préalablement calculés.

La cinquième étape réalise la redondance entre les secteurs. Ces derniers sont reliés deux à deux grâce à deux de leurs sous-stations. Le critère de sélection reste le coût minimum.

Finalement, l'optimisation de la topologie d'exploitation s'effectue en minimisant les pertes ohmiques dans le réseau. Un contrôle des niveaux de tension est également appliqué.

Une méthode efficace et flexible

La figure 4 représente les tracés effectifs des câbles d'une partie du réseau

planifié. Les résultats obtenus montrent que l'outil développé permet d'utiliser au mieux les installations existantes. En effet, dans le réseau optimal, plus de 80% des câbles 20 kV et des tubes existants sont réutilisés.

Les résultats obtenus avec cette méthode de planification montrent que le futur réseau 20 kV des Montagnes neuchâteloises remplit les objectifs fixés. Le réseau cible conduit à une augmentation de la capacité de transport et offre une meilleure sécurité d'approvisionnement, avec une redondance complète à l'échelle des zones.

Il est aussi possible de quantifier certaines améliorations comme la diminution du nombre de postes HT/MT : trois dans le futur contre cinq aujourd'hui, tout en se passant des deux postes de couplage existants. Autre gain majeur observé : la réduction de la longueur totale des câbles. Une diminution de l'ordre de 40% par rapport au réseau actuel a été possible.

L'une des forces de la méthode réside dans sa flexibilité et la possibilité de l'adapter à d'autres réseaux. Il serait par exemple envisageable de l'appliquer plus localement pour se concentrer sur le développement d'un réseau de distribution BT.

Auteurs

Mariène Dollfus est cheffe de projets dans le groupe Services Réseau chez Alpiq Enertrans SA.
→ Alpiq Enertrans SA, 1008 Prilly
→ marlene.dollfus@alpiq.com

D^r Stéphane Gerbex est responsable du groupe Services Réseau chez Alpiq Enertrans SA.
→ Alpiq Enertrans SA, 1008 Prilly
→ stephane.gerbex@alpiq.com

D^r Daniel Tabara est directeur de Tamdis.
→ Tamdis, 1350 Orbe
→ daniel.tabara@tamdis.ch

Gilles Jeanbourquin est responsable du réseau de distribution électricité chez Viteos.
→ Viteos, 2301 La Chaux-de-Fonds
→ gilles.jeanbourquin@viteos.ch

D^r Rachid Cherkaoui est maître d'enseignement et de recherche ainsi que responsable du groupe Power System à l'École polytechnique fédérale de Lausanne.
→ EPFL, 1015 Lausanne
→ rachid.cherkaoui@epfl.ch

Wir nehmen es mit allen topographischen Gegebenheiten auf!

kamstrup

Smart Metering Funklösung OMNIA

- Geringe Installations- und Betriebskosten bei höchster Verfügbarkeit > 99 %
- Redundantes System – minimale Anzahl an Datenkonzentratoren
- Erfassung der Netzqualität
- Erster Schritt Richtung Smart Grid

Kamstrup.com/omnia-ch17

Kamstrup A/S Schweiz
Industriestrasse 47 · 8152 Glattbrugg
T: 043 455 70 50 · info@kamstrup.ch

