

Conception et planification des réseaux de moyenne et basse tension à prédominance rurale

Autor(en): **Panchaud, P.-D.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **66 (1975)**

Heft 7

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-915280>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Conception et planification des réseaux de moyenne et basse tension à prédominance rurale

Par P.-D. Panchaud

L'auteur expose quelques considérations sur l'évolution des réseaux ruraux (réseaux à vocation rurale permanente et réseaux pour zones résidentielles en expansion, caractéristiques de l'évolution récente dans le canton de Vaud) et sur les critères de dimensionnement et de planification des réseaux (évolution prévisible de la demande, réserves latentes des réseaux actuels, réserves à prévoir pour les structures futures). Ensuite, il met en valeur le choix des équipements.

Critères généraux de planification

La planification d'un réseau nous place devant des problèmes en constante évolution. Les états antérieurs, présents et futurs sont tous transitoires et aucun ne devrait être considéré comme un aboutissement, mais bien comme le point de départ d'une nouvelle extension ou d'un renforcement. Il faut donc être bien conscient qu'une structure optimale ne sera jamais complètement réalisée et qu'il faudra s'accommoder de stations en antenne, de stations temporairement trop peu chargées ou de liaisons superflues. Il est essentiel de ne pas se précipiter du jour au lendemain sur la première solution venue, lorsqu'un renforcement ou une extension s'avèrent nécessaires, mais de bien peser les incidences d'une décision sur les évolutions futures possibles.

Le coût élevé de l'établissement d'une infrastructure de distribution oblige l'exploitant à l'amortir sur une période d'au moins une génération, avec la perspective d'en tirer si possible parti au-delà encore. Il s'agit cependant de définir les critères de dimensionnement de ce complexe essentiellement évolutif qu'est un réseau, en prévoyant des réserves judicieuses et des possibilités d'extensions faciles pour des besoins futurs. On est bien en droit de se demander aujourd'hui dans quelle mesure les nouvelles options de la politique énergétique et l'évolution économique générale doivent nous inciter à revoir fondamentalement nos principes de planification.

Si l'on admet pour les 25 prochaines années un taux d'accroissement annuel réduit des besoins énergétiques globaux, égal à 3,5 %, il faut s'attendre en l'an 2000 à une demande 2,4 fois supérieure à celle d'aujourd'hui. Parallèlement se manifeste le souci de remplacer une part des produits pétroliers par d'autres sources d'énergie. Si de 16 % qu'elle est aujourd'hui, la part de l'électricité doit passer à 20 % ou 25 % en l'an 2000, cela signifie que les distributeurs d'électricité doivent se préparer à satisfaire des besoins qui seront à la fin du siècle 3 à 3,8 fois supérieurs à ceux de 1975. Il paraît donc sage de continuer à prévoir *au moins* les structures de réseau qu'implique un tel accroissement et de réaliser les extensions d'aujourd'hui de façon compatible avec ces structures; sans pour autant se lancer dans des dépenses exagérées, il serait également souhaitable de laisser à la génération qui nous succédera un outil qui ne soit pas complètement dépassé et dont il soit encore possible de tirer un parti utile.

Ces considérations nous ont incité à entreprendre l'étude de futures structures pour la répartition à haute tension et pour la distribution MT; ces structures devront donc satisfaire au début du prochain siècle à un triplement, voire un

Es werden einige Betrachtungen über die Entwicklung von Überlandnetzen (bestehende und im Aufbau befindliche ländliche Netze sowie charakteristische Entwicklung im Kanton Waadt) und über Auslegungs- und Planungskriterien von Netzen (voraussichtliche Bedarfsentwicklung, heutige und in Zukunft einzuplanende Leistungsreserven) gemacht. Anschliessend wird die Wahl des Ausrüstungsmaterials beschrieben.

quadruplement de la puissance globale; elles doivent en outre permettre de maîtriser des puissances supérieures sans qu'il soit nécessaire de les remanier de fond en comble.

Il est certain que l'augmentation relative des appels de puissance ne sera pas homogène dans toute une zone de distribution de la grandeur du canton de Vaud.

Nous avons tenté une estimation différenciée des besoins régionaux en fonction des surfaces actuellement reconnues comme constructibles par la législation sur l'aménagement du territoire; les densités de puissance sur ces surfaces ont été choisies dans les rapports 1 : 2 : 4 selon qu'il s'agisse de zones à vocation essentiellement rurales, résidentielles ou semi-urbaines, industrielles ou à caractère urbain.

Les résultats de ces études ne sont pas encore tous explicités. Il nous ont cependant déjà permis de dresser l'inventaire des futurs nouveaux points d'alimentation du réseau MT, ce qui permet de réserver dès aujourd'hui les terrains nécessaires, de réaliser les extensions actuelles du réseau MT en tenant compte des centres d'étoilement à créer, aussi bien du point de vue des tracés que des sections.

Les niveaux de tension

L'ordre de grandeur des puissances dans les régions les plus denses fait apparaître à plus ou moins brève échéance la caducité de notre échelon de 40 kV pour la répartition. Le maintien de cette tension conduirait à un inadmissible encombrement de lignes autour des points d'interconnexion avec le réseau THT. C'est pourquoi nous sommes conduits à envisager le remplacement progressif de la tension 40 kV par la tension 125 kV pour notre échelon de répartition, l'interconnexion avec EOS devant se faire sous 220 kV. Bien qu'une décision formelle ne soit pas encore prise, les dernières nées de nos lignes à 40 kV sont déjà construites au gabarit de la tension supérieure, vu le faible coût relatif supplémentaire.

Une simplification de l'équipement de ce futur niveau de répartition à 125 kV a été envisagée, sous la forme d'une alimentation en antenne des postes HT/MT à partir des points d'interconnexion avec EOS; en cas de défaillance permanente de l'alimentation HT, le secours de la distribution devrait être assuré en MT depuis les postes adjacents. Il est apparu rapidement que cette solution ne pouvait être que temporaire et était limitée par les 13 kV de notre MT. La réalisation de cette solution sur une grande échelle se heurte aussi en coût du dédoublement de certaines artères parallèles MT, à combiner pour la distribution et les interconnexions de secours, et au coût des automatismes ou télécommandes de reprise rapide.

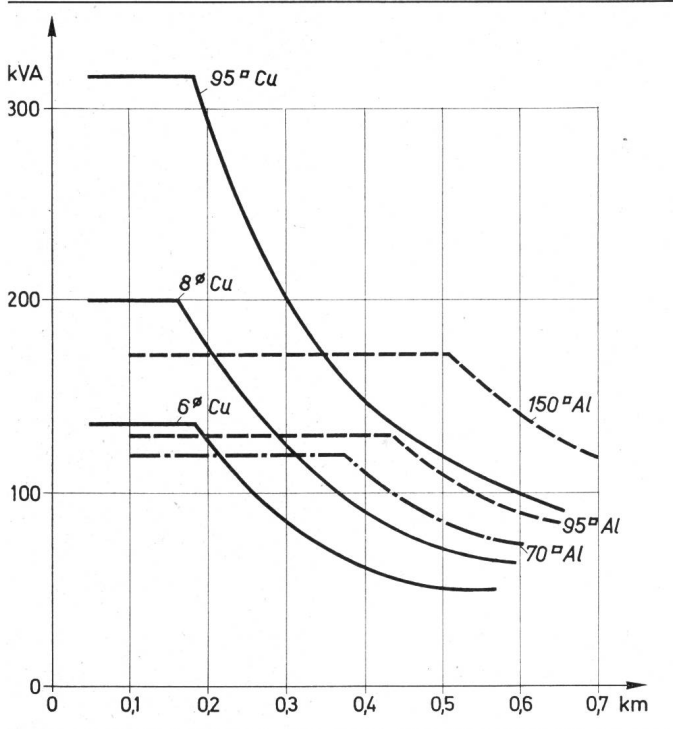


Fig. 1 Portée d'une ligne de distribution BT avec soutirages uniformément répartis (Chute de tension en bout de ligne: 6%)

- ligne aérienne
- - - - - câble souterrain
- · - · - câble aérien isolé

Il y a donc de grandes chances pour que les principes actuels d'alimentation par boucle fermée des postes d'alimentation du réseau MT subsiste; l'équipement de ces postes par deux transformateurs de 40 MVA, au lieu de 3×10 ou 3×20 actuellement, conjugué avec une simplification de l'appareillage, devrait être la solution économique au moment de l'introduction de la nouvelle tension dans une dizaine d'années probablement.

Nous n'envisageons pas d'abandonner l'actuelle structure radicale du réseau MT, dont les artères principales sont exploitées en boucle ouverte, ou en ligne d'interconnexion ouverte sur un poste adjacent.

Un critère de qualité: La chute de tension

Pour procéder à une planification cohérente, il nous paraît urgent de renoncer à un certain empirisme des appréciations qui a longtemps fait ses preuves, vu les grandes réserves dont disposaient en fait nos réseaux lors de leur premier établissement.

Les chutes de tension sont un des éléments essentiels de dimensionnement des réseaux ruraux et un des maux auxquels nos exploitants sont fréquemment confrontés. Nous avons constaté que la gravité des chutes de tension était rarement appréciée objectivement, tant en ce qui concerne la valeur, que la fréquence du phénomène. Nous avons été amenés ainsi à définir une norme interne de qualité de tension chez le client BT, le coffret d'introduction étant pris comme référence. Nous avons comparé les règles étrangères et le chiffre 24 de la Publication ASE 0159, qui précise:

«Dans un réseau normal avec une tension nominale de 100 jusqu'à 1000 V, la tension de service ne doit pas s'écar-

ter de la tension nominale au-delà de $\pm 10\%$ au maximum; il est recommandé de réduire cet écart à $\pm 5\%$, chaque fois que les conditions d'exploitation le permettent.»

Nous avons finalement adopté les normes suivantes:

Norme usuelle (pour réseaux souterrains et aériens, à l'intérieur des localités).

+5%, avec tolérance jusqu'à +7% pendant au plus 5% du temps

-5%, avec tolérance jusqu'à -7% pendant au plus 5% du temps

Norme large (pour réseaux aériens ruraux, en dehors des localités).

+7%, avec tolérance jusqu'à +10% pendant au plus 5% du temps

-7%, avec tolérance jusqu'à -10% pendant au plus 5% du temps

L'opportunité d'améliorer les conditions en cas de dépassement des tolérances ci-dessus est appréciée dans chaque cas, en tenant compte du coût des mesures à prendre, des prévisions ainsi que de la clientèle concernée.

Si la moyenne tension est réglée à une valeur constante en tête de ligne on constatera entre les heures de pointe et les heures de faible charge des variations de 4 à 5% en bout des longues lignes. Un réglage de tension compoundé permet d'obtenir en bout de ligne une moyenne tension sensiblement constante à toutes les charges, sans toutefois que les écarts en tête de ligne n'atteignent des valeurs défavorables; il en résulte une meilleure stabilité globale de la tension sur les sorties BT des transformateurs MT/BT et, d'après nos observations, un gain de plusieurs % en chute de tension disponible dans le réseau BT proprement dit. Ce mode d'exploitation permet à notre sens d'améliorer sensiblement et sans frais l'utilisation du réseau existant.

Ces considérations nous ont conduits à faire intervenir les chutes de tension maximales suivantes dans les calculs de réseaux (voir tableau I).

Ces valeurs permettent de respecter les normes de tension admissibles chez le client citées précédemment.

Les charges continuant cependant de croître, il arrive un moment où même le recours au dernier gradin du transformateur MT/BT ne suffit plus: il faut se résoudre à «raccourcir» le réseau MT en insérant un nouveau point d'injection HT/MT. C'est alors que des exploitants, surtout ceux dont la moyenne tension occupe la plage inférieure de la série d'isolement de leur matériel, devraient se demander si une élévation de leur tension de distribution ne serait pas opportune; par exemple le passage de 13 kV à 20 kV permet-

Tableau I

	Mode de réglage de la MT	
	sans compoundage	avec compoundage
<i>Réseau MT</i>		
Exploitation normale	4%	5%
Circonstances exceptionnelles	7%	9%
<i>Réseau BT</i>		
Rayon géographique de 2 à 3 km autour d'un poste HT/MT	6,5%	8%
Au-delà de 2 à 3 km	4,5%	8%

trait de retarder l'investissement d'un nouveau poste HT/MT de 12 à 15 ans, compte tenu des taux de croissance observés ces dernières années. L'économie réalisée sur des pertes en MT permet de compenser une part importante des charges d'investissement en nouveaux transformateurs MT/BT, dont le rendement serait d'ailleurs sensiblement meilleur que celui d'anciennes unités.

Réseaux BT ruraux

Les réseaux BT de nos villages, établis il y a 30, 40 ans ou même plus, sont trop souvent devenus le siège de chutes de tension qu'aucun artifice simple ne permet d'amoin-drir. L'augmentation de charge de ces réseaux s'est déroulée graduellement et force est bien de constater une fois que toutes les réserves en sont épuisées.

Ces réseaux sont aériens et constitués le plus souvent par des fils de cuivre de 6 ϕ ou 8 ϕ , la station transformatrice ayant été construite au début du siècle à l'une des extrémités du village, c'est-à-dire à 500 m ou 600 m du dernier consommateur (fig. 1: chutes de tension dans les lignes BT).

Pour une telle distance de distribution, une ligne en fil de 6 ϕ ne devrait pas être chargée au-delà de 50 kVA à son origine, et une ligne en fil de 8 ϕ au-delà de 65 kVA. Le renforcement des conducteurs est une opération onéreuse qui n'apporte qu'un faible gain relatif de capacité. Dans certains cas, le dédoublement du réseau grâce à des conducteurs isolés torsadés, suspendus aux supports existants ou accrochés en façade peut être recommandé, comme le pratiquent certains réseaux étrangers.

Les autotransformateurs de réglage 380 V/380 V dont la puissance est de quelques dizaines de kVA, qui rétablissent le niveau intermédiaire de la tension, ne doivent pas être considérés comme une panacée; cet appareil n'élimine en rien les inconvénients dus aux sauts brusques de la tension. Un calcul économique nous a montré que, au-delà de 30 à 40 kVA et compte tenu des pertes en ligne, cette solution pouvait être en fait plus onéreuse à long terme que la construction d'une nouvelle station transformatrice aérienne. Si l'emplacement de celle-ci est judicieusement choisi, on divise par deux ou par trois la longueur du réseau BT tout en augmentant sa capacité de charge en raison inverse; il est alors possible d'admettre le raccordement de quelques moteurs ou de quelques installations de chauffage électrique direct dans des immeubles bien isolés thermiquement, bloquées éventuellement pendant l'heure de pointe, sans épuiser d'un coup toutes les possibilités de l'investissement consenti. L'implantation de nouvelles stations transformatrices aériennes, simples et bon marché, pour des puissances de 50 à 160 kVA, est à notre sens une solution qui confère une nouvelle jeunesse à nos réseaux BT locaux et doit permettre de faire face aux augmentations de charge dans nos campagnes; ces stations permettent de tirer encore un excellent parti des réserves latentes de l'échelon BT existant.

Planification pour les zones résidentielles en développement, à proximité des agglomérations urbaines

La densité superficielle de puissance à tenir à disposition est une des données fondamentales pour le dimensionnement. En vue d'éviter à chaque responsable d'un nouveau projet la peine de réinventer toute une théorie, il faudrait

exprimer quelques règles de planification simples et faciles à appliquer. Le développement futur d'applications nouvelles de l'électricité, du chauffage électrique en particulier sera-t-il tel qu'il bouleversera nos concepts usuels en matière de planification de réseau? Les densités de puissance des quartiers entièrement chauffés à l'électricité sont en effet un multiple des valeurs classiques. De tels cas sont cependant encore rares et ceux qui se présenteront justifieront encore une étude particulière. Il nous paraît pour l'instant plus raisonnable de prévoir des règles générales plus nuancées. Pour les réseaux neufs des quartiers au sujet desquels il n'existe pas d'information précise sur le degré d'électrification présumé, nous retiendrons l'hypothèse de départ suivante: être en mesure de couvrir, en plus des besoins courants des ménages, les besoins en chauffage électrique pour 20 % des immeubles. Avec du chauffage électrique direct, cette condition conduit à des densités de puissance doubles de celles rencontrées actuellement pour des clients bien équipés en appareils électroménagers (voir tableaux II et III).

Les équipements

La faible densité générale de puissance et les besoins ponctuels, qui resteront le propre des réseaux à prédominance rurale, obligeront les distributeurs à vouer encore davantage de soins au choix d'équipements peu coûteux. Il faut s'appliquer à utiliser d'une façon optimale les sections et les puissances installées. La capacité de surcharge des transformateurs est, par exemple, trop souvent mésestimée. C'est ainsi que nous avons adopté pour la protection de ces der-

Densités superficielles de puissance dans les zones d'habitation d'ordre non contigu

Tableau II

	Type de zone	
	Villas familiales	Habitations collectives 5 niveaux habités 3 logements par niveau
Surface brute de terrain par immeuble	1100-1400 m ²	2000-2500 m ²
Indice d'utilisation du sol	0,09-0,12	0,60-0,75
Puissance par immeuble	kW	kW
- sans chauffage électrique	2,5	28
- avec chauffage électrique direct	12	130
Densités superficielles de puissance	W/m ²	W/m ²
A sans chauffage électrique	1,8-2,3	11,2-14,0
B avec 20 % des immeubles équipés de chauffage électrique direct	3,1-4,0	19,3-24,2
C avec 100 % des immeubles équipés de chauffage électrique direct	8,7-11,0	52-65

	Villas familiales	Habitations collectives 2 à 5 niveaux habités
A Lotissements ou quartiers en grande partie construits (charge due au chauffage électrique négligeable)	2,5 VA/m ²	10 VA/m ²
B Lotissements ou quartiers en développement (on peut s'attendre à 20 % des immeubles chauffés électriquement)	5 VA/m ²	20 VA/m ² actuellement encore rare
C Lotissements ou quartiers entièrement chauffés à l'électricité	10 VA/m ² Etude de cas en cas nécessaire	40-60 VA/m ²

niens du côté basse tension des fusibles d'un genre particulier, déjà connus sur des réseaux allemands, dont la caractéristique de fusion correspond assez bien à la caractéristique de surcharge. Ces fusibles supportent en permanence et sans vieillissement un courant supérieur de 30 % au courant nominal; ils fondent dans les 2 heures en cas de dépassement de 50 %. Dans le domaine du court-circuit les caractéristiques

sont celles des fusibles rapides usuels. Ces fusibles ne sont pas calibrés en ampères mais directement en kVA, ce qui facilite leur choix au moment de la mise en service et les remplacements après fusion éventuelle.

Une standardisation nuancée des équipements, opérée après une sérieuse analyse des caractéristiques et du comportement en exploitation, entraîne une simplification du travail d'élaboration des projets, une réduction des temps de montage, les éléments répétitifs étant mieux connus du personnel. Il y a là source d'économie sensible d'une part, et matière à accélérer le processus de réalisation des extensions de réseaux après prise de conscience des besoins nouveaux d'autre part. Notre standardisation est codifiée par un catalogue qui permet aux responsables des projets d'avoir une vue synthétique des matériels disponibles, de procéder à leurs choix, de calculer facilement les coûts, puis de passer commande au magasin. Ce catalogue consiste en une centaine de fiches qui regroupent en différents ensembles les articles les plus fréquemment réunis pour la construction de réseaux. Chaque fiche comporte des numéros qui permettent de commander globalement tous les articles constitutifs au magasin, sans qu'il soit nécessaire de recomposer à chaque coup de fastidieuses listes de matériel. Ces fiches sont également un aide-mémoire précieux pour la mise au courant des nouveaux collaborateurs.

Adresse de l'auteur:

P.-D. Panchaud, chef de service, Compagnie vaudoise d'électricité, 1, rue Beau-Séjour, 1002 Lausanne.

Adaptation des réseaux français à moyenne et basse tensions aux problèmes posés par le chauffage électrique

Par R. Tellier

La clientèle «tout électrique» (chauffage électrique intégré) se développe de plus en plus en France (environ 60 000 mises en service en 1974), ce qui a conduit «Electricité de France» à déterminer de nouvelles valeurs de puissances et de coefficients de foisonnement pour les charges à prendre en compte dans le calcul des réseaux correspondants. La sécurité d'alimentation de ces charges et la capacité de reprise du service après incident ont été également étudiées. L'auteur présente les grandes lignes des orientations résultantes.

1. Développement du chauffage électrique

1.1 Le chauffage électrique intégré

La promotion du chauffage électrique s'est faite dès l'origine en France sur le thème du chauffage dit «intégré» à la construction neuve et caractérisé par les trois qualités suivantes:

- isolation thermique
- régulation automatique
- ventilation contrôlée

Die allelektrischen Haushalte (integrierte Elektroheizungen) nehmen in Frankreich rasch zu, wobei allein im Jahre 1974 rund 60 000 Neuanschlüsse verzeichnet werden konnten. Dies hat die «Electricité de France» dazu geführt, neue Werte für die Belastungen und Verlustfaktoren zur Netzberechnung einzuführen.

Die Versorgungssicherheit und die Wiederinbetriebnahmekapazität nach Störungen sind ebenfalls untersucht worden. Nachfolgend sind einige Ergebnisse aus diesen Untersuchungen beschrieben.

1.2 Les différents systèmes de chauffage

- Le type de chauffage le plus répandu en France est certes le chauffage direct (85 % des réalisations en 1973) par convecteurs ou panneaux rayonnants, réglés pièce par pièce, système particulièrement bien adapté à la construction neuve.

- Dans le chauffage mixte (12,5 % des réalisations en 1973), un chauffage dit «de base» est procuré par des câbles chauffants incorporés dans les dalles de la construction et fournissant en général environ 40 % de la puissance de dé-