

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 71 (1980)

Heft: 20

Artikel: Transformation de lignes aériennes de 40 à 125 kV

Autor: Frank, M.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-905292>

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: 05.02.2025

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

6. Schlussfolgerungen

Es ist schwer, heute schon vorauszusehen, wie sich die Elektrizitätswirtschaft Westeuropas innerhalb der nächsten 30–50 Jahre entwickeln wird. Neue Wasserkraftprojekte sind aber für diese Zeitspanne zu planen und müssen deshalb unter heute noch nicht bekannten Bedingungen wirtschaftlich betrieben werden. Die bisherigen Verzögerungen der Kraftwerksbauprogramme wurden von sinkenden Zuwachsraten des Elektrizitätsbedarfs begleitet, so dass die ersten Energieverknappungen erst jetzt auftreten. Eine positivere Einstellung der Öffentlichkeit gegenüber neuen Kraftwerken, insbesondere nuklearen, könnte diese Verknappungen vermeiden helfen. Der internationale Verbundverkehr erlaubt auch ein weitgehendes Ausgleichen der nationalen Lastkurven, besonders durch die Lieferung von Spitzenenergie, von der in Alpenländern teilweise noch ein Überschuss besteht. Es besteht

deshalb noch kein Anlass, die Planungsstrategie hydraulischer Spitzenkraftwerke wesentlich zu ändern und von den bestehenden wirtschaftlichen und betrieblichen Kriterien abzuweichen. Es ist aber darauf hinzuweisen, dass die in Speicherwerken installierte Leistung bisher oft zu klein war, um die Flexibilität solcher Anlagen voll auszunützen zu können. Die Installation grösserer Maschinenleistungen könnte die Spitzenenergieproduktion der Speicherwerke zu relativ günstigen Kosten erhöhen und die Anpassung an veränderliche Netzsituationen in Westeuropa erleichtern. Die Speicherwerke wären dann in der Lage, weiterhin einen wertvollen Beitrag zur Bedarfsdeckung im Verbundnetz zu leisten.

Adresse des Autors

K. Goldsmith, Beratender Ingenieur, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG., 8022 Zürich.

Transformation de lignes aériennes de 40 à 125 kV

Par M. Frank

Jedes Elektrizitätswerk kann plötzlich mit der Forderung nach Erhöhung des Spannungsniveaus auf der Hochspannungsebene konfrontiert werden. Der Autor beschreibt, wie das Waadtländische Elektrizitätswerk (CVE) dieses Problem angepackt hat und es zu lösen sucht. Die Planung und die Realisation dieser Arbeiten werden speziell erläutert.

Le problème d'un éventuel relèvement de la haute tension est d'actualité car tous les distributeurs sont ou y seront confrontés un jour ou l'autre. L'auteur décrit comment la Compagnie Vaudoise d'Electricité l'a abordé et envisage de le résoudre. Il insiste particulièrement sur la planification et la réalisation de ces travaux.

1. Réseau haute tension de la CVE en 1975

Le réseau de distribution HT de la Compagnie Vaudoise d'Electricité (CVE) se caractérise par deux points d'injection 125-40 kV à Montcherand et à Rolle ainsi que d'un point d'injection 125-60 kV à Lucens. Il se compose de 16 postes de transformation 40/13 kV ou 60/17 kV dans la Broye et de 330 km de lignes aériennes 40 ou 60 kV. D'autre part, un réseau 125 kV, propriété pour une part importante de l'Energie de l'Ouest Suisse (EOS) et de la CVE existe pour l'interconnexion des postes de Rolle, Montcherand et Lucens (Fig. 1).

2. Perspectives d'accroissement de la consommation d'électricité

L'augmentation continue des charges du réseau de la CVE a démontré la nécessité d'entreprendre une étude approfondie pour définir par quel moyen la distribution HT doit être assurée dans les prochaines décennies.

Les estimations de 1977–1978 admettent pour les 25 prochaines années un besoin global en énergie utile progressant à un taux annuel de 2 à 3,5%. Cela signifie que la demande totale d'énergie au début des années 2000 sera de 1,7 à 2,4 fois supérieure à celle de 1975. L'électricité couvrirait en 1975 le 17% de la consommation totale d'énergie. Une politique de diminution de la dépendance vis-à-vis des pays pétroliers nécessite une diversification des sources d'énergie; on peut donc admettre que l'électricité assurera au moins le 20 à 25% des besoins de l'an 2000.

Compte tenu de toutes ces incertitudes, les distributeurs devraient donc être prêts, en l'an 2000, à satisfaire une demande pouvant être comprise entre 2,7 fois et 4 fois celle de 1975.

3. Echéance du réseau actuel

Le réseau 40 kV actuel qui a vu ses premières installations réalisées en 1927, aura quelques lignes aériennes importantes qui atteindront leur charge maximale admissible dans les 15 prochaines années. Ce réseau commencera vraisemblablement à être désaffecté vers 1990 ce qui représente une durée de vie d'environ 60 ans.

4. Opportunité d'une élévation de la haute tension

4.1 Hypothèse de dimensionnement

Les besoins en énergie électrique de l'an 2000 peuvent être compris entre 2,7 et 4 fois ceux de 1975. C'est pourquoi on a imaginé une structure de réseaux apte à distribuer économiquement une énergie quadruple de celle de 1975. Après ce quadruplement, ces installations doivent pouvoir encore être utilisées durant une vingtaine d'années.

En tenant compte des données «historiques» de nos lignes aériennes et postes de transformation existants, le schéma de distribution de la fig. 2 a été retenu.

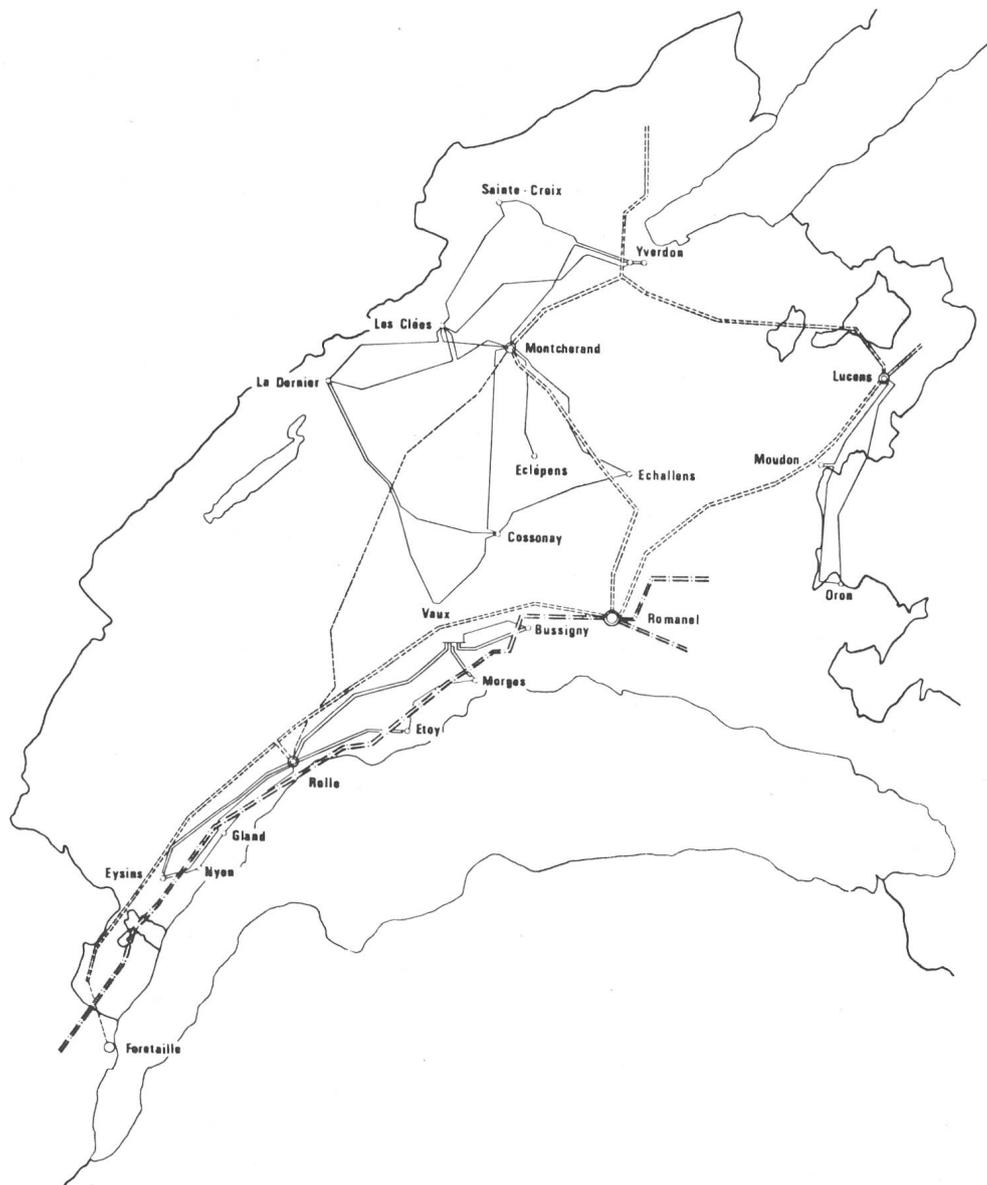
Les diverses possibilités satisfaisant au schéma de la fig. 2 seront étudiées avec les tensions de:

40 kV
62,5 kV
125 kV

Dans l'optique d'une réutilisation des lignes aériennes 40 kV sur mâts béton, on admet que celles-ci se composent de 2 ternes de 240 mm² Aldrey.

Fig. 1
Réseaux HT de l'EOS et CVE
État 1975

- 40 ou 60 kV
- - - 125 kV
- · - · - 220 kV



4.2 Comparaison des niveaux de tensions 40-62, 5-125 kV

Tableau I

	40 kV	62,5 kV	125 kV
Puissance limite du réseau modèle (besoins de 1975: 30 000 kW)	192 000 kW 100 %	304 000 kW 158 %	608 000 kW 316 %
Durée de vie à partir de 1975 (croissance annuelle 6%)	31 ans	40 ans	52 ans
Puissance justifiant le passage à la tension supérieure, par l'économie réalisée sur les pertes	10 000 kW 60 000 kW	86 000 kW	
Coût annuel des pertes en l'an 2000 (quadruplement de la charge)	420 000 Fr.	170 000 Fr.	43 000 Fr.
Coût des installations 1 km ligne aérienne 1 km câble souterrain Poste transformation HT/MT pour 40 000 kW	144 000 Fr. 900 000 Fr. 3 mio Fr.	144 000 Fr. 900 000 Fr. 3 mio Fr. (capacité maximale)	190 000 Fr. 1 200 000 Fr. 4,5 mio Fr. (extensible)

4.3 Appréciation des différentes variantes

La conservation d'une tension de 40 kV nécessite le remplacement de tout l'appareillage actuel ainsi que le renforcement des lignes aériennes pour faire face à l'accroissement des courants de court-circuit. D'autre part, il s'avérera vraisemblablement nécessaire de créer de nouveaux points d'injection à partir du réseau THT lorsque les puissances à distribuer dépasseront 150 MVA. Cela impliquera évidemment une multiplication problématique des lignes haute tension. Malgré ces investissements, on constate que la structure à 40 kV aura atteint sa dernière limite dans 30 ans environ. Cette tension

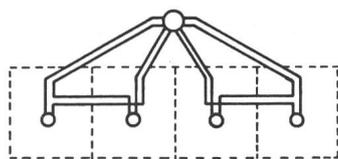


Fig. 2 Schéma de distribution

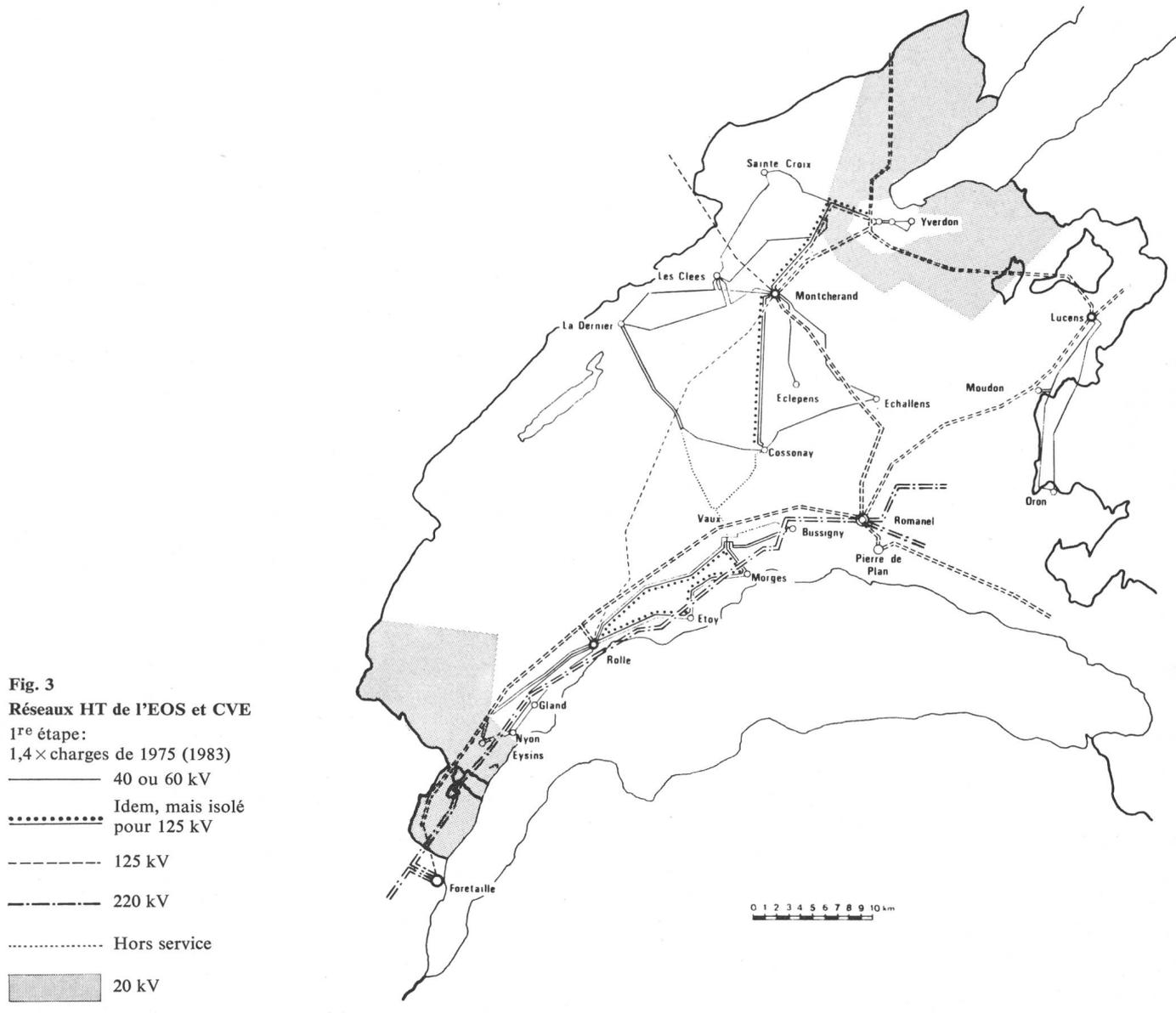
Puissance distribuée en 1975: 30 MVA
 Puissance à distribuer au quadruplement: 120 MVA

sera donc inadéquate pour les puissances prévisibles dans une génération.

Le passage à une nouvelle tension de 62,5 kV, qui peut s'expliquer par une généralisation de la tension adoptée dans notre réseau de la Broye, permettrait d'augmenter de 10 ans la durée de vie de la structure 40 kV. Cependant il faudrait procéder à d'importants échanges d'appareillage car la tension d'isolement du matériel 40 kV actuel ne serait pas compatible avec cette nouvelle tension. Il faut également remarquer que l'introduction de cette tension de 62,5 kV dans une région où elle est inexistante, devrait débiter par la construction d'un nouveau poste de transformation entraînant de gros investissements supplémentaires.

L'adoption d'une tension de 125 kV qui ne nécessiterait pas la construction de nouveaux postes de transformation présenterait les avantages suivants:

- lorsque la puissance du réseau sera doublée, l'exploitation à 125 kV sera plus économique qu'à 40 kV en raison de la diminution des pertes de transport.
- Pour une même section de conducteur, la construction d'une ligne à 125 kV coûte seulement 20 à 30 % plus cher



qu'une ligne à 40 kV. La ligne à 125 kV, d'un encombrement presque équivalent, peut transporter une charge triple.

– Les lignes existantes sur mâts béton à 40 kV peuvent être converties à 125 kV pour les deux tiers du coût de la démolition puis de la construction d'une ligne neuve.

4.4 Conclusions et choix

Les avantages techniques inhérents à l'adoption d'une tension de 125 kV sont nettement plus nombreux que pour 40 ou 62,5 kV. L'introduction progressive de la nouvelle tension de 125 kV au fur et à mesure des échéances du système à 40 kV, offre de grandes possibilités pour l'avenir de nos réseaux. Elle permet de maintenir le nombre des lignes à haute tension dans des limites raisonnables et d'utiliser des tracés existants.

C'est pourquoi une variante à 125 kV a été retenue.

A titre indicatif, on a également prévu un relèvement de la moyenne tension de 13 à 20 kV pour permettre une meilleure utilisation du matériel existant et surseoir à la construction de nouveaux postes de transformation.

5. Planification

5.1 Etablissement d'un plan directeur

L'augmentation des besoins d'ici l'an 2000 peut se situer entre 2,7 et 4 fois ceux de 1975. L'écart entre ces deux valeurs étant important, il a paru raisonnable d'établir un plan directeur évoluant en fonction de l'augmentation effective des charges et non pas d'un calendrier à échéances fixes. Quatre étapes caractéristiques de réalisation ont été ainsi définies:

- 1^{re} étape 1,4 fois la charge de 1975
- 2^e étape 2 fois la charge de 1975
- 3^e étape 2,8 fois la charge de 1975
- 4^e étape 4 fois la charge de 1975

Cette manière de procéder offre une grande souplesse d'adaptation et permet d'investir progressivement, sans charges financières exagérées pour l'entreprise, selon les besoins réels constatés.

5.2 Programmation des travaux

Actuellement les travaux liés à la première étape du plan directeur sont entrepris et un programme détaillé permettant de transformer ou de construire 58 km de ligne 125 kV entre 1976 et 1983 a été établi (fig. 3).

La programmation a été mise au point en étroite collaboration avec l'EOS qui doit également utiliser les tracés de ses lignes existantes à 125 kV pour créer sa nouvelle artère 380 kV sur le tronçon Genève–Romanel.

D'autre part, lors des travaux de transformation ou de construction des nouvelles lignes 125 kV réutilisant les tracés actuels, ces lignes exploitées à 40 kV doivent être mises hors service. Ces travaux ne s'exécutent que dans une période où la charge du réseau peut être transitée sur les autres lignes existantes dans des conditions satisfaisantes. En conséquence ces travaux se déroulent entre le printemps et l'automne, période durant laquelle la charge du réseau est la plus basse.

6. Réalisation

6.1 Possibilités de réutilisation des lignes 40 kV actuelles sur mâts béton

Pour des raisons économiques évidentes, on a étudié la possibilité de conserver les supports existants en ne modifiant que la silhouette (fig. 4).

Les solutions suivantes sont envisageables:

a) Silhouette «Danube»

La plupart des lignes 40 kV ont des portées moyennes d'environ 220 mètres avec des mâts d'une longueur de 18 à 22 m. En considérant la hauteur minimale des conducteurs sur le sol ainsi que leur écartement, on constate immédiatement que le maintien d'une silhouette traditionnelle à trois consoles est impossible. La seule solution consiste à ramener les deux conducteurs inférieurs au niveau des conducteurs médians en adoptant une silhouette «Danube». Avec une distance nécessaire de 3 m entre les deux consoles, la zone de protection du

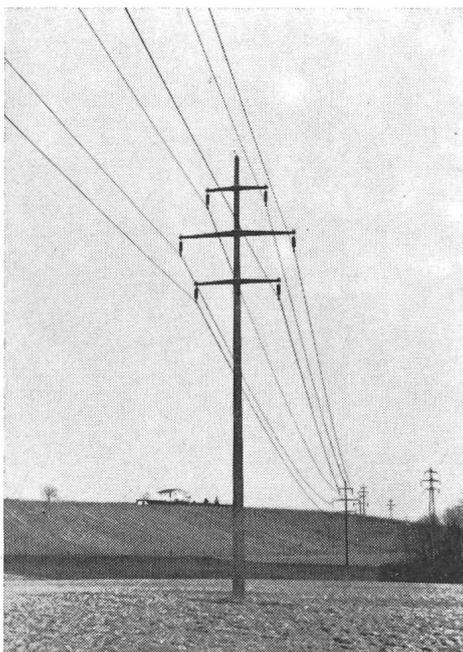


Fig. 4 Ligne 40 kV existante

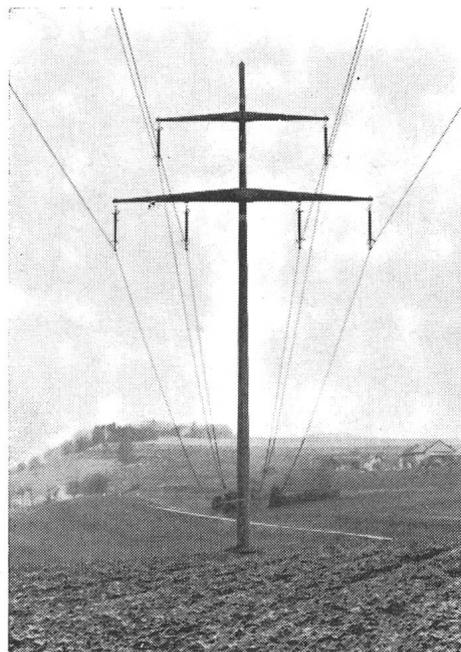


Fig. 5 Ligne modifiée à 125 kV, silhouette «Danube»

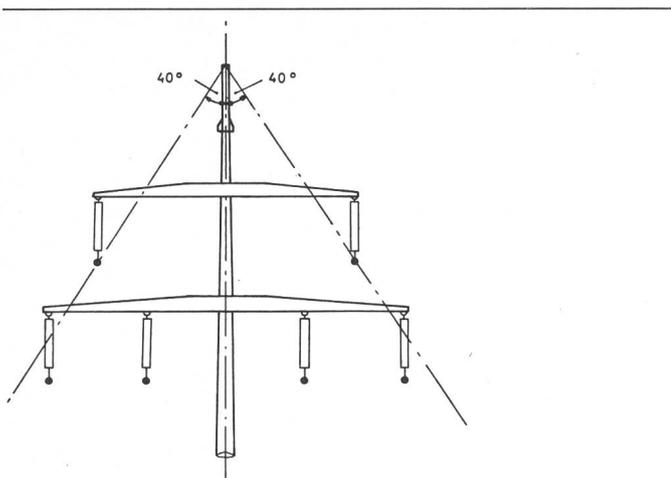


Fig. 6 Silhouette «Danube» 125 kV avec rallonge métallique

câble de terre ne peut plus être de deux fois 30° , mais de deux fois 40° , zone que nous jugeons suffisante (fig. 5).

Sur certains mâts, la fixation du câble protecteur doit être rehaussée au moyen d'une rallonge métallique (fig. 6).

b) *Silhouette traditionnelle à trois consoles*

Les dernières constructions 40 kV ont été réalisées avec des mâts d'une longueur variant de 23 à 25 m, ce qui permet un écartement de 3 m entre les consoles tout en maintenant une hauteur des conducteurs sur sol suffisante.

Dans ce cas la zone de protection du câble de terre est également de $2 \times 40^\circ$. Cette silhouette est illustrée par la fig. 7.

6.2 *Anciennes lignes 40 kV sur supports métalliques*

Les lignes 40 kV sur supports métalliques, construites il y a une trentaine d'années, sont dans la plupart des cas équipées avec un seul terne et ne peuvent par conséquent en aucun cas être transformées en vue d'un passage à 125 kV. Elles doivent donc être démolies pour permettre la construction d'une ligne

neuve qui utilise le même tracé afin de conserver les droits de passage déjà acquis.

6.3 *Exécution des travaux*

Les travaux doivent donc se dérouler avec une mise hors service de la ligne à modifier entre la mi-avril et la fin septembre. Cette période, relativement courte, coïncide avec celle des récoltes; il en découle de nombreux problèmes avec les agriculteurs qui ont amené la CVE à rechercher des méthodes de travail rapides ne nécessitant pas l'engagement de lourds engins de chantier.

a) *Transformation de lignes existantes*

L'évacuation des anciennes consoles ainsi que le transport et la mise en place des nouvelles nécessitent jusqu'à aujourd'hui l'utilisation de grues hydrauliques. Afin de remédier aux inconvénients inhérents à l'intervention de ces engins, la CVE a entrepris des essais de montage avec hélicoptère. Après quelques hésitations liées à la mise au point d'une nouvelle méthode de travail, le montage de plus d'une centaine de consoles d'un poids inférieur ou égal à 750 kg à l'aide d'un hélicoptère du type «Alouette LAMA» a démontré des avantages indiscutables tant du point de vue rapidité d'exécution que du point de vue économique (fig. 8).

Le montage des consoles Danube d'un poids de 2 tonnes ne peut se réaliser qu'avec l'intervention d'un hélicoptère de grande puissance. L'expérience avec ce type de machine se limite à une vingtaine de montages. La précision de ces hélicoptères n'étant pas aussi bonne que celle d'une Alouette LAMA, on étudie actuellement un projet de console Danube pesant 700 kg.

b) *Construction de lignes neuves*

Les dernières constructions de lignes à 125 kV ont été réalisées au moyen de mâts béton avec des portées d'environ 250 m.

Afin de limiter le nombre des supports et de diminuer la gêne dans les exploitations agricoles, on projette la construction des prochaines lignes avec des portées moyennes de 400 m et des supports qui peuvent être montés à l'aide d'hélicoptère.

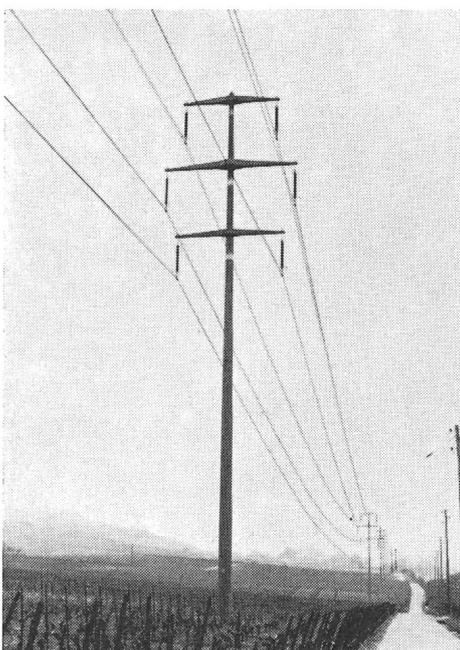


Fig. 7 Ligne modifiée à 125 kV, silhouette à 3 consoles

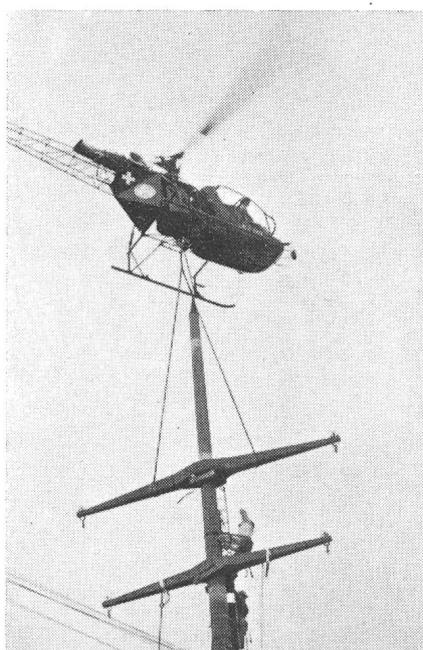


Fig. 8 Mise en place d'une console avec une Alouette LAMA

7. Coût des différentes lignes

Les montants mentionnés ci-dessous ne comprennent pas les frais d'étude et de direction des travaux; il faut être conscient que les coûts des différentes lignes peuvent varier fortement en fonction du tracé, du sous-sol, de passage en forêt, etc.

D'autre part, les transformations en silhouette «Danube» ou traditionnelle sont effectuées avec enlèvement des conducteurs puis tirage ultérieur.

a) Transformation en silhouette «Danube»

Prix au km: fr. 116000.-

b) Transformation en silhouette traditionnelle

Prix au km: fr. 75000.-

c) Construction d'une ligne neuve

Prix au km: fr. 190000.-

8. Comparaison entre l'utilisation d'une grue et d'un hélicoptère

Les coûts pouvant varier en fonction des tracés, il paraît intéressant d'analyser la différence de prix engendrée par l'utilisation d'un hélicoptère ou d'une grue-hydraulique.

Prenons le cas d'un mât existant:

Il faut tout d'abord procéder au démontage des trois consoles et à leur évacuation; ensuite interviennent le transport et la mise en place des trois nouvelles.

Prix avec grue: fr. 2700.-

Prix avec hélicoptère: fr. 2300.-

Le recours à un hélicoptère est donc 18 % meilleur marché.

Il est important de relever que les dégâts aux cultures qui se chiffrent à fr. 1000.- par km lors de l'usage d'engins mécaniques lourds, sont pratiquement nuls avec l'intervention d'un hélicoptère.

9. Conclusions

Le relèvement de la haute tension est une opération de longue haleine qui doit être soigneusement programmée. Il en résulte une possibilité de mettre les lignes hors service ce qui facilite grandement l'exécution des travaux en évitant d'onéreuses dépenses pour la construction de lignes provisoires ou le maintien d'un terne en exploitation.

Les expériences faites avec l'engagement d'hélicoptères se sont révélées très avantageuses en raison de la diminution de la durée des chantiers et de l'abaissement des coûts.

Les efforts consentis par la CVE pour diminuer dans la mesure du possible la gêne occasionnée par ces travaux ont été très favorablement accueillis par les propriétaires concernés.

Adresse de l'auteur

M. Frank, Chef du Service montage, Compagnie Vaudoise d'Electricité,
Rue de Lausanne 57, 1110 Morges.

Das Informationssystem «WERKDATEN»

Von P. Keel

Im Jahre 1974 – gleichzeitig mit der Einführung der Jahresablesung – ist beim Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ) ein Leitungs-, Apparate- und Kundeninformationssystem, das IFS «WERKDATEN», in Betrieb genommen worden.

In den folgenden Ausführungen werden Aufbau und Anwendung dieses EDV-Systems beschrieben sowie die bisherigen Erfahrungen dargestellt.

1. Einführung

Die generelle Zielsetzung des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich – eine sichere, ausreichende und wirtschaftliche Versorgung aller Abonnenten mit elektrischer Energie zu gewährleisten – beinhaltet im weiteren Sinne sicher auch die gezielte Information und Beratung der Strombezüger in allen Fragen der Energieanwendung und -verrechnung. Schon immer war es deshalb unser Anliegen, die riesigen Datenmengen betreffend Abgabe und Verrechnung für eine zuverlässige Kundenbedienung rasch und stets aktuell zur Verfügung zu haben. Doch erst mit der Technik der jüngsten Computergeneration – mit ihren Datenbanksystemen – wurde eine wirtschaftliche Realisierung dieses Wunsches möglich.

Der ausgetrocknete Arbeitsmarkt während der hektischen Hochkonjunkturjahre verlangte auch beim EWZ nach raschen und drastischen Rationalisierungsmassnahmen. Als naheliegendsten Schritt in dieser Richtung sahen wir deshalb die Einführung der Jahresablesung mit gleichzeitigem Aufbau eines modernen Informationssystems – dem sogenannten IFS «WERKDATEN».

Le Service de l'électricité de la ville de Zurich a introduit en 1974, en même temps que le relevé annuel des compteurs, un système informatique pour la gestion des lignes, des appareils et des abonnés.

Le présent article décrit la conception et l'utilisation du système et expose les premiers résultats obtenus.

An diesem Projekt beteiligt waren die beiden öffentlichen Dienstleistungsbetriebe der Stadt Zürich, das EWZ (Elektrizitätswerk der Stadt Zürich) und die GVZ (Gasversorgung Zürich), die beide in der Tabelle I mit einigen Kennziffern kurz vorgestellt werden. Bereits seit über 40 Jahren besorgt das EWZ die Zählerablesung und Energieverrechnung für die GVZ.

2. Übergang zum IFS «WERKDATEN»

Schon in den Jahren 1966 und 1967 wurde das EWZ von der Geschäftsprüfungskommission der Stadt Zürich angefragt, ob es möglich wäre, die Jahresablesung einzuführen. Erst 1968 war die Antwort positiv. Man wies darauf hin, dass vorgängig grössere Tarifänderungen vorgenommen und sehr viel Zeit für Vorarbeiten eingeplant werden müssten. Vorstudien ergaben, dass für die Jahresablesung das Energieverrechnungsverfahren in jedem Fall neu aufgebaut werden müsste. Das veranlasste die Geschäftsleitung, die Ziele wie folgt festzulegen: