

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 50 (1959)  
**Heft:** 13

**Rubrik:** Production et distribution d'énergie : les pages de l'UCS

### **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:** 15.01.2026

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

# Production et distribution d'énergie

Les pages de l'UCS

## Construction des lignes aériennes et souterraines

Rapport sur la 19<sup>e</sup> assemblée de discussion de l'UCS du 29 avril 1959 à Berne

### Tendances actuelles dans la construction des réseaux électriques de distribution

par L. Carlo, Genève

621.315.235 + 621.316.1

*L'auteur examine dans la première partie la pose de lignes souterraines dans les réseaux urbains et traite principalement les questions suivantes: coordination des travaux de pose des lignes souterraines des différents services publics, disposition des canalisations sous la chaussée, valeur économique des caniveaux ou des galeries, détermination de la section des câbles, sectionneurs pour canalisations souterraines, sections pour le conducteur neutre, câbles à conducteur d'aluminium, câbles à enveloppe d'aluminium. Dans la seconde partie les questions concernant les réseaux aériens sont examinées en tenant compte surtout de l'utilisation de conducteurs d'aluminium et de la valeur économique du support en bois soigneusement imprégné pour les lignes à moyenne ou à longue portée.*

*Der Referent behandelt im ersten Teil die Verlegung von Kabelleitungen, insbesondere in städtischen Gebieten, und geht dabei unter anderem auf folgende Fragen ein: Koordination der Grabarbeiten der verschiedenen öffentlichen Dienste mit unterirdischen Leitungen, Disposition in Trottoir oder Strasse, Wirtschaftlichkeit von Leitungstunnels, Bestimmung der Kabelquerschnitte, Trenner für unterirdische Kabel, Nullleiterquerschnitt, Kabelverlegungsarbeiten, Kabel mit Aluminiumleitern und Aluminiummantel. Im zweiten Teil werden die Freileitungen behandelt, wobei die Verwendung von Aluminium als Leitermaterial und die Wirtschaftlichkeit von sorgfältig und richtig imprägnierten Holzmasten für normale Leitungen und Weitspannleitungen besonders berücksichtigt werden.*

#### Réseaux souterrains

##### Préparation des opérations de pose de canalisations

L'organisation du travail de pose des lignes souterraines ou aériennes et la coordination de ces travaux avec ceux que peuvent entreprendre simultanément d'autres entreprises publiques ou privées, posent un certain nombre de problèmes importants.

Le travail de préparation comprend cela va sans dire les études techniques dont il ne sera pas fait état ici, puis le choix des tracés. C'est dans le cas de canalisations souterraines surtout, qu'intervient la série de préconsultations auprès d'autres administrations ou entreprises pouvant avoir à placer le long du même tracé des canalisations de téléphone, de gaz, d'eau ou d'électricité.

Ces consultations peuvent se faire au cours de séances groupant les représentants des différents services de distribution et un ou plusieurs représentants des organes de l'Etat ou des Communes chargés de la délivrance des autorisations de construire. Ce groupe de représentants constitue la commission de coordination dont le président (à Genève c'est un ingénieur du Service de l'électricité) convoque à des séances périodiques les personnalités pour lesquelles ces discussions peuvent présenter un intérêt quelconque.

Ces consultations collectives sont précédées de l'envoi de formules et plans à tous les services intéressés; ces envois se font systématiquement, en sorte que personne n'est oublié.

L'ordre de pose des différentes canalisations est fixé au cours de ces assemblées dont un secrétaire enregistre les décisions dans un rapport remis à chaque représentant.

Le choix des entreprises de travaux publics se fait en général au cours de ces réunions. Très souvent les architectes chargés de travaux empiétant sur le domaine public font appel à la commission de coordination.

La détermination des emplacements pose parfois des problèmes embarrassants, car l'encombrement du sous-sol dans une ville d'une certaine importance, et surtout sous les vieilles artères, est si grand que l'on doit souvent recourir à des déplacements de canalisations existantes entraînant des frais considérables. A ce sujet, il ne faut pas oublier que le seul emplacement valable pour les canalisations des services publics se trouve sous les trottoirs, car la circulation et la nature des revêtements de chaussées, extrêmement coûteux, créent des sujétions auxquelles les administrations publiques échappent difficilement.

Depuis quelques années, les architectes ont obtenu des pouvoirs publics, dans plusieurs cas, l'autorisation de placer sous les trottoirs, c'est-à-dire sous le domaine public, des accessoires servant aux immeubles tels que garages, soutènements, courettes anglaises et surtout des citernes à mazout. Il faut souhaiter que ces autorisations délivrées sans préconsultation des services de distribution constituent des mesures qui, dans l'avenir, n'aient plus cours, car ces encombrements sont, à notre époque, intolérables, d'autant plus que dans le cas d'implantation de réservoirs à mazout, on peut craindre peut-être l'apparition de phénomènes de corrosion.

A ce propos, il paraît urgent que les demandes en autorisation de construire soient soumises aux services intéressés lorsqu'il s'agit d'ouvrages du genre de ceux qui viennent d'être cités et que les architectes ne viennent plus, autorisation de cons-

truire en main, demander le déplacement de canalisations. Cette manière de procéder constitue un état véritablement anarchique, surtout quand il s'agit de canalisations haute tension, qu'elles soient aériennes ou souterraines.

#### *Disposition des canalisations sous la chaussée*

Nous avons vu plus haut que la nature des revêtements de chaussées, leur prix élevé et la densité de la circulation obligent dans la majorité des cas à poser les canalisations, qu'il s'agisse d'eau, de gaz, d'électricité ou de téléphone, sous les trottoirs. La disposition bilatérale s'impose pour les raisons qui viennent d'être invoquées car il ne peut être question de créer des traversées de chaussées, sauf peut-être pour le téléphone et l'électricité, à la condition de poser les câbles dans des tubes d'éternit ou de ciment.

La nécessité de poser toutes les canalisations sous les trottoirs implique des conditions de pose souvent difficiles. Mais l'esprit de collaboration qui doit animer les discussions entre les représentants des administrations et des services publics a généralement raison des ces difficultés.

Dans bien des cas, le logement dans le sous-sol des diverses canalisations des services publics (eau, gaz, électricité et téléphone) a posé le problème de la réunion de ces diverses conduites dans des caniveaux ou des galeries. Il semble bien que cette solution doit être celle de l'avenir à la condition cependant qu'elle soit envisagée au moment de la création de nouvelles artères, car la construction de semblables caniveaux dans des rues existant depuis de nombreuses décennies et parfois des siècles s'avère tellement coûteuse qu'elle devient irréalisable. Les services publics de Genève ont eu dernièrement l'occasion d'étudier en commun la création de caniveaux dans une des rues les plus importantes de cette cité, artère dont le revêtement et le profil doivent être entièrement modifiés. Malgré cette circonstance très favorable à la création de tels ouvrages, l'étude a montré que, compte tenu des frais, ce projet était raisonnablement irréalisable.

Il existe cependant et surtout pour les distributeurs d'énergie électrique, un moyen simple d'éviter l'ouverture répétée de tranchées au travers des rues: c'est la pose de tubes d'éternit ou de ciment de réserve au moment où des travaux doivent être entrepris pour la mise en place de canalisations ou lors de la réfection des revêtements des chaussées. Cette solution est facile à réaliser et évite à l'exploitant d'un réseau l'ouverture de tranchées perpendiculaires à l'axe de la chaussée et présentant par conséquent les plus grandes difficultés.

#### *Mode d'alimentation des immeubles*

La plupart du temps, les immeubles urbains sont alimentés à partir de la canalisation par le moyen de boîtes de dérivation. Ce mode de raccordement à partir de coffrets de distribution se pratique dans les zones suburbaines mais de façon générale on lui substitue de plus en plus le raccordement individuel.

Les boîtes d'immeubles contenant les fusibles sont le plus souvent des boîtes avec cartouches à haut

pouvoir de coupure, car les débits dans les immeubles locatifs sont de plus en plus élevés et les types de fusibles à vis s'avèrent insuffisants si l'on veut parer aux échauffements intempestifs.

#### *Détermination de la section des câbles*

La section maximum des câbles à plusieurs conducteurs (câbles triphasés, très rarement câbles diphasés) se situe aux environs de 150 mm<sup>2</sup> avec des sections de 75...95 mm<sup>2</sup> pour le conducteur neutre. Dans les villes d'une certaine importance, au-dessus de 50 000 habitants, il semble bien que le choix de fortes sections s'imposera de plus en plus car la puissance absorbée par un immeuble locatif atteint facilement 30 ou 40 kW, si bien qu'un câble de  $3 \times 150 \text{ mm}^2 + 75 \text{ mm}^2$  trouve son plein emploi lorsqu'il a assuré la distribution de quelques immeubles. Il suffit pour s'en convaincre de songer que dans le centre de la ville de Genève, il sera nécessaire très prochainement de construire des stations transformatrices avec des rayons de distribution n'excédant pas 100 mètres.

#### *Sectionneurs pour canalisations souterraines*

La plupart des canalisations souterraines d'une ville d'une certaine importance peuvent être alimentées au moins par deux stations transformatrices; ces canalisations comportent souvent des dérivations assez longues qui, elles aussi, peuvent être raccordées à d'autres stations. Cet ensemble constitue un réseau maillé dont les branches doivent pouvoir être séparées les unes des autres aux points d'intersection et il est souvent utile, pour permettre des répartitions de charges ou pour assurer en tout temps la fourniture chez un abonné important, de pouvoir disposer de sectionneurs en ligne même si la canalisation envisagée n'est reliée qu'à deux stations.

On utilise dans ces cas deux types d'appareils; le premier, le plus simple, est celui constitué par de simples couteaux venant se fixer dans des mordaches dont le serrage, pour de fortes intensités, peut être augmenté par un serrage latéral assuré par une vis bloquée après la mise en place du couteau. Le sectionneur est monté dans une boîte de fonte munie d'un couvercle que l'on peut déboulonner, ce qui permet d'atteindre les couteaux avec une perche de manœuvre spéciale. Des pièces isolantes peuvent se substituer aux couteaux en cas de consignment de l'appareil de sectionnement. On peut concevoir un appareil du même genre avec deux dispositifs de coupure au milieu desquels vient s'insérer une dérivation; le montage en est alors plus compliqué. Dans les deux cas, les connexions sont noyées dans une masse isolante d'où émergent seulement les éléments actifs. La boîte de fonte est elle-même placée dans une fosse munie d'un regard; à ce propos, il est nettement recommandable de placer cette fosse sous un trottoir plutôt que sous la chaussée pour des raisons faciles à comprendre.

Il existe dans plusieurs villes de Suisse des sectionneurs souterrains qui, par rapport à ceux dont nous venons de parler, présentent des avantages incontestables. Ils permettent, en effet, la coupure omnipolaire par rupture brusque; cette coupure s'effectue dans l'huile et cet appareil peut comporter

deux, trois ou quatre sectionneurs permettant d'isoler les unes des autres autant de canalisations. Le Service de l'électricité de Genève utilise ces appareils depuis plus de vingt ans et cela à son entière satisfaction. Il convient de remarquer que ce type de sectionneur peut, moyennant quelques précautions très simples, être manœuvré par toutes les intempéries, ce qui n'est pas le cas avec les appareils du premier type.

#### *Dimensions des conducteurs* *Câbles à un ou plusieurs conducteurs*

L'alimentation de certains abonnés dont les installations nécessitent de grandes puissances oblige actuellement le distributeur à adopter de plus en plus l'emploi du câble unipolaire. La seule solution rationnelle réside dans le choix de conducteurs à gaine thermoplastique.

Compte tenu de l'équilibrage de plus en plus satisfaisant des charges sur un réseau triphasé, il nous apparaît que l'adoption de sections égales entre les conducteurs de phases et celui du neutre est un gaspillage. Depuis longtemps du reste, on a adopté à Genève une section de neutre égale à la moitié de celle du conducteur de phase pour les câbles au-dessus de  $4 \times 35 \text{ mm}^2$ , sauf bien entendu pour les cas spéciaux.

Avec les câbles classiques à isolation au papier, il n'y a pas de problème au sens propre du terme, si les stations sont munies de disjoncteurs à coupure omnipolaire et à déclenchement rapide.

Il semble que les questions de réglage doivent être mieux étudiées avec des câbles polythène sans que cela présente au demeurant de grandes difficultés si l'on en juge par l'emploi massif que l'on fait à l'étranger de cette sorte de conducteur.

#### *Armure des câbles*

Cette armure peut être réalisée au moyen de bandes de feuillard ou de fils méplats qui constituent ce que l'on appelle une armure de tirage. Concernant la protection mécanique du câble, elles n'offrent pas plus l'une que l'autre une garantie suffisante. En effet, il est certain que ces minces couches de métal ne peuvent empêcher la perforation de la gaine de plomb si le câble est atteint par un coup de pioche, de ciseau ou de broche, surtout si cette dernière est actionnée par un marteau pneumatique ou, d'une façon plus générale, par une partie dure ou tranchante d'un des multiples appareils utilisés aujourd'hui pour les travaux de génie civil. Ces minces armatures métalliques discontinues ne préservent pas mieux la gaine de plomb des corrosions d'ordre chimique ou électrolytique.

Une seule protection semble être efficace, c'est celle que procure une gaine de PVC; une protection de ce genre paraît indiquée pour tous les câbles à haute tension, partout où existent des risques de corrosion.

Concernant l'emploi systématique de câbles sous plomb isolés au papier ou de câbles au polythène, les expériences en Suisse sont trop récentes et trop peu nombreuses pour que l'on puisse faire état de nos propres expériences et nous en sommes réduits

à observer ce qui se fait à l'étranger. Nous aurons l'occasion de reprendre ce sujet plus loin lorsque nous parlerons des câbles à gaine d'aluminium.

#### *Dimensions des câbles d'alimentation des immeubles*

Les dimensions de ces câbles ne sont, en général, jamais inférieures à  $4 \times 6 \text{ mm}^2$  et il serait ridicule, lorsqu'il s'agit de l'alimentation d'un immeuble si petit soit-il (villa pour une famille par exemple), de choisir une section plus faible et un nombre de conducteurs inférieur, car le prix du câble par rapport à celui des travaux de terrassement et d'introduction est relativement peu élevé.

#### *Câbles pour installations d'éclairage public*

Lorsque l'on doit alimenter une série de candélabres, deux modes d'alimentation peuvent être envisagés.

1. Si la distance entre le premier et le dernier candélabre n'est pas trop longue et si la puissance totale à transporter n'est pas trop élevée, on peut envisager une alimentation en série en passant le câble d'alimentation dans chaque candélabre. Cela implique naturellement d'assez faibles sections qui dépendent elles-mêmes de la place disponible dans le fût du candélabre.

2. Si les conditions requises pour une pose en série ne sont pas réalisées, il faut alors procéder suivant la méthode classique avec des boîtes de dérivation devant chaque candélabre.

Signalons que nous avons fait plusieurs essais d'alimentation de candélabres avec de simples câbles Tdc et que cette solution est particulièrement avantageuse car elle permet précisément l'alimentation en série et la confection de raccordements extrêmement simples à l'intérieur du fût des candélabres.

#### *Pose des câbles*

Dans la plupart des cas, la pose des câbles se fait en tranchées. Ces tranchées, dont les dimensions sont variables suivant le nombre et la nature des câbles devant y être posés, sont en général creusées à la main lorsqu'il s'agit d'installations dans une agglomération. Il est en effet très rare que l'on puisse ouvrir une tranchée au moyen d'une pelle mécanique dans une rue dont le sous-sol est fortement encombré et la chaussée livrée à une circulation intense.

Il existe actuellement des presses de grande puissance pouvant pousser des tubes métalliques dans le sous-sol. Les expériences que nous avons faites avec cette nouvelle méthode sont décevantes; nous ajouterons que dans certains cas elles peuvent même être dangereuses car les tubes poussés dans le terrain par ce moyen dévient beaucoup du tracé prévu et peuvent atteindre des canalisations en service. On peut dire que dans un sol comme celui constituant la majeure partie du plateau suisse, ce procédé est pratiquement inutilisable et ne peut trouver son application que dans des terrains meubles et sans alluvions.

Les câbles peuvent être tirés à la machine ou à la main. Si le profil en long le permet, c'est-à-dire si les obstacles à franchir ne sont pas placés à des



hauteurs très différentes par rapport au sol et assez éloignés les uns des autres, le tirage mécanique est plus avantageux que le tirage à la main qui nécessite parfois une très nombreuse main-d'œuvre auxiliaire pour un temps de travail relativement court.

Il est, dans tous les cas, avantageux de prévoir suffisamment de rouleaux pour supporter le câble pendant le tirage; il faut éviter avec les câbles sous plomb qu'ils prennent une flèche entre deux rouleaux car cela augmente beaucoup l'effort de tirage.

La protection des câbles dans le sol est assurée par des corps creux en ciment, des plaques de ciment ou des briques recouvrant l'emplacement du câble avec interposition d'une couche de sable entre le câble et les briques. Ce mode de protection nous paraît être le plus avantageux du double point de vue financier et technique. Il est en effet bon marché et c'est celui qui permet le meilleur refroidissement des câbles qui se trouvent être en contact étroit avec le sol sans interposition d'air, mauvais conducteur de la chaleur. A ce propos, il convient d'insister sur l'influence bénéfique de la profondeur pour le meilleur refroidissement des câbles.

Les câbles souterrains ne possèdent en général pas de signes extérieurs visibles permettant de désigner leur tension; leur repérage doit être assuré par des plans soigneusement tenus à jour.

Dans certains cas, on crée des chambres de visite pour des manchons de câbles à haute tension qui permettent des mesures de température et le contrôle des courants vagabonds.

Le remblayage des fouilles se fait à l'aide des matériaux extraits si leur qualité le permet, sinon il faut utiliser du gravier tout-venant. Cette mesure est du reste souvent imposée par les services de voirie qui réclament des réfections rapides de la chaussée qui a été ouverte.

La température de pose d'un câble ne devrait, en principe, jamais être inférieure à 5 °C. Il s'agit bien entendu de la température propre de l'objet. Il est facile, par le préchauffage, de conserver au câble cette température pendant la pose.

#### *Soudure des conducteurs ou emploi de serre-câbles*

D'une façon générale, on pratique la soudure des cordes pour le raccordement de câbles haute tension entre eux; cela est vrai surtout pour les tensions au-dessus de 10 kV.

Le raccordement des conducteurs basse tension se fait au moyen de serre-câbles, qu'il s'agisse de manchons de raccord ou de boîtes de dérivation.

#### *Câbles posés suivant des tracés présentant une forte déclivité*

Il est nécessaire de prendre certaines précautions lorsqu'on pose des câbles avec isolation au papier le long d'un tracé présentant une déclivité marquée. Ces précautions sont d'autant plus nécessaires que depuis la guerre, les câbleries utilisent pour leur compound des huiles à basse viscosité sous prétexte de diminuer les pertes diélectriques, ce qui pour des câbles à 50 Hz est, du reste, parfaitement inutile.

Il en résulte que même pour de faibles déclivités et à la condition qu'elles existent sur une assez

grande partie du tracé, le câble se met en pression sous l'effet du phénomène hydrostatique bien connu. Cela a pour conséquence de provoquer des déchirures des gaines et des manchons de plomb et de causer des surpressions dans les boîtes d'extrémité. Ce phénomène s'accompagne généralement de dépressions au moment des refroidissements périodiques du câble et souvent de pertes d'huile. Pour de fortes déclivités et si le bourrage du câble convient, on peut parer à ce défaut en bridant le câble, mais le plus simple est d'adopter dans ce cas un câble au polythène ou thermoplastique. Dans les cas de faibles déclivités, il faut insérer le long du tracé des manchons d'arrêt dits manchons-stop. Ces problèmes se posent surtout pour les câbles à haute tension.

#### *Câbles en aluminium*

A ce propos, il convient de dire quelques mots sur un nouveau type de câble qui, nous le croyons, trouvera au cours des années à venir des applications toujours plus nombreuses. Nous voulons parler des câbles électriques à conducteurs d'aluminium.

L'aluminium est employé depuis longtemps pour la fabrication de conducteurs électriques. En 1903 déjà, une compagnie française utilisait des conducteurs en aluminium pour la construction d'une ligne à haute tension de 30 km de longueur alimentant Béziers. A la même époque, une société américaine construisait également avec des conducteurs en aluminium une ligne de 230 km destinée à l'alimentation de San-Francisco.

Il y aurait de nombreux exemples à citer encore, mais contentons-nous de constater que des centaines de kilomètres de câbles aluminium posés avant 1914 sont encore en service aujourd'hui.

Il semble donc bien que ces câbles aluminium ont fait leurs preuves et qu'avec les immenses progrès réalisés dans la technique et dans la fabrication des câbles, ce matériau national qu'est l'aluminium devrait pouvoir trouver un plus large emploi dans le domaine de la construction des réseaux électriques suisses.

Du point de vue technique, l'emploi de câbles à enveloppe d'aluminium présente incontestablement des avantages que les câbles conventionnels ne peuvent offrir.

1. Résistance mécanique plus élevée supprimant l'emploi des armures de feuillard.
2. Légèreté entraînant économie de transport et de pose surtout.

Il est clair que les efforts de tirage sont beaucoup plus importants avec des câbles de cuivre conventionnels qu'avec les câbles d'aluminium, car il ne faut pas oublier que si les galets de roulement ne sont pas très rapprochés les uns des autres lors d'une pose d'un câble ordinaire, ce dernier prend immédiatement des flèches qui augmentent singulièrement l'effort de tirage.

La gaine de plomb d'un câble classique ne peut supporter un effort de traction dépassant 2 kg/mm<sup>2</sup> et à la condition qu'une certaine quantité d'étain soit alliée au plomb, alors que la gaine aluminium

à 99,5 % de pureté supporte 7...9 kg/mm<sup>2</sup>. Les allongements avant la rupture sont respectivement de 25...35 % et 20...25 %.

L'élévation de température dans un conducteur d'aluminium à chute de tension égale est de 20 % moins élevée que dans un conducteur de cuivre.

La conductivité du plomb est de

$$4,82 \cdot 10^4 \text{ (Ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}\text{)}$$

alors qu'elle est de  $37,6 \cdot 10^4$  pour l'aluminium; la conductivité de ce métal est donc près de 8 fois plus grande que celle du plomb, ce qui permet dans tous les cas, c'est-à-dire même avec les conducteurs de phases de grosse section, d'utiliser la gaine comme conducteur neutre.

L'utilisation de la gaine du câble d'aluminium (nous entendons par là un câble dont la gaine et les conducteurs sont en aluminium) n'a pas été sans soulever des critiques assez vives. Il faut en effet prévoir un pont assurant parfaitement la continuité du conducteur neutre. Un serrage de ce pont, même assuré par des brides bien étudiées, ne peut, de l'avis des spécialistes et des organes de surveillance, offrir une sécurité totale; la soudure a donc été substituée au serrage. On utilise par exemple un pont constitué par un conducteur en cuivre étamé dont la soudure sur la gaine d'aluminium se fait par le moyen ordinaire d'un bon étain à frotter.

### Réseaux aériens

Concernant la structure des réseaux aériens basse tension, on continue d'une manière très générale en Suisse à utiliser comme support de ligne le poteau en bois malgré la concurrence du poteau en béton. Le support de bois présente de tels avantages sur les autres types de supports, qu'il s'agisse de béton ou de métal, que l'on peut avoir la certitude que pendant très longtemps encore, les exploitants resteront fidèles au poteau bois. Pour les lignes à haute tension jusqu'à environ 30 kV les tendances actuelles sont très partagées mais beaucoup de distributeurs utilisent encore pour ce genre de lignes le support en bois. Nous verrons plus loin, lorsque nous aborderons le problème de la conservation des poteaux en bois, ce qu'il faut penser de l'utilisation de ce type de support pour la construction des lignes à haute tension. Mais disons d'emblée que ce ne sont pas toujours des considérations d'ordre technique qui font choisir un autre type de support (béton ou métal) mais bien plutôt les difficultés toujours croissantes que le constructeur éprouve pour l'obtention des droits de passage au travers des propriétés privées. Ces difficultés sont particulièrement grandes lorsqu'il s'agit d'implanter des supports dans des terrains agricoles. Cela se conçoit du reste facilement si l'on considère l'évolution qui s'est manifestée au cours des dernières décennies dans l'art de cultiver la terre. Le machinisme s'est emparé également de l'agriculture et le maniement des machines agricoles rend de plus en plus indésirable la présence de supports de ligne dans les terrains cultivés. L'agriculteur propriétaire de ces terrains désire les conserver vierges de tout obstacle pouvant entraver la marche normale de ses engins agricoles et être la cause de

leur détérioration. Cela est si vrai qu'il existe des cas où des propriétaires ont refusé les autorisations d'implanter une ligne sur leur domaine, malgré l'offre de substantielles indemnités. Il résulte de cet état de fait que le constructeur se trouve dans l'impérieuse nécessité de réduire le nombre des supports de ligne au strict nécessaire et d'utiliser des poteaux en béton ou en fer pour réaliser des lignes à longues portées ou réputées telles. On pourrait objecter à cette argumentation qu'il existe la loi d'expropriation que peut faire appliquer le distributeur d'énergie électrique, surtout s'il est service public. Malheureusement, les formalités d'un tel procès sont longues et coûteuses. Elles sont blessantes pour celui qui en est l'objet et il ne faut avoir recours à cette procédure que si vraiment il n'existe pas d'autre moyen d'entente, car le plus souvent elle crée chez les propriétaires de la région où se trouve l'exproprié, un état d'esprit très peu favorable aux tractations ultérieures que devra inmanquablement entreprendre un jour ou l'autre le service ou la compagnie d'électricité desservant ladite région. Cette façon d'envisager les choses résulte de nombreuses expériences vécues.

### Choix des conducteurs

Contrairement à ce qui se fait couramment à l'étranger, en France, en Allemagne, en Angleterre ou aux Etats-Unis entre autres, on a tendance en Suisse à utiliser le plus souvent des conducteurs en cuivre pour les lignes aériennes à basse tension. Cela résulte le plus souvent de la coutume qui, on le sait, a parfois force de loi. Le conducteur d'aluminium présente pourtant certains avantages qui font que son emploi est extrêmement fréquent, voire généralisé, dans les pays précités. A quoi faut-il attribuer le peu de confiance que lui accordent la plupart des exploitants de réseaux suisses? Nous pensons que cela provient en grande partie de mauvaises expériences faites en Suisse pendant la dernière guerre mondiale et que ces mauvaises expériences sont dues au fait que l'emploi de ces conducteurs n'a pas été accompagné des précautions nécessaires et que la technique réglant les conditions de pose de ces conducteurs a été souvent négligée ou mal connue du personnel chargé de la construction des lignes. Les prescriptions concernant le réglage de ces conducteurs, en particulier, n'ont pas été appliquées et il en est résulté des accidents lors de grands froids ou d'intempéries. Il ne faut pas oublier, à ce sujet que bien souvent, lors de la construction de lignes comportant des conducteurs de cuivre, le réglage des dits conducteurs, lorsqu'il s'agit de portées normales, est laissé aux soins d'un chef d'équipe qui règle les flèches de manière empirique. Cela n'a le plus souvent que peu d'importance s'il s'agit de conducteurs en cuivre, mais ce manque de méthode peut par contre avoir de graves conséquences s'il s'agit de conducteurs en aluminium. Dans bien des cas également, les exploitants ont eu des ennuis avec des pièces de jonction ou de raccord qui ont été le siège de phénomènes de corrosion dus généralement au bimétallisme. Ces accidents ne se produisent pas si l'on prend la précaution de graisser les pièces de raccord et les conducteurs avec une vaseline industrielle neutre d'un prix peu élevé.

Le Service de l'électricité de Genève construit des réseaux à basse tension avec conducteurs en aluminium depuis 1940; jamais un accident de quelque importance n'a été enregistré sur ces réseaux.

L'utilisation du câble d'Aldrey, en revanche, n'offre pas la même sécurité que le câble d'aluminium. Parmi les inconvénients que présente l'emploi de cet alliage, le plus grand est certainement le manque de ductilité des brins constituant la corde d'Aldrey ce qui, en cas de rupture d'un de ces brins, provoque presque infailliblement un court-circuit s'il s'agit d'un de ceux constituant la dernière couche du câblage. Ce fil se déroule en effet sur une assez grande longueur et peut flotter ensuite entre les conducteurs.

#### *Valeur économique du support en bois*

Il existe plusieurs manières de déterminer la valeur économique d'un support de ligne; cela dépend de l'idée que l'on se fait des charges financières d'un réseau.

En ce qui concerne le poteau en bois particulièrement, il est difficile de se faire au préalable une idée exacte de sa valeur économique puisque sa durée de vie est très variable suivant la nature du support et ses conditions de vie ou d'implantation, ce qui obligerait à adopter un taux d'amortissement très variable lui aussi, suivant les cas.

L'impérieuse nécessité de prolonger autant que possible la durée de vie des poteaux en bois ne fait pas aujourd'hui l'ombre d'un doute. Les conditions d'exploitation deviennent chaque jour plus difficiles et il suffit à ceux qui ont exploité des réseaux il y a 25 ans de se souvenir qu'à cette époque, une coupure de courant d'une demi-journée, voire d'une journée, pouvait être envisagée sans beaucoup d'appréhension sur un réseau rural. Il n'en va plus de même aujourd'hui; l'emploi des appareils électro-ménagers, des moteurs et d'autres appareils agricoles servant à l'exploitation des fermes s'est généralisé, sans parler du petit artisanat, si bien que dans beaucoup de cas la coupure de courant ne peut excéder deux heures. Encore faut-il souvent procéder à des raccordements provisoires. La structure des réseaux même s'est modifiée en devenant plus compliquée par l'adoption quasi générale de lignes et de branchements triphasés sans oublier les installations d'éclairage public.

Cela a eu pour conséquence d'augmenter très sensiblement le prix de remplacement d'un poteau pourri.

Déjà en 1951, dans un rapport des FMB, M. Grosen écrivait:

«L'énorme importance économique de la durée de vie moyenne d'un poteau apparaît si l'on songe qu'avec un réseau comportant aujourd'hui 157 000 supports, la prolongation de la durée de vie d'une année seulement pour l'ensemble de ces supports représente une économie de 1 160 000 francs. La différence de durées de vie, d'environ 11 ans et dûment contrôlée, existant entre différents secteurs, correspondrait si elle s'étendait à l'ensemble du réseau, à une perte ou à un bénéfice (environ Fr. 80.— par poteau) de plus de 12 millions de francs,

ce qui représente annuellement 430 000 francs (pendant 11 ans).»

Il y aurait de nombreux autres exemples à donner, mais nous pensons que celui que nous venons de citer est suffisant pour vous montrer l'importance de la valeur économique d'un poteau qui, finalement, détermine son prix réel, car le prix d'achat du poteau seul ne peut donner une idée exacte de sa vraie valeur. Cela a l'air d'un lieu commun mais nous savons par expérience que beaucoup d'exploitants ne considèrent pas cette question sous son véritable aspect.

Il résulte en outre de ces considérations que les traitements ultérieurs ou secondaires conserveront toujours leur valeur, quelle que soit la qualité du traitement primaire.

Parmi les procédés les plus généralement utilisés, citons le procédé «Cobra» qui, bien appliqué, donne incontestablement de bons résultats. Sauf erreur de notre part, ce procédé est utilisé en Suisse depuis 20 ans au moins et l'on peut par conséquent se faire une idée exacte de sa valeur non seulement en observant le résultat des essais entrepris en 1952, mais aussi et surtout grâce aux expériences des exploitants qui lui ont accordé leur confiance.

En particulier, les Forces Motrices Bernoises, la Compagnie Vaudoise d'Electricité et le Service de l'Electricité de Genève, pour ne parler que des expériences que nous connaissons bien, ont fait injecter ou réinjecter des milliers de supports au moyen du procédé «Cobra». Les résultats obtenus sont absolument concluants et l'on peut dire sans risque de se tromper que ce procédé est rentable, qu'il s'agisse de traitements de base ou ultérieurs.

On peut à ce propos se demander si les traitements ultérieurs sont nécessaires et rentables. A cette question on peut, sans le moindre doute, répondre affirmativement, les campagnes de réinjection payent largement l'exploitant.

Nous avons déjà donné l'avis des Forces Motrices Bernoises; nous donnerons aussi, très brièvement, le résultat des expériences faites par le Service de l'Electricité de Genève sur un réseau comportant 22 000 poteaux. La durée de vie moyenne des poteaux remplacés, qui était en 1936 de 16,2 ans, atteint 19,1 ans en 1946 pour arriver, en 1958, après plusieurs campagnes de réinjection, à 27,3 ans. Le nombre de poteaux remplacés pour cause de carie diminue dans une proportion inverse plus grande encore; pendant la période 1936...1940, c'est-à-dire en cinq ans, on remplace 2530 poteaux; pendant la période 1954...1958, le nombre de poteaux remplacés pour cause de pourriture tombe à 945. L'âge moyen est 1,68 fois plus grand et le nombre de poteaux remplacés est 2,68 fois plus petit pour les périodes correspondantes.

Si les traitements de base sont améliorés, et cela peut et doit être le cas, tous les espoirs sont permis; la durée de vie moyenne des supports placés dans les conditions d'existence les plus défavorables pourra atteindre facilement plus de 30 ans. Mais déjà maintenant, l'exploitant a la possibilité d'éliminer tous les cas de carie prématurée qui créent, dans l'exploitation d'un réseau, une trop grande dispersion des interventions.

## Influence de la durée de vie sur la valeur économique d'un support de ligne

Pour juger de la valeur économique d'un poteau, on doit faire intervenir les frais annuels qu'entraîne la présence du support dans un réseau pendant sa durée de vie. Le calcul de cette valeur se faisait auparavant par simple division des frais de l'installation par la durée de vie moyenne, en négligeant l'amortissement et l'intérêt, ce qui donnait un quotient inférieur à la valeur réelle.

En tenant compte de ces éléments, la valeur d'emploi ou charge financière annuelle  $R$ , dont dépend la valeur économique d'un support, se calcule d'après la formule suivante:

$$R = N_1 f + \frac{N_2 f}{(1+f)^n - 1} = f \left( N_1 + \frac{N_2}{(1+f)^n - 1} \right)$$

où  $R$  valeur d'emploi ou charge financière annuelle

$N_1$  capital initial investi par poteau pour la construction de la ligne

$N_2$  capital nécessaire au remplacement d'un poteau

$f$  taux de l'intérêt

$n$  durée de vie moyenne d'un poteau

Le deuxième membre de l'équation soit  $\frac{f N_2}{(1+f)^n - 1}$  diffère de la formule classique de l'amortissement d'un capital qui s'écrit  $a = \frac{f N_2 (1+f)^n}{(1+f)^n - 1}$  car il y manque le terme  $(1+f)^n$  au numérateur, ce qui signifie que la valeur  $N_2$  n'est pas capitalisée.

Cette valeur d'emploi suppose donc la ligne en état de fonctionner pendant la durée de vie du poteau, sans remboursement du capital initial  $N_1$  ni amortissement de  $N_2$  pendant la durée de vie  $n$ .

Au sujet de la valeur  $N_2$ , il convient de remarquer que cette valeur est supérieure à  $N_1$  car, nous l'avons dit, le remplacement de poteaux atteints sporadiquement de carie coûte sensiblement plus cher que la mise en place du support lors de la construction de la ligne.

Nous avons traduit en chiffres (tableau I) la formule précitée pour un taux de  $3\frac{1}{2}\%$ . Son emploi est facile et permet de déterminer rapidement la valeur d'emploi — ou charge financière annuelle — d'un support quels que soient son type et ses caractéristiques. Il faut naturellement une série de calculs pour chaque valeur du taux de l'intérêt.

Exemples de détermination de la charge financière  $R$  d'un support de ligne au moyen de la formule:

$$R = f N_1 + \frac{f N_2}{(1+f)^n - 1}$$

$f$  taux de l'intérêt, dans notre exemple:  
 $f = 3,5\%$ .

$N_1$  capital initial, en francs.

$N_2$  capital de remplacement, en francs.

$n$  durée de vie, en années.

Tableau I

$N_1$ en francs	$N_2$ en francs	Charge financière $R$ , en francs					
		$n =$ 20 ans	$n =$ 25 ans	$n =$ 30 ans	$n =$ 35 ans	$n =$ 40 ans	$n =$ 50 ans
200.—	300.—	17,60	14,70	12,80	11,50	10,55	9,30
200.—	400.—	21,15	17,30	14,75	13,10	11,75	10,05
250.—	350.—	21,15	17,75	15,55	14,00	12,90	11,40
250.—	500.—	26,45	21,60	18,45	16,25	14,65	12,60
300.—	450.—	26,40	22,05	19,20	17,25	15,80	13,95
300.—	600.—	31,70	25,90	22,10	19,50	17,60	15,10
400.—	600.—	35,20	29,40	25,60	23,00	21,10	18,60
400.—	800.—	42,30	34,55	29,50	26,00	23,45	20,10

Ces exemples montrent bien l'importance que présente la prolongation de durée de vie d'un support sur le plan financier, indépendamment des complications que ne manquent pas d'entraîner dans l'exploitation d'un réseau la carie prématurée d'un poteau ou des remplacements d'autant plus fréquents que la durée de vie moyenne est plus courte.

Et cela nous montre aussi que le prix d'achat d'un support joue en somme un rôle secondaire dans l'économie bien comprise d'une entreprise d'électricité.

Quoi qu'il en soit, nous avons maintenant la certitude que la durée de vie du support en bois peut-être considérablement augmentée; il suffit de le vouloir. Cela dépend en partie de la volonté des Centrales Suisses et surtout de celle des PTT qui, à eux seuls, sont les plus gros clients des fabricants de poteaux. Quant à ces derniers, s'ils veulent parer à la redoutable concurrence du poteau en béton, ils savent ce qu'il leur reste à faire.

### Lignes à moyennes ou à longues portées sur poteaux en bois

Si la prolongation de la durée de vie des poteaux en bois présente pour les exploitants de réseaux et leurs abonnés des avantages dont nous avons essayé de montrer l'importance, elle doit concourir également à la revalorisation de ce support en lui attribuant, quand cela est possible, un rôle que jouaient jusqu'à ce jour d'autres types de supports. Il ne faut pas oublier à cet égard que si le poteau béton a pris en France la place importante qu'il occupe aujourd'hui, cela est dû pour une très grande part aux mécomptes éprouvés par les exploitants avec le poteau bois dont certaines fournitures, effectuées pendant les années d'après guerre, de 1918 à 1926, étaient, il faut bien le reconnaître, plutôt défectueuses dans l'ensemble. Du reste, nous avons fait en Suisse la même expérience avec les fournitures de guerre et d'après-guerre. Et il faut ajouter, pour rester objectif, que cela ne fut pas toujours par la faute des fabricants de poteaux, ceci pour plusieurs raisons:

quantité anormale de poteaux à fournir dans un délai restreint;

emploi restreint d'antiseptiques (sulfate de cuivre) de mauvaise qualité;

utilisation de bois insuffisamment secs et de qualité douteuse.



Est-il certain, maintenant, que le poteau béton mette l'exploitant à l'abri des accidents et des mécomptes que l'on impute à l'usage du poteau bois?

L'emploi du poteau béton offre, certes, des aspects très séduisants, mais d'ici à dire qu'il peut sans autre se substituer au bois, il y a un très grand pas à franchir.

On peut se demander, dès lors, s'il ne convient pas d'envisager la modification de l'article 77 de l'Ordonnance fédérale sur les installations électriques à courant fort, de façon à permettre de tirer un meilleur parti des possibilités des supports en bois.

Plusieurs distributeurs d'énergie se sont déjà posé la question car, comme nous l'avons vu, ils se trouvent presque tous en face de difficultés croissantes pour l'obtention des autorisations de passage.

La Compagnie Vaudoise d'Electricité, la Société Romande d'Electricité, les Entreprises Electriques Fribourgeoises, la Société Electrique des Forces de l'Aubonne et le Service de l'Electricité de Genève, pour ne parler que de la Suisse Romande et de faits parvenus à notre connaissance, se sont penchés sur ce problème.

La Compagnie Vaudoise d'Electricité a fait procéder par M. l'Ingénieur Treyvaud, à une étude complète consignée dans un rapport dont nous extrayons les passages suivants qui paraissent symptomatiques:

«*Droits de passage.* Le renchérissement constant des droits de passage ainsi que les difficultés de plus en plus grandes qu'il y a à les obtenir, poussent toujours plus les constructeurs à abandonner les lignes ordinaires, construites sur supports en bois et dont la portée maximum est de 50 m, au profit de lignes à grandes portées sur supports béton ou métalliques. Ces lignes, malgré certains avantages techniques, reviennent notablement plus cher que les lignes ordinaires de même capacité (artères de moyenne tension). D'autre part, elles se prêtent moins que ces dernières à des changements de tracés ou à des modifications de tension.

«*Imprégnation des bois.* Les procédés d'imprégnation des bois se sont fortement améliorés ces dernières années. Les champignons qui n'étaient plus combattus par le sulfate de cuivre sont éliminés par de nouveaux procédés (Cobra, sels UAR, etc.). On peut donc escompter que la durée de vie des poteaux bois va augmenter sensiblement et dépasser en moyenne 20 ans. Ceci nous permettra vraisemblablement de considérer le support bois comme un support «durable» au sens des Lois et Ordonnances fédérales étant donné, d'autre part, que des modifications de lignes peuvent subvenir dans un espace de 20...30 ans.

«*Choix d'une ligne de transport et but de l'étude.* Ces diverses considérations nous ont poussés à entreprendre l'étude technique et économique des lignes à grandes portées sur supports en bois, de telles réalisations devant être nettement moins onéreuses que les lignes sur supports métalliques ou béton. Le coût total d'une ligne ordinaire (frais de conducteur non compris) a pu être adopté comme critère de

référence, les coûts des lignes à grandes portées sur supports en bois étant du même ordre de grandeur.»

Voici quelques données à cet égard:

#### *I. Ligne 10 kV sur portiques mixtes (bois et métal)* *Caractéristiques générales:*

- Longueur 6348 mètres
- Portée moyenne 151 mètres
- Portée maximale 363 mètres
- Conducteurs  $3 \times 95 \text{ mm}^2$  «Aldrey»
- Isolateurs - «Motor», type 6595
- Matériel d'équipement - «G. F.»
- Capacité de transport ( $\cos \varphi : 0,80$ , pertes : 5 %) 1500 kW.

#### *Prix de revient du kilomètre de ligne:*

- |  |                     |
|--|---------------------|
| — Toutes fournitures et montage, transports, etc.: | Fr. 18 500.—        |
| — Indemnités de passage et règlement des dégâts:   | Fr. 1 000.—         |
| Total:   | <u>Fr. 19 500.—</u> |

#### *II. Ligne 20 kV sur portiques mixtes (bois et métal)* *Caractéristiques générales:*

- Longueur 3736 mètres
- Portée moyenne 143,70 mètres
- Portée maximale 271,50 mètres
- Conducteurs  $3 \times 95 \text{ mm}^2$  «Aldrey»
- Isolateurs - «Motor», type 6807
- Matériel d'équipement - «G. F.»
- Capacité de transport ( $\cos \varphi : 0,80$ , pertes: 5 %) 10 000 kW.

#### *Prix de revient du kilomètre de ligne:*

- |  |                     |
|--|---------------------|
| — Toutes fournitures et montage, transports, etc.: | Fr. 20 000.—        |
| — Indemnités de passage et règlement des dégâts:   | Fr. 1 500.—         |
| Total:   | <u>Fr. 21 500.—</u> |

Pour terminer, nous citerons les caractéristiques de deux timides essais effectués récemment par le Service de l'électricité de Genève.

Il ne s'agit pas de lignes de conception révolutionnaire: l'une a des portées n'excédant pas 82 mètres, c'est celle de Sézenove; l'autre, avec une portée maximale de 71 mètres, est celle d'Avully.

Les caractéristiques de ces lignes sont les suivantes: Les poteaux, du type «fort», mesurent 26,5 cm à l'encastrement, avec un défilement inférieur à 6 mm, et sont implantés à 1 m 80 ou 1 m 90 de profondeur suivant les cas. Ces poteaux ont été injectés suivant le procédé Boucherie, au sulfate de cuivre, puis traités en chantier selon le procédé Cobra sur une longueur de 2 mètres, de telle sorte que la zone d'encastrement se trouve au milieu de cette partie traitée spécialement. Les poteaux ont été en outre, avant leur implantation, badigeonnés au «Solignum». Puis, après l'implantation, ils ont été, par surcroît de précaution, munis de bandages Wolman.

La ligne de Sézenove a une longueur de 853 mètres et celle d'Avully 436 mètres.



Les calculs de ces lignes ont été conduits en observant les prescriptions fédérales concernant les contraintes, la seule entorse faite aux ordonnances est l'absence de socles, quoique l'article 92, chiffre 1, stipule que «les supports des lignes à grandes portées doivent être constitués, en règle générale, par des matériaux durables; dans des cas spéciaux, le bois est aussi admis pour les supports ordinaires (porteurs)», sans spécifier si la présence de socles est indispensable.

Dans les deux cas précités, la section des fils est de 28,3 mm<sup>2</sup> cuivre. Avec la surcharge de 2 kg/m, la garde au sol (au-dessus de prés) est 6,2 m pour la ligne de Sézenove et 8 m pour celle d'Avully. L'écartement des conducteurs, qui sont disposés suivant le

système nappe-voûte, c'est-à-dire avec le conducteur médian surélevé, est de 90 cm.

Les isolateurs du type «Rig», de Rosenthal, sont fixes mais permettent un certain glissement du conducteur et éliminent les couples de torsion car, en alignement, le conducteur repose dans l'axe de la ferrure.

Le prix de lignes de ce genre pour construction en terrain plat n'excède pas 11.— Fr./m et peut être ramené à 10.— Fr. si la longueur est supérieure à 2 km. Ces prix s'entendent sans appareil de sectionnement mais avec deux arrêts de ligne.

Adresse de l'auteur:

L. Carlo, Chef de la section des réseaux du Service de l'Électricité de Genève, Genève.

## Communications de nature économique

### Production et distribution d'énergie électrique en Belgique en 1958 et programme d'extension 1958/62

31 : 621.311(493)

Nous extrayons les indications suivantes sur l'économie électrique belge du rapport annuel détaillé de la Fédération professionnelle des producteurs et distributeurs d'électricité en Belgique pour 1958. Il s'agit d'un territoire de 30 000 km<sup>2</sup> environ avec une population de quelque 9 millions d'habitants (Suisse: environ 41 000 km<sup>2</sup> et 5 millions d'habitants en chiffre rond).

La puissance disponible nette de toutes les centrales belges s'élevait à 3304 MW en 1958. Elle a par conséquent augmenté en cinq ans de 17,1 % après déduction des vieilles installations démontées (en Suisse, la puissance maximum de la consommation dans le pays atteignit 2690 MW en 1958). En ce qui concerne la répartition de la puissance globale belge entre les divers types d'usines génératrices, voir les indications détaillées pour l'année 1957 parues dans ce périodique <sup>1)</sup>.

Le tableau I indique la production annuelle nette d'énergie en 1957 et 1958, ainsi que la variation en pour-cent par rapport à l'année précédente.

Production annuelle nette d'énergie

Tableau I

	1957 GWh	1958 GWh	Variation en %
<i>Producteurs distributeurs</i>			
Entreprises privées . . .	6666	6606	— 0,9
Entreprises publiques . .	436	442	+ 1,6
<i>Autoproductions industriels</i>			
Centrales communes . . .	1149	1211	+ 5,4
Centrales propres . . . .	4360	4259	— 2,1
<b>Total</b>	<b>12611</b>	<b>12518</b>	<b>— 0,7</b>

Tandis que la production nette de toutes les entreprises avait augmenté en 1957 de 6,4 % par rapport à 1956, on constate en 1958 une régression de 0,7 % vis-à-vis de 1957. A remarquer qu'en Belgique, contrairement à ce qui se passe en Suisse, une très grande part de la production totale tombe sur les entreprises industrielles et que 94 % environ de la production des entreprises livrant à des tiers proviennent d'entreprises privées.

La répartition de la production nette d'énergie entre les différentes sources ressort du tableau II.

Les usines qui utilisent les gaz de récupération sont rattachées pour la plupart à des forges; dans le cadre de la production globale, les gaz de récupération jouent un rôle considérable comme combustible. La part du charbon a reculé de 74,9 % en 1957 à 72,6 % en 1958; malgré cela, le charbon est toujours encore l'agent énergétique le plus important pour la

<sup>1)</sup> Bull. ASE, Pages de l'UCS, 49<sup>e</sup> année(1958), n° 21, page 1043.

Production nette d'énergie répartie selon la source d'énergie  
Tableau II

Nature de la production et combustible utilisé	1957 GWh	1958 GWh	en % du total général
<i>Usines thermiques</i>			
Charbon . . . . .	9446	9093	72,6
Gaz de récupération .	1607	1637	13,1
Fuel oil et gaz de pétrole . . . . .	1386	1591	12,7
<b>Total</b>	<b>12439</b>	<b>12321</b>	<b>98,4</b>
<i>Usines hydrauliques . .</i>	<b>172</b>	<b>197</b>	<b>1,6</b>
<b>Total général</b>	<b>12611</b>	<b>12518</b>	<b>100,0</b>

production d'électricité en Belgique. La part insignifiante des usines hydrauliques est conditionnée par la topographie du pays.

Le tableau III donne le partage de la consommation globale entre haute et basse tension, et sa répartition dans les secteurs principaux de l'économie électrique.

Consommation annuelle d'énergie électrique

Tableau III

	1957 GWh	1958 GWh	Variation en %
<i>Consommation en basse tension</i>			
Eclairage privé et commercial et usages domestiques . . . .	1373	*	*
Eclairage public et bâtiments publics . . . . .	169	*	*
Force motrice pour l'artisanat . .	115	*	*
<b>Total</b>	<b>1657</b>	<b>1789</b>	<b>+ 8,0</b>
<i>Consommation en haute tension</i>			
Industrie . . . . .	9351	9209	— 1,5
Traction . . . . .	615	641	+ 4,2
Eclairage . . . . .	177	195	+ 9,9
<b>Total</b>	<b>10143</b>	<b>10045</b>	<b>— 1,0</b>
<b>Consommation globale dans le pays</b>	<b>11800</b>	<b>11834</b>	<b>+ 0,3</b>

Ce qui frappe par rapport à l'année précédente, c'est l'augmentation de 132 GWh ou de 8 % dans la fourniture à basse tension (ménages et artisanat principalement) et le recul de 98 GWh ou de 1 % dans la fourniture à haute tension (industrie principalement). La répartition de la consommation globale entre les trois secteurs de l'industrie, de la traction, des applications domestiques et artisanales est essentiellement différente en Belgique qu'en Suisse. Alors qu'en Belgique c'est l'industrie qui prend la part du lion, en Suisse on a la distribution suivante: industrie (sans les chaudières électriques) 42 %, ménages, artisanat et agriculture 48 %, traction 10 %.

Les échanges d'énergie avec l'étranger sont loin d'avoir en Belgique la même ampleur qu'en Suisse. Abstraction faite d'un excédent d'exportation en 1957, la Belgique accusa dans les années 1949...1958 chaque fois un excédent d'importation, variant entre quelques GWh et une centaine de GWh. Durant cette période, l'importation globale fut de 200...300 GWh par

année. Pour l'exercice 1958 on enregistre 296 GWh importés et 234 GWh exportés, soit un excédent d'importation de 62 GWh. Dans la quote exportée en 1958 figurent aussi 41 GWh d'énergie électrique livrés à la Suisse. En 1957 l'exportation de Belgique en Suisse avait atteint 217 GWh.

Le tableau IV montre le bilan global de la production et de la consommation.

Bilan général de la production et de la consommation pour 1957 et 1958 Tableau IV

	1957 GWh	1958 GWh	Variation en %
Production indigène . . . . .	12 611	12 518	— 0,7
Importation . . . . .	295	296	+ 0,3
Energie brute disponible . . . . .	12 906	12 814	— 7,2
Consommation indigène nette . .	11 800	11 834	+ 0,3
Exportation . . . . .	399	234	— 41,3
Pertes . . . . .	707	746	+ 5,5
Total	12 906	12 814	— 7,2

En Belgique les pertes ne représentent que le 6 % de la demande totale (en Suisse 10 %), ce qui provient sans doute du fait que les gros besoins de l'industrie sont couverts le plus souvent par des usines édifiées à proximité des centres de consommation. La consommation spécifique d'électricité par tête d'habitant atteignit en 1958 1311 kWh (1318 kWh l'année précédente, contre 640 kWh, soit moins de la moitié en 1939). En Suisse la consommation spécifique par habitant est environ 2,3 fois plus élevée qu'en Belgique (2980 kWh).

Les projets d'extension à longue échéance des entreprises belges d'électricité se basent sur l'hypothèse d'un accroissement annuel de la consommation de 5,5 %, correspondant d'ailleurs à l'accroissement effectif moyen durant les années 1953...1958. Ces dernières années la consommation dans les ménages et l'artisanat a augmenté plus rapidement que dans l'industrie (en moyenne 6,5 % contre 5,3 %). Mais comme les besoins de l'industrie dépassent de beaucoup ceux des autres secteurs, il est à prévoir que l'évolution de la consommation d'électricité suivra en tout premier lieu celle de l'industrie. Le programme des cinq années 1958...1962 prévoit en Belgique l'installation de 1600 MW dans des usines nouvelles, ce qui représente presque la moitié de la puissance globale disponible actuellement. Viennent s'y ajouter encore les projets de deux centrales atomiques belges, d'une puissance totale de 150 MW environ. Dans les nouvelles centrales thermiques à vapeur, il est prévu d'installer à la place des machines usuelles de 50...60 MW un type deux fois plus puissant, d'une puissance unitaire de 115...120 MW. Le premier groupe de 115/120 MW faisant partie du nouveau programme a déjà été mis en service en décembre 1958. Tandis que les groupes en service, provenant de l'époque 1950...1955, étaient exploités sous une pression de 85 kg/cm<sup>2</sup> à la température de 510 °C, les nouvelles unités sont construites pour une pression de 140 kg/cm<sup>2</sup>, la vapeur atteignant des températures de 540...560 °C. En même temps, on est arrivé à améliorer le rendement, qui était encore de 22 % pour les anciens groupes de 30 MW, pour passer à 29 % avec les groupes de 50 MW et arriver aujourd'hui à 35 % et davantage avec les groupes de 115 MW. On envisage même d'installer des groupes de machines encore plus puissants, de 250 MW. — La plus haute tension utilisée dans le réseau national belge est de 150 kV, et la majorité des liaisons avec l'étranger sont également exploitées sous cette tension, à l'exception de quelques lignes à 70 kV. On étudie actuellement la construction de lignes aériennes à 380 kV pour établir la jonction avec les réseaux correspondants des pays voisins, de sorte que la tension intermédiaire de 220 kV sera vraisemblablement sautée en Belgique au cours de cette évolution.

Fr. : Bq.

P. Troller

## Aménagement des forces hydrauliques en Norvège

Selon un aperçu présenté par l'Office norvégien des eaux et de l'électricité<sup>1)</sup>, la puissance installée des usines hydrauliques de plus de 100 kW atteignait dans ce pays environ

<sup>1)</sup> «Teknisk Ukeblad», Oslo, fascicule n° 12, 1959.

4860 MW au 31 décembre 1957. En 1958, l'augmentation due aux installations nouvelles et à l'agrandissement d'ouvrages existants s'est élevée à 537,4 MW, ce qui porte fin décembre 1958 la puissance installée totale à 5400 MW environ.

La propriété des forces hydrauliques se répartit comme suit:

Augmentation 1958:

Etat	143 MW = 27 %
Communes	303 MW = 56 %
Entreprises privées	91 MW = 17 %

Total fin 1958:

Etat	1373 MW = 25 %
Communes	2453 MW = 46 %
Entreprises privées	1572 MW = 29 %

Il s'y ajoute les usines thermiques, avec une puissance installée de quelque 100 MW.

Pour l'année 1958 on avait estimé la production d'énergie électrique à 28 000 GWh; d'après les dernières indications elle a atteint en réalité 27 580 GWh.

La consommation d'électricité se répartit de la façon suivante entre les divers groupements de l'économie nationale:

	1955 GWh	1956 GWh	1957 GWh
Production globale	22 682	23 750	25 840
Pertes de transport	2 832	3 030	3 360
Fourniture nette	19 850	20 720	22 480
Consommation:			
Industrie électrochimique etc.	8 430	8 890	9 750
Travail du bois	1 800	1 620	1 900
Mines	195	210	215
Autres industries et artisanat	2 110	2 230	2 375
Total grande industrie	12 535	12 950	14 240
Chemins de fer et tramways	275	290	300
Ménages, agriculture etc.	7 040	7 480	7 940

L'industrie a absorbé environ 75 % de l'accroissement de la consommation en 1956/57. La part de l'industrie à la consommation d'énergie représentait environ 63 % en 1957, contre 75 % en 1939.

Le programme d'équipement des forces hydrauliques pour les cinq prochaines années prévoit l'installation de 2184 MW; l'augmentation moyenne durant la période 1959/63 atteindra en chiffre rond 435 MW par année.

L'accroissement 1959/60 se répartit comme suit:

Etat	1007 MW = 46 %
Communes	1131 MW = 52 %
Entreprises privées	42 MW = 2 %

Bhn./Bq.

## L'Office fédéral de l'économie électrique en 1958

06.046.38 : 621.311(494)

Nous extrayons du compte rendu pour 1958 du Conseil Fédéral ce qui suit, concernant l'activité de l'Office fédéral de l'économie électrique:

La consommation d'énergie électrique s'est élevée pendant la dernière année hydrographique allant du 1<sup>er</sup> octobre 1957 au 30 septembre 1958 à 15 085 (année précédente 14 653) millions de kilowatt-heures (kWh), livraisons facultatives aux chaudières électriques et consommation des groupes de pompage des usines électriques non comprises, ce qui fait une augmentation de 432 millions de kWh ou de 2,9 pour cent par rapport à l'année précédente. C'est le plus faible taux d'augmentation annuelle constaté depuis la reprise économique de 1950/51, les précédents ayant été, par ordre chronologique, 16,2, 6,7, 3,1, 6,2, 7,3, 4,9 et 6,8 pour cent.

L'accroissement de la consommation du plus important groupe d'abonnés, les usages domestiques, l'artisanat et l'agriculture qui ont représenté 48 pour cent de la consommation totale était, avec 5,4 (7,0) pour cent, encore bien accentué; la

consommation pour les applications industrielles avec 42 pour cent de la consommation du pays n'a augmenté que de 0,6 (8,8) pour cent et celle des chemins de fer en absorbant 10 pour cent des fournitures dans le pays ne s'est accrue que de 0,3 (2,6) pour cent. Ainsi qu'il ressort du tableau qui suit, depuis 1940/41, l'augmentation a été beaucoup plus marquée pour les usages domestiques, l'artisanat et l'agriculture que pour les autres groupes de consommateurs.

*Accroissement relatif de la consommation par rapport à l'année 1930/1931:*

Année hydro-graphique (1 <sup>er</sup> oct. - 30 sept.)	Usages domestiques, artisanat et agriculture	Industrie, sans les chaudières électriques	Chemins de fer	Les 3 groupes plus les pertes
1930/31	100	100	100	100
1940/41	150	162	150	153
1950/51	344	263	185	271
1957/58	576	356	223	391

La consommation totale du pays, y compris donc les livraisons facultatives aux chaudières électriques et la consommation des groupes de pompe des usines électriques, a atteint 15 761 (15 240) millions de kWh ou 3,4 pour cent de plus que l'année précédente.

La production des usines au fil de l'eau s'est élevée à 16 703 (15 704) millions de kWh, dont 40 (43) pour cent au semestre d'hiver et 60 (57) pour cent au semestre d'été. Le fort accroissement annuel de 999 millions de kWh provient exclusivement d'un accroissement de la production d'été, la production d'hiver ayant même, malgré la mise en service de nouvelles usines, quelque peu diminué par rapport à l'hiver précédent, par suite des débits défavorables des cours d'eau. La production des usines thermiques a atteint 175 (190) millions de kWh, dont 144 (142) millions de kWh au semestre d'hiver. Elle a couvert en hiver 1,9 (1,9) pour cent des besoins du pays, cependant que l'importation assurait 10 (6) pour cent de la couverture.

Les échanges d'énergie à travers la frontière ont été très actifs. Pendant les mois de décembre 1957 et janvier 1958, 21 pour cent de la consommation ont été couverts par de l'énergie importée, alors qu'inversement 23 pour cent de la production hydroélectrique étaient écoulés à l'étranger pendant les mois d'août et septembre 1958. L'importation a atteint pour le semestre d'hiver 783 (467) millions de kWh ou 10 pour cent de la consommation du pays, tandis que l'exportation au semestre d'été est montée à 1900 (1121) millions de kWh ou 19 (13) pour cent de la production totale. Les deux valeurs sont de nouveaux maxima.

Pour utiliser les excédents d'énergie, 114 autorisations et renouvellements d'autorisation d'exportation, pour la plupart de courte durée, ont été accordés durant l'année hydrographique.

Les diverses organisations internationales officielles où l'office est représenté se sont occupées principalement des questions concernant la couverture des besoins actuels et futurs en énergie.

## Données économiques suisses

(Extraits de «La Vie économique» et du «Bulletin mensuel Banque Nationale Suisse»)

N°		Avril	
		1958	1959
1.	Importations . . . . . (janvier-avril) . . . . . Exportations . . . . . (janvier-avril) . . . . .	630,6 (2 465,1) 514,6 (2 110,9)	696,8 (2 480,0) 580,1 (2 185,7)
2.	Marché du travail: demandes de places . . . . .	2 958	2 696
3.	Index du coût de la vie *) Index du commerce de gros *)	180,7 218,3	179,9 210,5
	Prix courant de détail *): (moyenne du pays) (août 1939 = 100)		
	Eclairage électrique ct./kWh	33	33
	Cuisine électrique ct./kWh	6,6	6,6
	Gaz ct./m <sup>3</sup> . . . . .	29	30
	Coke d'usine à gaz fr./100 kg	21,21	19,20
4.	Permis délivrés pour logements à construire dans 42 villes . (janvier-avril) . . . . .	1 443 (4 219)	2 013 (7 025)
5.	Taux d'escompte officiel . . %	2,5	2,0
6.	Banque Nationale (p. ultimo) Billets en circulation . . 10 <sup>e</sup> fr. Autres engagements à vue 10 <sup>e</sup> fr. Encaisse or et devises or 10 <sup>e</sup> fr. Couverture en or des billets en circulation et des autres engagements à vue %	5 512,7 2 716,9 8 227,3 93,09	5 715,7 3 003,9 8 804,8 95,82
7.	Indices des bourses suisses Obligations . . . . . Actions . . . . . Actions industrielles . . . . .	le 25 avril 97 385 522	le 24 avril 101 501 665
8.	Faillites . . . . . (janvier-avril) . . . . . Concordats . . . . . (janvier-avril) . . . . .	30 (154) 10 (60)	29 (137) 15 (60)
9.	Statistique du tourisme Occupation moyenne des lits existants, en % . . . . .	Mars 1958 24,3	1959 29,9
10.	Recettes d'exploitation des CFF seuls Recettes de transport Voyageurs et marchandises . . . . . (janvier-mars) . . . . . Produits d'exploitation . . . . . (janvier-mars) . . . . .	Mars 1958 65,1 (181,2) 71,7 (200,6)	1959 67,4 (181,7) 74,0 (201,2)

\*) Conformément au nouveau mode de calcul appliqué par le Département fédéral de l'économie publique pour déterminer l'index général, la base juin 1914 = 100 a été abandonnée et remplacée par la base août 1939 = 100.

## Communications des organes de l'UCS

### 87<sup>e</sup> examen de maîtrise

Les derniers examens de maîtrise pour installateurs-électriciens ont eu lieu du 31 mars au 3 avril 1959 à l'Ecole «Musegg» à Lucerne. Les candidats suivants parmi les 28 qui se sont présentés de la Suisse alémanique ont subi l'examen avec succès:

Baumgartner Erwin, Oberschan  
Bechtiger Walter, St. Gallen  
Boss Alfred, Sigriswil  
Breitenmoser Willi, Rebstein  
Burri Werner, Zürich  
Egger Willi, Zürich

Fehr Ernst, Winterthur  
Fehr Walter, Schaanwald  
Forrer Toni, Schaffhausen  
Jünger Armin, Bazenheid  
Krebs Albert, Pfäffikon (ZH)  
Mattenberger Hans-Jörg, Schaffhausen  
Moosberger Christian, Chur  
Stäbler Johann, Wettingen  
Stork Max, Pratteln  
Spinnler Rudolf, Liestal  
Weber Hugo, Spiez  
Ziegler Urs, Zuchwil

Commission des examens de maîtrise USIE/UCS

# Extraits des rapports de gestion des centrales suisses d'électricité

(Ces aperçus sont publiés en groupes de quatre au fur et à mesure de la parution des rapports de gestion et ne sont pas destinés à des comparaisons)

On peut s'abonner à des tirages à part de cette page

	Bernische Kraftwerke A. G. Bern		Elektrizitätswerk des Kantons Thurgau Arbon		Elektra Baselland Liestal		Gemeindewerke Uster Uster	
	1957	1956	1957	1956	1957	1956	1956/57	1955/56
1. Production d'énergie . kWh	495 320 800	495 491 900	—	—	84 000	1 840 000	—	—
2. Achat d'énergie . . . kWh	157 773 169 <sup>1)</sup>	139 437 102 <sup>1)</sup>	291 757 479	276 712 194	175 606 000	166 405 000	25 145 489	23 476 608
3. Energie distribuée . . kWh	2 073 052 494	1 889 862 936	283 304 132	268 719 174	167 104 000	159 434 000	24 159 861	22 684 214
4. Par rapp. à l'ex. préc. . %	+ 9,7	+ 5,3	+ 5,42	+ 7,48	+ 5	+ 6	+ 6,5	+ 6,52
5. Dont énergie à prix de déchet . . . . . kWh	—	—	471 600	2 992 099	4 299 000	3 347 000	1 252 250	1 534 850
11. Charge maximum . . kW	499 100	457 900	50 960	47 800	34 500	34 000	5 500	5 320
12. Puissance installée totale kW	1 757 844	1 663 377	461 060	440 890	219 600 <sup>4)</sup>	201 700 <sup>4)</sup>	42 215	39 847
13. Lampes . . . . . { nombre kW	1 836 397 85 006	1 761 771 81 156	813 600 39 645	790 700 38 665	— —	— —	61 623 3 191	59 895 3 082
14. Cuisinières . . . . . { nombre kW	102 834 620 965	96 225 581 551	18 300 106 140	17 200 99 760	11 700 76 600	10 900 70 600	1 586 10 083	1 421 8 935
15. Chauffe-eau . . . . . { nombre kW	75 869 154 595	70 351 165 120	15 150 21 200	14 050 19 700	8 900 16 800	8 100 15 200	2 054 3 348	1 881 2 956
16. Moteurs industriels . . { nombre kW	170 094 327 165	158 486 305 702	52 000 175 550	50 200 125 370	31 500 57 300	28 500 52 500	2 906 9 032	2 890 9 012
21. Nombre d'abonnements . . .	318 561	309 249	334	339	17 100	16 400	7 285	7 350
22. Recette moyenne par kWh cts.	—	—	4,598	4,669	—	—	6,934	6,743
<i>Du bilan:</i>								
31. Capital social . . . . . fr.	56 000 000	56 000 000	—	—	—	—	—	—
32. Emprunts à terme . . . .	25 000 000	—	—	—	—	—	—	—
33. Fortune coopérative . . .	—	—	—	—	4 046 156	4 285 964	—	—
34. Capital de dotation . . .	—	—	6 000 000	6 000 000	—	—	—	—
35. Valeur comptable des inst. >	85 922 121	83 884 489	1 247 000	1 208 340	2 520 002	2 380 002	1 710 002	1 496 281
36. Portefeuille et participat. >	14 717 925	11 370 925	8 835 000 <sup>3)</sup>	9 139 360 <sup>3)</sup>	4 204 004	4 004 004	—	—
37. Fonds de renouvellement >	21 967 000	21 107 000	1 000 000	1 000 000	706 000 <sup>5)</sup>	650 000 <sup>5)</sup>	325 000	281 000
<i>Du compte profits et pertes:</i>								
41. Recettes d'exploitation . fr.	78 716 432	70 852 655	12 525 200	11 896 130	2 185 922	2 548 639	1 675 419	1 529 718
42. Revue du portefeuille et des participations . . . .	533 760	572 167	422 700	405 570	166 492	114 238	—	—
43. Autres recettes . . . . .	2 624 624	2 052 688	1 000	955	27 283	19 743	—	—
44. Intérêts débiteurs . . . .	—	—	82 000	283 750	138 649	116 382	39 329	26 945
45. Charges fiscales . . . . .	4 195 285	3 955 505	—	—	231 506	175 273	—	—
46. Frais d'administration . .	—	—	349 000	315 400	421 071	339 495	135 422	120 915
47. Frais d'exploitation . . .	23 610 754 <sup>2)</sup>	21 855 898 <sup>2)</sup>	636 600	598 400	637 103	905 032	164 126	158 499
48. Achat d'énergie . . . . .	41 593 906	35 174 955	9 590 000	8 887 670	—	—	996 410	890 997
49. Amortissements et réserves >	9 501 822	9 502 352	1 218 000	1 148 520	1 116 746	1 052 694	202 078	160 000
50. Dividende . . . . .	3 080 000	3 080 000	—	—	—	—	—	—
51. En % . . . . .	5,5	5,5	—	—	—	—	—	—
52. Versements aux caisses pu- bliques . . . . .	—	—	200 000	200 000	—	—	50 000	50 000
<i>Investissements et amortissements:</i>								
61. Investissements jusqu'à fin de l'exercice . . . . . fr.	—	—	15 468 000	14 880 000	19 617 178	18 381 573	4 738 711	4 322 913
62. Amortissements jusqu'à fin de l'exercice . . . . .	—	—	14 221 000	13 672 000	17 097 176	16 001 571	3 028 709	2 826 632
63. Valeur comptable . . . . .	83 850 000	79 580 000	1 247 000	1 208 340	2 520 002	2 380 002	1 710 002	1 496 281
64. Soit en % des investisse- ments . . . . .	—	—	8,06	8,12	13	13	36,09	34,61

<sup>1)</sup> y compris les fournitures d'entreprises auxquelles parti-  
cipent les FMB  
<sup>2)</sup> y compris les frais d'administration

<sup>3)</sup> valeur comptable  
<sup>4)</sup> sans lampes  
<sup>5)</sup> compris dans la position 33

Rédaction des «Pages de l'UCS»: Secrétariat de l'Union des Centrales Suisses d'électricité, Bahnhofplatz 3, Zurich 1;  
adresse postale: Case postale Zurich 23; téléphone (051) 27 51 91; compte de chèques postaux VIII 4355;  
adresse télégraphique: Electronion Zurich. Rédacteur: Ch. Morel, ingénieur.

Des tirés à part de ces pages sont en vente au secrétariat de l'UCS, au numéro ou à l'abonnement.