

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 36 (1945)
Heft: 20

Artikel: Le développement technique du service de l'électricité de la ville de Zurich
Autor: Trüb, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056511>

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: 17.02.2026

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

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

BULLETIN

RÉDACTION:

Secrétariat de l'Association Suisse des Electriciens
Zurich 8, Seefeldstrasse 301

ADMINISTRATION:

Zurich, Stauffacherquai 36 ♦ Téléphone 23 77 44
Chèques postaux VIII 8481

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXXVI^e Année

N° 20

Mercredi, 3 Octobre 1945

Le développement technique du Service de l'électricité de la Ville de Zurich

Conférence tenue à l'Assemblée générale de l'ASE, le 2 septembre 1945, à Zurich,
par W. Trüb, Zurich

621.811(494.34)

Le 1^{er} janvier 1893, onze communes comptant plus de 75 000 habitants fusionnèrent avec la cité de Zurich, qui comptait elle-même quelque 30 000 habitants. C'est à cette date que le Service de l'électricité fut exploité par la nouvelle administration municipale. L'usine de Letten produisait du courant alternatif, de sorte que la Ville de Zurich n'eut pas besoin, par la suite, d'abandonner le courant continu pour le courant alternatif. Après une première période de production d'énergie électrique par de la force hydraulique (1893 à 1896), suivit une période d'extension de production par des machines à vapeur (1896 à 1905), puis l'aménée d'énergie électrique provenant d'usines situées en dehors de Zurich. Des sous-stations de convertisseurs furent aménagées pour l'exploitation des tramways (1898 et 1903). Par la mise en service de l'usine de l'Albula en 1910, l'EWZ commença à produire elle-même l'énergie électrique dans une usine située à 140 km de Zurich. Des groupes convertisseurs d'éclairage avec batteries de réserve furent installés dans les sous-stations de Letten (1908), de Selna (1914/15), puis de Drahtzug (1922).

Grâce à sa participation à l'usine du Wäggital (construite de 1921 à 26), à 40 km seulement de Zurich, l'EWZ disposa d'une importante réserve d'énergie, ainsi que d'un raccordement à d'autres réseaux (50 et 150 kV). En 1933 fut inaugurée l'usine de Wettingen sur la Limmat. L'usine de chauffage à distance de l'EPF permit une collaboration entre des usines hydroélectriques et des installations thermiques. L'Exposition Nationale Suisse de 1939, puis l'exploitation de guerre posèrent de nouvelles exigences, surtout dans le domaine des applications thermiques. Par la participation à la S. A. des Forces Motrices de l'Oberhasli (1938), l'EWZ s'assura de l'énergie accumulée, notamment 100 millions de kWh. D'importants crédits furent accordés, au cours des dernières années, pour la transformation des usines de l'Albula et de Letten, ainsi que pour la construction de l'usine de la Julia à Tiefencastel. Depuis de nombreuses années, l'EWZ s'efforce, en sa qualité de partenaire d'un consortium, d'appuyer les efforts faits en vue d'un aménagement des forces hydrauliques du Rhin postérieur avec le grand bassin d'accumulation du Rheinwald.

Les genres de réseaux suivants assurent actuellement la distribution d'énergie électrique: Au centre de la ville: 6 kV triphasé, 4 kV monophasé, 3 × 500 V (force motrice) et 2 × 220 V (éclairage) — dans les quartiers extérieurs: 6 ou 11 kV triphasé et 3 × 380/220 V (tension normale).

Nous avons fêté hier le cinquantenaire de l'Union des Centrales Suisses d'électricité.

Aujourd'hui, ce sont les membres de l'Association Suisse des Electriciens qui sont réunis. Ce qui n'avait pas été possible en 1939 a pu l'être en 1945: l'ASE et l'UCS tiennent leurs grandes assemblées à

Am 1. Januar 1893 wurden mit der alten Stadt Zürich, die etwas über 30 000 Einwohner zählte, 11 benachbarte Gemeinden mit über 75 000 Einwohnern vereinigt. Der Betrieb des Elektrizitätswerkes wurde durch die neue Stadtverwaltung übernommen. Die damaligen Leiter der Unternehmung mit Ing. W. Wyssling an der Spitze hatten in der Wahl ihrer technischen Mittel eine glückliche Hand. Das Lettenwerk, ein reines Lichtwerk, erzeugte bereits Wechselstrom und so blieb der Stadt Zürich die Gleichstromverteilung und ihr späterer Umbau erspart. Auf eine erste Periode der Elektrizitätserzeugung aus Wasserkraft (1893...1896) folgte der Ausbau des Dampfbetriebes (1896...1905), dem sich der Bezug von Fremdenergie anschloss. Für die Strassenbahn wurden besondere Umformerstationen erstellt (1898, 1903). Durch die Betriebsöffnung des Albulawerkes (1910), in 140 km Distanz von Zürich, leitete das EWZ seine «Fernversorgung aus eigenen Wasserkraftwerken» ein, mit der die Aufstellung von Beleuchtungs-Umformergruppen und Batterien in den Unterwerken Letten (1908), Selna (1914/15) und später auch Drahtzug (1922) im Zusammenhang steht.

Mit der Beteiligung an dem nur 40 km entfernten Wäggitalwerk (erbaut 1921...1926) gewann das EWZ Winterenergie, Spitzenkraft und eine sichere Momentanreserve, ferner den Anschluss an die Hochspannungsnetze anderer Unternehmungen (50 und 150 kV). Im Jahr 1933 kam das Limmatwerk Wettingen in Betrieb, von dem aus während der Landesausstellung 1939 die 50-kV-Gleichstromübertragung nach Zürich erfolgte. Das Fernheizkraftwerk der ETH gab die Möglichkeit zur Zusammenarbeit zwischen Wasserkraftwerken und kalorischen Anlagen. Die Landesausstellung 1939 und der Kriegsbetrieb stellten neue Anforderungen, besonders auf dem Gebiete der Elektrowärme. Durch die Beteiligung an der Kraftwerke Oberhasli A.G. (1938) sicherte sich das EWZ Speicherenergie im Umfang von 100 Mill. kWh. Beträchtliche Kredite wurden in den letzten Jahren für den Umbau des Albulawerkes, den Ausbau des Lettenwerkes und die Erstellung des Julianewerkes bei Tiefencastel bewilligt. Bereits seit Jahren erstrebt das EWZ als Partner des Konsortiums Kraftwerke Hinterrhein den Ausbau der Hinterrheinwasserkräfte mit dem grossen Stausee Rheinwald.

Für die Verteilung sind heute folgende Netze vorhanden — im Stadtinnern: 6 kV Drehstrom, 4 kV Einphasen-Wechselstrom, 3×500 V (Kraft) und 2×220 V (Licht) — in den Aussengemeinden, die durch die Eingemeindung von 8 Vororten im Jahre 1934 wesentlich erweitert wurden: 6 oder 11 kV Drehstrom und 3×380/220 V (Normalspannung).

(Traduction)

Zurich. En 1939, tout avait été prévu pour fêter le cinquantenaire de l'ASE dans le cadre de l'Exposition Nationale Suisse, mais la guerre éclata et il fallut brusquement renoncer à ce beau projet. Maintenant que les hostilités ont enfin cessé, c'est l'UCS qui commémore ses cinquante années d'existence.

J'aimerais, de mon côté, exprimer en quelques mots à l'UCS, à ses dirigeants, ses collaborateurs et ses membres notre reconnaissance pour l'œuvre magnifique qu'ils ont accompli durant ces cinquante années et leur souhaiter un heureux avenir. Je vous adresse à tous, en ma qualité de directeur du Service de l'électricité de la Ville de Zurich, une cordiale bienvenue.

Le Service de l'électricité de la Ville de Zurich (EWZ) a aujourd'hui 53 ans d'existence. L'histoire de l'EWZ se rattache donc intimement à celle de l'UCS.

Trois ingénieurs ont été jusqu'ici à la tête de cette entreprise:

M. le professeur Wyssling, entré le 1^{er} mai 1891 au service des Eaux, à titre d'adjoint du Service de l'électricité, quitta ce poste le 1^{er} avril 1894, pour prendre la direction de l'usine électrique de la Sihl.

C'est M. Wyssling qui fut le fondateur de l'EWZ.

M. Wagner fut ensuite pendant 26 ans directeur de l'EWZ. Il a introduit la fourniture d'énergie hydroélectrique par les usines municipales très éloignées. Il déceda en avril 1920.

C'est le 1^{er} novembre 1920 que l'on me fit l'honneur de me nommer directeur de l'EWZ, ce qui me fit d'autant plus plaisir que je suis d'une vieille famille zurichoise. J'ai eu la satisfaction de voir l'EWZ devenir — au fur et à mesure que la Ville de Zurich se développait — la troisième des plus importantes entreprises électriques suisses qui assurent le ravitaillement de notre pays en énergie. Dans deux mois, il y aura 25 ans que j'appartiens à l'EWZ. J'ai ainsi pu assister personnellement au développement de cette entreprise pendant près de la moitié de son existence.

L'évolution de l'électrotechnique suisse se reflète dans celle de l'EWZ. J'aimerais vous en dire quelques mots.

Ainsi que vous le savez, la machine dynamo-électrique date pratiquement de 1866/67, la lampe à incandescence fut utilisée dès 1879 et la première grande ligne de transport à haute tension fut celle de Lauffen à Francfort-sur-le-Main, en 1891.

A Zurich, c'est en 1873/1878 que fut construite l'usine de pompage de Letten, actionnée par sa propre force hydraulique.

En 1882, la gare de Zurich fut éclairée à l'électricité, par les soins de la Société zurichoise de téléphonie.

En 1887, les quais de Zurich furent terminés et l'on songea à l'éclairage des rives du lac.

En août 1888, le Conseil municipal décida que la Ville devait avoir seule le droit d'aménager et d'exploiter les installations d'éclairage électrique et de transport d'énergie et d'utiliser dans ce but le domaine public. A peine la technique avait-elle laissé entrevoir la possibilité d'un développement général des applications de l'électricité, que les autorités prirent toutes mesures utiles pour rendre possible un tel développement, dont on ne pouvait pas encore mesurer toute l'étendue.

En 1890, on dressa un projet pour l'introduction de l'éclairage électrique relié aux installations du Service des eaux.

Le 7 septembre, les électeurs zurichois approuvèrent la proposition d'installer à Letten une centrale électrique lors d'un agrandissement de l'usine hydraulique. Le projet soumis par les Ateliers de Construction Oerlikon fut accepté, après une mise au concours entre les premières entreprises suisses et étrangères. Le 3 août 1892, les nouvelles installations purent être mises provisoirement en service. L'hôtel Victoria fut la première installation privée éclairée à l'électricité.

Le 1^{er} janvier 1893, onze communes, comptant 75 000 habitants furent rattachées à la Ville de Zurich, qui comptait elle-même quelque 30 000 habitants. À cette même date, l'usine électrique fut reprise par la nouvelle administration municipale¹⁾ et confiée à la direction d'un ingénieur. C'est la date de la fondation du Service de l'éclairage et des eaux, fondé en 1891 et 1892 fut dès lors scindé en deux entreprises individuelles.

L'usine de Letten servait uniquement à l'éclairage, mais ses deux machines à courant alternatif de 220 kW et les deux excitatrices à courant continu de 22 kW chacune étaient actionnées par la transmission principale de l'usine de pompage, sur laquelle travaillaient toutes les turbines à basse pression. Une turbine à haute pression, directement accouplée à l'arbre des alternateurs était prévue pour absorber les variations de la charge et régler la vitesse de rotation. Elle était alimentée par l'eau de l'étang de Vrenelisgärtli sur le Zurichberg. Cet étang était rempli à nouveau, durant les heures creuses, c'est-à-dire au milieu de la nuit et en plein jour, par 2 ou 3 pompes de l'usine de pompage. La dénivellation était de 157 m, la contenance de l'étang de 10 000 m³. Les deux turbines à haute pression pouvaient ainsi fournir pendant 1 à 2 heures une puissance de pointe de 220 à 440 kW, de sorte que la puissance maximum de cette installation atteignait 880 kW.

Il est intéressant de constater qu'à cette époque des débuts de la distribution d'énergie électrique on utilisait déjà, dans une mesure évidemment plus modeste, les mêmes moyens que ceux qui furent appliqués par la suite, en beaucoup plus grand, à l'usine du Wäggital. Il s'agissait en effet d'une combinaison d'une installation à basse pression sur un fleuve, avec une installation à haute pression avec bassin d'accumulation, et de l'emploi d'excédents d'énergie pour le pompage d'eau dans un réservoir surélévé.

Déjà au cours de l'année de la fusion des communes zurichoises, une nouvelle extension de l'usine s'avéra nécessaire et l'on installa deux nouveaux alternateurs de 220 kW chacun, ainsi qu'une «dynamo de jour». Aux heures de très faible charge, il n'était ainsi plus nécessaire de laisser fonctionner

¹⁾ Cf. W. Trüb: «Les entreprises électriques communales et municipales. Bull. ASE 1945, No. 17a, p. 584...588.
(Red.).

toute la transmission principale, car la petite machine pouvait travailler seule sur le réseau. La puissance de la petite dynamo fut fixée à 75 kW, «parce que l'augmentation de la charge est parfois très subite lorsque le ciel se couvre lors d'un orage».

Les installations de l'EWZ comprenaient la centrale de l'usine de pompage de Letten et un réseau de distribution ayant son centre au Rüden sur le Limmatquai.

Il avait été posé 17 km de câbles primaires, 27 km de câbles secondaires et 12 km de câbles pour les lampes à arc. Au début de 1893, l'EWZ alimentait 181 immeubles, 320 abonnés privés avec 4 087 lampes à incandescence et 53 lampes à arc, ainsi que 24 lampes à arc pour l'éclairage public. Les frais de premier établissement s'élevaient à fr. 685 000. Au début de la première année, ils atteignirent fr. 952 000.

| | |
|--|-------------|
| Fourniture annuelle | 400 000 kWh |
| Charge hivernale maximum | 366 kW |
| Durée d'utilisation | 1 100 h |
| Recettes provenant de la vente d'énergie . . . | 219 000 fr. |
| Bénéfice net | 6 000 fr. |

L'usine de Letten servait exclusivement à la fourniture du courant d'éclairage à la ville de Zurich. Le système de distribution présentait les caractéristiques suivantes:

Courant alternatif monophasé à 2 000 V
Transformation: 2 000 / 2 × 100 V
Système à trois conducteurs, courant alternatif
2 × 100 V

Les 8 postes de transformation, aménagés dans des colonnes du même genre que celles qui servent actuellement à l'affichage, renfermaient 16 transformateurs de 20 kW chacun. Ils suffisaient donc pour la fourniture de 320 kW.

M. Wyssling et les autres dirigeants de cette entreprise avaient su fort heureusement choisir leurs moyens techniques. La Ville de Zurich n'adopta pas le courant continu, tandis que d'autres villes durent ensuite transformer à grands frais leurs installations à courant continu. De même, la valeur de la tension primaire fut suffisante pendant près de 35 ans et le système de distribution à trois fils n'était pas seulement théoriquement rationnel, mais aussi pratique.

De 1893 à 1896, l'EWZ fut donc intimement liée à la transmission principale de l'usine hydraulique, avec tous les inconvénients que cela comportait.

1896 fut la Grande Année de l'EWZ. En effet, c'est cette année-là qu'elle se libéra de la tutelle de l'usine hydraulique et qu'elle eut ses propres installations de production:

Tout d'abord une machine à vapeur Escher Wyss de 550 kW, puis, en 1898, 2 machines tandem Sulzer de 900 kW chacune, et, en 1905, une turbine à vapeur Brown, Boveri-Parsons avec un alternateur de 1500 kW.

La période de 1896 à 1905 se caractérisa par l'*extension de l'exploitation à vapeur*. Le centre de production d'énergie est toujours à Letten, mais on constate déjà une innovation: l'utilisation d'énergie provenant d'usines situées hors de la Ville.

Au début, l'énergie étrangère fut fournie par l'usine de Beznau. Sa distribution était soigneusement séparée de celle de l'énergie produite à Letten: elle alimentait les moteurs, tandis que l'énergie de Letten servait uniquement à l'éclairage.

En 1909, cette *combinaison* atteignit son maximum avec une fourniture totale de 14 millions de kWh, dont 3,1 millions au plus provenaient de l'exploitation à vapeur. La magnifique installation de machines de cette époque, qui comportait des machines Sulzer à soupapes les plus modernes et des turbines à vapeur Brown Boveri, fournissait en une année une quantité d'énergie qui n'atteignait même pas celle fournie actuellement en six jours ouvrables par la seule usine de Wettingen.

Contrairement aux Services des eaux, du gaz et de l'électricité, le Service des tramways n'était pas aux mains de la Municipalité lors de la fusion des communes. Ce furent des entreprises privées qui aménagèrent les premières tramways électriques. Puis la ville racheta le vieux tramway à traction hippomobile et les nouvelles lignes électriques, transforma la traction par chevaux en traction électrique et procéda à l'extension du réseau des tramways. Cela se passe en 1896...1898.

Le directeur de l'EWZ, M. Wagner, insista pour que l'énergie électrique destinée à l'éclairage, aux moteurs et aux tramways soit produite en commun. La réalisation de cette idée provoqua un rapide accroissement des besoins d'énergie. Les lignes de tramways ne pouvant être toutes alimentées directement par l'usine de Letten, des sous-stations de convertisseurs furent aménagées à l'intention des tramways:

En 1898 à Selnau, en 1903 à la Promenade.

En 1905, on installa dans cette dernière sous-station des batteries-tampons, qui servaient également de réserve.

En 1910, deux groupes convertisseurs furent installés à Letten pour le service des tramways.

Un réseau spécial de force motrice fut aménagé en 1902...1904, après que l'on se fut assuré d'une importante fourniture d'énergie par l'usine de Beznau de la S. A. Motor.

Le système de distribution adopté fut le suivant:
Courant alternatif triphasé 6000 V
Transformateurs 6000 / 3 × 500 V
Distribution en triphasé 3 × 500 V

Tous les moteurs d'une puissance dépassant 3,7 kW (5 ch) devaient être raccordés à ce réseau.

Ainsi furent créées les deux installations de distribution typiques:

Réseau d'éclairage à courant alternatif 2 × 100 V

Réseau de force motrice à courant triphasé 3 × 500 V

avec une tarification distincte pour le courant d'éclairage et le courant de force motrice.

L'énergie étrangère fut transformée de 25 000 à 6 000 V dans le poste de transformation principal de Guggach, installé en 1903. Par la suite, on aménagea le circuit bouclé Guggach - Schlachthof - Albishof - Frohalp, puis successivement d'autres postes de transformation principaux alimentant le réseau triphasé à 6000 V.

Pour la construction d'une usine électrique sur l'Albula, un projet, élaboré par les directeurs Peter, du Service des eaux de la Ville de Zurich, et Wagner de l'EWZ, put être présenté aux électeurs, qui approuvèrent un crédit de construction de 11 millions de francs à la votation du 10 juin 1906, par 10 882 oui contre 7 193 non.

Cette décision des autorités et des électeurs de construire à quelque 140 km de Zurich une nouvelle usine électrique constituait une innovation radicale dans le domaine de la production et de la distribution de l'énergie électrique. Cette distance exceptionnellement grande pour l'époque, entre une force hydraulique d'une sauvage vallée des Alpes et la distribution d'énergie électrique dans une grande ville de la plaine, exigeait des mesures spéciales de sécurité pour l'amenée du courant. Il fallait, en particulier, que l'éclairage ne soit pas troublé par les perturbations provenant d'une si longue ligne de transport.

La construction de l'usine de l'Albula constitua à maints égards un véritable tour de force, car il s'agissait:

De la construction d'un barrage dans une gorge presque inaccessible d'une rivière de haute montagne charriant de grandes quantités d'alluvions;

de la construction d'une galerie sous pression d'une longueur de 7 km dans la mauvaise roche;

de la construction de turbines Francis pour une chute de 147 m, la plus haute de l'époque.

Malgré une incertitude complète au sujet de l'évolution de transport d'énergie électrique à de grandes distances, on adopta avec beaucoup de clairvoyance le système triphasé à 46 000 V.

L'usine de l'Albula, dont le bâtiment des machines se trouve à Sils, fut mise en service à la fin de janvier 1910. Ainsi s'ouvrait une nouvelle période de développement, où l'économie électrique des municipalités prit une forme définitive; celle de la

fourniture d'énergie par des usines municipales situées au besoin à de grandes distances de la ville.

La ligne de transport Sils - Zurich comprend deux lignes aériennes indépendantes, ayant chacune deux lignes triphasées. Sur le parcours Sils-Coire-Ragaz-Bilten, leurs tracés sont indépendants, mais suivent néanmoins la même vallée avec plus ou moins d'écartement. A partir de Bilten, la ligne A se dirige vers la vallée du lac de Zurich, et la ligne B vers la vallée de la Glatt. Ces lignes électriques devaient être parcourues régulièrement par des surveillants, comme dans le cas des lignes de chemins de fer. Dans ce but, il fut construit à Coire, Ragaz, Unterterzen et Bilten des postes de couplage avec appartements pour 2 surveillants et dispositifs nécessaires pour sectionner les tronçons de ligne ou les connecter entre eux. A Samstagern et Rüti, se trouvaient d'autres postes de surveillance. A Zurich, les deux lignes A et B étaient raccordées à la ligne de ceinture. De la sorte, les grandes lignes de transport d'énergie Sils - Zurich étaient reliées de part et d'autre de la ville, à la Frohhalp et à Guggach, aux nouvelles installations de

distribution. L'énergie électrique de l'usine de l'Albula était transformée de 40 000 à 6 000 V dans les quatre postes de transformation principaux de Frohhalp, Albishof, Schlachthof et Guggach.

Albishof était relié à un poste de convertisseurs de Selna par de puissants câbles à 6 000 V, de même que Guggach au poste de convertisseurs de Letten. Les groupes convertisseurs d'éclairage combinés à des batteries d'accumulateurs - tampons (système Wagner) étaient une des caractéristiques de Zurich. Ils se composaient chacun de trois machines montées sur le même arbre:

| | | |
|---------------------------------|--------|---------|
| Machine à courant continu . . . | 550 V | 1500 kW |
| Moteur à courant triphasé . . . | 6000 V | 1500 kW |
| Alternateur monophasé . . . | 2000 V | 1500 kW |

En service normal, le moteur triphasé alimenté sous 6 000 V par le poste de transformation principal entraîne l'alternateur monophasé alimentant le réseau d'éclairage, et entraîne également à vide la machine à courant continu. En cas de panne de courant triphasé, la machine à courant continu entre automatiquement en fonction en qualité de moteur alimenté par les batteries d'accumulateurs.

Ces installations de réserve étaient capables d'assurer pendant une heure la fourniture du courant d'éclairage sans l'appoint d'énergie des usines électriques. Les plus puissantes batteries d'accumulateurs d'Europe conféraient cette sécurité à la Ville de Zurich, mais cela occasionnait des frais considérables. Des sous-stations de ce genre furent aménagées à Letten en 1908, à Selna en 1914/15, à Drahtzug en 1922/27.

Actuellement, elles sont en partie supprimées. Il ne reste plus que deux groupes convertisseurs dans chacune des sous-stations de Drahtzug et de Selna. Les autres machines ont été démontées en vue de la récupération. Des transformateurs monophasés raccordés aux installations à haute tension de 6 000 V remplacent depuis longtemps les groupes convertisseurs pour l'alimentation des réseaux d'éclairage.

Une installation de réserve, qui devait également fonctionner aux heures de pointe et en hiver, fut projetée en 1912. Il s'agissait d'une installation à moteurs Diesel de 2×2500 kW, qui aurait été aménagée à Guggach. Les électeurs zurichois repoussèrent toutefois le projet en 1913. Cette décision populaire signifiait en partie que les Zurichois donnaient leur préférence à un aménagement de nos propres forces hydrauliques.

En 1913 également, l'EWZ se chargea de l'exploitation de la nouvelle installation de turbines et d'alternateurs à l'usine de Letten comportant dès lors, à la place des anciennes turbines Jonval, 10 turbines Francis qui attaquaient deux par deux les 5 alternateurs de 250 kW chacun. La puissance totale de l'usine de Letten atteignait ainsi 1 250 kW produits par la force hydraulique. Les premières machines de 200 kW chacune, ainsi que les deux turbines à haute pression de 220 kW et la transmission furent démontées.

En 1919, l'ASE et l'UCS tenaient leurs assemblées générales à Montreux. Le secrétaire général, M. le professeur Wyssling, avait pris l'utile initiative de

lutter en vue d'une *normalisation de la tension de consommation*, mais c'était une entreprise bien compliquée.

Il existait alors un chaos de 36 basses tensions différentes. Pour arriver à une entente générale sur une tension normale, il fallut de longues études et d'ardus pourparlers. Les propositions finirent néanmoins par se cristalliser autour de

440/250 V ou 380/220 V.

Le Comité avait préparé soigneusement ses propositions. Mon prédécesseur, M. Wagner, conduisit la discussion.

Participant en cette affaire en ma qualité d'ingénieur en chef des Forces Motrices St-Galloises et Appenzelloises, j'avais encore fébrilement travaillé toute la nuit à établir mes contre-propositions, qui étaient les suivantes:

3 tensions, dont 2 au rapport de $1 : \sqrt{3}$, soit donc 145/250/440 V ou 125/220/380 V

Je déclarai également que cette assemblée générale ayant un caractère de festivité n'était guère indiquée pour prendre une décision aussi importante, qui aurait dû être soumise à une assemblée purement administrative et spécialement convoquée à cet effet.

Mon prédécesseur, M. Wagner, répondit à ce «Monsieur Trüb de St-Gall» sur un ton qui n'était pas précisément amène et M. Nissen, ingénieur en chef de l'Inspectorat des installations à courant fort, pensa en son for intérieur que j'étais un bonhomme diablement dangereux, ainsi qu'il me l'avoua bien des années plus tard!

Cependant, après de longues discussions, ces propositions furent finalement acceptées et la votation ultérieure approuva à une grande majorité les tensions de 125/220/380 V.

Vu la pénurie d'énergie résultant de la guerre, la Ville de Zurich décida de construire l'*usine du Heidsee* et de l'incorporer à l'EWZ. Cette usine, qui comporte une chute de 650 m et devait principalement servir d'usine d'appoint en hiver, fut aménagée nonobstant de très grandes difficultés durant les années d'après-guerre.

En 1920, la Ville de Zurich décida de participer pour un montant de fr. 500 000 à la S. A. Bündner Kraftwerke (BK), et, pour un même montant, à la S. A. Suisse de Transport d'Energie (SK).

La première s'occupait de l'aménagement des forces hydrauliques du Canton des Grisons, tandis que la seconde avait pour but d'interconnecter les grandes usines par des lignes de transport à haute tension. C'étaient là les premières tentatives d'une intime collaboration des producteurs, en vue d'assurer le ravitaillement de notre pays en énergie électrique.

Mais ce fut la participation à la S. A. des Forces Motrices du Wäggital qui eut la plus grande importance pour l'EWZ. Elle modifia complètement la technique de l'exploitation et la structure de l'EWZ.

En avril 1920, décéda mon prédécesseur, M. Wagner, qui avait débuté en 1894 avec le titre d'ingénieur de la Centrale électrique et termina sa carrière en

qualité de directeur d'une entreprise dont le développement avait été considérable.

A cette date, les *capitaux investis* dans les installations se montaient à près de 49 millions de francs. La *fourniture totale* s'élevait à 122 millions de kWh/an, dont 92 à Zurich. La *charge maximum* atteignait 30 000 kW, et la *durée d'utilisation* 4000 heures. Les recettes provenant de la vente d'énergie étaient de 10,7 millions de francs et le *bénéfice net* se soldait par 3,46 millions de francs.

Après un assez long interrègne, le *troisième directeur* de l'EWZ entra en fonction le 1^{er} novembre 1920.

Reportons-nous, si vous le voulez bien, 25 ans en arrière:

De grandes tâches nous attendent, notamment la participation à la construction et à l'exploitation de l'usine de Wäggital.

Jusqu'ici les usines électriques de l'EWZ n'ont jamais travaillé en parallèle avec les entreprises voisines. Or, vers la fin de l'hiver, les NOK ont besoin d'un appoint d'énergie, leur réserve d'eau de l'usine de la Löntsch étant épuisée. L'usine du Heidsee vient à leur secours, l'interconnexion et le fonctionnement en commun ayant bien réussi. Au cours de cette même année, nous osons également établir un couplage en parallèle avec Olten-Gösgen et les usines de Brusio.

La *technique de l'exploitation* se modifie, la confiance et l'esprit d'entreprise de mes collaborateurs grandissent au fur et à mesure que de nouvelles tâches se présentent.

Les installations existantes ne suffisent plus aux nouvelles exigences.

L'usine de l'Albula est équipée des appareils les plus modernes:

Protection contre les surintensités et régulateurs de tension Brown Boveri,
parafoudres à cornes avec résistances hydrauliques dans des tubes en quartz,
bobines Petersen pour la mise à la terre.

En 1921/22, des essais sont tentés avec la téléphonie à ondes porteuses, mais il faut renoncer à l'introduire définitivement.

L'usine de l'Albula est reliée en 1921 aux usines de Brusio par la *ligne à 50 kV Bevers-Sils*. L'EWZ se relie à la grande *ligne Nord-Sud France-Gösgen-Zurich-Sils-Brusio-Italie*. La ligne de transport B est aménagée pour le transit entre Ragaz et Bilten, puis mise à la disposition de la S. A. Bündner Kraftwerke qui obtiennent ainsi un point de liaison avec le bas pays.

Le grand *déplacement d'énergie* de la France vers l'Italie couronne les travaux des exploitants: l'usine de Gösgen livre l'énergie vers Zurich au lieu de Ronchamps, l'usine de l'Albula vers Milan au lieu de Zurich. Grâce aux postes de relais d'une usine à l'autre, d'énormes distances sont franchies avec une tension relativement modeste de 45 000 V.

Le premier *redresseur* Brown Boveri destiné à alimenter le réseau des tramways est installé à la sous-station de Drahtzug.

En novembre 1921, les électeurs zurichois acceptent la participation à la S. A. des Forces Mo-

trices du Wäggital²⁾). Les NOK et l'EWZ participent chacun pour 20 millions de francs au capital-action de cette entreprise et s'assurent par contrat des droits et des devoirs identiques. Une direction commune des travaux est organisée. M. Gugler (NOK) est chargé de la construction des installations et M. Trüb (EWZ) de la partie électromécanique.

En collaboration avec les entrepreneurs et les fabricants, toute une série d'innovations furent appliquées pour la première fois et des décisions essentielles furent prises, qui eurent des répercussions sur les futures constructions d'usines. Je mentionnerai :

Les vannes inclinées de la prise d'eau du lac d'Innertal. La conduite forcée à longues portées du palier supérieur. Les turbines Francis pour la haute chute de 260 m.

La grande installation de pompage dans l'usine de Rempen.

Il est indiqué de signaler les dispositions spéciales:

Nous avons choisi des groupes de machines à axe vertical et des transformateurs triphasés à cuve unique. Les alternateurs furent tous disposés le long d'un mur du bâtiment des machines, ce qui créait des possibilités entièrement nouvelles pour la ventilation. Le dispositif de protection contre l'incendie par acide carbonique fut la première installation de ce genre.

Les installations de couplage à 50 kV furent systématiquement équipées d'isolateurs en résine synthétique. Pour les installations à 150 kV, des isolateurs en bois imprégné furent utilisés. Ces deux types d'isolateurs étaient plus légers et meilleur marché que ceux en porcelaine et pouvaient être fabriqués pour une hauteur de contournement quelconque. Il fut renoncé par principe à des appareils de protection contre les surtensions, celle-ci étant assurée par des écartements régulièrement réglés entre les phases et contre la terre.

Par contre, il ne fut pas encore possible d'appliquer la soudure électrique aux conduites forcées et, dans les disjoncteurs des installations à 50 et 150 kV, il fut nécessaire, malgré tous nos efforts, d'utiliser des quantités considérables d'huile.

Dans les transformateurs du poste de couplage de Siebnen et dans la ligne de transport Siebnen - Rathausen - Pieterlen, on appliqua pour la première fois en Europe des tensions de 85 000 V, puis finalement de 150 000 V.

L'usine du Wäggital créa les bases essentielles pour la collaboration régionale des deux partenaires, les NOK et l'EWZ. La situation de cette usine était en effet extrêmement favorable, à proximité immédiate des grandes lignes de transport Albula - Zurich, Lötsch - Beznau - Eglisau, à 40 km seulement de Zurich et de Töss, c'est-à-dire du centre des réseaux des NOK.

La constitution de cette société anonyme avec deux partenaires ayant absolument les mêmes droits permettait des conditions d'exploitation particulièrement simples. En vertu du contrat de construction et d'exploitation, les NOK et l'EWZ ont droit chacun à la moitié des groupes de machines installés, de la puissance mécanique, du travail produit et du volume de la retenue. La part de travail produit qui revient à chacun des deux partenaires est comptée et calculée d'après la chute utile et la quantité d'eau consommée. L'eau pompée dans le bassin de retenue

d'Innertal par les partenaires en fournissant l'énergie électrique provenant de leurs propres installations, leur est créditez en mt. Le compte-courant permet de constater en tout temps les avoirs respectifs des deux partenaires.

Des venturi-mètres servent à déterminer l'eau consommée et l'eau pompée; le contrôle s'opère à l'aide des compteurs prévus pour les alternateurs et les moteurs. La grande installation de pompage aménagée dans l'usine de Rempen et qui se compose de 4 groupes de 3 700 kW chacun, capables de débiter au total 9 m³/s, ouvre de nouvelles possibilités dans le domaine de l'accumulation d'eau d'été pour l'hiver et dans celui de l'exploitation alternée avec production d'énergie pendant le jour et accumulation d'eau pendant la nuit.

L'usine de Rempen dirige en quelque sorte l'économie hydraulique, celle de Siebnen l'économie électrique. Le travail du chef d'exploitation est facilité par des appareils de contrôle et de manœuvre.

Les Directions générales à Baden et Zurich s'occupent des questions d'organisation et prennent les dispositions qui concernent les différentes usines. Tous les renseignements y sont réunis, ce qui permet une collaboration extrêmement étroite entre l'exploitation et la direction.

Pour cette participation à l'usine du Wäggital, distante de 40 km seulement, l'EWZ jouit d'un *appoint d'énergie hivernale*, d'une *puissance de pointe* et d'une *réserve d'énergie* qui avait au moins autant de valeur que n'importe quelle installation de réserve aménagée dans la ville même. Nous avons ainsi un instrument qui nous évite pendant de nombreuses années tout souci et nous permet de satisfaire sans limitation nos abonnés.

En avril 1924 l'usine de Siebnen est mise en service, en décembre 1924, c'est le tour de l'usine de Rempen et le 1^{er} octobre 1926, l'ensemble des installations passe définitivement aux mains de la nouvelle direction d'exploitation.

Afin de permettre, dans l'usine de Wäggital, le couplage en parallèle des deux partenaires, conformément au contrat, sans avoir recours à une transformation spéciale de compensation, l'EWZ relève de 5 000 V la tension de ses lignes de transport d'énergie Sils - Zurich, dont la tension atteint alors 50 000 V. Tous les grands transformateurs de l'usine de l'Albula, des postes de couplage et des postes de transformation principaux ont dû être rebobinés en conséquence (1923/24).

L'exploitation des usines électriques trouve constamment de nouvelles possibilités de collaboration avec les usines voisines et reçoit en 1921/26 de nouveaux dispositifs plus souples et plus puissants.

En 1924, les lignes de transport A et B sont introduites dans le bâtiment de couplage de Siebnen. De mars à octobre l'EWZ et les Forces Motrices Bernoises (FMB) établissent à une allure accélérée la ligne de grande puissance Siebnen - Rathausen - Bickigen, à conducteurs câblés en acier et aluminium.

En vertu du contrat de transit, de l'énergie de la S. A. Bündner Kraftwerke est conduite de Koblis,

²⁾ Bull. ASE 1932, No. 2, p. 25...49.

par l'EWZ, les NOK, Motor et la S. A. Suisse de Transport d'Energie à Luterbach au réseau des FMB.

Le 10 novembre 1924, l'EWZ commence à livrer aux FMB de l'énergie d'hiver provenant de l'usine du Wäggital, sous 85 kV.

En janvier 1925, l'alimentation en énergie électrique devient critique. L'EWZ remet en service l'ancienne installation à vapeur de Letten. Elle tente même l'essai audacieux de faire venir de l'énergie des usines à vapeur de Bâle et de Mulhouse, par l'intermédiaire du réseau des FMB et de l'usine du Wäggital.

Durant les années 1919 et 1920, Zurich subit toutes les répercussions de la période d'après-guerre: d'une part un développement extraordinaire, d'autre part de grandes difficultés financières. De 1923 à 1926, l'économie se raffermit, l'industrie du bâtiment est plus active et les nouveaux raccordements d'abonnés sont de ce fait plus nombreux.

En raison de l'extension de la ville, les installations de convertisseurs de Letten, Selna et Drahtzug deviennent insuffisants pour assurer l'éclairage, mais l'aménagement de nouvelles installations de grande puissance n'est pas réalisable à très bref délai. Pour parer au plus pressé, l'EWZ établit une série de réseaux unifiés à la tension normale de 380/220 V. En 1922, tous les abonnés à l'éclairage du réseau unifié du quartier de Klus sont alimentés par le réseau triphasé avec transformation directe. A titre d'exemple, des immeubles sont complètement électrifiés avec compteurs simplifiés et tarif spécial pour les applications thermiques. A côté du réseau d'éclairage à courant alternatif et du réseau de force motrice à courant triphasé, le réseau unifié exerce maintenant les mêmes fonctions que les deux premiers. 1922 est la première année, depuis 1917, où il n'y ait pas eu besoin de prendre des mesures restrictives. Il n'y a pas encore, à proprement parler, d'abonnés qui s'intéressent à la cuisson à l'électricité. En 1928, il existe déjà 160 réseaux unifiés de ce genre, dont les avantages ont été pratiquement prouvés. C'est alors que j'entreprends l'important travail de remanier complètement, sur des bases nouvelles, la distribution de l'énergie dans toute la ville.

Venant d'une entreprise régionale, j'ai évidemment une préférence marquée pour la simple exploitation par transformateurs. L'exploitation par convertisseurs avec batteries d'accumulateurs est un système élégant, mais trop luxueux.

En automne 1929, le Grand Conseil Communal approuve les nouveaux principes prévus pour l'alimentation de la ville en électricité:

1. Les sous-stations de Drahtzug, Selna et Letten aux centres de gravité de la ville constituent la base de la distribution d'énergie. Elles doivent comprendre aussi bien des transformateurs principaux que des groupes convertisseurs et être reliées entre elles et aux lignes de transport de l'énergie par des câbles à 50 kV.

2. Le centre de la ville avec les quartiers commerciaux et les quartiers d'habitation très populaires doit être alimenté par le réseau de force motrice à courant triphasé à 3 × 500 V et par le réseau d'éclairage à courant alternatif à 2 × 220 V. Les groupes convertisseurs d'éclairage avec leur réserve d'énergie demeurent donc spécialement affectés au centre de la ville.

3. Les quartiers de la périphérie doivent être alimentés par des réseaux unifiés du système à 4 fils à 3 × 380/220 V avec transformation directe.

4. Les tensions d'utilisation sont normalisées comme suit:

La tension de 500 V du réseau de force motrice du centre de la ville est maintenue.

La tension de 2 × 110 V du réseau d'éclairage est relevée à 2 × 220 V.

Les nouveaux réseaux unifiés reçoivent la tension de 3 × 380/220 V.

La tension de 2 × 100 V du réseau à courant alternatif à trois fils avait été depuis longtemps relevée à 2 × 105 et 2 × 110 V, par de simples mesures d'exploitation. Maintenant, il s'agissait de procéder à une sérieuse élévation de la tension et à une normalisation, ce qui exigeait une grande somme de travail et de gros frais. Mais ce n'est que grâce à ces mesures radicales et à la réserve prévue dans les réseaux sous câbles, que les installations de l'EWZ pourront faire face à l'énorme accroissement de la consommation auquel il faut s'attendre.

Les alternateurs monophasés de 2 000 V des installations des groupes convertisseurs sont rebobinés à temps pour 4 000 V et les câbles monophasés à haute tension sont alimentés sous 4 000 V.

Après la seconde fusion de communes zurichoises, en 1934, la distribution en haute tension dans les nouveaux faubourgs est portée de 6 000 V à 11 000 V. Au cours des années suivantes, cette tension moyenne relevée est introduite de plus en plus dans les anciens quartiers, ce qui oblige à des changements considérables.

En 1924, l'utilisation des réseaux d'éclairage est autorisée pour le branchement d'appareils de radio, avec emploi de condensateurs.

Dès 1925, le raccordement de chauffe-eau à accumulation est favorisé par des mesures spéciales, afin d'augmenter l'utilisation de l'énergie de nuit des usines au fil de l'eau. 83 chauffe-bain et 18 boîtes de cuisines sont installés dans un groupe d'immeubles du quartier de Milchbuck.

Les installations de convertisseurs avec leurs coûteuses batteries de réserve étaient l'objet, depuis plusieurs années, d'une opposition de plus en plus marquée. Le dernier projet d'une installation de ce genre ne fut approuvé que par 12 000 oui contre 7 500 non. Cette installation devint pourtant un centre de distribution de plus en plus important et fut agrandie successivement de 1922 à 1927. Il s'agissait pour la première fois de réunir dans un même bâtiment des transformateurs principaux et des groupes convertisseurs avec leurs batteries de réserve. Il fallut donc amener une ligne de raccordement à 50 kV jusqu'au centre de la ville.

En 1926, la ligne à 50 kV sur pylônes Dübendorf - Eichhalde et la ligne souterraine à 50 kV Eichhalde - Drahtzug sont mises en service. Les six câbles monophasés sont groupés en 2 lignes et directement raccordés aux lignes aériennes, sans protection quelconque. C'est la première grande installation de ce genre en Suisse.

Les anciens postes de couplage de Samstagern et de Rüti sont supprimés et le transport d'énergie est amélioré en utilisant les alternateurs et les moteurs des pompes de la S. A. des Forces Motrices du

Wäggital, ainsi que les moteurs synchrones des postes de convertisseurs de l'EWZ, pour la compensation de phase.

En 1927, les redresseurs gagnent du terrain. La sous-station de la Promenade est équipée de 3 nouveaux groupes et les transformateurs sont mis hors service. Les tubes de refroidissement internes des anciens transformateurs sont remplacés par des radiateurs externes.

Les usines du Heidsee et de l'Albula sont toujours mieux utilisées grâce à leur interconnexion avec l'usine du Wäggital. La fourniture d'énergie pour applications thermiques augmente, particulièrement pour la cuisson. La consommation atteint 540 kWh par habitant et par an.

En 1928, le poste de couplage de Bilten est remplacé par celui de Siebnen.

Une liaison téléphonique à haute fréquence est établie entre la Direction générale d'exploitation de Zurich et le poste de commande de Siebnen. En 1929, elle est prolongée de Siebnen à Sils. La tension de la ligne Siebnen - Rathausen est portée à 150 kV; entre Samstagern et Siebnen, les pylônes portent une seconde ligne avec conducteurs câblés en aldry.

En 1930, l'importante liaison Wäggital - Zurich est complétée par une ligne aérienne à 50 kV de Samstagern à Wollishofen et par une ligne souterraine à 50 kV de Wollishofen à Selnau.

Dans la sous-station de Letten, deux transformateurs monophasés 6 000/2 000, de 2 500 kVA chacun, remplacent les groupes convertisseurs d'éclairage.

Les nouveaux principes adoptés en 1929 pour l'organisation des installations de distribution représentent un gigantesque programme de construction. Les installations de Selnau et de Letten doivent être transformées comme le furent celles de la sous-station de Drahtzug.

Mais, à peine un crédit de 3,5 millions de francs a-t-il été accordé pour le centre de distribution de Selnau, que le projet d'aménagement d'une usine sur la Limmat, à Wettingen, est adopté par 24 000 oui contre 1200 non et qu'un crédit de 20,5 millions de francs est alloué à cet effet.

L'usine de Wettingen est mise en service le 1^{er} mars 1933. Son aménagement est analogue à celui de l'usine du Wäggital:

Groupes de machines à axe vertical, disposés le long d'une paroi, afin de simplifier la ventilation. Les turbines Kaplan sont les premières qui aient été utilisées pour la haute chute de 25 m. Les transformateurs à 50 kV sont placés dans des niches ouvertes, dans le hall des machines. Les disjoncteurs à bain d'huile et d'autres appareils, les sectionneurs et les isolateurs sont tous de modèles éprouvés.

Cette nouvelle source d'énergie est reliée par des lignes bouclées à 50 kV au centre de consommation. La ligne de la vallée de la Limmat est montée sur poteaux tubulaires en fer et aboutit à la sous-station de Schlachthof. La ligne de la vallée de la Furt est montée sur des poteaux en béton d'un nouveau type jusqu'à Watt, puis sur de grands pylônes en treillis jusqu'à la sous-station de Guggach.

Un câble à masse à 50 kV est posé entre la sous-station de Schlachthof et celle de Letten. De là, un câble à huile se dirige vers la sous-station de Selnau.

Pour relier Selnau et Drahtzug, un câble triphasé à huile à 50 kV, d'une longueur de 4 km avait déjà été posé en 1931 sous le Schanzengraben et le lac de Zurich ³⁾.

L'installation de convertisseurs de Selnau réservée au service des tramways fonctionnait depuis 31 ans. Sa puissance est portée de 600 à 2 400 kW.

La nouvelle sous-station de Selnau est aménagée de 1931 à 1932 (la votation de 1930 ayant donné 30 800 oui contre 1900 non), au milieu des anciennes installations, dont l'exploitation devait être maintenue.

Dans la nouvelle annexe au poste de convertisseurs d'éclairage, on aménage un hall des machines qui renfermera 4 groupes convertisseurs pour les réseaux d'éclairage à courant alternatif, 2 redresseurs pour le service des tramways et la nouvelle grande batterie de réserve. L'ancien bâtiment des batteries conserve sa destination, tandis que l'ancien hall des machines est remplacé par un grand bâtiment de couplage à 50 kV pour 4 transformateurs 50/6 kV et 4 câbles principaux à 50 kV. Dans l'installation à 6 kV fortement sollicitée, on a cherché à réduire autant que possible la quantité d'huile des appareils, en installant 37 disjoncteurs sans huile et des extrémités de câbles à enrubannage. Dès le début, il est prévu pour les réseaux d'éclairage 2 transformateurs monophasés 6000/2000 V, de 2500 kVA chacun, à titre de réserve, en sus des groupes convertisseurs. Comme dans les sous-stations d'éclairage de Letten et de Drahtzug, le nouveau concurrent s'introduit systématiquement. A Selnau et à Drahtzug, les batteries pour le service des tramways sont mises hors service.

La sous-station d'Albishof ne fonctionne plus comme poste de transformation principal, mais simplement comme poste de distribution à 6 kV, car la nouvelle sous-station de Selnau est terminée en 1933.

En 1931, le poste de couplage de Ragaz est mis hors service.

En 1932, la nouvelle sous-station de redresseur de Haldenegg est commandée à distance depuis la sous-station de Letten; en 1936 celle d'Albishof l'est depuis Selnau et en 1940 celle de la Promenade l'est depuis Drahtzug.

Un contrat intervient entre l'usine de chauffage à distance de l'EPF et l'EWZ, au sujet de la collaboration entre les usines hydroélectriques et les installations thermiques: les machines de l'usine de chauffage fournissent de l'énergie hivernale à l'EWZ, qui fournit en revanche de l'énergie hydroélectrique estivale à l'usine de chauffage à distance, celle-ci, étant obligée d'alimenter les consommateurs de chaleur à l'Hôpital cantonal durant toute l'année.

En 1933, l'énergie de l'usine de Wettingen est reçue par la sous-station de Schlachthof transformée. C'est de là que part la nouvelle tension moyenne de 11 000 V. Cette sous-station renferme des disjoncteurs à eau.

C'est le 1^{er} octobre 1933 que le Service des eaux abandonne sa dernière position dans le Service de l'électricité, en cédant à l'EWZ l'usine de Letten.

Le charbon et le gaz ont maintenant un concurrent de taille: l'EWZ fournit de l'énergie électrique à une grande cuisine du Burghölzli, au four-tunnel de la Société coopérative de consommation et à

³⁾ Bull. ASE 1932, No. 9, p. 197...206.

plusieurs chaudières électriques. En une seule année 2700 chauffe-eau et 1200 cuisinières électriques sont installés.

Avec les nouvelles *turbines Kaplan* de l'usine de Wettingen, le rendement atteint 91,7 % à 5700 kW; le rendement du groupe complet (turbines et alternateurs) est de 89,1 %.

Dans l'ancienne usine de l'Albula, en service depuis 25 ans, les vannes et les organes d'entrée d'eau doivent être contrôlés et remis en état (1934).

En 1935, un *redresseur transportable* de 350 kW est mis en service. Il peut être utilisé comme réserve partout, où l'exploitation des tramways l'exige.

La *fusion de 8 autres communes*, le 1^{er} janvier 1934, place derechef l'EWZ devant des tâches entièrement nouvelles. De grandes agglomérations sont rattachées dorénavant au réseau de la Ville. Alimentées auparavant de l'extérieur sous 8000 V, elles doivent l'être maintenant de l'intérieur sous 6000 V. L'adoption de la tension normale de 11 000 V devient nécessaire. On projette d'aménager une nouvelle sous-station à Oerlikon.

Auparavant, il s'agit de relever autant que possible la tension de distribution dans le réseau d'éclairage à courant alternatif. Tous les convertisseurs d'éclairage sont rebobinés et les anciens câbles sont exploités sous 4000 V au lieu de 2000 V.

En 1935, on installe dans les usines et les sous-stations des bobines d'extinction pour la protection contre les mises à la terre accidentelles.

De nouveaux soucis sont causés par les lignes modernes à conducteurs câblés en aldrye fortement tendus. L'EWZ avait installé les premières lignes à grandes portées de ce genre et, maintenant, il s'agit de monter des amortisseurs d'oscillations (1938 Samsstagern - Frohhalp). Le tronçon Wallenstadt - Mollis est équipé de pylônes à treillis.

Une rupture de la conduite forcée de l'usine de l'Albula, le 26 mars 1936, obligea une adaptation aux conditions d'exploitation devenues beaucoup plus pénibles:

Le château d'eau est complété par une chambre-réservoir de 1000 m³, les commandes des vannes à clapet sont modifiées, les installations à huile sous pression sont agrandies, les dispositifs de manœuvre sont remplacés.

Le câble à huile Selnau-Drahtzug (50 kV) donne également lieu à des difficultés. En novembre 1937, il faut poser un nouveau câble d'un autre type.

Un crédit de 3,2 millions de francs pour la *nouvelle sous-station Letten* est approuvé en 1936 par 44 800 oui contre 9 000 non.

Le projet est remanié plusieurs fois, en cherchant à le simplifier le plus possible. Finalement, tous les groupes convertisseurs et leurs batteries de réserve sont supprimés. La future usine de Letten servira de réserve. Cette nouvelle installation doit également être aménagée au milieu des anciennes installations qui continuent à fonctionner.

Toutes les dispositions connues sont à nouveau appliquées:

Transformateurs principaux 50/6 kV, installation de couplage à 50 kV avec panneaux pour l'arrivée des câbles

à 50 kV, distribution en courant triphasé à 6 kV pour la force motrice et distribution en courant alternatif à 4 kV pour l'éclairage. Toutes les installations à 50, 6 et 4 kV sont équipées de disjoncteurs à air comprimé. Les lignes de tramways sont alimentées par des redresseurs, tandis que les réseaux d'éclairage à courant alternatif ne sont plus alimentés que par des transformateurs monophasés 6/4 kV. La transformation directe a été définitivement adoptée. *Aucun groupe convertisseur n'entre plus en ligne de compte.*

La sous-station de Letten est mise en service le 1^{er} octobre 1938. Le programme de 1929 est largement exécuté, mais la deuxième fusion des communes apporte encore de nouvelles tâches.

Juste avant la fin des travaux de construction, les lignes à 50 kV venant du sud et du nord peuvent encore être reliées, à la limite de Zurich et de Wallisellen, par une ligne de 9 km entre Dübendorf et Köschenrütli. L'ancienne ligne de ceinture se trouve depuis des années à l'intérieur de la ville et ce n'est qu'à grand peine que l'on peut établir une ligne de dérivation à 50 kV entre Köschenrütli et le quartier industriel d'Oerlikon.

Les méthodes de propagande sont perfectionnées. Une cuisine modèle est aménagée, de même qu'un local de démonstration (1938).

Les nouvelles sources lumineuses: lampes à vapeur de sodium et de mercure, lampes luminiscentes, donnent de bons résultats.

La technique de l'éclairage public continue à se développer. Les lampes à longue durée de vie sont introduites. La durée moyenne de toutes les lampes d'éclairage public augmente d'année en année: elle passe de 1 604 à 1 857, puis à 2 343 heures. Le nombre des lampes remplacées baisse de 16 000 à 13 000 par an.

L'*Exposition Nationale Suisse de 1939* met l'EWZ à une rude épreuve. Les restaurants de l'Exposition sont presque entièrement électrifiés, des sous-stations complètes doivent être improvisées.

Dans le hall de l'électricité, une sous-station est présentée en fonctionnement aux visiteurs et est accessible à tous les intéressés. Brown Boveri démontre un transport d'énergie en courant continu à 50 kV depuis l'usine de Wettingen jusqu'à l'Exposition. L'EWZ met toutes les installations nécessaires à sa disposition.

Le passage à l'*exploitation de guerre* lors de la mobilisation générale de septembre 1939 se déroule sans encombre, malgré d'énormes difficultés.

L'EWZ contribue à la mise en pratique de la *pompe thermique*. Il alimente la première pompe thermique destinée au chauffage de l'Hôtel de Ville. Il installe à ses frais la première pompe thermique à air du Palais des Congrès. Il propose l'emploi de pompes thermiques dans la nouvelle Piscine⁴⁾ Municipale et prend à sa charge tous les frais supplémentaires, qui s'élèvent à plus de 200 000 fr. (1940). Dans cette piscine fonctionnent maintenant 5 pompes thermiques de 100 kW chacune et une chaudière électrique. Citons encore que cette piscine a pu être exploitée pendant plus de 6 années de guerre sans la moindre consommation de combustible (il aurait fallu 800 t de charbon par an).

⁴⁾ Bull. ASE 1941, No. 15, p. 345...348.

Depuis des années, l'EWZ demande l'introduction systématique de pompes thermiques pour le chauffage de la ville. Il considère que la *fourniture du chauffage* est un problème qui doit être résolu en commun par la Ville, le Canton et la Confédération.

En attendant, l'Office municipal du chauffage aménage une nouvelle installation pour le chauffage des 5 bâtiments de l'administration de la ville, un exemple extrême de chauffage électrique complet de locaux en hiver.

Les limites de la rentabilité ne peuvent être pratiquement déterminées que dans un pareil cas. L'installation est financièrement supportable grâce à la limitation de l'aménagement pour une température extérieure de -5°C et à la combinaison avec une installation de chauffage au coke existante, qui servira de réserve et d'appoint par temps très froid.

L'EWZ fournit l'énergie électrique à cette installation municipale aménagée près du pont Urania, ainsi qu'à l'installation de la Confédération, c'est-à-dire à celle de l'EPF près du pont Walche (2800 kW). D'autres installations de thermopompage sont projetées pour l'alimentation de l'Hôpital cantonal et pour le chauffage de l'Hôtel de Ville, de l'Hôtel Métropole et de la Banque nationale.

Il existe actuellement un projet officiel pour une *installation de thermopompage* dans l'*usine de Wettingen*, destinée à utiliser la chaleur perdue des alternateurs et des transformateurs, dans le but de chauffer l'Ecole Normale de Wettingen du Canton d'Argovie et de la colonie d'habitation de l'usine.

Grâce à ses fournitures pour le chauffage électrique d'appoint, les installations d'eau chaude combinées au chauffage central et de la grande industrie, l'EWZ a permis d'économiser plus de 21 000 t de charbon en hiver 1940/41 (22 millions de kWh). En hiver 1944/45, l'économie portait sur 17 000 t. En pleine guerre, l'EWZ a également rendu possible le *traitement électrique des minéraux à Flums* et la *saccharification du bois à Ems*.

Les réserves que l'EWZ avait créées au cours de longues années par l'extension et l'augmentation de la tension de ses installations de production et de distribution, ont été mises à la disposition de la Ville de Zurich et du pays durant la guerre.

L'exploitation est constamment assurée et améliorée. Pour le réseau à haute tension à 6 kV et pour tous les réseaux d'éclairage à 4 kV, des plans de relais sont élaborés, et les transformateurs sont équipés de relais thermiques. L'installation de régulateurs à induction continue. Les transformateurs monophasés 6/4 kV des réseaux d'éclairage sont équipés de commutateurs à gradins automatiques (1940/41).

Pour des raisons militaires, une usine de réserve souterraine, à l'abri des bombardements fut aménagée en 1940/41 pour assurer le maintien d'une fourniture d'eau en cas de besoin (*usine à moteurs Diesel*, mise en service le 6 mars 1941).

En 1940, tous les groupes convertisseurs du réseau sont remplacés par des redresseurs.

Les nouvelles *Cuisines Populaires*, entièrement électrifiées, avec chauffage par électrodes, peuvent

servir 2 000 à 4 000 personnes par jour. 1 000 chauffe-eau centraux combinés à un chauffage central peuvent fonctionner à l'électricité lorsque le débit des cours d'eau est suffisant.

Puis, en 1941, la ligne de dérivation à 50 kV Köschenrüti - Oerlikon est mise en service.

En 1942, la ligne à 50 kV Siebnen - Mettlen est équipée de bagues de protection d'isolateurs à réglage. La sous-station de Frohalp est transformée.

En 1943, les grandes lignes de transport d'énergie sont équipées du dispositif ultra-rapide de protection à distance Brown-Boveri. Les câbles sont équipés de relais différentiels.

En 1942, un crédit de 1,56 millions de francs pour une *sous-station à Oerlikon*⁵⁾ est approuvé par 58 000 oui contre 3 400 non. C'est la première fois qu'il est possible de choisir librement l'emplacement d'un tel centre d'alimentation.

La partie à 50 kV de l'installation est aménagée sur un seul étage; seuls les départs sous câbles à 11 kV sont en sous-sol. Les installations de couplage se trouvent dans un bâtiment, tandis que les transformateurs 50/11 kV sont en plein air. Cette installation est très clairement ordonnée, les éléments de construction sont de types éprouvés. Dans cette agglomération rattachée en 1934 à la Ville de Zurich, la distribution de l'énergie électrique s'opère uniquement par transformation. La quatrième sous-station ne comporte également pas de groupes convertisseurs, ni de batteries de réserve. La sous-station d'Oerlikon est en service depuis le 1^{er} janvier 1943.

En 1944, une *ligne sous câbles à 50 kV* relie les sous-stations d'Oerlikon et de Letten.

Le 26 septembre 1943, un crédit de 2,2 millions de francs est accordé pour la *transformation de l'usine de l'Albula*⁶⁾. Les machines, qui fonctionnent depuis 35 ans, sont usées et vieillies. Depuis mai 1945, les deux nouveaux groupes à axe vertical sont en service. Ils fournissent 24 000 kW au lieu des 18 000 kW des 8 anciens groupes. L'installation de couplage à 50 kV est complètement transformée. Jusqu'en 1943, les anciens disjoncteurs à pot des Ateliers de Construction Oerlikon, datant de 1910, avaient parfaitement supporté des sollicitations sans cesse grandissantes. Les lignes à 50 kV étaient équipées de sectionneurs à air comprimé; elles sont maintenant toutes pourvues de disjoncteurs à charge d'huile réduite. Dans les installations à 6 kV, les disjoncteurs à pot d'un type moderne ont repris leur place.

Le 6 février 1944, un crédit de 3,75 millions de francs est accordé pour l'*extension de l'usine de Letten*⁷⁾. Les machines sont commandées. La construction commencera aussitôt que la Confédération aura libéré ce projet dans le cadre de la création d'occasions de travail.

Le 21 janvier 1945, un crédit de 15 millions de francs est accordé pour la construction de l'*usine de la Julia*⁸⁾ près de Tiefencastel. Les travaux d'aménagement des routes, ponts, maisons d'habitation et des galeries à fenêtres ont déjà commencé.

⁵⁾ Bull. ASE 1942, No. 19, p. 522.

⁶⁾ Bull. ASE 1943, No. 13, p. 370.

⁷⁾ Bull. ASE 1943, No. 25, p. 775.

⁸⁾ Bull. ASE 1944, No. 23, p. 682.

Dès 1934, l'EWZ s'est intéressé à l'aménagement des forces hydrauliques du Rhin postérieur⁹⁾ et participa financièrement aux études, travaux préliminaires et concessions. Un projet de 1943 pour un aménagement en trois paliers est déposé auprès des autorités fédérales.

Lorsque ces efforts visant à participer à l'aménagement des forces hydrauliques du Canton des Grisons parurent être fort aléatoires, nous nous sommes adressés en 1938 aux FMB et leur avons offert de participer à la construction du palier inférieur des usines de l'Oberhasli. C'est en pleine guerre que l'usine d'*Innertkirchen*¹⁰⁾ fut construite. Là également, on a appliqué les plus récents progrès de l'électrotechnique suisse. Je ne peux toutefois m'y étendre ici.

Le développement des puissances des machines depuis les débuts de l'EWZ est intéressant à constater:

10 machines de l'usine de Letten ne fournissaient pas même la puissance d'une seule machine de l'usine de l'Albula. 8 groupes de l'usine de l'Albula correspondaient à 1 groupe de l'usine de Rempen.

3 machines de l'usine de Rempen ont tout juste la même puissance qu'une seule des machines d'*Innertkirchen*.

Le 1^{er} janvier 1943, les installations du bâtiment de couplage de Siebnen étaient prêtes à recevoir l'énergie des usines de l'Oberhasli. Depuis lors, l'EWZ reçoit sans la moindre complication sa part de plus de 100 millions de kWh par an. C'est l'aboutissement d'une importante étape dans le ravitaillement de la Ville de Zurich en énergie électrique.

Jusqu'alors, l'EWZ disposait d'une puissance de 100 000 kW et d'une énergie électrique de 300 millions de kWh par an. Toutefois, dès 1932, nous considérons qu'il était indispensable de pouvoir disposer de 500 millions de kWh. En 1943, j'ai fixé cette quantité d'énergie à 800 millions de kWh par an. Cette année-ci, nous aurons déjà une consommation totale qui dépassera 680 millions de kWh, dont 580 pour Zurich.

Il y a 25 ans, lorsque je suis entré à l'EWZ, la ville de Zurich ne consommait que 85 millions de kWh!

Le capital investi dans l'ensemble des installations atteint actuellement 170 millions de francs.

L'année dernière, l'EWZ a versé un bénéfice net de 9,5 millions de francs. En 1945, les recettes provenant de la vente d'énergie électrique atteindront environ 36 millions de francs.

Dans l'exercice 1944/45 nous avons dû satisfaire à une augmentation de la consommation dépassant 120 millions de kWh par an.

Ce printemps, la charge a été de 120 000 kW à Zurich. Depuis lors, la pénurie des combustibles et le sévère rationnement du gaz ont provoqué de nouvelles et importantes charges. Nous travaillons d'arrache-pied, afin de pouvoir installer avant l'hiver des transformateurs pour une puissance supplémentaire de 20 000 kVA dans nos sous-stations. Dans nos réseaux de distribution nous installons plus de

30 nouveaux postes de transformation et préparons la mise en œuvre d'une nouvelle tranche de 16 000 kVA.

D'autre part, la ligne de transport B est modernisée entre Dübendorf-Rüti et Siebnen et transformée pour 150 kV, ce qui coûte fort cher et exige beaucoup de matériel et de travail. Cet automne, le poste de couplage de Siebnen recevra toutes les puissances de 120 000 kW de nos usines du Heidsee et de l'Albula, de nos participations à la S. A. des Forces Motrices du Wäggital, et aux usines de l'Oberhasli, ainsi que les puissances que nous recevons en vertu de contrats passés avec les Forces Motrices de Brusio, les Forces Motrices Bernoises et la Ville de Berne.

Au poste de couplage de Siebnen, l'énergie de l'Oberhasli arrive sous 150 kV. Avant l'automne 1946, il faudra l'amener *sous cette tension* jusqu'à Zurich.

En hiver 1947/48, l'usine de la Julia devra être prête à fonctionner et à livrer son énergie sous 150 kV, comme la ligne de transport Bernina-Albula. Jusqu'à cette date, il sera par conséquent nécessaire que toutes nos lignes de transport d'énergie soient aménagées pour 150 kV.

A Zurich, une sous-station devra être construite pour l'Hôpital cantonal et une autre pour le quartier industriel d'Altstetten.

Le réseau sous câbles à 50 kV devra être aménagé en conséquence. Les installations de distribution à haute tension de la région Schlachthof-Letten-Oerlikon devront être transformées de 6 à 11 kV. Des quartiers entiers vont être construits, auxquels il s'agira de fournir l'éclairage, la force motrice et la chaleur.

Les nouvelles dépenses se monteront probablement à 80 millions de francs pour les 10 prochaines années, si l'on veut que les installations de l'EWZ demeurent en parfait état de fonctionnement, puissent satisfaire à toutes les exigences et disposent des réserves indispensables.

Pour terminer mon exposé, j'aimerais brièvement vous parler du

futur développement du Service de l'électricité de la Ville de Zurich.

Je vois les gigantesques barrages du Rhin postérieur et la nouvelle commune de la vallée du Rheinwald qui se développe d'une façon réjouissante, les installations de machines de Sufers, Andeer et Sils, et le Canton des Grisons, qui a pleine conscience de l'inestimable valeur de ses forces hydrauliques enfin aménagées.

Je vois les usines du Val Blenio, le grand bassin d'accumulation de la Greina et les lignes de transport d'énergie qui franchissent deux chaînes des Alpes, aboutissant à Siebnen et Innertkirchen où elles sont raccordées au réseau national, reliant ainsi toujours plus intimement le Canton du Tessin aux autres cantons suisses.

Notre bonne ville de Zurich consomme ses 800 millions de kWh par an.

Mais, en attendant, nous allons devant le premier hiver d'après-guerre, qui sera certainement le plus

⁹⁾ Bull. ASE 1943, No. 23, p. 695...701.

¹⁰⁾ Bull. ASE 1942, No. 20 et 1945, No. 1.

dur de tous, car notre ravitaillement en denrées alimentaires sera encore très précaire, le charbon nous fera presque complètement défaut et l'énergie électrique sera certainement insuffisante. Nous surmonterons d'une façon ou d'une autre toutes ces difficultés, mais notre lutte pour notre place dans le monde est loin d'être terminée. Il y aura les hivers 1946/47 et 1947/48 et il faudra toujours nous restreindre et freiner notre développement, parce que les sources d'énergie de notre pays n'ont pas été aménagées en temps utile ou ne l'ont été que d'une façon insuffisante, malgré de multiples avertissements et objurgations.

Devons-nous nous adresser au Conseil européen du charbon? Nos autorités ne sont-elles pas responsables, avec nous, de l'aménagement de nos propres forces hydrauliques?

Nous, les producteurs d'électricité, nous avons tout mis en œuvre pour assurer la fourniture de notre pays en énergie. Le remarquable travail de nos électrotechniciens suisses nous a été d'un précieux secours.

La seule marque de reconnaissance que nous attendons, c'est l'appui complet de nos autorités pour

assurer parfaitement la fourniture d'énergie de notre pays. Le programme d'aménagement de nouvelles usines hydroélectriques ne doit pas demeurer un beau projet: c'est au contraire une obligation.

Lorsque nos autorités auront constaté la *pénurie d'énergie électrique* qui ne manquera pas de se produire et en appelleront à notre peuple, le chemin sera alors libre pour créer les grandes usines à accumulation qui nous manquent encore. Le peuple travailleur attend de nous tous des *faits*.

Je ne voudrais pas terminer cet exposé sans adresser mes plus chaleureux remerciements à la *population de Zurich*, qui a raison d'être fière de ses entreprises municipales et de les appuyer efficacement, à nos *autorités*, qui traitent avec toute l'ampleur désirable les importants projets qui leur sont soumis, et, last but not least, à tous mes chers *collaborateurs* de ces 25 dernières années.

Enfin, je vous remercie tous pour tout ce que vous avez déjà fait pour la grande gloire de *notre électrotechnique suisse*.

Adresse de l'auteur:

Conseiller national W. Trüb, directeur du Service de l'électricité de la Ville de Zurich, Zurich.

Wasserkraftnutzung und öffentliche Gemeinwesen

Vortrag, gehalten an der Volkshochschule des Kantons Zürich*) am 4. Dezember 1944,
von O. Wetstein, Zürich

34 : 621.311.21(494)

Die Rechtsverhältnisse in der Wasserkraftnutzung und in der Elektrizitätsversorgung werden kritisch gewürdigt, besonders der Verfassungsartikel über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte (Art. 24bis) und das Bundesgesetz über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte vom Jahre 1916. Verfassung und Gesetz halten eine mittlere Linie ein zwischen eidgenössischen und kantonalen, auch kommunalen Interessen. Sie standen einer raschen, starken und gesunden Entwicklung der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft nicht im Wege. Die Formen, in denen die Wasserkraftnutzung geschieht, passen sich den gegebenen wirtschaftlichen und politischen Verhältnissen an. Dabei kam auch die fiskalische Ausnützung nicht zu kurz.

Am 25. Oktober 1908 hat das Schweizervolk mit 304 923 gegen 56 237 Stimmen und 21½ Standesstimmen (abgelehnt hat nur Appenzell I.-Rh.) den *Verfassungsartikel über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte* (Art. 24^{bis}) gutgeheissen. Von allen Volksabstimmungen seit 1848 weist diese die dritt-höchste Prozentzahl der Annehmenden mit 84,4 % auf; eine höhere Prozentzahl der Annehmenden zeigen nur noch die Abstimmungen von 1915 über die erste Kriegssteuer (94 %) und von 1938 über die Anerkennung des Rhätoromanischen als vierter Landessprache (91,6 %). Am nächsten kommt dem Wasserkraft-Artikel der Schiffahrt-Artikel, der auch zur Wasserkraftnutzung gehört, und der 1919 mit 83,6 % der Stimmenden angenommen wurde; diesmal stimmte sogar der Kanton Appenzell I.-Rh. ja, obwohl oder vielleicht weil sein Interesse an der Binnenschiffahrt sehr bescheiden ist. Gegen das Ausführungsgesetz zum Art. 24^{bis}, das Bundesgesetz über die Nutzbar-

L'auteur analyse les conditions juridiques de l'utilisation des forces hydrauliques et de la distribution de l'électricité, qui ont été fixées notamment par l'article 24bis de la Constitution fédérale et la loi fédérale de 1916 sur l'utilisation des forces hydrauliques. La Constitution et ladite loi concilient les intérêts de la Confédération et des Cantons, comme ceux des Communes. Elles n'ont aucunement entravé le développement rapide et important de l'économie suisse de l'électricité, sur des bases saines. Les modalités de l'utilisation des forces hydrauliques étaient bien adaptées aux conditions économiques et politiques de notre pays. Enfin, le rendement fiscal était convenable.

machung der Wasserkräfte vom 22. Dezember 1916, wurde kein Referendum verlangt, es trat unangefochten am 1. Januar 1918 in Kraft.

Diese Tatsachen sind um so bemerkenswerter, als der Abstimmung über den Verfassungsartikel eine sehr lebhafte öffentliche Diskussion in der Presse, in Versammlungen und in den eidgenössischen Räten vorausgegangen war, die sich in ganz verschiedenen Richtungen bewegte.

Die Erkenntnis, welch kostbares Gut die Natur uns Schweizern in unsern Wasserkräften anvertraut hat, war durch die Landesausstellung von 1883 lebendig geworden, wo die Umwandlung von Wasserkraft in elektrische Energie in Bogenlampen und Motoren sinnfällig zum Ausdrucke kam, wenn auch zunächst noch in rein lokaler Bedeutung. Als dann aber 1891 an der Frankfurter Ausstellung¹⁾ durch die Maschinenfabrik Oerlikon in Verbindung mit der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft Berlin das Problem der Fernleitung praktisch gelöst war,

*) Vgl. Einführung zu der Veröffentlichung der Vorträge über «Wasser- und Elektrizitätswirtschaft der Schweiz», Bull. SEV 1945, Nr. 18, S. 615.

¹⁾ Bull. SEV 1941, Nr. 18, S. 425...435.