

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Zeitschrift:</b> | Bulletin de l'Association suisse des électriciens         |
| <b>Herausgeber:</b> | Association suisse des électriciens                       |
| <b>Band:</b>        | 47 (1956)   |
| <b>Heft:</b>        | 25  |
| <b>Rubrik:</b>      | 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

### La coopération internationale dans le domaine de l'économie énergétique telle qu'elle ressort de la Conférence mondiale de l'énergie de Vienne de 1956

Par P. Troller, Bâle

061.3(436.14) : 620.9

*La Conférence mondiale de l'énergie qui s'est réunie en juin 1956 à Vienne a traité entre autres des problèmes techniques et économiques relatifs à la coopération internationale dans le domaine de l'économie énergétique. Ce sujet a fait l'objet de 17 rapports particuliers et de deux rapports généraux distribués aux participants avant la conférence, rapports presque tous consacrés à l'économie électrique; leur discussion demanda une journée entière. Le premier des rapports généraux s'occupe du développement et du financement de l'approvisionnement européen jusqu'en 1965, le second des résultats remarquables obtenus jusqu'ici dans le domaine de la coordination des échanges internationaux d'énergie électrique en Europe occidentale. Des rapports présentés par l'Italie, la Yougoslavie, l'Autriche, l'Allemagne occidentale et le Canada exposent la coopération déjà existante ou en voie de réalisation en Europe, tandis qu'un autre rapport décrit l'exploitation interconnectée en Amérique du Nord. En ce qui concerne l'Europe, il convient de relever l'importance des renseignements concernant les très grandes possibilités qu'offrent l'Autriche et la Yougoslavie du point de vue de l'aménagement des forces hydrauliques et de l'exportation d'énergie électrique. La discussion de problèmes particuliers fut alimentée par des rapports traitant des limites techniques et économiques de l'emploi des tensions de 110, 220 et 380 kV, de l'équipement mécanique et électrique des centrales frontalières, de l'amélioration de la stabilité dynamique dans les réseaux synchrones de transport, des installations de télécommunication et de télémesure, enfin, qu'exigent l'extension et la sécurité des interconnexions.*

#### Introduction

A la Conférence mondiale de l'énergie de Vienne, le thème général «Coopération internationale dans le domaine de l'économie énergétique» était en principe scindé en deux groupes: «Problèmes techniques» et «Problèmes économiques». En fait, ni les rapports ni la discussion ne s'en tinrent strictement à cette règle. De nombreuses questions relatives à la coopération internationale ne peuvent, en effet, se discuter et se résoudre que par l'examen simultané de leurs aspects technique et économique, sans parler des aspects juridique et politique ni des conditions de paiements ou de la question des devises.

Bien que l'énoncé du thème de la conférence eût permis de parler de tous les agents énergétiques, les rapports présentés comme les discussions s'en tinrent presque exclusivement à la coopération internationale dans le domaine de l'économie électrique, se bornant tout au plus à aborder certaines questions d'économie hydraulique à propos des usines frontalières. Il ne fut question ni des pipe-

*Die technischen und wirtschaftlichen Probleme der internationalen energiewirtschaftlichen Zusammenarbeit bildeten eines der Themen der im Juni 1956 in Wien abgehaltenen Weltkraftkonferenz. Es lagen für dieses Teilgebiet bereits vor Konferenzbeginn insgesamt siebzehn Einzelberichte und zwei Generalberichte gedruckt vor. Sie befassten sich fast ausschliesslich mit der Elektrizitätswirtschaft. Der Diskussion dieser Berichte war ein ganzer Sitzungstag gewidmet. Von zwei Berichten mehr allgemeiner Art behandelte der eine die zu erwartende Entwicklung und die Finanzierung der europäischen Energieversorgung bis 1965, der andere die bisher praktisch erreichte bemerkenswert gute Koordinierung des internationalen Elektrizitätsaustausches in Westeuropa. Über bereits realisierte oder erst projektierte wasserwirtschaftliche und elektrische Zusammenarbeit mit Nachbarstaaten lagen Berichte aus Italien, Jugoslawien, Österreich, Westdeutschland und Kanada sowie ein Bericht über den nordamerikanischen Verbundbetrieb vor. Für Europa besonders wichtig waren die Angaben über sehr grosse österreichische und jugoslawische Ausbau- und Exportmöglichkeiten für Wasserkraftenergie. Als Sonderfragen wurden in weiteren Berichten die technisch-wirtschaftlichen Grenzen für die Spannungen 110, 220 und 380 kV, die maschinelle und elektrische Disposition von Grenzkraftwerken, die Verbesserung der dynamischen Stabilität synchroner Übertragungskreise und die für einen ausgedehnten und sicheren Verbundbetrieb notwendigen Fernmelde- und Fernmessanlagen diskutiert.*

lines internationaux destinés au pétrole brut ou au gaz naturel, ni de l'important trafic international, voire intercontinental des combustibles liquides ou solides. Et pourtant, la quantité d'énergie transportée de cette manière par dessus les frontières représente un multiple des échanges d'énergie électrique. Cela tient peut-être au fait que notamment les problèmes du pétrole sont aussi d'ordre politique. Hors du domaine électrique, un seul rapport fut présenté; il a comme auteur l'Union gazière internationale, mais ne contient aucune donnée relative aux transports de gaz d'un pays à l'autre<sup>1)</sup>.

Les rapports et la discussion ont mis en évidence le rôle déjà remarquable que joue la coopération internationale dans l'économie électrique

<sup>1)</sup> Dix rapports au total ont été présentés à la section «Problèmes économiques et techniques du transport de gaz à grande distance» par l'Australie, la Grande-Bretagne, la France, l'Italie, la Pologne et les Etats-Unis d'Amérique. Ces rapports fournissent des renseignements détaillés sur le transport de gaz à grande distance à l'intérieur de ces divers pays; par contre, ils ne parlent presque pas des échanges internationaux d'énergie par l'intermédiaire de grandes conduites de gaz.

grâce aux échanges internationaux d'énergie, qui permettent avant tout une meilleure utilisation d'ensemble des différentes sources de production, une exploitation plus rationnelle des forces hydrauliques dans les régions qui, bien qu'hydrauliquement interdépendantes, sont séparées par des frontières politiques, et enfin une entraide en cas de pénurie.

Comparés à la consommation annuelle totale d'un pays en énergie électrique, ses échanges avec les états voisins sous forme d'exportation et d'importation d'énergie ne jouent pas un très grand rôle. L'opinion prévaut d'ailleurs généralement aujourd'hui qu'un pays qui doit importer de l'énergie fait bien de limiter ses importations d'énergie électrique de telle manière qu'une déficience de ces dernières ne puisse occasionner des difficultés durables et insurmontables pour son économie nationale.

Techniquement parlant, la transmission de grandes puissances d'un pays à l'autre et sur de grandes distances ne diffère pas essentiellement d'une interconnexion entre plusieurs groupes de centrales à l'intérieur d'un seul et même pays. C'est ainsi qu'à propos des échanges internationaux d'énergie d'intéressantes précisions ont été données sur les interconnexions de réseaux aux *Etats Unis d'Amérique* et en *Russie*. Il en ressort que, dans ces pays, les échanges d'énergie mettent en jeu des puissances sensiblement plus élevées et s'étendent sur des distances beaucoup plus grandes que ce qu'à notre échelle nous considérons comme un très grand transit d'énergie à travers plusieurs pays d'Europe, d'Allemagne en Italie ou d'Autriche en France par exemple.

Les échanges internationaux d'énergie appellent parfois l'interconnexion d'équipements qui sont construits ou exploités selon des prescriptions ou usages nationaux disparates. Il faut alors accorder entre elles ces installations, de manière que leur marche en parallèle fonctionne sans encombre et dans de bonnes conditions économiques et de sécurité. Cela suppose une entente préalable au sujet du mode d'exploitation, de l'élimination des perturbations, des équipements de télécommunication, de télémétrie et de télécommande, ainsi que sur la question souvent difficile à résoudre de la mesure et de la facturation des puissances et quantités d'énergie transportées.

L'établissement de *normes internationales* conduit à une unification dont l'exploitation en interconnexion fait également son profit. Toutefois, pour qu'elles ne deviennent pas un frein au progrès, ces normes devront être périodiquement revues et leur opportunité contrôlée.

Différentes solutions permettent l'échange d'énergie électrique entre deux pays. On peut distinguer parmi elles deux types principaux: d'une part l'interconnexion à la frontière de deux réseaux nationaux entiers ou de parties de ceux-ci, d'autre part l'interconnexion des centres de gravité de deux réseaux nationaux par des lignes spéciales d'interconnexion à grande capacité de transport.

Le couplage à la frontière présente l'avantage que les mêmes lignes desservent aussi bien la distribution interne que les échanges internationaux. De plus, le renforcement des lignes a lieu progressivement, en fonction de l'accroissement de la demande d'énergie. A cet égard, cette solution est préférable à la construction de lignes spéciales largement dimensionnées entre les centres de gravité des deux réseaux nationaux; la charge de ces lignes peut, en effet, rester faible et, par suite, leur utilisation mauvaise pendant une longue période de mise en train.

Le fonctionnement impeccable d'une interconnexion entre deux pays exige non seulement des installations de couplage suffisamment puissantes par rapport à la charge des deux réseaux en présence, mais aussi un réglage satisfaisant de la fréquence et de la puissance, un système de protection sélective rapide, des communications sûres et, le cas échéant, un équipement de télécommande.

Nous ne pouvons naturellement pas nous étendre ici sur tous les points traités dans les dix-sept rapports particuliers et les deux rapports généraux, puis discutés au cours de deux demi-journées. Nous nous bornons ci-dessous à résumer les travaux relatifs à quelques sujets importants.

## Les interconnexions de réseaux en Europe occidentale

### 1. Généralités

Le rapport sur les buts et l'activité de l'*Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Électricité (UCPTE)*, fondée en 1951, procure une bonne vue d'ensemble sur les progrès de la coordination des échanges d'énergie électrique entre les huit Etats d'Europe occidentale, soit la Belgique, la France, l'Italie, le Luxembourg, les Pays-Bas, l'Autriche, la Suisse et l'Allemagne de l'Ouest.

Les buts poursuivis par l'UCPTE sont: l'amélioration des échanges internationaux d'électricité en Europe occidentale, l'étude en commun des questions relatives à l'exploitation en parallèle, la coordination des programmes de revision des centrales thermiques en vue de maintenir constamment disponibles des réserves suffisantes de puissance. Ces revisions de centrales thermiques sont concentrées selon un plan d'ensemble sur les périodes où l'on peut s'attendre à une bonne production hydraulique, afin qu'en période d'étiage et de forte demande toutes les usines thermiques soient disponibles. Des rapports trimestriels renseignent les membres sur les points suivants: conditions d'exploitation durant le trimestre écoulé, prévisions à court terme, liste des centrales et lignes mises en service ou en voie d'achèvement, problème du réglage fréquence puissance en vue de la mise en parallèle des grands réseaux.

Le rapport présenté à la Conférence mondiale de l'énergie contient entre autres un schéma des ré-

seaux interconnectés d'Europe occidentale, un schéma du réglage fréquence puissance en Europe occidentale, une carte des régions — parfois fort étendues — exploitées à la même fréquence, ainsi qu'une représentation très instructive du flux d'énergie entre les différents pays au cours d'une journée d'hiver<sup>2)</sup>.

Grâce à l'esprit pratique et de bonne collaboration de ses membres, l'UCPTE a déjà atteint des résultats très remarquables. Le 75 % des échanges en Europe occidentale est réglé par des contrats à longue échéance, alors que le 25 % fait l'objet d'arrangements temporaires, qui visent essentiellement à la pleine utilisation des productions excédentaires des usines hydrauliques. D'importants problèmes se posent dans ce domaine, tels que l'exploitation à charge réduite et la marche intermittente des centrales thermiques ainsi que la mise en service rapide des groupes turbo-générateurs.

Précisons encore que l'UCPTE a pu obtenir de l'OECE dès 1953 que les échanges d'énergie occasionnels à court terme soient libérés, de telle sorte qu'en cas d'urgence les réseaux voisins peuvent rapidement prendre leurs dispositions, sans avoir à se préoccuper de problèmes de devises.

## 2. Rapports des différents pays sur leurs échanges internationaux d'énergie

### *Autriche*

Nous traiterons ici plus à fond de ce pays, dont le régime alpin rappelle à plus d'un égard celui de la Suisse, et dont les exportations d'énergie sont très importantes. Les forces hydrauliques économiquement exploitables de l'Autriche représentent une productibilité moyenne annuelle de 40 000 GWh, avec une possibilité d'accumulation de 6000 GWh, celles qui sont techniquement aménageables une productibilité de 60 000 GWh; l'Autriche est donc *le pays d'Europe centrale le plus riche en forces hydrauliques* (pour la Suisse l'équipement complet permettrait de produire 32 000 GWh par an). Or, compte tenu des centrales en construction, la productibilité annuelle moyenne en Autriche n'est actuellement que de 10 000 GWh, soit le 25 % de la productibilité économiquement réalisable.

L'Autriche procède à d'importants échanges d'énergie avec ses voisins, surtout avec l'Allemagne occidentale. Elle y a exporté en 1955 en chiffre rond 1400 GWh, tandis qu'elle en importait 366 GWh, partiellement d'origine thermique. L'exportation provient surtout des *Usines de l'Ill*, dans le Vorarlberg, et emprunte la ligne double à 220 kV qui s'étend jusque dans la région de Cologne. Cette ligne relie les centrales hydrauliques à accumulation et haute chute du Vorarlberg — équipées partiellement de groupes de pompage — aux usines thermiques et hydrauliques allemandes, constituant ainsi un complexe d'usines à direction centrale et à exploitation largement interconnectée.

Les usines frontalières sur l'Inn et sur le Danube sont également des points de couplage entre l'Autriche et l'Allemagne, de même que d'autres

liaisons entre le réseau allemand à haute tension et le réseau interconnecté autrichien. La conjugaison de la production des *usines de la Drave* exige une étroite collaboration entre l'Autriche et la Yougoslavie; les remaniements de frontières de 1945 ont attribué deux de ces usines à l'Autriche et une à la Yougoslavie.

En 1955, l'Autriche a exporté 44 GWh en Yougoslavie et importé 23 GWh d'Italie, tandis qu'elle exportait 20 GWh en Tchécoslovaquie — partiellement en échange de lignite. Avec la Suisse, l'Autriche n'a jusqu'ici d'autre liaison qu'une ligne à 10 kV entre Nauders et Schuls en Basse-Engadine. Les échanges d'énergie avec la Hongrie sont complètement interrompus depuis 1945.

Des pourparlers sont en cours au sujet de l'exportation vers la France — en transit par l'Allemagne — d'importantes quantités d'énergie qui seront produites par la centrale en construction à *Ybbs-Persenbeug* sur le Danube.

Comme l'Autriche sera en mesure d'exporter durant de nombreuses années encore de grandes quantités d'énergie à condition de développer l'utilisation de ses forces hydrauliques, il existe actuellement de vastes plans prévoyant le financement en commun d'aménagements hydro-électriques autrichiens par les pays importateurs d'énergie. Citons en premier lieu le projet *Interalp*, qui prévoit la construction de trois groupes de centrales à accumulation et haute chute au Vorarlberg et au Tyrol, d'une puissance totale d'environ 2000 MW et d'une productibilité moyenne annuelle d'environ 4700 GWh. Ce projet serait financé à parts égales par quatre pays partenaires: Autriche, Allemagne, France, Italie. L'énergie produite reviendrait en quantités égales à ces quatre partenaires. L'on prévoit des contrats à très longue échéance, l'Autriche se réservant toutefois de pouvoir au bout de 30 ou 40 ans cesser les fournitures à l'étranger si l'accroissement de sa propre demande l'exige.

Il existe encore d'autres projets d'usines frontalières: à la frontière avec l'Allemagne sur l'*Inn*, sur la *Salzach* et sur le *Danube*, à la frontière avec la Tchécoslovaquie également sur le *Danube*, à la frontière avec la Suisse sur l'*Inn supérieur*, à la frontière avec l'Italie enfin, où les eaux autrichiennes doivent être détournées dans le bassin versant italien du *Tagliamento*, une partie de la production du groupe de centrales italien revenant à l'Autriche.

Un rapport particulier autrichien décrit l'équipement mécanique et électrique de l'usine de *Jochenstein* sur le Danube, à laquelle l'Allemagne et l'Autriche participent chacune pour 50 %. Cette centrale possède 5 groupes générateurs formant bloc avec des transformateurs de même puissance. Les débits sont tels que les cinq groupes sont simultanément en fonction durant 250 jours par an environ. Toute la production est écoulée par une double ligne à 220 kV en propriété commune jusqu'au noeud de *St-Peter* (près de Braunau), éloigné d'environ 50 km. C'est de ce point central du réseau

<sup>2)</sup> Voir Bull. ASE t. 47(1956), n° 7, p. 296.

d'interconnexion austro-allemand que l'énergie produite à Jochenstein est répartie également entre les deux partenaires par voie de compensation.

#### *Allemagne occidentale*

Les nombreuses liaisons du réseau interconnecté d'Allemagne occidentale avec les réseaux des états voisins donnent lieu à de très actifs échanges d'énergie. Nous avons parlé ci-dessus des échanges avec l'*Autriche*; nos lecteurs connaissent certainement, d'autre part, les liaisons par lignes à haute tension avec la *Suisse* ainsi que les centrales frontalières du Rhin supérieur<sup>3)</sup>.

Jusqu'ici, les échanges d'énergie entre l'Allemagne et ses voisins se sont faits soit par machines isolées — machines détachées du réseau d'un pays pour être couplées au réseau de l'autre —, soit par couplage de réseaux partiels — réseau partiel d'un pays couplé au réseau interconnecté de l'autre. Dans les usines frontalières du Rhin supérieur, le transfert d'énergie d'un pays à l'autre se fait parfois aussi par *échanges hydrauliques*. Toutefois, ceux-ci ne peuvent se faire dans ces usines purement au fil de l'eau que lorsque le débit du Rhin est inférieur à la capacité maximale d'absorption de toutes les turbines disponibles.

Temporairement, le réseau interconnecté d'Allemagne occidentale a aussi été exploité en liaison galvanique directe avec de grands réseaux interconnectés étrangers. Cette méthode permet une grande liberté d'échanges, mais exige l'observation de certaines règles techniques inéluctables. Lors d'échanges avec l'étranger, on veille à éviter autant que possible que de grandes quantités d'énergie réactive passent les frontières. L'expérience acquise montre que le réglage séparé de la fréquence et de la puissance ne peut donner de résultats satisfaisants que lorsque le réseau «maître» est largement dominant.

Le réseau interconnecté d'Allemagne occidentale est pourvu depuis peu d'un équipement automatique de *réglage puissance fréquence* par le procédé dit des lignes caractéristiques. Le maintien de la tension sur le réseau d'interconnexion à 220 kV se fait encore par bobines compensatrices du courant de charge. Depuis 1954, l'ancienne compensation des courants de défaut à la terre a été remplacée par la mise à terre du point neutre, ce qui permet désormais la liaison galvanique directe avec tous les réseaux à 220 kV d'Europe occidentale. La sécurité d'exploitation, déjà assurée par un système moderne de protection sélective, a été encore accrue par l'introduction du réenclenchement rapide unipolaire.

Les fournitures à long terme résultant de participations à des centrales étrangères ou à des usines frontalières se payent en général au prix de revient. Les prix payés pour l'énergie de déchet provenant de centrales hydro-électriques étrangères dépendent des économies que cet apport permet de réaliser par réduction de la production thermique alle-

<sup>3)</sup> Voir par ex. la grande carte synoptique au 500 000<sup>e</sup> dans le *Guide de l'économie hydraulique et de l'électricité de la Suisse*, tome I, édition 1949.

mande. On se fonde généralement sur l'économie en lignite, et non pas en houille. Cette manière de faire se justifie par le fait qu'en période d'excédents hydrauliques à l'étranger, les usines allemandes au fil de l'eau produisent également beaucoup d'énergie; les usines thermiques allemandes utilisant de la houille ont donc à ce moment là déjà réduit leur production au minimum, et l'économie ne peut plus se faire que sur les usines utilisant du lignite.

Les échanges internationaux d'énergie se font parfois sans échanges de devises, par simple compensation, en tenant toutefois compte de la qualité de l'énergie livrée (jour/nuit et été/hiver). Le rapport allemand original<sup>4)</sup> contient encore des précisions sur les nombreuses variantes intervenant dans l'établissement des prix appliqués aux échanges internationaux d'énergie. Les sociétés allemandes, autrichiennes et italiennes ont élaboré des directives pour l'établissement des émoluments de transit.

#### *Italie*

Ce pays procède aussi depuis de nombreuses années à des échanges d'énergie avec ses voisins. Ses importations de Suisse ont débuté en 1907 avec l'usine de *Brusio*. La plus récente manifestation de collaboration entre l'Italie et la Suisse est l'aménagement du Rhin postérieur: des apports hydrauliques tant suisses qu'italiens sont accumulés au *Val di Lei* dans un vaste réservoir puis utilisés dans trois centrales à haute chute situées sur territoire suisse. En échange de son apport hydraulique et de la mise à disposition du bassin d'accumulation, l'Italie bénéficie d'une part de la production.

Une nouvelle ligne à 220 kV relie le *Val d'Ossola* à la vallée suisse du *Bedretto* et au Haut-Valais; une autre ligne à 220 kV en construction assurera la liaison avec le Bas-Valais par le *Col du Grand St-Bernard*. L'Italie est également reliée par des lignes à haute tension à ses voisins de France, d'Autriche et de Yougoslavie.

L'Italie est également intéressée au projet *Interalp* mentionné ci-dessus sous «*Autriche*» et à celui dit *Yougelexport* que nous décrivons ci-dessous sous «*Yougoslavie*». L'exécution complète de ce dernier projet mettrait à disposition de l'Italie environ 1440 GWh d'énergie d'hiver (capacité totale actuelle des lacs suisses d'accumulation: 2000 GWh) et une puissance de 480 MW, transmise par des lignes à 380 kV. Des études en cours examinent toutefois s'il ne serait pas plus rationnel d'éviter le long détour du tracé terrestre, en transportant la part italienne par un câble immergé dans l'Adriatique et reliant directement la Dalmatie à l'Italie méridionale.

#### *Yougoslavie*

Une étude a démontré que les forces hydrauliques de la Yougoslavie sont susceptibles de produire dans des conditions économiques 58 000 GWh annuellement (productivité annuelle en Autriche

<sup>4)</sup> Wolf, Kromer, Schöller et Kneller: Problèmes économiques relatifs à la coopération entre l'Allemagne occidentale et les pays voisins dans le domaine de l'approvisionnement en énergie électrique. Rapport n° 208 0/5 à la Conférence mondiale de l'énergie, Vienne 1956.

40 000 GWh et en Suisse 32 000 GWh). Seule une très petite partie de ce potentiel est actuellement exploité, à savoir le 3 %. Grâce à un régime hydrologique nettement différent de celui de la région alpestre, la Yougoslavie disposera, lorsque ses forces hydrauliques seront complètement aménagées, d'un excédent d'énergie d'hiver de 5000 à 7000 GWh, qui pourrait être exporté vers les pays voisins qui souffrent d'un déficit d'énergie d'hiver.

Une société internationale d'études nommée *Yougelexport*, à laquelle participent l'Allemagne, l'Italie, l'Autriche et la Yougoslavie, a étudié les possibilités de mise en valeur des forces hydrauliques yougoslaves. Pour l'Autriche, par exemple, on constate un excellent équilibre annuel entre sa production propre et les importations futures de Yougoslavie. Il a été préconisé d'échanger de l'énergie d'être autrichienne contre de l'énergie d'hiver yougoslave selon un certain barème d'évaluation. Pour l'Allemagne, il est prévu une tranche de puissance de 800 MW (puissance totale des futures usines de la Grande Dixence: environ 670 MW), à transiter par l'Autriche; le renforcement des tronçons autrichiens de lignes de transport devra tenir compte aussi bien de ce transit que des besoins propres de l'Autriche. Il est à peine besoin d'observer que la réalisation de projets internationaux aussi gigantesques exige un minimum de stabilité économique et politique.

### Grandes interconnexions hors de l'Europe occidentale

La Conférence mondiale de l'énergie de 1956 était nantie des rapports suivants:

#### *Etats-Unis d'Amérique*

Aux Etats-Unis, l'exploitation en interconnexion s'est très largement développée et s'est étendue progressivement à la plupart des réseaux; dans peu d'années elle couvrira le pays tout entier. Bien des questions que l'Europe, avec sa multiplicité de frontières, ne se pose qu'à l'échelon international ont été résolues aux Etats-Unis sur le plan national.

Les nombreuses sociétés d'électricité qui desservent les différentes régions se sont réunies en des réseaux interconnectés étendus qu'on appelle «Power Pools», en vue de coordonner leur production et d'augmenter la sécurité de l'exploitation. A côté des relations fixées par les contrats, une libre collaboration s'est établie entre les sociétés. Le système des commissions d'exploitation s'est avéré très efficace pour l'organisation de l'exploitation commune.

Dans les grands «Pools», l'exploitation est confiée à des ingénieurs spécialisés, voire même à de véritables états-majors. Le réglage automatique puissance-fréquence et un équipement perfectionné de télécommunications, de télémesure et de télécommande a permis un développement très vaste des interconnexions. De nouvelles améliorations sont attendues de l'accroissement des vitesses de mesures, du perfectionnement des réglages automa-

tiques ainsi que de l'emploi de machines à calculer électroniques et de modèles de réseaux.

On apprit au cours de la discussion que l'Électricité de France elle aussi fait usage de calculatrices et de modèles; elle possède également des installations équipées de thermo-éléments qui permettent un travail plus rapide. Le rapport américain souligne qu'en plus des moyens techniques et des contrats, la volonté constante d'une bonne collaboration demeure la condition essentielle de toute exploitation interconnectée.

#### Russie

Selon un exposé présenté au cours de la discussion il existe en Russie trois grands réseaux, chacun desservant un territoire de 500 000 à 750 000 km<sup>2</sup> (superficie de la Suisse: 40 000 km<sup>2</sup>) et distribuant annuellement 30 000 GWh environ. Des lignes de 1000 km de longueur transmettent 550 MW sous une tension de service triphasée de 400 kV<sup>5)</sup>. Une ligne de transport à haute tension continue est en construction entre la région de Stalingrad et le bassin du Donetz. En Sibérie a commencé la construction d'un grand réseau qui sera plus tard relié par une ligne à courant continu d'environ 2000 km au réseau de Russie d'Europe; cette ligne transmettra 6000 MW sous une tension de 600 à 700 kV. La différence d'heure entre les deux systèmes est de 5 heures, ce qui permettra une remarquable conjugaison entre les charges des deux réseaux.

#### Suède

Au cours de la discussion furent également données quelques précisions sur le réseau suédois à 380 kV, qui relie les grandes centrales hydrauliques du Nord du pays aux centres consommateurs qui sont situés en Suède méridionale. Les études entreprises en vue du transport de 8500 MW à 700 km de distance ont établi qu'une tension d'exploitation triphasée de 380 kV suffit, si bien que l'on peut renoncer à l'emploi de tensions de 500 ou 600 kV. Des études comparatives ont également établi que l'emploi de courant continu à haute tension serait moins rentable dans les conditions qui règnent en Suède. Seule la liaison avec l'île de Gotland par câble sous-marin en courant continu fait exception.

### Problèmes techniques particuliers

#### 1. Télécommunications dans l'exploitation électrique

Un rapport allemand très complet traite des équipements modernes de télécommunications utilisés par les entreprises électriques. Dans les centrales hydrauliques, les télémesures et télécommandes de l'équipement électrique se complètent de plus en plus par des dispositifs destinés au contrôle des débits de centrales isolées ou de groupes interdépendants de centrales. Tout en soulignant l'importance d'un réseau téléphonique conforme aux exigences de l'exploitation, le rapport expose les possibilités qu'offrent la téléphonie sur lignes par onde porteuse, les liaisons par câbles hertziens

<sup>5)</sup> Voir Vetsch V.: Construction de centrales en Russie. Impressions d'un voyage en URSS. Bull. ASE t. 47(1956), n° 10, p. 460...462.

et la radiotéléphonie (liaisons avec les véhicules et les équipes de réparation), ainsi que la télégraphie en courant alternatif pour commande à distance par lignes téléphoniques. Des magnétophones et télécriteurs équipent maintenant les postes de surveillance et de répartition des charges en vue de l'enregistrement des ordres importants. Les télécriteurs se sont particulièrement imposés pour les canaux à haute fréquence sur lignes à haut niveau de bruit. Les câbles hertziens utilisées en Allemagne depuis une année et demi pour la supervision du réseau d'interconnexion se sont révélés de précieux auxiliaires.

L'auteur insiste sur l'importance qu'il y a pour une entreprise d'électricité de disposer de son propre réseau de télécommunications et de télécommande, et propose l'élimination des obstacles administratifs qui s'opposent encore au développement de ces liaisons.

### 2. Comparaison des tensions nominales de 110, 220 et 380 kV

Un rapport autrichien (15 pages) étudie les limites techniques et économiques d'utilisation des tensions de 110, 220 et 380 kV pour le transport d'énergie. Il établit *les frais de transport* sous ces trois tensions, en se fondant sur les conditions du marché autrichien. Calculs et graphiques illustrent l'influence de la puissance maximum à transmettre, de la distance, du facteur de charge et du déphasage.

Dans l'hypothèse envisagée (conditions du marché autrichien) et économiquement parlant, la tension de 220 kV convient pour des distances de 100 à 300 km, la puissance transmissible allant de 200 à 300 MW par ligne double. Pour de plus grandes distances ou des puissances supérieures, il faut passer à une tension de 380 kV. L'Autriche désirant s'en tenir aux tensions normalisées, l'examen n'a pas porté sur des tensions intermédiaires.

La proposition faite en cours de discussion d'envisager une tension intermédiaire de 300 kV fut écartée pour l'Autriche; dans les régions alpines, les tracés admissibles pour des lignes à haute tension sont en effet rares et doivent être utilisés au mieux, en prévision de l'extension future du réseau de transport; il en résulte que l'Autriche devra exploiter ses lignes alpestres sous une tension de 380 kV.

### 3. Stabilité dynamique des circuits synchrones de transport

Un autre rapport autrichien concernant la stabilité des générateurs synchrones en interconnexion décrit sommairement les dispositifs destinés à accroître la stabilité et, partant, la sécurité de l'exploitation en interconnexion: excitation par choc, transformateurs de protection, enroulements amortisseurs, dispositifs de réenclenchement rapide. L'auteur en vient à la conclusion que de tels équipements sont rentables, compte tenu des pertes qu'occasionne une interruption même brève de l'exploitation en interconnexion.

### Utilisation des eaux dans les régions limitrophes

Certaines questions relatives à ce thème ont été déjà abordées sous les rubriques «*Autriche*», «*Allemagne occidentale*» et «*Italie*»: répartition de l'énergie de l'usine frontalière de Jochenstein sur le Danube, transferts d'eau de l'Autriche au bassin versant italien du Tagliamento, échanges d'eau dans les usines frontalières du Rhin supérieur, conditions d'apports et d'accumulation des usines du Rhin postérieur.

L'utilisation des eaux dans les régions limitrophes est le plus souvent soumise à de pénibles tractations. Souvent deux conceptions foncièrement opposées s'affrontent.

Selon le principe dit de *territorialité*, chaque Etat est entièrement libre de disposer des cours d'eau dans son domaine de souveraineté et peut soit en retenir les eaux soit les détourner dans d'autres bassins. Ce sont les pays d'*«amont»* qui défendent de préférence ce principe.

Selon le principe de *l'intégrité*, aucun pays n'a le droit de modifier un cours d'eau s'il peut s'en suivre pour un autre pays tributaire des mêmes eaux une modification inopportun du débit ou d'autres dommages. Toute modification exige l'accord préalable du pays situé en aval, qui doit être dédommagé du préjudice qu'il subit de ce fait. Ce principe sauvegarde mieux les intérêts des pays d'*«aval»*.

La tendance évidente est d'appliquer le principe de l'intégrité dans les tractations entre partenaires à droits égaux. Dans bien des cas, un Etat se trouve à l'amont d'un cours d'eau et à l'aval d'un autre. C'est ainsi que même la Suisse, pays d'*«amont»* par excellence, se trouve parfois en aval, par exemple sur le *Doubs*, sur la *Melezza* dans le Centovalli, sur le *Spöl* ainsi que sur les affluents autrichiens et allemands du *Rhin*.

Un rapport italien sur l'exploitation internationale des eaux du cours supérieur de l'*Inn* et de l'*Adda* à la frontière italo-suisse donne avec plans et graphiques un aperçu des centrales déjà existantes ou en projet sur l'*Inn* et l'*Adda*. Il décrit le couplage des accumulations situées de part et d'autre de la ligne de partage des eaux de l'*Adda* et de l'*Inn* en considérant pour la région du *Spöl* et de l'*Inn* la variante dite internationale. Il est relevé que sur le territoire suisse les débits d'été de l'*Inn* supérieur sont abondants, mais qu'il y a peu de possibilités d'accumulation, tandis que le côté italien permettrait la création de vastes réservoirs, mais sans apports naturels suffisants.

Un rapport canadien expose les situations compliquées qui se présentent lors de l'exploitation des forces hydrauliques de la région voisine de la côte du Pacifique traversée par la frontière entre le Canada et les Etats-Unis, où cette dernière coupe à plusieurs reprises les bassins versants de fleuves importants.

Deux grands cours d'eau, la *Columbia-River*, qui se jette dans l'Océan Pacifique, et le *Yukon*, qui aboutit au détroit de Bering, possèdent au Canada

un important bassin versant comprenant de vastes possibilités d'accumulation, alors que leur cours inférieur emprunte le territoire des Etats-Unis, respectivement de l'Alaska.

Une convention datant de 1909 accorde à chaque Etat le droit exclusif de légiférer sur l'utilisation ou la dérivation de toutes les eaux situées sur son territoire. Mais selon la même convention, le lésé d'aval éventuel résidant dans l'autre pays, a pour faire valoir ses droits les mêmes possibilités légales que si le dommage avait été subi dans le pays d'amont.

C'est sur l'initiative des Etats-Unis que cette clause du droit de dérivation a été introduite dans la convention, car elle servait alors les intérêts des Etats-Unis à propos de certains cours d'eau. Mais c'est le Canada qui, dans la région du Pacifique, se trouve à l'amont de tous les principaux cours d'eau, et c'est aujourd'hui lui qui bénéficie grâce à cette clause d'appreciables possibilités supplémentaires d'exploitation des forces hydrauliques sur son territoire.

A l'aide de plans et de profils, le rapport décrit les centrales, bassins d'accumulation et lignes de transport projetés et déjà partiellement réalisés sur le cours canadien de la Columbia-River. Des projets concernant la région du Yukon sont également en cours d'élaboration. Toutefois, il faut d'abord réunir la documentation topographique et hydrologique relative aux régions partiellement encore inexploitées de ce bassin fluvial nordique.

### Financement de l'approvisionnement futur de l'Europe en énergie

Ce rapport, établi par le chef de la *Section Energie de l'OECE* et déjà partiellement publié, essaye d'établir des prévisions sur l'évolution durant la période de 1955 à 1965 des besoins totaux d'énergie des Etats membres de l'OECE (Europe à

l'exclusion des Etats satellites et de l'Espagne, mais y compris la Turquie).

Sont considérées comme *sources primaires d'énergie*: la houille, le lignite, les forces hydrauliques, le pétrole brut, le gaz naturel et l'énergie nucléaire. Sont désignées comme *formes secondaires de l'énergie*: le coke, le gaz de cokerie, l'électricité produite par voie thermique, les produits de raffinage du pétrole, le gaz d'éclairage et le coke de gaz. Il résulte de l'examen de grands tableaux synoptiques que la part relative de la houille à l'approvisionnement général en énergie ira en diminuant malgré l'accroissement prévu de l'extraction. L'énergie hydraulique et surtout les produits de raffinage prendront une part de plus en plus grande à l'approvisionnement, tandis que l'énergie nucléaire — toujours selon ces prévisions de l'OECE — ne pourra fournir jusqu'en 1965 qu'une petite part à la couverture des besoins constamment croissants.

Les calculs et estimations concernant *l'ampleur des investissements* de capitaux nécessaires à l'approvisionnement de l'Europe en énergie sont intéressants; pour l'ensemble des Etats membres de l'OECE, ces investissements atteindront pour les années 1955 à 1965 58 à 68 milliards de dollars. De plus, le calcul indique que ces investissements représentent le 3,1% du produit social brut ou le 17% des immobilisations totales. Des dispositions à long terme sont nécessaires pour assurer les moyens financiers exigés par l'aménagement des sources d'énergie. Devant les besoins constamment croissants d'énergie et les gigantesques moyens qu'exige le développement des équipements, toutes les mesures visant à une utilisation plus rationnelle de l'énergie disponible doivent être encouragées.

*Fr.: Ra*

*Adresse de l'auteur:*

*Paul Troller, ing. el. dipl. EPF, Bristenweg 24, Bâle.*

## Rupture funeste d'un isolateur

Par *O. Ott, St-Gall*

621.311.1.004.6

*Le 16 mars 1956 il s'est produit à Stechlenegg, commune de Gonten, un cas de dérangement heureusement rare, qui aurait facilement pu entraîner des conséquences graves.*

*Am 16. März 1956 hat sich in Stechlenegg, Gemeinde Gonten, eine glücklicherweise selten auftretende Störung ereignet, die leicht zu schwerwiegenden Folgen hätte Anlass geben können.*

### Situation

Au bord de la route Urnäsch—Appenzell, au lieu dit «Stechlenegg», on a édifié en 1951 un poste de transformation sur pylônes en béton. A 45 m de distance environ, du côté de la haute tension, est monté un interrupteur de ligne aérienne sur poteau (fig. 1). Les conducteurs de cuivre de la ligne d'arrivée, de 5 mm de diamètre, sont amarrés au

poste de transformation par des isolateurs à fût massif. La dernière portée est croisée à angle droit par une ligne téléphonique à deux fils, à quelque 19 m de la station; conformément aux prescriptions, un fil de garde est tendu sous la ligne à haute tension; la plus faible distance entre conducteurs haute tension et fils téléphoniques est de 1,65 m (fig. 2).

### Etat du réseau à haute tension

Le poste de transformation de Stechlenegg est alimenté de l'usine de Kubel par une ligne aérienne à 10 kV. Dans cette usine, les départs à 10 kV sont

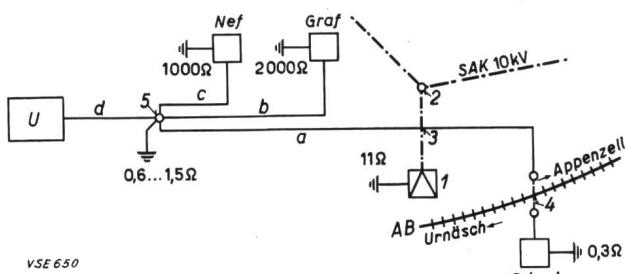


Fig. 1  
Plan de situation

|   |
|---|
| lignes téléphoniques  |
| lignes aériennes à 10 kV des SAK  |
| AB Chemin de fer d'Appenzell  |
| U central téléphonique d'Urnsäsch   |
| a ligne de l'abonné Schoch  |
| b ligne de l'abonné Graf  |
| c ligne de l'abonné Nef   |
| d câble téléphonique de Kronbach à Urnsäsch   |
| 1 poste de transformation de Stechlenegg  |
| 2 interrupteur sur poteau   |
| 3 croisement entre la ligne à 10 kV et la ligne de l'abonné Schoch                  |
| 4 passage sous voie de la ligne de l'abonné Schoch                                  |
| 5 poste de Kronbach (passage du câble téléphonique souterrain aux lignes aériennes) |

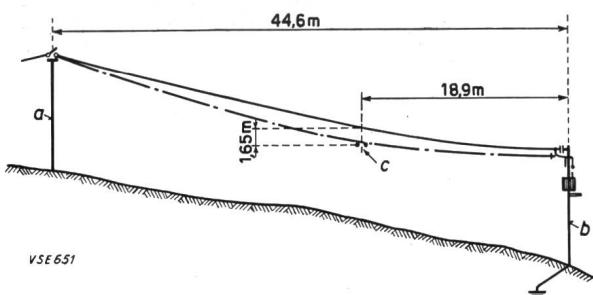


Fig. 2  
Profil de la ligne à 10 kV alimentant le poste de transformation de Stechlenegg, montrant le croisement avec la ligne téléphonique

|  |
|--|
| position du conducteur à l'état normal                 |
| position du conducteur après la rupture de l'isolateur |
| a interrupteur sur poteau                              |
| b poste de transformation de Stechlenegg               |
| c ligne téléphonique de l'abonné Schoch                |

équipés de disjoncteurs à air comprimé à *réenclenchement rapide*. Lors de perturbations de longue durée, la ligne défectiveuse est déclenchée définitivement au bout d'une seconde. Pour réduire autant que possible la durée des interruptions éventuelles de la fourniture d'énergie, on tente de réenclencher le circuit à la main 2 à 3 fois, selon les circonstances. En outre, sur les barres collectrices à 10 kV de l'usine de Kubel, un transformateur pour la consommation propre de cette usine est branché en étoile du côté primaire; le neutre de ce transformateur est connecté par l'intermédiaire d'une *bobine d'extinction* de 87 kVA à la conduite d'eau, qui possède une résistance à la terre de 0,6 Ohm. Au moment du défaut, par suite d'un état anormal de

couplage, la longueur du réseau à 10 kV relié aux barres collectrices était d'environ 350 km (fig. 4).

Le 16 mars, c'est-à-dire longtemps après les froids rigoureux du mois précédent, un des isolateurs d'amarrage subit une rupture franche au capot en fonte du côté de la ligne. Le conducteur, qui était

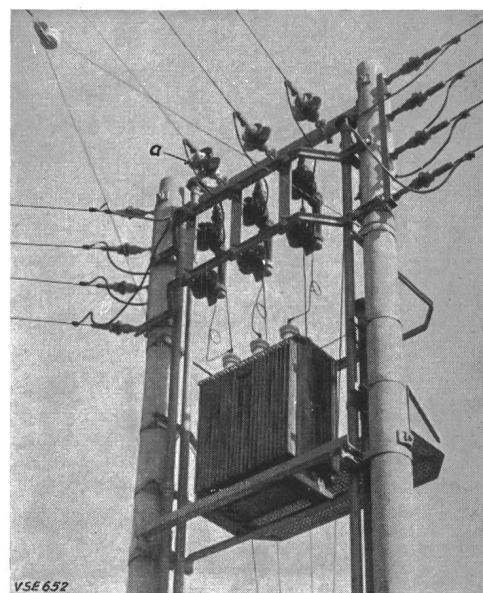


Fig. 3  
Le poste de transformation de Stechlenegg  
a endroit de la rupture de l'isolateur  
(Photo TD St-Gall)

encore suspendu par la connexion entre la pince de fixation et le fusible à haute tension, s'abaisse jusqu'à la hauteur du fil téléphonique et touche d'autre part, du moins par intermittence, la charpente métallique du poste (fig. 3 et 4).

### Répercussions du défaut dans le réseau à 10 kV

1 h 32: Signal de défaut à la terre à l'usine de Kubel et déclenchement des lignes *Teufen—Gonten O* et *Fürstenland* par suite de défaut bipolaire à la terre. Les barres collectrices accusent encore un défaut à la terre.

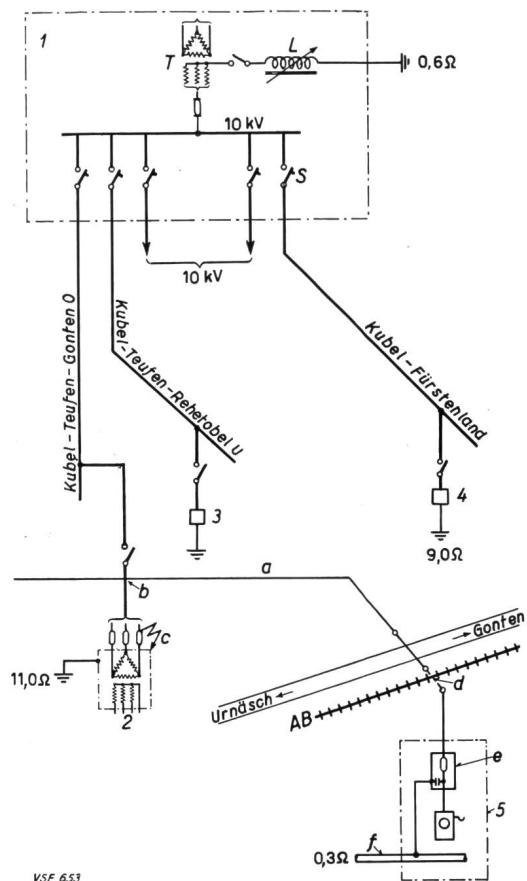
1 h 40: Tentative, sans succès, de réenclencher les deux lignes. La localisation du défaut par manœuvres de réenclenchement indique un défaut à la terre sur la ligne *Teufen U*.

1 h 51: La ligne *Teufen U* est déclenchée. La «terre» de cette ligne, provoquée par un défaut à la boîte d'extrémité du poste de transformation d'*Eggersriet*, est isolée chez l'abonné en déclenchant l'interrupteur situé avant l'introduction du câble.

1 h 56: Après réenclenchement des lignes *Teufen—Gonten O* et *Teufen U*, il subsiste un défaut à la terre sur la phase S, provenant de la ligne *Teufen—Gonten O*.

3 h 07: La «terre» disparaît par déclenchement du défaut (ouverture du disjoncteur devant le poste de transformation de Stechlenegg). De nouvelles tentatives d'enclencher la ligne *Fürstenland* demeurent sans succès, jusqu'au moment où la partie

d'installation défectueuse, un isolateur de traversée en porcelaine du poste de transformation de *Hohfirst/Waldkirch*, est mise hors circuit (à 3 h 43).



VSE 653

Fig. 4  
Schéma de principe

- 1 usine génératrice de *Kubel*
- 2 poste de transformation de *Stechlenegg*
- 3 poste de transformation d'*Eggersriet*
- 4 poste de transformation de *Hohfirst/Waldkirch*
- 5 poste de téléphone de l'abonné *Schoch*
- a ligne téléphonique de l'abonné *Schoch*
- b point de contact entre la ligne à 10 kV et la ligne téléphonique
- c défaut à la terre au poste de transformation
- d passage sous voie de la ligne téléphonique
- e fusible
- f canalisation d'eau
- AB Chemin de fer d'*Appenzell*
- L bobine d'extinction de 87 kVA
- S disjoncteurs avec réenclenchement rapide et déclenchement en une seconde
- T transformateur des services auxiliaires

### Répercussions du défaut dans les installations du voisinage

Trois paysans, qui discutaient à une heure avancée devant le café *Bömmeli* à *Stechlenegg*, observèrent à 1 h 32 une vive lueur dans la direction du poste de transformation. Immédiatement après, la lumière s'éteignait dans le restaurant. Au bout de quelques minutes (probablement lors de la tentative d'enclenchement à 1 h 40, voir plus haut), nouvelle lueur. Dans la maison, la lumière brûlait de nouveau normalement au bout d'un quart d'heure environ (plus exactement à 1 h 56). Assez longtemps plus tard (sans indication précise de l'heure),

des «noctambules» aperçurent d'abord un point incandescent et quelque chose qui brûlait aux poteaux de transit entre la ligne aérienne du raccordement *Schoch/Bömmeli* et le câble souterrain du passage sous voie voisin. Vers 2 h 30, on remarqua un grésillement et des étincelles au premier étage du restaurant *Bömmeli* (chambre des enfants) au fusible principal du raccordement téléphonique. Le propriétaire *Schoch* tenta d'éteindre les flammes au moyen de duvets et de draps. Un peu plus tard on entendit des crépitements dans les combles, dans le voisinage immédiat de l'entrée du téléphone. Dix minutes après, tout crépitement cessa: au poteau de transit nord les deux fils téléphoniques avaient fondus par suite de la chaleur et gisaient par terre, interrompant ainsi toute liaison métallique avec le restaurant. La couche de goudron recouvrant la chaussée se mit à brûler en jetant des flammes. Le premier pompier arrivé sur place chercha à les éteindre avec un extincteur à mousse et fut électrisé. Il avertit alors le gardien qui demeurait dans le voisinage (personne privée) et celui-ci ouvrit l'interrupteur devant le poste de transformation de *Stechlenegg* à 3 h 07; toute trace d'incendie disparut et dès ce moment l'état de la ligne d'alimentation à l'usine redévoit normal.

### Répercussions dans le réseau et chez les abonnés des PTT

Chez l'abonné *Schoch* au *Bömmeli*, le fusible d'entrée était complètement détruit; le feu avait laissé des traces sur les parois, le plancher et au plafond; l'installation intérieure était également détériorée; par contre, la ligne de terre allant au réseau d'eau privé était intacte. Au croisement du raccordement *Schoch* avec le *Chemin de fer d'Appenzell* (passage sous voie par câble souterrain), les deux poteaux portaient de fortes traces de brûlures; le câble bifilaire à armure d'acier était con-

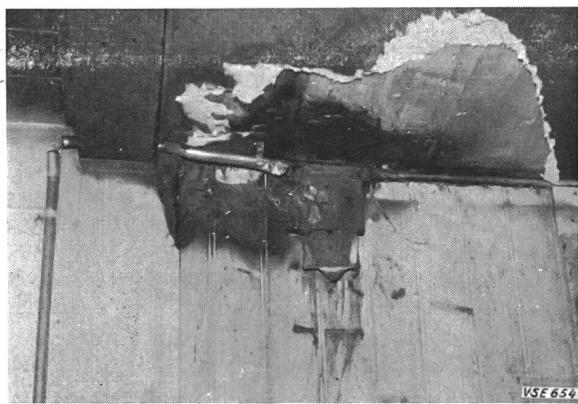


Fig. 5  
Traces d'incendie chez l'abonné *Schoch*  
(Photo TD St-Gall)

sumé le long des poteaux; les deux fils aériens en direction d'*Urnäsch* étaient partiellement fondu et tombés sur la route d'*Urnäsch* à *Jakobsbad*.

Au croisement avec la ligne à haute tension, les fils téléphoniques portaient des perles de métal fondu.

A la fabrique voisine *Nef*, les deux fusibles de 3 A du parafoudre de la ligne téléphonique s'étaient volatilisés. Chez un autre abonné, *Graf à la Mühle*, le parafoudre à la salle à manger portait des traces de brûlure aux ailettes de l'éclateur et présentait défaut à la terre. Les fusibles de 3 A et les plaquettes dentelées en charbon étaient détériorés. Les câbles F d'introduction dans le bâtiment avaient commencé à brûler. Les mesures de résistance de la ligne de terre donnèrent environ 2000 Ohms le 16 mars, et seulement 110 Ohms le 19 mars 1956.

Chez l'abonné *Nef*, au *Rössli*, on découvrit des traces de brûlure au parafoudre du téléphone, au premier étage. Les fusibles de 3 A étaient fondus et le filtre HF défectueux. La résistance de la ligne de terre mesurait plus de 1000 Ohms le 19 mars 1956.

Au poteau terminal de *Kronbach*, près d'*Urnäsch*, d'où un câble de 400 m de longueur environ conduit au central téléphonique d'*Urnäsch*, les câbles F 1a, 1b et 3a accusaient un défaut à la terre. En outre, les câbles F et les traverses 1 et 2 portaient des traces de brûlure. L'isolateur n° 4 était détérioré, la porcelaine fondu. Dans le coffret des fusibles, on découvrit des traces de brûlure sur les lacets 1, 2 et 3; les plaquettes de charbon des éclateurs fins, ainsi que les parafoudres étaient détériorés. Les fils

du lacet 1 étaient fondus sur le poteau en bois; ils gisaient dans le pré, qui montrait des places brûlées.

Dans le central téléphonique d'*Urnäsch*, on découvrit sur le départ de l'abonné *Schoch* un fusible à fil chaud de 0,5 A et une résistance L de 600 Ohms hors d'usage.

#### Remarques finales

Comme on le voit, cet étrange dérangement aurait facilement pu avoir des conséquences catastrophiques. Il ne fut signalé au représentant local du fournisseur d'énergie qu'à 3 h 50 par le commandant des pompiers. Si l'alarme avait été donnée plus tôt, par exemple au moment où fut observé la première lueur d'incendie au poste de transformation, on aurait pu effectuer immédiatement les opérations de déclenchement préventives qui s'imposaient. Mais à côté de la confusion générale, il est probable que le développement regrettable des événements doit être attribué aussi pour une part au fait que les postes de téléphones du voisinage n'ont pas fonctionné, du fait précisément de la perturbation initiale.

*Fr. : Bq*

Adresse de l'auteur:

O. Ott, chef d'exploitation des réseaux, St. Gallische-Appenzelische Kraftwerke, St-Gall.

## Questions d'exploitation des réseaux et d'organisation de l'exploitation

Remarque concernant le compte rendu de l'Assemblée de discussion de l'UCS des 14 juin 1956 à Zurich et 21 juin 1956 à Lausanne

[Bull. ASE t. 47(1956), n° 16, 17, 18, 20 et 21]

621.316.1

M. H. Wüger, directeur des Entreprises électriques du Canton de Zurich, nous communique la réponse suivante à la remarque parue dans le Bull. ASE t. 47(1956), n° 24, p. 1112...1113 :

Dans sa remarque, M. Bernardsgrütter se réfère à mon intervention lors de la discussion. Comme je l'ai rappelé à cette occasion, différentes commissions se sont occupées ces derniers temps des potelets de branchement d'immeubles. Elles ont examiné entre autres le type de potelet décrit par M. Bernardsgrütter; du point de vue technique, celui-ci représente sans aucun doute un grand progrès; il est une solution parmi beaucoup d'autres, tout en revenant cependant beaucoup plus cher que divers autres modèles proposés.

A l'encontre des idées défendues par M. Bernardsgrütter, il semble en effet qu'il est possible de construire de façon rationnelle au point de vue économique des potelets de branchement d'immeubles possédant une isolation suffisante pour empêcher toute rupture diélectrique intérieure. C'est notamment le cas lorsque les conditions de mise au neutre sont remplies dans le réseau, ce qu'on peut admettre bien entendu.

Les commissions sont d'avis «qu'on n'est pas encore en mesure aujourd'hui de proposer des constructions et des matériaux offrant toute garantie pour un temps illimité». C'est là certes un point de vue défendable, étant donné que les nouveaux types de potelets proposés ne sont en service que depuis

Zum Beitrag von Herrn Bernardsgrütter im Bull. SEV Bd. 47(1956), Nr. 24, S. 1112...1113 erhielten wir folgende Erwiderung von Herrn Dir. H. Wüger:

quelques années seulement, et qu'une expérience plus longue peut apporter de nouveaux éléments d'appréciation. C'est ainsi qu'il est tout à fait possible que les matières plastiques utilisées laissent apparaître avec le temps des insuffisances inconnues aujourd'hui. De même, des défauts dont il était impossible de tenir compte d'avance pourraient survenir en service aux nouvelles constructions proposées.

En ce qui concerne le contrôle périodique des potelets, enfin, il me semble qu'étant donné les expériences faites il est tout de même bon de l'envisager. Pour les entreprises d'électricité, les frais à supporter seraient sans aucun doute beaucoup plus importants s'il leur fallait remplacer en peu d'années tous les potelets de branchement d'immeubles de leur réseau que si elles devaient surveiller l'état de ces potelets en même temps que le contrôle des installations intérieures, qui est de toute façon obligatoire. Sans parler du coût d'un tel remplacement intégral des potelets, il serait aujourd'hui impossible de trouver suffisamment de personnel pour effectuer de tels travaux.

Une méthode pratique de contrôle des potelets doit cependant être encore mise au point.

*Fr. : Sa*

H. Wüger

## Communications de nature économique

### La production et la distribution d'électricité en Belgique en 1955

31 : 621.311 (493)

La Fédération Professionnelle des producteurs et distributeurs d'Electricité en Belgique (FPE) a publié récemment les statistiques pour l'année 1955 de la production et de la distribution de l'électricité en Belgique.

#### Répartition de la puissance développable selon la nature des entreprises

Tableau I

|                                     | Puissance maximum développable au 31 décembre |             |             |
|-------------------------------------|---|-------------|-------------|
|                                     | 1954 MW                                       | 1955 MW     | Variation % |
| <b>Producteurs distributeurs</b>    |   |             |             |
| Entreprises privées . . .           | 1578  | 1569        | - 0,6       |
| Entreprises publiques . . .         | 137   | 168         | + 21,2      |
| <b>Autoproducateurs industriels</b> | <b>1134</b>                                   | <b>1128</b> | - 0,5       |
| Total                               | 2849  | 2865        | + 0,6       |

Le tableau I donne la répartition, selon la nature des entreprises, de la puissance maximum développable nette. C'est la puissance qui peut être développée à tout moment, en régime maximum continu, dans les conditions normales d'exploitation de chacune des centrales recensées, en y supposant en service toutes les unités installées qui peuvent fonctionner simultanément. Les unités mises en service en 1955 apportent un gain de puissance développable de 95 MW. Compte tenu de la désaffection dans certaines centrales d'unités basse pression et d'une réduction de puissance développable résultant, dans le secteur de l'autoproduction industrielle, de la désaffection de 17 centrales, le gain de puissance net se limite à 16 MW, ou 0,6 % de la puissance développable totale.

La puissance développable brute des usines génératrices travaillant en parallèle avec le réseau général au moment de la pointe du réseau, le 21 décembre 1955 à 8 h 30, était de 2756 MW. Déduction faite de la puissance de réserve, la puissance effectivement développée fut de 2135 MW au même moment.

Le tableau II indique la répartition de la puissance développable selon la source d'énergie. Comme on peut le voir, la puissance développable des centrales hydrauliques est, en Belgique, de moins de 1,7 % de la puissance développable totale. Les centrales belges ont été, en 1955, constamment en mesure de faire face à la demande tout en disposant d'une réserve comprise entre 100 et 200 MW. Ceci a constamment permis d'effectuer des fournitures à l'étranger sous une puissance qui a atteint parfois le niveau de 100 MW.

#### Répartition de la puissance développable selon la source d'énergie (fin 1955)

Tableau II

|                                     | MW        | %          |
|-------------------------------------|-----------|------------|
| <b>Centrales thermiques</b>         |           |            |
| Charbon et fuel . . . . .           | 2512      | 87,6       |
| Charbon et gaz . . . . .            | 271       | 9,5        |
| Gaz . . . . .                       | 34        | 1,2        |
| <b>Centrales hydrauliques</b> . . . | <b>48</b> | <b>1,7</b> |
| Total                               | 2865      | 100,0      |

Le tableau III donne la production annuelle nette d'énergie, la consommation des services auxiliaires étant déduite, et sa répartition selon la nature des entreprises. Cette pro-

#### Production annuelle nette d'énergie

Tableau III

|                                     | 1954 GWh | 1955 GWh | Variation % |
|-------------------------------------|----------|----------|-------------|
| <b>Producteurs distributeurs</b>    |          |          |             |
| Entreprises privées . . .           | 5299     | 5571     | + 5,1       |
| Entreprises publiques . . .         | 420      | 398      | + 5,2       |
| <b>Autoproducateurs industriels</b> |          |          |             |
| Centrales communes . . .            | 982      | 1057     | + 7,0       |
| Centrales individuelles . .         | 3638     | 3923     | + 7,3       |
| Total                               | 10339    | 10949    | + 5,9       |

duction, qui s'était accrue de 7,8 % durant l'année 1954 (production en 1953: 9586 GWh; en 1954: 10 339 GWh) a augmenté de 5,9 % environ pendant l'année 1955.

Quant à la répartition de la production selon la source d'énergie (voir tableau IV), 98,8 % de la production furent en 1955 d'origine thermique; 83,1 % ont été produits en partant du charbon, 12,4 % en partant du gaz de récupération, 3,3 % en partant de combustibles liquides et de gaz de pétrole.

#### Production nette d'énergie répartie selon la source d'énergie

Tableau IV

| Nature de la production et combustible utilisé | 1954 GWh | 1955 GWh | %     |
|--|----------|----------|-------|
| <b>Thermique</b>                               |          |          |       |
| Charbon . . . . .                              | 8603     | 9096     | 83,1  |
| Gaz de récupération . . . . .                  | 1238     | 1362     | 12,4  |
| Fuel oil et gaz de pétrole . . . . .           | 329      | 362      | 3,3   |
| Total  | 10170    | 10820    | 98,8  |
| <b>Hydraulique</b> . . . . .                   |          |          |       |
| Total général                                  | 169      | 129      | 1,2   |
| Total  | 10339    | 10949    | 100,0 |

Le Tableau V montre comment la consommation de l'énergie se répartit selon la basse et la haute tension et selon les divers usages. Par rapport à 1939, la consommation totale s'établit en 1955 au coefficient 203. Elle a augmenté de 7,1 % en 1955 par rapport à 1954. La consommation en basse tension correspond à l'énergie livrée par les distributeurs et ne comprend pas la consommation des cités et établissements alimentés directement par les autoproducateurs industriels. D'autre part, 46 % de l'énergie consommée dans l'industrie l'est dans les charbonnages, la sidérurgie et la métallurgie du fer et de l'acier. L'index du prix moyen de l'énergie distribuée était, fin 1955, de 231 (1939: 100) alors que l'index des prix de gros était de 415 et celui des prix de détail de 400. Le prix moyen de vente au consommateur en basse tension, fut de 3,22 fr. belges par kWh en 1955, alors qu'il était de 3,14 fr. belges par kWh en 1954 et de 3,22 fr. belges en 1953 (y compris les redevances d'abonnements et de compteurs).

#### Consommation annuelle d'énergie électrique

Tableau V

|   | 1954 GWh | 1955 GWh | Variation % |
|---|----------|----------|-------------|
| <b>Consommation en basse tension</b>                          |          |          |             |
| Eclairage privé et commercial et usages domestiques . . . . . | 940      | 1014     | + 7,9       |
| Eclairage public . . . . .                                    | 98       | 108      | + 10,0      |
| Bâtiments communaux . . . . .                                 | 31       | 33       | + 6,5       |
| Force motrice . . . . .                                       | 276      | 275      | - 0,4       |
| Total   | 1345     | 1430     | + 6,3       |
| <b>Consommation en haute tension</b>                          |          |          |             |
| Industrie . . . . .   | 7911     | 8462     | + 7,0       |
| Traction . . . . .  | 377      | 422      | + 11,7      |
| Eclairage . . . . .   | 134      | 141      | + 5,5       |
| Total   | 8422     | 9025     | + 7,2       |
| Consommation totale dans le pays                              | 9767     | 10455    | + 7,1       |

Le tableau VI donne le bilan général de la production et de la consommation pour 1955.

#### Bilan général de la production et de la consommation pour l'année 1955

Tableau VI

|              | GWh   |
|--------------|-------|
| Production   | 10949 |
| Importation  | 260   |
| Total        | 11209 |
| Consommation | 10455 |
| Exportation  | 129   |
| Pertes       | 625   |
| Total        | 11209 |
| Sa.          |       |

## Extrait 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

|   | Azienda Elettrica Comunale Chiasso Chiasso |            | Elektrizitätsversorgung Zollikon Zollikon |                     | Société des Forces Électriques de la Goule St-Imier |            | Services Industriels du Locle Le Locle |            |
|---|--|------------|---|---------------------|---|------------|--|------------|
|   | 1955                                       | 1954       | 1954/55                                   | 1953/54             | 1955  | 1954       | 1955                                   | 1954       |
| 1. Production d'énergie . kWh                               | —  | —          | —   | —                   | 17 303 000  | 18 895 400 | 9 915 000                              | 9 995 000  |
| 2. Achat d'énergie . . . . . kWh                            | 13 939 650                                 | 13 054 650 | 11 894 240                                | 10 985 312          | 22 706 225  | 17 952 035 | 10 248 000                             | 9 240 000  |
| 3. Energie distribuée . . . . . kWh                         | 13 231 907                                 | 12 207 065 | 11 193 932                                | 10 225 707          | 40 009 225  | 36 847 435 | 19 362 000                             | 18 444 000 |
| 4. Par rapp. à l'ex. préc. . . . %                          | + 8,4                                      | + 12,1     | + 9,5                                     | + 8,4               | + 8,59  | - 0,35     | + 5,0                                  | - 3,9      |
| 5. Dont énergie à prix de déchet . . . . . kWh              | —  | —          | —   | —                   | —   | —          | 837 000                                | 365 000    |
| 11. Charge maximum . . . . . kW                             | 3 000                                      | 2 550      | 3 030                                     | 2 710               | 9 430   | 9 150      | 4 880                                  | 4 600      |
| 12. Puissance installée totale . . . . . kW                 | 17 588                                     | 17 031     | 32 048                                    | 28 650              | 30 829  | 29 307     | —                                      | —          |
| 13. Lampes . . . . . { nombre kW                            | 46 868                                     | 45 683     | 64 354                                    | 61 660              | 49 062  | 47 903     | 60 907                                 | 59 375     |
| 14. Cuisinières . . . . . { nombre kW                       | 1 768                                      | 1 728      | 2 823                                     | 2 694               | 1 529   | 1 493      | 3 082                                  | 2 979      |
| 15. Chauffe-eau . . . . . { nombre kW                       | 927  | 877        | 1 201                                     | 1 061               | 2 424   | 2 303      | 946                                    | 884        |
| 16. Moteurs industriels . . . . . { nombre kW               | 5 151                                      | 4 838      | 10 610                                    | 8 029               | 14 557  | 13 758     | 7 298                                  | 6 818      |
| 17. Portefeuille et participat. . . . .                     | 1 404                                      | 1 281      | 2 455                                     | 2 200               | 1 760   | 1 652      | 3 039                                  | 2 794      |
| 18. Valeur comptable des inst. . . . .                      | 1 960                                      | 1 838      | 8 078                                     | 7 033               | 1 540   | 1 441      | 3 898                                  | 3 547      |
| 19. Fonds de renouvellement . . . . .                       | 1 924                                      | 1 868      | 6 387 <sup>1)</sup>                       | 5 985 <sup>1)</sup> | 5 586   | 5 184      | 2 955                                  | 2 899      |
| 20. Nombre d'abonnements . . . . .                          | 8 987                                      | 8 427      | 2 792                                     | 2 632               | 9 004   | 8 792      | 5 810                                  | 5 700      |
| 21. Recette moyenne par kWh cts.                            | 9,97                                       | 10,2       | 8,18                                      | 8,17                | —   | —          | 9,3                                    | 9,5        |
| <i>Du bilan:</i>  |  |            |   |                     |   |            |  |            |
| 31. Capital social . . . . . fr.                            | —  | —          | —   | —                   | 3 500 000   | 3 500 000  | —                                      | —          |
| 32. Emprunts à terme . . . . . »                            | —  | —          | —   | —                   | —   | —          | —                                      | —          |
| 33. Fortune coopérative . . . . . »                         | 75 000                                     | 75 000     | —   | —                   | —   | —          | —                                      | —          |
| 34. Capital de dotation . . . . . »                         | —  | —          | —   | —                   | —   | —          | —                                      | —          |
| 35. Valeur comptable des inst. . . . . »                    | 977 010                                    | 830 270    | 1 080 000                                 | 870 000             | 2 381 870   | 2 610 560  | 1 368 000                              | 1 451 000  |
| 36. Portefeuille et participat. . . . . »                   | —  | —          | —   | —                   | 330 305   | 330 305    | —                                      | —          |
| 37. Fonds de renouvellement . . . . . »                     | 260 845                                    | 193 345    | —   | —                   | 775 000   | 650 000    | 1 368 000                              | 1 318 000  |
| <i>Du compte profits et pertes:</i>                         |  |            |   |                     |   |            |  |            |
| 41. Recettes d'exploitation . fr.                           | 1 406 291                                  | 1 372 263  | 1 047 109                                 | 957 583             | 2 592 901   | 2 436 568  | 1 809 000                              | 1 720 000  |
| 42. Revue du portefeuille et des participations . . . . . » | —  | —          | —   | —                   | 75 667  | 48 444     | —                                      | 104 000    |
| 43. Autres recettes . . . . . »                             | 5 861                                      | 902        | —   | —                   | 48 030  | 70 199     | 131 000                                | —          |
| 44. Intérêts débiteurs . . . . . »                          | 30 650                                     | 27 396     | 38 796                                    | 34 455              | —   | —          | 58 000                                 | 45 400     |
| 45. Charges fiscales . . . . . »                            | 43 393                                     | 50 884     | —   | —                   | 326 181   | 301 895    | 800                                    | 800        |
| 46. Frais d'administration . . . . . »                      | 227 049                                    | 220 553    | 86 684                                    | 89 212              | 343 466   | 317 375    | 263 500                                | 276 600    |
| 47. Frais d'exploitation . . . . . »                        | 74 411                                     | 73 316     | 196 991                                   | 181 834             | 566 792   | 506 888    | 733 700                                | 699 300    |
| 48. Achat d'énergie . . . . . »                             | —  | —          | 439 545                                   | 412 407             | 783 099   | 638 598    | 411 500                                | 423 400    |
| 49. Amortissements et réserves . . . . . »                  | 90 000                                     | 77 500     | 285 094                                   | 239 675             | 410 353   | 493 968    | 215 000                                | 140 000    |
| 50. Dividende . . . . . »                                   | —  | —          | —   | —                   | 210 000   | 210 000    | —                                      | —          |
| 51. En % . . . . . »  | —  | —          | —   | —                   | 6   | 6          | —                                      | —          |
| 52. Versements aux caisses publiques . . . . . »            | 281 199                                    | 259 172    | —   | —                   | —   | —          | 258 000                                | 238 300    |
| <i>Investissements et amortissements:</i>                   |  |            |   |                     |   |            |  |            |
| 61. Investissements jusqu'à fin de l'exercice . . . . . fr. | 2 153 438                                  | 1 910 710  | 4 590 382                                 | 4 117 740           | —   | —          | 5 787 600                              | 5 621 000  |
| 62. Amortissements jusqu'à fin de l'exercice . . . . . »    | 1 176 428                                  | 1 086 428  | 3 369 335                                 | 3 084 241           | —   | —          | 4 419 600                              | 4 170 000  |
| 63. Valeur comptable . . . . . »                            | 977 010                                    | 830 270    | 1 221 047                                 | 1 033 499           | —   | —          | 1 368 000                              | 1 451 000  |
| 64. Soit en % des investissements . . . . . .               | 45,4                                       | 43,5       | 26,6                                      | 25                  | —   | —          | 23,6                                   | 25,8       |

<sup>1)</sup> y compris les petits moteurs