

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 41 (1950)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Perspectives de l'économie électrique suisse  
**Autor:** Bauer, Bruno  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058888>

#### 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:** 13.01.2026

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

# BULLETIN

## DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS

### Perspectives de l'économie électrique suisse

Conférence donnée à l'Assemblée des délégués de l'Union suisse du commerce et de l'industrie,  
le 17 septembre 1949 à Zurich

par Bruno Bauer, Zurich

621.311(494)

*En s'appuyant sur l'évolution et les lois essentielles de l'économie énergétique, l'auteur démontre que la valeur marchande de l'énergie électrique diminue au fur et à mesure que l'électrification est plus avancée. D'autre part, les frais de production ont augmenté, de sorte que l'écart entre les recettes et les dépenses devait nécessairement diminuer. Cette tendance se poursuivra. Les recettes provenant de l'accroissement de la consommation ne pourront plus couvrir complètement les frais de production d'énergie hydroélectrique, si les frais de construction ne peuvent pas être abaissés ou si le prix de vente de l'énergie électrique n'est pas adapté aux nouveaux frais de production. Cette adaptation devrait s'opérer en tenant très soigneusement compte des différents tarifs, de manière à ne pas entraîner la propagande en faveur des applications de l'électricité.*

C'est pour moi un grand honneur de pouvoir présenter devant un auditoire aussi distingué le sujet qui fait l'objet de ma conférence, sujet plein de dangers d'ailleurs, car il est toujours quelque peu osé de vouloir jouer au prophète. Je me sens cependant tout à fait à l'aise ici, au milieu des représentants les plus qualifiés de l'économie suisse. Vous avez l'habitude, Messieurs, de tirer des chiffres résultant d'analyses économiques des déductions pour l'avenir, et vous savez que ces prévisions sont toujours incertaines, qu'elles le sont d'autant plus qu'elles concernent l'avenir lointain. Vous connaissez également les difficultés qu'il y a à établir des pronostics économiques dans les temps actuels. Les nombreux facteurs agissant en permanence sur toutes les branches de la production se modifient sans cesse; chaque branche dépend ainsi de la prospérité ou des difficultés des autres branches. Comme il est presque impossible de se faire une idée exacte des liens existant entre chacune de ces dernières, et que le jeu naturel des forces économiques est actuellement encore déréglé, on préférerait renoncer immédiatement à jeter un regard sur l'avenir si on n'avait la certitude que les grandes lois qui régissent les relations économiques sont toujours valables. Il n'est pas possible de les éliminer par le raisonnement ou par un trait de plume, car derrière elles se trouve l'être humain, dont l'action dépend toujours des mêmes anciennes règles économiques. On peut, il est vrai, provisoirement l'obliger à agir différemment, mais les forces qui lui sont propres ne sont pas éliminées, et tôt ou tard elles réapparaissent.

*Ausgehend von der Entwicklung und den allgemeinen Gesetzen der Energiewirtschaft zeigt der Autor, dass der Marktwert der Elektrizität mit zunehmender Elektrifizierung sinkt. Auf der andern Seite sind die Produktionskosten gestiegen. Die Spanne zwischen Erlös und Kosten musste sich somit verkleinern. Diese Tendenz wird zunehmen. Der Erlös aus dem Zuwachs des von der Hydroelektrizität gedeckten Verbrauchs wird die Kosten der neuen Produktion nicht mehr voll zu decken vermögen, falls sich die Baukosten nicht senken oder die Verkaufspreise der Elektrizität nicht den neuen Produktionskosten angepasst werden. Diese Anpassung müsste in wohlabgewogener Differenzierung erfolgen, so dass die Wettbewerbstätigkeit der Elektrizität nicht fühlbar leidet.*

Ici je me heurte déjà à une première objection de votre part: Très bien, pensez-vous, mais si les lois économiques doivent de nouveau jouer normalement, à quoi cela nous sert-il en matière d'approvisionnement en électricité où les usines de production bénéficient d'un monopole? Il est exact que nous chercherons en vain un marché de l'électricité au sens propre, un marché mettant en présence de nombreux consommateurs et de nombreux producteurs d'énergie électrique; la concurrence fait défaut. Son élimination est du reste justifiée économiquement; sinon les frais supplémentaires qui résulteraient de la coexistence de plusieurs installations de production, de transmission et de répartition seraient finalement à la charge des consommateurs d'énergie électrique. Cependant le monopole de fourniture d'électricité dont bénéficient les producteurs n'est, de loin, pas encore un monopole de fourniture d'énergie. Cette distinction est beaucoup plus qu'une simple finesse; elle est d'importance essentielle et le fait qu'elle soit méconnue par de nombreux économistes n'y change rien. N'oubliez pas en effet que l'énergie électrique rencontre, sur le plan de l'utilisation, la concurrence des autres sources d'énergie: houille, bois, etc. Les consommateurs, dans la plupart des cas, n'ont pas besoin de ces diverses énergies sous forme brute; ce dont ils ont besoin c'est de lumière, de travail mécanique, de chaleur, d'énergie chimique; à condition qu'elle présente pour eux la même utilité, il leur est égal, du point de vue privé, que l'énergie provienne du charbon, du bois de chauffage, du pétrole, du gaz ou de l'électricité. Malgré le monopole dont béné-

ficient les usines électriques et les usines à gaz, et bien que les prix des combustibles soient en fait fixés par les producteurs respectifs, les consommateurs ont le libre choix de l'énergie qu'ils veulent utiliser. Cela n'est évidemment exact que si un libre choix ne leur est pas enlevé par une répartition dirigée. Aussi longtemps que nous serons préservés d'une telle réglementation, on pourra parler chez nous, sinon d'un marché de l'électricité ou d'un marché du gaz, du moins d'un marché de l'énergie.

Ce marché se distingue il est vrai quelque peu, dans sa structure, de l'image classique que l'on se fait d'un marché libre. A un très grand nombre de consommateurs s'oppose un nombre relativement restreint de fournisseurs disposant d'une grande capacité de production. La qualité des marchandises échangées est également différente. Nous mesurons, il est vrai, les quantités de marchandises d'après la même mesure, par exemple en kWh, mais l'utilité effective de l'unité d'énergie brute est différente selon ses possibilités d'emploi sous une forme déterminée. Cette utilité est du reste aussi variable pour la même sorte d'énergie brute, selon la forme d'utilisation qui doit être produite. C'est à la fois la valeur énergétique de la sorte d'énergie brute et l'état des techniques de transformation qui jouent ici un rôle.

Examinons rapidement le mécanisme d'un marché modèle de l'énergie. Nous voyons comment chaque élément intervenant sur le marché, producteur et consommateur, s'efforce — s'il n'est pas entravé dans son activité économique — d'obtenir avec un minimum de dépenses, un maximum de résultats. Nous compterons comme dépenses les frais de production et mesurerons les résultats par la valeur marchande des produits créés; on constatera que chacun s'efforce d'obtenir entre résultats et dépenses un rapport aussi élevé que possible. J'appelle ce rapport le rendement économique de la production des marchandises. Sur la base de ce critère on obtient automatiquement la part de chacun des producteurs d'énergie — de chaque sorte d'énergie brute — dans la consommation totale du pays. Chaque consommateur choisit, de cas en cas, suivant les prix pratiqués sur le marché, la sorte d'énergie brute qui lui permet d'obtenir le meilleur rendement de son entreprise; chaque producteur, de son côté, entre en concurrence avec les autres producteurs jusqu'à ce qu'il obtienne lui aussi une valeur maximum de son chiffre indice. La répartition de l'ensemble des fournitures entre les différents producteurs intervient donc sur la base de deux facteurs déterminants: d'une part les possibilités économiques qu'offre chaque sorte d'énergie brute à être transformée en énergie utile de consommation et, d'autre part, les possibilités économiques d'exploitation qu'offrent les sources d'énergie brute.

C'est ainsi que se crée sur le marché un classement des producteurs d'énergie d'après leurs capacités économiques. Le moins capable doit accorder au plus capable une part plus grande dans la couverture des besoins. Si le moins capable ne peut vivre avec le peu que le mécanisme du marché lui

permet de livrer, il est alors condamné à disparaître. S'il était maître absolu du marché, en tant que seul fournisseur, il provoquerait une hausse des prix à la charge du consommateur, jusqu'à ce qu'il puisse vivre. Le principe de concurrence sur lequel se fonde notre marché modèle met chacun à sa place sur la base de son rendement économique.

Les prix du marché idéal sont tout d'abord purement subjectifs, c'est-à-dire qu'ils sont liés aux particularités de la production et de l'achat de l'énergie par le consommateur. Il en résulte une très grande diversité des prix, conséquence de la concurrence. La différenciation des prix constitue le moyen par lequel le mécanisme du marché répartit les diverses quantités d'énergie.

En réalité, le marché suisse de l'énergie n'est pas à même d'exercer une pression sensible sur la formation des prix des combustibles étrangers. Ces derniers sont, par conséquent, du fait du rôle important qu'ils jouent comme producteurs d'énergie, déterminants pour la fixation de la valeur des énergies indigènes. Conformément à la loi du marché qui vient d'être relevée, tout mode d'application de l'énergie électrique trouve donc sa place dans l'échelle des prix du courant. Des considérations subjectives jouent également un rôle, ainsi en ce qui concerne la lumière électrique qui, du fait de ses avantages, est volontiers payée plus cher par le consommateur.

Le problème de la tarification, du point de vue des producteurs, consiste à établir un système de prix qui, tout en prenant en considération les frais de production, tient compte autant que possible de la valeur de l'énergie électrique dans toutes ses applications.

Si nous nous informons de la valeur de l'énergie électrique aux points centraux d'un réseau de distribution ou à la sortie d'une usine électrique, nous aurons ici apparemment un prix moyen composé de nombreux éléments et dépendant de l'importance et de la nature de la consommation d'énergie dans le rayon desservi, autrement dit du degré d'électrification et de la structure du réseau de celui-ci. Ce prix moyen est cependant, pour le même rayon d'approvisionnement, soumis à des fluctuations du fait des modifications périodiques permanentes qui se produisent dans ses différents éléments. La loi de l'offre et de la demande, qui joue constamment, corrige ici naturellement aussi la formation des prix. Il en est de même de la distinction, qui résulte des caractéristiques de la production hydro-électrique, entre énergie constante et inconstante. La première, indépendante des fluctuations météorologiques, peut être garantie chaque année; elle est d'une valeur plus élevée que la seconde, dont la fourniture ne peut être assurée en tout temps.

Bref, vous pouvez constater que la capacité de concurrence de l'énergie électrique, et par là la valeur de nos forces hydrauliques, se détermine sur le marché des énergies utiles de consommation. C'est ici que les faits s'expliquent et qu'agissent les facteurs régissant l'évolution de l'économie électrique.

que. Celui qui veut juger des perspectives d'avenir doit avant tout examiner ce marché. C'est ce que nous allons faire.

Les besoins d'énergie de consommation d'un pays sont déterminés avant tout par trois facteurs: le niveau de vie de la population, l'activité de celle-ci et le degré d'industrialisation. Le fait de disposer d'importantes sources d'énergie encourage la consommation. La courbe des besoins en énergie utile de consommation de notre pays a progressé — du fait de son évolution industrielle au cours des dernières dizaines d'années du siècle passé — tout d'abord rapidement, puis plus lentement, pour atteindre environ 17 milliards de kWh en 1915. Obéissant à la loi générale de saturation, l'accroissement de la courbe diminue ensuite de plus en plus, et celle-ci tend vers une valeur maximum qui nous est inconnue. Alors que l'augmentation moyenne a été jusqu'en 1915 d'environ 400 millions de kWh par année, elle a reculé par la suite jusqu'en 1939 à environ 345 millions de kWh. Les besoins s'élevaient à cette époque à 25,3 milliards de kWh. J'estime, en tenant compte de cette évolution, que nous atteindrons en 1960 un besoin annuel d'énergie utile de consommation de plus de 32 milliards de kWh, soit à peu près le double de la consommation de l'année 1915. Jusqu'à aujourd'hui la courbe de nos besoins n'a enregistré une baisse momentanée qu'à deux reprises: tout d'abord à partir de 1915, puis à partir de 1939; chaque fois la diminution a été due au recul intervenu, en raison de la guerre, dans l'approvisionnement du marché en énergie d'origine étrangère. Afin d'éviter tout malentendu, je tiens à préciser que ces chiffres ne concernent pas seulement l'énergie électrique, mais qu'ils donnent en kWh le total des quantités d'énergie utile consommées dans l'année considérée — déduction faite des pertes de transformation — sous forme de lumière, de travail mécanique, d'énergie chimique et de chaleur.

Comment se répartissent ces quantités d'énergie de consommation entre les diverses catégories de consommateurs? La réponse surprendra peut-être les non initiés: au cours de la dernière année d'avant-guerre, les besoins en chaleur de l'industrie, de l'artisanat et des ménages ont représenté pas moins de 84 % de la consommation totale. Plus de la moitié de ce chiffre a concerné les deux derniers groupes de consommateurs: l'artisanat et les ménages; ceux-ci ont utilisé environ 50 % des besoins de l'ensemble du pays sous forme de chaleur, c'est-à-dire pour le chauffage des locaux et la préparation d'eau chaude, ainsi que pour la cuisson. Cette part est certainement importante; elle est la preuve d'un niveau de vie élevé de notre population. Les autres formes de consommation d'énergie ont joué un rôle beaucoup moins important. La consommation d'énergie chimique a atteint en 1939 environ 7,5 % de la consommation totale du pays, celle servant à la production de travail mécanique dans les moteurs de véhicules et les moteurs stationnaires environ 7,2 %. 1,3 % seulement de la production a été utilisé pour la lumière. Au cours

de la guerre, ces parts se sont modifiées, mais l'année 1947 a de nouveau enregistré une répartition analogue. En procédant à un autre regroupement, j'estime que l'industrie utilise aujourd'hui environ 44 % de la consommation totale du pays sous forme de chaleur, d'énergie chimique, de force motrice et d'éclairage. L'industrie est donc un consommateur important, mais qui n'occupe toutefois pas une position dominante. Les ménages et l'artisanat, avec 52 %, consomment à eux deux davantage. A cet égard, la Suisse se distingue des autres pays industriels du continent dans lesquels l'industrie est le principal consommateur d'énergie. La part du trafic peut être estimée aujourd'hui à 4 %. Son importance n'apparaît que lorsqu'on prend en considération le faible rendement des moteurs de traction à combustion; il en résulte une très forte consommation d'énergie brute, en particulier sous forme de combustible liquide.

La question de la participation des différentes énergies à la couverture des besoins n'est pas moins intéressante. Jusqu'au début du siècle, notre approvisionnement en énergie se faisait avant tout grâce au bois de chauffage indigène, puis dans une mesure sans cesse croissante, grâce aux combustibles étrangers. L'utilisation de la deuxième source d'énergie du pays, l'eau, n'est intervenue d'une façon sensible qu'à partir de 1900. En 1913 l'énergie électrique couvrait 7 % de l'ensemble des besoins d'énergie utile de consommation; en 1938, cette part avait passé à 14 % et elle était de 23 % en 1947. Certains penseront peut-être que ce n'est pas beaucoup, car si l'on y ajoute la contribution du bois de chauffage indigène de 14 %, l'approvisionnement du pays a encore dépendu en 1947 pour 63 % des combustibles étrangers. Ils se demanderont si nous ne disposons pas de toute une série de forces hydrauliques non utilisées et pour quelles raisons cette dépendance indésirable de l'étranger de notre approvisionnement en énergie ne peut-elle être notablement assouplie? En fait, cette question est très importante et elle retiendra toute notre attention lors de l'examen des possibilités de développement au cours des prochaines dizaines d'années. La solution ne pourra naturellement pas être trouvée, par exemple, par le moyen facile d'établir, autour du tapis vert, un plan annuel d'augmentation de la production d'énergie hydraulique. Si nous décidions par exemple d'augmenter de 50 % dans les dix années à venir la production annuelle momentanée d'énergie électrique, la consommation disposerait en 1960 d'environ 15 milliards de kWh; déduction faite des pertes de transmission et de transformation, environ  $\frac{1}{3}$  des besoins de la consommation estimés à 32 milliards de kWh serait couvert par les propres forces hydrauliques du pays. L'augmentation par rapport à 1938, année au cours de laquelle la part de la production hydraulique intérieure était de 14 %, et à 1947 où elle était de 23 %, serait conforme à l'évolution suivie jusqu'à présent. Mais savons-nous si les entreprises électriques qui auront à fournir la production additionnelle pourront le faire sur une base rentable avec les recettes supplémentaires?

mentaires qu'elles réaliseront sur le marché? Ou si nous examinons la chose du point de vue de l'économie dirigée, savons-nous si le consommateur s'en tirerait avec le prix fixé pour la production additionnelle? Non, nous ne devons pas croire qu'il soit possible de nous jouer des lois économiques en établissant des plans! Si nous voulons mettre un plan sur pied — et nous devons le faire — il doit être souple, c'est-à-dire qu'il doit correspondre dans ses moindres détails aux forces économiques en présence. Notre plan doit tendre à prendre le plus possible en considération les forces hydrauliques pour satisfaire la consommation d'énergie. La question de savoir à quel rythme le développement des usines électriques doit se faire et jusqu'à quel point l'énergie sera consommée sous forme d'électricité dépend de trois éléments déterminants — variables dans le temps —: l'évolution de la valeur marchande de l'énergie électrique, l'évolution des frais de production de l'électricité et enfin l'évolution de la situation économique des entreprises électriques. Permettez-moi d'examiner plus attentivement ces trois éléments.

J'ai déjà relevé précédemment que la valeur marchande de l'énergie électrique n'est pas constante, mais qu'elle dépend, en tant que résultante de nombreux éléments, des modifications intervenant dans sa composition. Cette valeur oscille en l'espace d'un jour et elle se modifie de mois en mois au cours d'une année. La valeur moyenne annuelle n'est toutefois pas non plus constante; elle tend vers un objectif lointain, déterminé par la substitution complète de l'énergie électrique aux combustibles, substitution qui ne pourra jamais être entièrement réalisée. Mais en avançant aussi loin que possible dans cette voie, nous devons constater que l'électrification complète des besoins en lumière sera plus facilement obtenue que celle des besoins en forces motrices; celle-ci du reste a déjà presque atteint la limite des possibilités techniques, alors qu'une grande partie des besoins en chaleur pourrait encore être satisfaite par l'énergie électrique. Cependant, comme la valeur de l'énergie électrique servant à la production de chaleur est en moyenne — pour des raisons techniques et physiques — plus faible que celle de l'énergie électrique servant à la production de force motrice, et que la valeur de cette dernière est de nouveau inférieure à la valeur de l'énergie servant à la production de lumière, le prix moyen de l'énergie électrique doit baisser au fur et à mesure de l'électrification. Cette tendance à la baisse a déjà commencé il y a plus de dix ans. C'est ainsi que le prix obtenu par kWh par une grande entreprise d'électricité cantonale a reculé de 4,5 ct. en 1930/31, à 4,0 ct. en 1935/36, à 3,45 ct. en 1940/41, et à 3,17 ct. en 1944/45.

Nous pouvons, par conséquent, faire l'importante constatation suivante: le marché est encore à même d'absorber de très grandes quantités d'énergie électrique; un plus grand emploi d'électricité serait dans l'intérêt de notre économie qui dépendrait ainsi moins fortement des sources d'énergie étrangères. Cependant, en raison de la structure de nos besoins en énergie utile de consommation, la valeur

marchande de toute quantité nouvelle d'électricité mise à disposition diminue progressivement, si la part relative de l'énergie électrique dans la couverture de nos besoins devient plus importante.

Cette loi rend apparemment plus difficile tout nouveau développement des forces hydrauliques. Elle restreint le nombre des projets réalisables. Si nous voulions en effet exiger avant tout que le rendement économique de l'utilisation de nos forces hydrauliques — que je considère comme étant le rapport entre les recettes annuelles et les frais de la production — ne diminue pas dans chaque cas au-dessous d'une certaine valeur, disons par exemple de la valeur 1, alors les frais de production devraient, en conformité avec la loi du revenu diminuant, également reculer de réalisation en réalisation. Nous arrivons à une conception plus raisonnable lorsque nous acceptons, dans un cas donné, que les frais de production dépassent le prix de vente, à condition que la perte réalisée puisse au moins être compensée par le bénéfice obtenu dans d'autres entreprises. L'art de toute planification consisterait à faire entre les diverses possibilités d'utilisation un choix tel, qu'on obtienne, sur la base d'une péréquation des prix, un maximum de production d'énergie.

Je crains, Messieurs, que vous ayez des doutes sur cette conception quelque peu particulière. Comment un homme raisonnable peut-il envisager la construction d'une usine électrique s'il sait d'avance que la production entraînera une perte? Par ailleurs, puisqu'un rendement économique de valeur 1 est même déjà trop faible, les recettes couvrant tout juste les frais de production et aucun nouveau capital ne pouvant être constitué, où trouver alors l'argent nécessaire à la construction de nouvelles usines électriques?

En raison de l'augmentation des frais de construction due à la guerre, les grandes entreprises d'électricité se sont également posées ces questions lorsque, il y a quelques années, elles ont examiné la possibilité de construire de nouvelles usines à bassin d'accumulation; et ce n'est pas sans raison qu'elles s'en sont tenues d'une façon si ferme au projet du Rhin postérieur avec le lac de Splügen, car parmi toutes les solutions proposées à cette époque, c'était la seule à permettre encore un rendement économique de 1. Ce chiffre serait aujourd'hui légèrement supérieur en raison de la baisse des frais de construction. Les combinaisons Greina-Blenio examinées par la suite offraient à peu près les mêmes avantages en ce qui concerne les quantités et la qualité des énergies produites, mais en revanche leur rendement économique était notablement inférieur à celui du projet du Rhin postérieur.

Les entreprises d'électricité intéressées auraient cependant été prêtes à construire ces usines; elles étaient d'avis que les désavantages qui seraient résultés de l'aggravation de leur situation économique auraient été moindres que les désavantages causés aux consommateurs par la pénurie d'énergie d'hiver. A cet égard, il est regrettable que pour le groupe Greina-Blenio également, les concessions n'aient pu être obtenues.

Parmi les autres possibilités d'utilisation des forces hydrauliques avec bassin d'accumulation qu'il m'a été possible d'examiner de plus près, seuls quelques projets ont, sur la base des frais de construction actuels, l'avantage de présenter un rendement économique supérieur à 1. Il y a lieu de citer en particulier la première étape du projet du Consortium des forces motrices du Valle Maggia, ainsi que le bassin d'accumulation de Marmorera; tous deux en sont actuellement au stade de la réalisation. Parmi les projets favorisés du point de vue économique, il y a lieu de citer également le nouveau projet du Rhin postérieur, avec un bassin d'accumulation dans le Valle di Lei sur territoire italien, qui serait à même de livrer une quantité appréciable d'énergie de haute qualité. En ce qui concerne le projet de Zervreila-Safien, son rendement économique dépend du type de barrage qui sera choisi. Je suis trop peu documenté sur les importants projets de construction de bassins d'accumulation de Suisse romande pour me faire une idée précise de leur valeur économique. Il est toutefois vraisemblable que là aussi certaines possibilités techniquement intéressantes se heurtent, étant donné la situation actuelle du marché de l'énergie, à une relation défavorable entre les recettes prévues et les frais de production.

La solution à donner à la question ainsi posée sera lourde de conséquences. Si aujourd'hui déjà, en raison des frais de construction, quelques projets seulement parmi toutes les possibilités qui s'offrent d'équiper nos cours d'eau présentent un rendement économique suffisant, comment entend-on développer, à l'avenir, l'utilisation de nos forces hydrauliques si la baisse de la valeur de l'énergie électrique continue? Deux solutions sont possibles. La première est d'attendre que les frais de construction aient baissé à un point tel qu'ils se soient adaptés aux prix de l'énergie électrique; l'autre consiste à adapter le prix d'électricité aux frais de production par la voie d'un relèvement des tarifs de l'énergie électrique. — Et une troisième solution, la plus simple, a été oubliée, pensez-vous peut-être: compenser les pertes par les bénéfices réalisés par les entreprises d'électricité. Examinons ce qu'il en est de cette dernière possibilité.

Il est vrai que parmi les usines dont la construction a été décidée ces dernières années, une partie d'entre elles produit déjà ou produira bientôt de l'énergie électrique avec un rendement économique insuffisant du fait des frais de construction trop élevés; il est vrai aussi que les entreprises électriques, comme je l'ai déjà relevé, étaient prêtes à prendre sur elles des charges encore plus lourdes. Cela est intervenu à l'époque héroïque du développement de l'électricité. J'entends par là la période de conjoncture exceptionnelle pour la propagation de l'électricité, qui a commencé avec le début de la guerre et aux termes de laquelle nous nous trouvons aujourd'hui. Il est nécessaire de considérer la courbe des besoins en énergie utile de consommation pour comprendre le phénomène. Cette courbe, ainsi que je l'ai déjà déclaré, est tombée fortement à partir de 1939, mais toutefois seule-

ment pour une courte période. Au cours de cette période de pénurie, la consommation a été obligée de baisser rapidement jusqu'à 65 % du chiffre d'avant-guerre. C'est en 1945 que le minimum a été atteint. Dans les années suivantes, la consommation a de nouveau augmenté et elle dépasse aujourd'hui légèrement celle de 1939. Il est évident que l'impossibilité de satisfaire les besoins à l'époque où la courbe de consommation est descendue a exercé une pression extraordinaire forte sur les producteurs d'énergie indigène, en particulier sur les producteurs d'énergie électrique, et que cette pression s'est relâchée dès le changement intervenu en 1945. La conséquence en a été que la consommation indigène d'énergie électrique, mesurée à l'usine, a passé de 3900 millions de kWh en 1938/39 à environ 7900 millions de kWh en 1947/48; elle a donc doublé durant ce court laps de temps. L'augmentation de 4000 millions de kWh de la consommation annuelle a pu être atteinte en mettant tout d'abord à contribution, dans une mesure exceptionnelle, les installations existantes et ensuite par la construction de nouvelles usines; 3000 millions ont pu être acquis de cette façon. Le reste, soit environ un milliard de kWh, a été obtenu par une réduction systématique des exportations d'énergie en faveur de la consommation indigène. Le rôle important de l'exportation d'énergie dans notre économie électrique apparaît ainsi une fois de plus. Grâce aux efforts déployés, il a été possible aux entreprises électriques de couvrir au cours de 1945, année la plus défavorable, assez exactement un tiers des besoins en énergie de consommation. Le reste a été réparti d'une manière à peu près égale entre les combustibles de provenances indigène et étrangère.

La croissance de la production et des ventes d'énergie électrique a exigé des moyens importants. Le capital investi a augmenté durant la période considérée de 45 % environ, passant de 2,2 milliards de francs à 3,2 milliards de francs. Il augmentera encore à peu près dans la même mesure au cours de ces prochaines années, selon les besoins des diverses usines et installations de transmission actuellement en construction. Les frais de production annuels ont augmenté plus rapidement, soit d'environ 60 %. Leur accroissement ultérieur suivra celui des investissements de capitaux. L'augmentation des recettes s'est produite, par contre, d'après une autre loi. Les recettes ont augmenté dès 1938/39 tout d'abord plus rapidement, puis dès 1945 plus lentement que les frais de production. La marge entre le produit des ventes et les frais a donc été de plus en plus faible.

Cette tendance apparaîtra encore plus fortement dans le proche avenir, comme les chiffres de rentabilité permettent de le constater. Si l'on examine l'ensemble des entreprises électriques, on se rend compte que la rentabilité du capital total investi a subi les modifications suivantes:

Partant d'une valeur de 2,43 % en 1938, ce chiffre a passé tout d'abord à 2,82 % en 1940, à 3,18 % en 1943 pour arriver à 4,27 % en 1945 et redescendre au cours des deux années suivantes à 3,47 % et à 2,65 %. Le rapport entre le produit

des ventes et les frais de production présente des oscillations analogues; partant d'une valeur de 1,26 en 1938/39, et après avoir atteint un maximum de 1,41, ce rapport est redescendu à 1,26 pour la période 1947/48. Nous sommes donc pratiquement revenus avec ce chiffre indice au niveau enregistré au cours de l'année de base 1938, mais le recul se poursuit; nous nous trouvons, dans l'oscillation permanente de la conjoncture, dans une période de baisse, et nul ne sait quel sera le point le plus bas et quand la courbe commencera à remonter. Dans l'ensemble, les diverses entreprises électriques ont toutes enregistré une même évolution; elles se différencient entre elles uniquement par le niveau de leurs prix de vente. Les entreprises électriques purement urbaines sont à cet égard plus favorisées que les grandes entreprises régionales. Ce sont en revanche ces dernières qui auront principalement à supporter la charge résultant de la construction de nouvelles usines.

Etant donné cette situation, il ne me paraît pas opportun de continuer à imposer aux producteurs d'électricité la charge créée par un excédent éventuel des frais de production des nouvelles usines. L'affaiblissement qui en résulterait de la situation financière des usines existantes ne serait finalement pas non plus dans l'intérêt du consommateur. Si donc nous voulons, dans l'intérêt du consommateur, pousser autant que possible le développement de nos forces hydrauliques, il sera, à mon avis, inévitable d'examiner sérieusement l'adaptation des prix actuels de l'énergie électrique aux modifications intervenues dans les frais de production. On ne doit pas, à cet égard, oublier que le système des prix actuels a été adapté, en son temps, à la concurrence faite avant-guerre par les combustibles à l'électricité; c'est la raison pour laquelle l'énergie électrique n'a pas encore été à même de profiter, à bien des égards, des modifications intervenues, entre temps, chez ses concurrents. Une correction faite dans ce sens n'aurait pas d'autre signification qu'une adaptation de son prix à l'état actuel du marché.

L'augmentation des tarifs n'est certes pas une tâche facile, car on doit tenir compte de deux tendances contraires. Nous désirons d'une part augmenter la consommation d'énergie électrique; or, pour cela il est nécessaire, dans ses usages les moins nobles, de la vendre à bon marché. D'autre part, le prix de vente moyen de l'énergie par les usines électriques doit être augmenté, afin de tenir compte de la hausse des frais de production. Cela montre la nécessité de traiter d'une façon différente les diverses positions du tarif.

J'estime que c'est par la voie d'un examen commun de la situation et par la collaboration des producteurs et des consommateurs qu'on pourrait mettre sur pied une solution tenant compte des deux objectifs que je viens de citer.

De tels efforts déployés en vue d'élargir l'utilisation des forces hydrauliques ne permettraient cependant d'obtenir qu'un demi succès si, parallèlement, on ne s'efforçait pas encore davantage de

mettre un certain ordre dans l'équipement de nos forces hydrauliques, et de prévoir le rang selon lequel les nouveaux projets devront être réalisés. A mon avis, la voie à suivre ne doit pas consister dans de nouvelles mesures légales, mais dans une libre entente de tous les milieux intéressés. Malheureusement, chez nous aussi les ententes n'interviennent pas d'elles-mêmes. Il est nécessaire que nous ayons dans ce but un organisme neutre à même d'examiner toutes les questions qui se posent en tenant compte de l'intérêt général, et qui puisse également donner son avis sur d'autres questions essentielles intéressant l'approvisionnement en électricité. Je ne crois pas que les associations professionnelles qui ont à sauvegarder les intérêts de leurs membres puissent se charger avec succès de cette fonction consultative. Il me paraît du devoir de la Confédération, et plus particulièrement de ses organes existant déjà, de représenter les intérêts généraux dans le domaine de l'électricité, et, par la voie de recommandations, en favorisant la collaboration de tous les intéressés, d'aider à la réalisation des mesures jugées nécessaires. Je ne propose du reste rien de nouveau; cette tâche figure depuis 1930 dans le cahier des charges de l'Office fédéral de l'économie électrique.

Si l'on veut cependant attendre un succès certain d'une telle collaboration de la Confédération favorisant le travail en commun de tous les intéressés, il y a lieu de veiller à ce que les conseils qui seront donnés ne soient pas uniquement d'ordre technique, mais qu'ils soient adaptés aux besoins réels momentanés. Pour que cette condition soit remplie, il serait nécessaire de créer une commission consultative fédérale qui aiderait les autorités responsables de la Confédération à se former régulièrement une opinion. Cette commission serait en quelque sorte le porte-parole des milieux intéressés à notre ravitaillement en énergie; elle serait formée d'experts choisis dans les milieux producteurs et consommateurs ainsi que dans les milieux techniques, scientifiques et juridiques, et pourrait recourir dans toutes les questions spéciales aux conseils d'autres experts. On aurait ainsi la garantie que la politique suivie par la Confédération dans le domaine de l'énergie ne se trouvera pas détournée sur des voies contraires aux conceptions générales. La réglementation proposée permettrait certainement d'obtenir la confiance du public dans son ensemble.

Je voudrais, Messieurs, récapituler de la manière suivante mon point de vue quant à la politique à suivre par notre pays en matière d'électricité.

L'intérêt général du pays exige que les forces hydrauliques soient mises dans la plus large mesure possible au service de la consommation. Nous constatons du côté des consommateurs qu'en raison de la structure des besoins, l'élargissement des ventes d'énergie électrique sera lié à une baisse relative du prix moyen. L'examen du rendement économique de nos installations hydro-électriques montre, d'autre part, que pour toute une série de projets, les re-

cettes de la production ne couvrent plus les frais actuels; pour les raisons qui ont été indiquées, on doit s'attendre dans l'avenir à une aggravation de cette situation si les frais de construction des usines électriques ne diminuent pas notablement. L'analyse de la rentabilité actuelle des entreprises électriques, et en particulier de celles qui auront à prendre la responsabilité de la construction de nouvelles usines, nous permet de faire la constatation suivante: ces entreprises ne pourront, sans compromettre leur situation financière, prendre à leur charge les déficits résultant de l'exploitation de ces nouvelles usines. Il en résulte la nécessité d'adapter le prix d'électricité aux nouveaux frais de production; cela devra toutefois se faire sans que la capacité de concurrence de l'énergie électrique s'en trouve sensiblement diminuée.

Si, grâce à une entente entre producteurs et consommateurs, les milieux économiques du pays pouvaient créer les conditions nécessaires à un nouveau développement des usines électriques, on serait en droit d'attendre que les autorités, par la voie de recommandations et en servant d'intermédiaire, s'entremettent en faveur d'un certain ordre dans l'équipement de nos forces hydrauliques. Une commission consultative permanente devrait être créée, composée de représentants des milieux économiques et professionnels; sa tâche consisterait à soutenir

les efforts de la Confédération et de ses organes en vue d'atteindre l'objectif fixé.

Ce vœu vient d'être réalisé. Le Conseil fédéral a en effet décidé, le 16 septembre 1949, de transformer la Commission fédérale de l'économie hydraulique — tout en lui gardant sa désignation légale — en une Commission de l'énergie. Celle-ci sera appelée régulièrement en consultation pour examiner toutes les questions relatives à l'économie hydraulique et à l'économie électrique qui lui seront soumises par le Département fédéral des postes et des chemins de fer ou par ses services spécialisés.

La Commission sera formée de représentants de la production hydro-électrique, de la branche des combustibles, des consommateurs d'énergie et d'experts indépendants.

Nous devons être reconnaissants au Conseil fédéral et en particulier à M. le Conseiller fédéral Celio d'avoir choisi cet heureux moyen pour garder un contact permanent avec l'économie et les milieux professionnels. Grâce à cette collaboration, de nombreuses tensions pourront certainement être évitées; grâce aux recommandations des autorités, une entente sera plus facile à obtenir.

#### Adresse de l'auteur:

Prof. Dr. B. Bauer, Eidg. Techn. Hochschule, Zürich.

621.396.615.14

## Betrachtungen über einige elektronische Grundlagen der Mikrowellen-Röhren

Vortrag<sup>1)</sup>, gehalten an der 13. Hochfrequenztagung des SEV vom 20. September 1949 in Baden,  
von W. Sigrist, Ennetbürgen

*Mit dem Vordringen in den Bereich der Dezimeter- und Zentimeterwellen wird man gezwungen, die grundlegenden Vorstellungen über Wirkungsweise von Elektronenröhren zu vertiefen. Mit Hilfe eines elektrolytischen Troges können die Felder um die Elektroden im Modellversuch bestimmt werden, und durch eine besondere, ausführlich beschriebene graphische Methode lassen sich die Elektronenbahnen in der Elektronenröhre genau verfolgen. Von besonderer Bedeutung ist die Kenntnis über die Wirkungen, die von bewegten Ladungen auf die Außenkreise ausgeübt werden. Bekanntlich werden diese durch die Maxwell'schen Beziehungen umschrieben. Bei der Elektronenröhre vereinfachen sich diese Beziehungen wesentlich, da die betrachtete Ladung und die veränderlichen Felder kohärent sind. Der gesamte Vorgang kann entweder durch den Konvektionsstrom oder durch den Verschiebungsstrom beschrieben werden. Die Beschreibung durch den Verschiebungsstrom gibt jedoch das vollständigere Bild. Mit Hilfe der angegebenen Methode lässt sich auch das Eigenrauschen der verschiedenen Röhrenarten direkt erklären.*

*Depuis que la technique s'occupe du domaine des ondes décimétriques, voire même centimétriques, il est devenu nécessaire d'approfondir nos connaissances du fonctionnement des tubes électroniques. Les champs des électrodes peuvent être déterminés sur modèles au moyen d'une cuve électrolytique et il est possible de suivre exactement les trajectoires des électrons dans le tube électronique, grâce à une méthode graphique spéciale que l'auteur décrit en détail. Il est particulièrement important de connaître les effets qu'exercent les charges mobiles sur les cercles extérieurs. Dans le cas des tubes électroniques, les équations de Maxwell appliquées à ces effets peuvent être sensiblement simplifiées, car la charge considérée et les champs variables sont cohérents. L'ensemble du processus peut être décrit soit par le courant de convection, soit par celui de déplacement, ce dernier donnant toutefois une image plus complète. La méthode indiquée permet également d'expliquer directement le souffle propre aux divers genres de tubes électroniques.*

### 1. Besonderheiten der Dezimeter- und Zentimeterwellen

Die Hochfrequenztechnik hat im Laufe ihres Werdeganges die wissenschaftliche und technische Erschliessung von Bereichen immer kürzerer elektrischer Wellen verwirklicht. Die Jagd nach kürzesten Wellen — man gestatte diesen Ausdruck — ist auch heute noch nicht beendet. Wesentlich gefördert wurde die Entwicklung durch den Ausbau der

Elektronik — es sei nur an die Namen neuester Schöpfungen auf dem Röhrengebiete erinnert, wie Klystron, Magnetron, Travelling wave tube usw.

Gewiss wurden schon in den Anfängen der Hochfrequenztechnik mit Hilfe von Funkenerregung Zentimeterwellen erzeugt. Aber die Grundlagen sind wesentlich ausgedehnter und tragfähiger geworden. Zur Herstellung kürzester Wellen kommen nur noch elektronische Geräte in Frage, welche hinsichtlich Mannigfaltigkeit, Zuverlässigkeit, Güte und Wirkungsgrad einen ausserordentlichen Fortschritt gebracht haben. Kürzeste Wellen können heute nicht nur erzeugt, sondern auch verstärkt werden. Die

<sup>1)</sup> Der ursprüngliche Titel des Vortrages hiess: «Grundzüge über Bau und Wirkungsweise von Mikrowellen-Röhren». Der Autor hat ihn geändert, um den Inhalt des Artikels noch besser zu kennzeichnen.