

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens

**Herausgeber:** Association suisse des électriciens

**Band:** 32 (1941)

**Heft:** 23

**Artikel:** Le programme de construction de nouvelles usines hydroélectriques établi par la Commission de l'ASE et de l'UCS pour la recherche d'occasions de travail

**Autor:** Strickler, A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057662>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 25.12.2024

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

œuvres de longue haleine dont quelques-unes postulent l'existence de quantités d'énergie électrique dont nous ne disposons plus à l'heure actuelle.

Le chômage n'est pas encore là qui imposerait l'introduction rapide des mesures prévues; mais qu'il soit amené par la diminution de nos expor-

tations industrielles, ou par la carence de notre ravitaillement, il viendra, et la misère générale de s'installer chez nous. Que reste-t-il alors pour nous sauver: notre énergie, l'énergie de nos rivières et des usines que nous aurons construites et surtout l'énergie de nos volontés.

## Le programme de construction de nouvelles usines hydroélectriques établi par la Commission de l'ASE et de l'UCS pour la recherche d'occasions de travail.

Conférence donnée à l'Assemblée générale de l'Union des Centrales Suisses d'électricité, le 25 octobre 1941, à Berthoud, par A. Strickler, Küsnacht.

338.984:621.311.21(494)

*Le programme de construction de nouvelles usines hydroélectriques paru dans le Bulletin ASE No. 22 est basé sur la supposition que l'accroissement annuel du besoin en énergie électrique comprendra  $220 \cdot 10^6$  kWh. Ainsi, en 1953, on devra probablement faire face à une augmentation de la consommation estimée à  $2200 \cdot 10^6$  kWh. Étant donné que cette augmentation sera attribuée dans une mesure toujours plus grande à des applications thermiques, les usines à construire devront être à même de fournir de l'énergie bon marché. Ceci amène donc à recommander l'aménagement des 6 paliers disponibles sur le Rhin pour des usines au fil de l'eau, et, comme usines avec bassin d'accumulation l'exécution rapidement réalisable du projet du lac de Lucendro et la construction des grandes usines sur le Rhin postérieur. Les travaux préparatoires pour la construction des usines sur la Reuss (vallée de l'Urseren) doivent être poussées autant que possible.*

*Das im Bulletin SEV 1941, Nr. 22, veröffentlichte Kraftwerkbauprogramm beruht auf der Annahme, dass der jährliche Zuwachs des Energiebedarfs  $220 \cdot 10^6$  kWh beträgt, so dass etwa im Jahre 1953 gegenüber heute ein Mehrbedarf von  $2200 \cdot 10^6$  kWh pro Jahr zu decken ist. Da dieser Mehrbedarf in vermehrtem Masse thermischer Natur sein wird, müssen die zu erstellenden Kraftwerke billige Energie liefern. Es wird daher der Ausbau der noch nicht genutzten 6 Hochrheinstufen als Laufwerke empfohlen und, als Akkumulierwerke, die Ausführung des rasch realisierbaren Lucendrosee-Projektes und die Erstellung der grossen Hinterreihenwerke. Das Urserental-Reuss-Projekt soll sobald als möglich baureif gemacht werden.*

(Traduction.)

Dans sa conférence de ce matin, monsieur le professeur P. Joye, président de la Commission pour la recherche d'occasions de travail de l'ASE et de l'UCS (Ako), nous a parlé du programme général relatif à la création d'occasions de travail dans le domaine de l'électricité<sup>1)</sup>. L'Ako a également consacré une grande partie de son activité à l'établissement d'un programme de construction de nouvelles usines hydroélectriques. L'ASE et l'UCS adresseront incessamment une requête en ce sens aux autorités fédérales, auxquelles elles soumettront leur proposition résultant de ce travail<sup>2)</sup>. Elles recommandent d'accélérer les travaux préparatoires pour la construction des usines du Rhin de *Birsfelden*, *Säckingen*, *Koblentz*, *Rheinau* et *Schaffhouse*, ainsi que des usines à accumulation de *Lucendro* et du *Rhin postérieur*. La construction de l'usine de *Rupperts-wil* sur l'Aar ayant été décidée et les usines de *Reckingen*, *d'Innertkirchen* et du *Verbois* devant être mises en exploitation à fin 1942, les nouvelles usines devraient être mises successivement en service jusque vers 1953. L'ASE et l'UCS recommandent en outre de poursuivre les études du projet des usines de la vallée d'Urseren et de la Reuss et les pourparlers relatifs aux concessions nécessaires, de telle sorte que la construction de ces usines puisse être rapidement mise en œuvre au moment voulu. Il s'agit là d'un programme technique à longue échéance; les questions économiques devront être résolues par les concessionnaires eux-mêmes.

Je suis chargé de vous présenter brièvement les raisons qui motivèrent le programme proposé.

On a tout d'abord estimé l'accroissement probable de la consommation d'énergie électrique au cours de ces 10 prochaines années. Entre 1932 et 1939, l'augmentation a atteint en moyenne 194 millions de kWh par an pour la consommation indigène, sans compter les chaudières électriques ni les pompes d'accumulation. En comptant également ces dernières, l'augmentation est de 248 millions de kWh par an; elle est de 340 millions de kWh si l'on tient aussi compte de l'exportation d'énergie. En procédant à une extrapolation pour les 10 prochaines années, il est préférable de ne pas se baser sur le chiffre le plus élevé. Pour établir son programme de construction de nouvelles usines hydroélectriques, l'Ako est donc restée dans des limites raisonnables et a admis une augmentation de 220 millions de kWh par an. Jusqu'en 1953 environ, il s'agira par conséquent d'aménager de nouvelles sources d'énergie totalisant 2200 millions de kWh par an. Cette énergie supplémentaire servira presque uniquement à des applications thermiques, car il ne faut pas s'attendre prochainement à une augmentation très sensible de la consommation de l'éclairage et des moteurs. Ces 2,2 milliards de kWh par an de nouvelle énergie permettront d'économiser 300 000 à 350 000 t de charbon importé. Il ne s'agit là que du dixième de l'importation de houille et de coke en 1938 et du tiers de la consommation de charbon par l'industrie seule, à l'exclusion de

<sup>1)</sup> Voir page 609.

<sup>2)</sup> Bulletin ASE 1941, No. 22, p. 581.

la consommation des usines à gaz et des ménages. La situation actuelle nous est bien connue; elle n'est cependant pas seule à motiver les efforts qui tendent à tirer le maximum possible de nos forces hydrauliques au service de notre économie nationale. Ce qui importe également, c'est le développement de l'économie européenne du charbon, qui tend de plus en plus à réserver le charbon pour la chimie et à ne le brûler que lorsqu'il n'est pas possible de faire autrement. La capacité des gisements européens étant limitée, cette manière d'envisager les choses se vérifiera de plus en plus. On peut donc se demander si, dans 10 ans, notre industrie se bornera à ne remplacer que le tiers de la consommation de charbon. Il est au contraire fort probable qu'il faudra intensifier encore l'électrification des chauffages industriels et même celle des chauffages ménagers. Le programme de 2,2 milliards de kWh d'énergie nouvelle par an jusqu'en 1953, proposé par l'Ako, représente donc un programme minimum.

Cet accroissement de la consommation affectant presque uniquement les applications thermiques, il va de soi que les *frais de production des nouvelles sources d'énergie* doivent être adaptés au bas prix de l'énergie destinée à ces applications. On ne peut donc pas construire n'importe quelle usine hydroélectrique. L'industrie, y compris l'électrochimie et les chaudières électriques, ne paient en moyenne aux centrales que 2 à 2,5 cts/kWh. Les frais de production d'énergie des nouvelles usines doivent par conséquent être nettement inférieurs à 2 cts par kWh pour couvrir les frais et les pertes de transmission et de distribution. Comme il s'agit en majeure partie d'applications où l'énergie électrique est consommée durant toute l'année, voire même d'une extension en hiver de fournitures jusqu'ici estivales, l'énergie hivernale des nouvelles usines ne devra également pas être trop chère lorsque ces usines ne se trouvent pas directement dans les centres de consommation. En tous cas, elle ne devra plus atteindre 4 à 5 cts/kWh, comme cela était encore admissible pour les anciennes usines à énergie hivernal, alors que l'accroissement de la consommation concernait surtout la lumière et les moteurs, qui sont des consommateurs rémunérateurs.

Ces quelques chiffres montrent de toute évidence que, pour ces 10 prochaines années, les *usines au fil de l'eau les plus économiques* sont celles de Rapperswil et les 5 usines du Rhin de Birsfelden, Säkingen, Koblenz, Rheinau et Schaffhouse. La Chute du Rhin, qui pourrait fournir de l'énergie particulièrement bon marché, n'a cependant pas été englobée dans ce programme, pour des raisons de protection des sites. La part suisse de ces 6 usines au fil de l'eau atteint environ 1 milliard de kWh, dont 440 millions durant le semestre d'hiver et 560 millions de kWh durant le semestre d'été. Les frais de production de cette énergie, calculés selon les

prix en vigueur en 1939, sont de 1,5 cts/kWh. Ces usines sont favorablement situées à proximité des centres de consommation. On peut admettre que leur aménagement se fera en commun avec l'Allemagne, comme cela s'est toujours fait loyalement entre les deux pays depuis de nombreuses décades, pour l'aménagement des usines frontalières du Rhin.

Pour compléter cette énergie produite par des usines au fil de l'eau et pour permettre leur utilisation complète, il est nécessaire de prévoir une ou plusieurs *usines à bassin d'accumulation* à haute chute, qui produisent surtout de l'énergie hivernale et permettent, grâce à une concentration de l'énergie disponible aux heures diurnes des jours ouvrables, de répondre aux exigences des diagrammes de charge journaliers, en combinaison avec les usines au fil de l'eau. La ou les usines à accumulation du programme décennal doivent fournir 460 millions de kWh durant le semestre d'été et 740 millions de kWh durant le semestre d'hiver. Il ne s'agit donc pas uniquement d'une grande usine hivernale, mais bien d'un surplus d'énergie hivernale de 280 millions de kWh. Les 2,2 milliards de kWh concernent donc 1 milliard de kWh d'énergie estivale et 1,2 milliard d'énergie hivernale. Ce rapport diffère du rapport actuel, où la production de toutes les usines alimentant des réseaux publics se répartit pour 51 % en été et seulement 49 % en hiver.

Il n'existe malheureusement plus que très peu de vallées alpestres où l'on peut encore aménager de grands bassins de retenue fournissant une chute suffisamment grande. Certaines vallées favorables au point de vue topographique et hydrologique n'entrent cependant pas en considération pour des raisons géologiques; dans d'autres cas, les frais de production seraient beaucoup trop élevés pour les raisons qui viennent d'être énumérées. Elles auraient été autrefois économiques, lorsque l'augmentation de la consommation concernait aussi la lumière et les moteurs. Il se peut qu'elles reprennent de l'importance par la suite, lorsque toutes les usines favorables auront été aménagées et si le niveau des prix de l'énergie augmente éventuellement, en particulier si leur aménagement peut être moins coûteux par suite d'une moins forte concentration de la production hivernale. L'étude de la remarquable publication du Service fédéral des eaux: «Les forces hydrauliques disponibles en Suisse, en tenant compte plus particulièrement des possibilités d'accumulation», montre que la concentration d'énergie purement hivernale donne un prix d'énergie généralement trop élevé quand il s'agit d'usines à accumulation de moyenne importance. L'aménagement est souvent bien moins coûteux si la production est répartie uniformément en été et en hiver ou, mieux encore, si la production estivale dépasse quelque peu la production hivernale, comme c'est le cas pour les usines au fil de l'eau du Rhin. Mais, ce que nous cherchons pour le moment, ce sont

des usines à accumulation produisant surtout de l'énergie hivernale. Pour obtenir de cette énergie à meilleur compte, il faut de très grandes usines à accumulation. Il n'est pas douteux que les deux seules possibilités de ce genre sont celles du Rhin postérieur et de la vallée de la Reuss (Urseren). L'étude approfondie de la publication du Service fédéral des eaux montre clairement que les frais de production d'énergie diminuent quand la chute totale augmente et également quand le rapport entre le cubage du mur de barrage et le volume d'accumulation diminue. Ce quotient est d'autant plus favorable que le volume d'accumulation peut être rendu plus grand. Un très grand bassin de retenue est donc généralement beaucoup plus économique que plusieurs bassins petits ou moyens totalisant le même volume que le très grand bassin.

Le programme minimum proposé par l'Ako pour ces 10 prochaines années prévoit, comme usines à accumulation, celle du lac de Lucendro, un peu moins importante, mais rapidement réalisable, ainsi que l'aménagement en deux paliers des usines du Rhin postérieur avec bassins à Splügen-Nufenen et à Sufers totalisant 300 millions de m<sup>3</sup> et deux usines à Andeer et à Sils. L'énergie hivernale et estivale disponible de ces usines à accumulation fournirait exactement les sommes indiquées précédemment, soient 740 et 460 millions de kWh, c'est-à-dire 1,2 milliards de kWh par an. Avec la part suisse des 6 usines au fil de l'eau, on aurait donc les 2,2 milliards de kWh désirés.

Il s'agit, rappelons-le, d'un programme minimum.

Lors du choix de la grande usine à accumulation à construire en premier lieu, l'Ako a également songé au récent projet des usines de la vallée d'Urseren et de la Reuss, mais elle a dû constater que la préparation de cette très grande usine exigera encore passablement de temps, de sorte qu'il n'est pas sûr que cette usine puisse être aménagée en

temps utile dans le cadre du programme décennal. Il est évident que les forces motrices de la Reuss sont destinées à compléter heureusement la production suisse d'énergie dans un avenir rapproché, peut-être même à la suite du programme décennal. L'aménagement complet en 3 paliers, de la vallée d'Urseren au lac des Quatre-Cantons, y compris la partie la plus élevée du Rhin antérieur, permettra de produire 2800 millions de kWh durant le semestre d'hiver et 360 millions de kWh durant le semestre d'été, avec un volume de retenue de 1200 millions de m<sup>3</sup> dans la vallée d'Urseren et l'emploi sur une large échelle d'énergie d'autres usines pour le remplissage complet de la retenue en été à l'aide de pompes, qui exigera près de 2000 millions de kWh d'énergie estivale. Cet aménagement complet permettra, par la suite, lorsqu'il n'y aura plus de possibilité de construire des usines au fil de l'eau aussi favorables que celles du Rhin, mais uniquement des usines ayant un très fort excédent d'énergie estivale, l'aménagement économique de celles-ci qui serait autrement presque impossible. Quand les usines de la Reuss seront construites, cela permettra en outre d'aménager des usines à accumulation de moyenne grandeur plus économiques, c'est-à-dire dont la puissance estivale soit à peu près égale à la puissance hivernale, au lieu de concentrer toute l'énergie en hiver.

La requête de l'ASE et de l'UCS aux autorités fédérales ne recommande pas seulement le grand programme, mais également les projets d'usines d'importance locale ou régionale, qui répondent à d'impérieux besoins et se justifient économiquement. Ainsi, par exemple, le projet de l'usine de Rossens dans le canton de Fribourg répond à un besoin régional. Cette usine est d'autre part située dans un centre de consommation.

C'est, sauf erreur, la première fois que l'ASE et l'UCS établissent un tel programme pour la construction de nouvelles usines hydroélectriques; elles cherchent de la sorte à apporter leur contribution à notre économie nationale.

## Die Berechnung des selbstgeführten, fremdgesteuerten Sechsstrom-Drehstrom-Mutators.<sup>1)</sup>

Von A. Goldstein, Zürich.

62L314.57

*Es wird gezeigt, dass das Betriebsverhalten des selbstgeführten Gleichstrom-Drehstrom-Mutators mit Hilfe des Leitwertdiagramms der wechselstromseitigen Belastung leicht übersehen werden kann. Die erhaltenen Charakteristiken für Gleichstrom und Wechselspannung — insbesondere die Belastungsgrenzen — in Funktion der Belastungsimpedanz werden eingehend diskutiert und durch Messresultate belegt. Für rein ohmsche Belastung wird die Wechselrichterberechnung auf Grund der auftretenden Schaltvorgänge durchgeführt.*

*L'auteur montre que le comportement du mutateur continu-alternatif à autorégulation se détermine aisément à l'aide du diagramme des conductances. Il examine ensuite en détail les caractéristiques obtenues pour le courant continu et la tension alternative, plus particulièrement les limites de charge, en fonction de l'impédance de la charge, et indique des résultats de mesures. Il présente pour terminer le calcul d'un onduleur sous charge purement ohmique, basé sur les processus de couplage.*

Bisher wurden in der Literatur nur selbstgeführte Gleichstrom-Einphasenwechselstrom-Mutatoren in Serie- und Parallelschaltung eingehender

behandelt<sup>2) 3) 4) 5)</sup>. Dabei wurde die Differentialgleichung des bei der Wechselrichtung entstehenden Schaltausgleichvorganges mit den entsprechen-

<sup>1)</sup> Diplomarbeit am Elektrotechnischen Institut der ETH.

<sup>2)</sup> Ostendorf, Arch. f. Elektrotechn. 1938, S. 355, Der fremdgeführte Wechselrichter in Gegentaktschaltung.

<sup>3)</sup> Teh-shin Kuo, Z. Phys. 1935, S. 769.

<sup>4)</sup> P. Brückner, Arch. f. Elektrotechn. 1940, S. 1.

<sup>5)</sup> W. Schilling, Wechselrichter u. Umrichter, S. 59.