

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 47 (1956)
Heft: 11

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

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>

Production et distribution d'énergie

Les pages de l'UCS

Peut-on déjà parler en Suisse d'une politique active en matière d'énergie nucléaire?

par B. Bauer, Zurich

621.039 : 620.9(494)

Un an s'est écoulé depuis la fondation de la Réacteur S. A., société à laquelle participent tous les secteurs de notre économie et qui est subventionnée par la Confédération. La Réacteur S. A. est destinée à l'étude de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire en Suisse.

Les centrales suisses d'électricité, qui participent au capital-actions de la Réacteur S. A. pour un montant de 500 000 francs — soit environ 30 % — et se sont engagées de plus à verser à cette société des contributions à fonds perdu de 4,5 millions de francs au total, ont fondé naguère dans ce but une Société de Participation au Réacteur (SPR). 45 entreprises suisses d'électricité — entreprises privées, cantonales et communales — appartiennent aujourd'hui à cette société de participation.

La Société de Participation au Réacteur a tenu le 30 avril 1956 à Neuchâtel, sous la présidence de M. Ch. Aeschmann, son assemblée annuelle des associés. L'assemblée a entendu ensuite deux conférences: l'une de M. B. Bauer, professeur à l'EPF, l'autre de M. R. Sontheim, directeur de la Réacteur S. A.

Nous publions ici le texte complet de la conférence du professeur Bauer, qui à l'assemblée de la SPR fut lue en l'absence de son auteur. Il s'agit de la même conférence que le professeur Bauer a prononcé en langue allemande lors des Journées suisses d'études sur l'énergie nucléaire des 5, 6 et 7 avril 1956 à Neuchâtel; elle paraît en même temps dans la Revue Polytechnique Suisse du 26 mai 1956.

Zur Erforschung der friedlichen Anwendung der Atomenergie in der Schweiz durch den Bau und den Betrieb eines Versuchsreaktors wurde vor Jahresfrist, mit Beteiligung aus allen Kreisen der Wirtschaft und mit Unterstützung durch den Bund, die Reaktor A.-G. gegründet.

Die schweizerischen Elektrizitätswerke, die mit 500 000 Franken oder rund 30 % am Aktienkapital der Reaktor A.-G. beteiligt sind und darüber hinaus Beiträge à fonds perdu von total 4,5 Millionen Franken leisten, haben sich seinerzeit zur Reaktor-Beteiligungs-Gesellschaft (RBG) zusammengeschlossen. Dieser Gesellschaft gehören heute 45 Elektrizitätswerke an, und zwar private, kantonale, städtische sowie Gemeinde-Werke.

Die Reaktor-Beteiligungs-Gesellschaft hielt am 30. April 1956 in Neuenburg unter dem Vorsitz ihres Präsidenten, Direktionspräsident Ch. Aeschmann, ihre diesjährige Gesellschafterversammlung ab. Nach Erledigung der geschäftlichen Traktanden nahm die Versammlung 2 Referate von Prof. Dr. B. Bauer, von der ETH, einerseits und von Dr. R. Sontheim, Direktor der Reaktor A.-G., andererseits entgegen.

Nachstehend wird der erste Vortrag, der an der Gesellschafterversammlung in Neuenburg in Abwesenheit des Verfassers in französischer Sprache vorgelesen wurde, ungekürzt veröffentlicht. Den gleichen Vortrag hielt Prof. Dr. B. Bauer seinerzeit an der Schweizerischen Ingenieuren-Tagung für Kernenergie vom 5. bis 7. April 1956 in Neuenburg; er erscheint gleichzeitig in der Schweizerischen Bauzeitung vom 26. Mai 1956.

Précisons la question posée dans notre titre. Parmi les nombreuses possibilités techniques nouvelles de production d'électricité à partir de l'énergie nucléaire, y en a-t-il une qui soit utilisable en vue de notre propre approvisionnement en électricité? Et dans l'affirmative, quand et comment un tel dessein doit-il être réalisé chez nous?

Peut-on répondre en toute conscience à ces questions dès aujourd'hui? Il me semble, pour ma part, que le développement rapide de la science et de la technique n'est pas fait pour faire changer d'avis les sceptiques. On pourrait même croire que la quantité des problèmes à résoudre va d'année en année en augmentant. A n'en pas douter, nous sommes actuellement entraînés dans une évolution dont il n'est pas encore possible de discerner l'aboutissement. Le réacteur homogène se révélera-t-il en définitive la solution la plus favorable — question dont la réponse est d'une importance primordiale pour les projets d'usines européennes communes de préparation et de régénération de «combustible» —, ou bien faut-il prévoir que dans un avenir rapproché la fusion nucléaire remplacera la fission nucléaire? Les spéculations des physiciens à ce sujet sont fascinantes, mais je ne peux m'empêcher de penser à l'équipement technique gigantesque que nous sommes en train d'édifier en Europe sur la base de la fission nucléaire, et aux charges

d'amortissement énormes que nos consommateurs d'énergie devront peut-être assumer à brève échéance, comme conséquence de la rapidité du développement technique!

Que faut-il donc faire? La pénurie de charbon dicte leur réponse à cette question aux pays qui produisent l'énergie électrique avant tout dans des usines thermiques: ils ne peuvent plus attendre, et doivent prendre leur parti de l'état imparfait actuel de la technique, s'ils veulent intégrer en temps utile l'énergie nucléaire dans leur production d'énergie électrique.

Mais qu'en est-il en Suisse? Certains font remarquer que nous disposons encore de nombreuses forces hydrauliques inexploitées et que leur mise en valeur progressive en fonction de l'accroissement de la demande permettra en définitive d'atteindre une production annuelle plus que doublée par rapport à la capacité actuelle. Si l'accroissement de la consommation continue de suivre la loi présente, nos forces hydrauliques devraient suffire aux besoins du pays jusqu'en 1975 ou 1980. On pourrait donc en conclure qu'il n'y a qu'à attendre en toute quiétude la suite de l'évolution. Prenons garde à cette sagesse d'indolents, souvent prêchée par les hommes du métier et propagée par la presse. Examinons plutôt si elle résiste aujourd'hui encore à la critique!

Nous considérerons tout d'abord quelques-uns des problèmes fondamentaux de l'*industrie européenne de l'énergie*, auxquels notre propre politique énergétique ne saurait rester indifférente. Comme on le sait, les *centrales thermiques* européennes sont fortement préoccupées par les perspectives de leur approvisionnement en charbon. Elles couvrent actuellement les deux tiers de la consommation totale d'énergie électrique, le reste étant assumé principalement par les forces hydrauliques. Parties de débuts modestes, ces usines sont devenues avec le temps de gros consommateurs de charbon. En dépit des améliorations constantes de rendement, il est à craindre que leurs besoins annuels en combustibles atteindront dans 15 à 20 ans le maximum de la capacité de production des charbonnages européens. Dans certains pays, ce délai est plus court encore. D'autres consommateurs, non moins importants du point de vue de l'économie générale, revendiquent eux aussi leur part des quantités extraites, d'autant plus qu'ils offrent l'avantage d'une utilisation plus rationnelle du charbon. Or, il a fallu reconnaître qu'il n'est plus possible d'accroître sensiblement la capacité de production des charbonnages, ceci pour des raisons de nature *technique, économique* et surtout *sociologique*, de sorte qu'un changement fondamental s'imposait pour parer aux conséquences catastrophiques de l'accroissement effréné des besoins d'énergie électrique: d'où *la fuite vers l'énergie nucléaire*.

Ouvrons ici une parenthèse. Lorsque les spécialistes des principales régions de consommation européennes estiment que la demande d'énergie électrique *augmentera annuellement de 6% et davantage* durant les deux prochaines décennies, cela veut dire que non seulement les quantités annuelles d'énergie électrique produite, donc de combustible utilisé, devront doubler à peu près tous les 12 à 15 ans, mais aussi qu'il en sera de même de la puissance des installations de production et de consommation, ainsi que de la capacité de transport des lignes et des réseaux de distribution. Si donc dans une région déterminée on a dû investir dans ce but 500 millions de francs par exemple au cours des 15 dernières années, la somme requise atteindra près d'un milliard de francs pour les 15 prochaines années et près de deux milliards de francs pour les 15 années suivantes. Si les *finances* du pays considéré sont en mesure de se procurer à temps les capitaux nécessaires, ceux-ci apparaîtront dans le secteur industriel sous forme d'une augmentation correspondante des dépenses en *matières premières, en énergie et en heures de travail*. Il viendra s'y ajouter un supplément correspondant aux dépenses de renouvellement des installations techniques en question.

C'est ainsi que l'industrie de l'électricité requiert de l'*industrie des biens d'investissement* un volume de production annuel toujours plus important, que celle-ci ne peut fournir qu'en augmentant la capacité de ses installations. On est presque effrayé devant les dimensions gigantesques d'un pareil développement.

Dans cet ordre d'idées, le passage graduel des combustibles traditionnels à l'*énergie nucléaire* n'est naturellement pas fait pour faciliter les

choses; au contraire, il se traduit par une *charge supplémentaire* considérable. Comme on le sait, la préparation, la concentration, la transformation, l'utilisation et la régénération des matières fissiles exigent des installations très coûteuses. En Europe, nous sommes obligés en grande partie de créer celles-ci de toutes pièces, sans soutien du côté militaire. Dans ces conditions, on peut se demander si l'économie européenne sera capable de suivre cette évolution au rythme voulu, sans que d'autres domaines en souffrent. Tournons donc à nouveau nos regards vers la cause primaire de toutes ces difficultés: *l'accroissement accéléré de la consommation d'électricité*. Le taux de cet accroissement atteint aujourd'hui en Europe 6 à 7% de la consommation annuelle, tandis que les besoins totaux d'énergie utile augmentent d'environ 1,8 à 2,5% par an seulement. Comme on le sait, l'accroissement plus rapide de la consommation d'énergie électrique est dû au fait que les consommateurs préfèrent celle-ci aux autres formes d'énergie, à cause de *ses avantages de nature technique* et de *son bas prix*. Or, ce dernier n'est plus compatible avec la nouvelle situation dans le domaine des frais de production. Sur le marché de l'électricité, le prix ne joue malheureusement plus depuis des années comme il devrait son rôle de régulateur de la répartition des biens. Des gens qui ne connaissent rien aux régulateurs ont touché à ce mécanisme subtil; il n'obéit plus à la loi de l'offre et de la demande, ignore la nécessité d'un équilibre entre la dépense et le profit; bref, il est devenu — à long terme — un mauvais garant des intérêts du consommateur, car il se comporte comme si rien n'avait changé dans le secteur de la production et fait croire aux gens qu'il en sera encore longtemps ainsi... jusqu'à ce que, sous la pression de l'état de choses dont nous parlions plus haut, il doive d'un seul coup rattraper le retard qu'il aura pris en omettant de s'adapter peu à peu à l'évolution des coûts. C'est ainsi qu'il faudra se débarrasser d'une charge qu'on n'aurait jamais dû accepter!

Cependant, à y regarder de plus près, qu'en est-il de cette fuite vers l'énergie nucléaire pour échapper à la pénurie de charbon? On sait que la Grande-Bretagne et la France ont déjà mis leurs plans au net; à cet égard, elles nous donnent l'exemple d'une politique économique à très larges vues. Il est vrai que les intérêts militaires en jeu ont facilité leur dessein. Le programme de la mise en valeur de l'énergie nucléaire dépendra de l'accroissement de la consommation, des besoins de renouvellement des vieilles installations de production et, last but not least, de la capacité de l'industrie des biens d'investissement. Dans l'ensemble de l'Europe comme en Angleterre, ce n'est que lentement que pourra croître la part des centrales nucléaires à la couverture des besoins totaux d'énergie électrique. Pour des raisons économiques et financières, l'accroissement annuel de la production d'énergie nucléaire restera en dessous de celui des besoins des consommateurs. On ne doit pas non plus perdre de vue que, selon l'état actuel de la technique, il faut s'attendre à ce que le prix de l'énergie électrique livrée par les premières centrales nucléaires soit très élevé, bien qu'on puisse espérer qu'il baissera ensuite

graduellement pour les centrales qui leur succéderont. Il découle de ce qui précède qu'en Europe on sera obligé longtemps encore de recourir au *charbon* pour produire de l'énergie électrique, et que le prix de revient de l'unité de *cette fraction-là* de la production totale continuera à s'accroître en fonction du *renchérissement du charbon*. Le prix de revient moyen de l'unité du «mélange» d'énergie sera donc la résultante de *deux composantes évoluant en sens inverse*: le prix de revient en baisse de l'énergie nucléaire en quantité croissante, et le prix de revient en hausse de l'énergie thermique traditionnelle en quantité décroissante. Je n'en déduis ici qu'une seule conclusion: si l'on veut éviter un renchérissement de l'énergie électrique dans son ensemble, il est nécessaire de pouvoir produire un jour l'énergie nucléaire à des prix de revient *fortement inférieurs* à ceux atteints actuellement dans les centrales thermiques traditionnelles, ceci afin de compenser le renchérissement dont nous avons parlé du charbon, d'une part, et de l'énergie nucléaire à ses débuts par rapport à l'énergie traditionnelle, d'autre part.

J'en arrive ainsi à un point important de mon exposé. Je crois au progrès technique dans le domaine de l'énergie nucléaire et je compte sur lui. Il est possible que le prix de revient de l'énergie produite dans une centrale nucléaire tombe un jour au-dessous de celui d'une usine thermique traditionnelle de puissance équivalente; mais cela est loin de vouloir dire qu'on aura ainsi atteint l'âge d'or d'un approvisionnement en énergie à bon marché; en effet, *les économies réalisées devront tout d'abord couvrir les dépenses supplémentaires* résultant, d'une part, des *réalisations moins économiques de la période de recherches* et, d'autre part, de *l'exploitation thermique traditionnelle plus chère et pas encore remplacée*. Nous allons illustrer ces considérations par quelques figures. De l'étude des nombreuses données relatives au coût d'investissement et de production des centrales nucléaires extraites d'études américaines, canadiennes et britanniques, il est très difficile de tirer une image des *conditions futures réelles*. En effet, ces indications sont relatives, pour la plupart, à des projets; de plus, les coûts sont calculés en partant d'hypothèses souvent fort différentes. C'est le cas en particulier pour la *durée d'amortissement* des réacteurs. Par conséquent, les résultats numériques que je vais donner ci-dessous n'ont pas d'autre prétention que de fournir un *aperçu approximatif* sur l'influence de quelques données importantes — telles que le type de réacteur et la puissance des centrales — sur le prix de revient de l'énergie nucléaire. J'ai converti en francs suisses tous les chiffres recueillis dans les publications que j'avais à ma disposition, en admettant partout, pour le *service du capital des centrales nucléaires projetées*, un taux de 16 %. De même, j'ai admis un taux de 10 % pour le service du capital des *centrales thermiques traditionnelles* citées à titre de comparaison. Remarquons à cette occasion que, pour la plupart des centrales nucléaires considérées, les frais de *salaires, d'exploitation et d'entretien* atteignent 10 à 12 %, le coût de la *matière fissile* 14 à 20 % et même davantage du prix de revient total; ceci dans l'hypothèse que

ces usines fournissent de l'énergie en «ruban» à la base du diagramme de charge avec une *durée d'utilisation* de la puissance installée de 7000 heures. L'opinion très répandue selon laquelle le prix de revient de l'énergie nucléaire serait constitué presque entièrement de frais fixes est donc erronée.

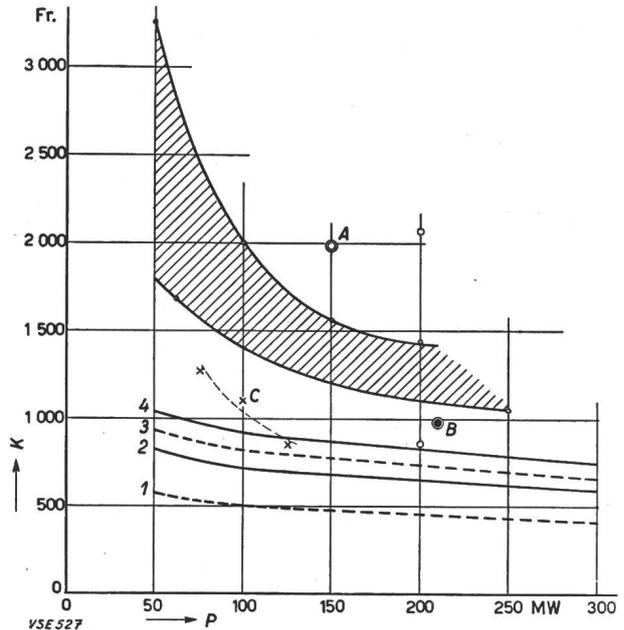


Fig. 1

Capital investi par kW installé pour des centrales thermiques classiques et des centrales nucléaires en fonction de la puissance électrique installée

K capital investi par kW installé
P puissance électrique installée

Centrales nucléaires:

- avec réacteurs $U_{nat}/D_2O/D_2O$
- avec réacteurs $U_{nat}/\text{graphite}/CO_2$ (Calderhall)
- avec réacteur homogène solution $U-Bi/\text{graphite}/Na$
- × avec réacteurs «breeder» $Th/\text{graphite}/Na$

Centrales thermiques classiques:

- 1 allemandes 2 anglaises 3 françaises 4 américaines

La fig. 1 montre la *relation entre le capital investi en fr. par kW, et la puissance installée en MW*. La zone hachurée concerne les centrales utilisant des réacteurs à uranium naturel ou légèrement enrichi, modérés et refroidis par de l'eau lourde. Le point A figure l'usine de *Calderhall*, qui est d'une conception quelque peu conservatrice. Le point B figure une solution d'avenir, fondée sur l'emploi d'un *réacteur homogène*. Le groupe de points C donne les frais de construction d'*installations du type «breeder»*, qui ne seront très probablement mûres pour les applications pratiques que dans une phase ultérieure du développement. Je mentionnerai encore une intéressante communication américaine toute récente, d'après laquelle on a projeté et calculé en détail de petites usines d'une puissance de 10 à 15 MW dont les frais d'investissement ne s'élèveraient qu'à 1500 à 2000 fr. par kWh environ. Ce progrès aurait été possible grâce au choix de températures relativement élevées pour le gaz de refroidissement, l'uranium enrichi introduit dans le réacteur étant contenu dans des enveloppes en matière céramique.

Il ressort de ce diagramme que les centrales nucléaires de faible puissance (jusqu'à 50 MW environ) exigent un capital 2,5 à 3 fois plus important que les centrales thermiques de type classique modernes. Pour les grandes puissances (au-dessus de 150 MW), le capital nécessaire n'est plus que 1,5 fois plus élevé que pour les centrales classiques. Où se placent les usines hydrauliques? Si je n'ai pas reporté dans la figure leurs frais d'investissement spécifiques, c'est parce qu'ils ne sont pas immédiatement comparables à ceux de centrales travaillant en «ruban», telles que celles qui sont représentées ici. Nous pouvons constater toutefois que les grands aménagement hydro-électriques de 150 à 250 MW, dont les coûts de construction spécifiques sont de 1600 à 1000 fr. par kW environ, tomberaient dans la zone hachurée des centrales nucléaires. Mais si l'on pense aux capitaux supplémentaires que ces dernières requièrent pour la préparation et la régénération de la matière fissile, on voit se confirmer ce que je dirai plus bas, à savoir que la poursuite de l'aménagement des forces hydrauliques permet de parer à la disette de charbon à moindres frais que la mise en œuvre de l'énergie nucléaire.

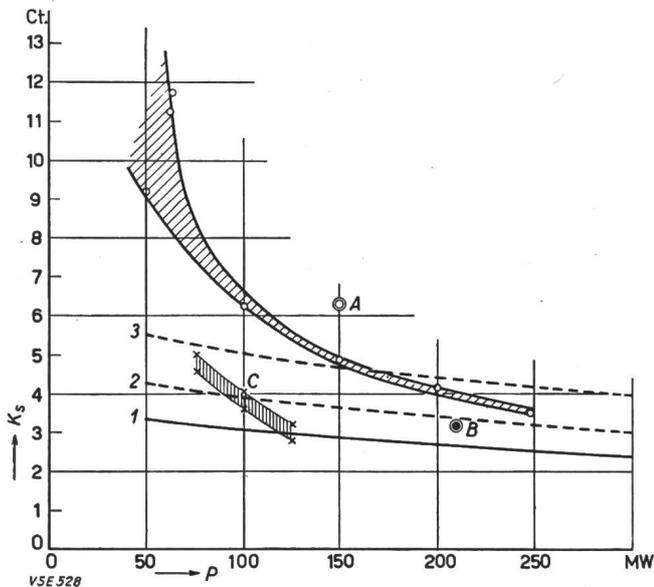


Fig. 2

Prix de revient de l'énergie électrique pour des centrales thermiques classiques et des centrales nucléaires en fonction de la puissance électrique installée

Durée d'utilisation de la puissance installée: 7000 h

K_s prix de revient par kWh

P puissance électrique installée

Centrales thermiques classiques:

1 américaines et anglaises 2 allemandes 3 françaises

La signification des signes est la même qu'à la fig. 1

À la fig. 2, on a représenté la relation entre le prix de revient de l'unité d'énergie produite dans les centrales nucléaires et la puissance installée de celles-ci. Comme à la fig. 1, ces chiffres sont comparés à ceux relatifs aux centrales thermiques classiques modernes. Ils se rapportent, comme nous l'avons dit, à des centrales travaillant en «ruban», avec une durée d'utilisation de la puissance installée de 7000 heures. Je rappelle encore qu'en ce qui concerne les centrales nucléaires, il ne s'agit pas d'installations existantes, mais de projets soigneuse-

ment élaborés. Si l'on admet que les calculs ne sont pas trop optimistes, on peut déduire de la fig. 2 que l'énergie électrique produite dans de petites centrales nucléaires revient 2,5 à 3 fois plus cher que celle provenant de centrales thermiques classiques modernes de même puissance. Par contre, on voit que la courbe descend rapidement à mesure que la puissance installée augmente, de sorte qu'à partir de 150 MW environ, il apparaît que les points figurant le coût de l'énergie nucléaire tombent dans la zone de ceux relatifs aux usines thermiques classiques. S'il est vrai que les solutions futures, c'est-à-dire les installations à «breeder» (zone hachurée verticalement) et les réacteurs homogènes (point B), soient susceptibles de ramener le prix du kWh entre 3 et 5 ct., comme il est indiqué sur la figure, l'énergie nucléaire serait alors capable de concurrencer l'énergie provenant des combustibles traditionnels; or, on n'a pas pris en considération le renchérissement probable des dits combustibles. Pour être complet, signalons que les frais de production de l'énergie hydro-électrique dans des aménagements d'une puissance comparable se placent entre 2 et 3 ct. par kWh. Ils n'atteignent donc pas encore les frais de production probables des centrales nucléaires futures.

Quelle conclusion tirer de ces considérations? Quand nous passerons en Europe à la construction de centrales nucléaires destinées uniquement à la production d'énergie électrique, la puissance des premières de ces usines ne dépassera guère 50 à 100 MW. Il faudra donc compter avec un prix de revient de 8 à 12 ct. par kWh en cas d'exploitation en «ruban». Plus tard, on construira peut-être de plus grandes unités, dont les frais de production se placeront entre 6 et 7 ct. par kWh. Parallèlement aux progrès techniques dans le domaine de la «mise en valeur» de l'énergie nucléaire, les étapes suivantes seront caractérisées par des puissances encore plus grandes et des prix de revient encore moins élevés. Mais il faudra toujours couvrir une part considérable des besoins en énergie électrique par les vieilles centrales thermiques.

La fig. 3 montre comment évoluera, dans ces conditions, le prix de revient moyen de la production totale. Comme on le voit dans cet exemple, le prix de revient du kWh est tout d'abord de 3,75 ct. pour les centrales thermiques traditionnelles exploitées en ruban. On suppose que lorsque la demande correspondant à la base du diagramme de charge dépasse 500 MW, on mette en service une première centrale nucléaire de 50 MW, pour laquelle le prix de revient du kWh peut être évalué à 10 ct. Au cours d'une seconde étape, la charge de base s'élève à 650 MW, au cours d'une troisième étape à 800 MW et d'une quatrième à 1000 MW. La courbe en escalier dessinée en trait-tiret figure la baisse du prix de revient de l'énergie électrique produite par les centrales nucléaires successives. La courbe en trait plein montre l'évolution du prix de revient moyen de l'énergie, en ct. par kWh. Ces graphiques confirment ce que j'ai dit précédemment: il ne suffit pas que les centrales nucléaires futures soient à même de produire l'énergie électrique à moindres frais que les centrales thermiques actuelles, pour qu'il puisse en résulter automatiquement une baisse

des prix de vente de cette énergie. Les dépenses inhérentes à la période de recherches s'opposent à une baisse du prix de revient moyen dans la mesure escomptée. Il s'écoulera encore bien des années jusqu'à ce que fasse son apparition l'âge d'or d'une énergie électrique à bon marché pour n'importe quel usage et pour tout le monde!

estiment à 15 milliards de kWh au moins la production annuelle qu'on pourrait en tirer. En calculant l'accroissement de la demande d'énergie électrique avec une certaine prudence — d'ailleurs justifiée — on peut effectivement espérer pouvoir satisfaire grâce à cette augmentation de production les besoins du pays jusqu'à une date située entre

1975 et 1980. Toutefois, il devient de plus en plus improbable avec les années que cette prévision se réalise. En effet, l'hostilité croissante contre la construction de nouvelles centrales empêchera malheureusement la réalisation de certains des projets envisagés. Dans d'autres cas, il faut s'attendre à des retards dans l'octroi des concessions, ainsi qu'à des charges accrues, tant du point de vue des frais de construction que des impôts. Le chiffre de 15

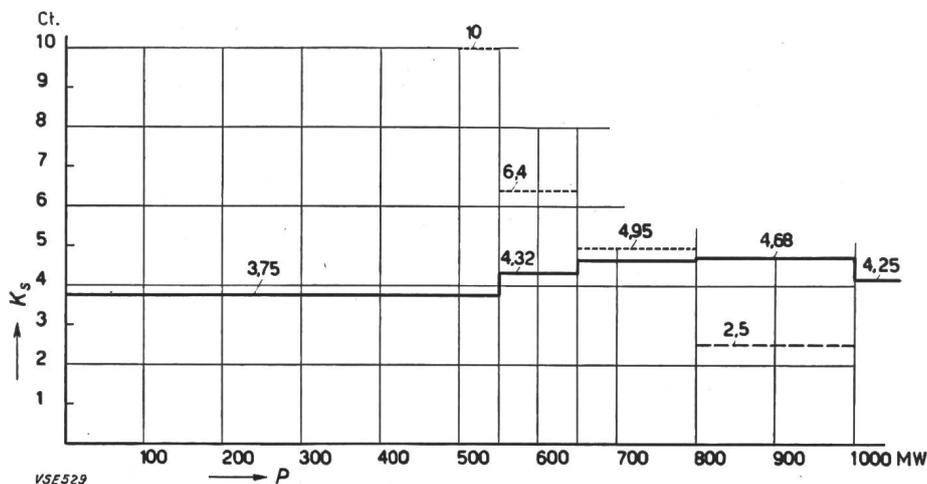


Fig. 3

Evolution du prix de revient moyen de l'énergie électrique dans une région économique déterminée en cas de mise en service de centrales nucléaires

Aux centrales thermiques existantes viennent s'ajouter successivement 4 centrales nucléaires d'une puissance respective de 50, 100, 150 et 200 MW (durée d'utilisation annuelle de la puissance installée: 7000 h)

- K_s prix de revient par kWh
- P charge de base du réseau dans la région économique considérée
- prix de revient pour les diverses centrales nucléaires successives à réacteur $U/D_2O/D_2O$
- prix de revient pour une centrale nucléaire à réacteur «breeder» Th/graphite/Na
- prix de revient moyen de l'énergie électrique produite par l'ensemble des centrales en service

Si donc la construction prochaine de centrales nucléaires apparaît comme une nécessité pour ralentir la consommation de charbon, il est non moins urgent et important de continuer l'aménagement des forces hydrauliques européennes. Bien plus, j'ose prétendre que notre continent arriverait de cette façon plus rapidement et à moindres frais à freiner l'usage du charbon. Il serait possible de quadrupler la production totale annuelle actuelle en mettant en valeur les disponibilités yougoslaves et roumaines et celles de l'Europe septentrionale; cela suppose bien entendu que soient édifiées les lignes de transport indispensables pour intégrer ces forces hydrauliques dans l'approvisionnement en énergie électrique du centre de l'Europe. A cet effet, il faudra conclure, il est vrai, des accords internationaux qui ne coûteront certes pas moins de peine que ceux que l'on juge actuellement nécessaires en vue d'une action européenne commune dans le domaine de l'énergie nucléaire. Il semble que la technique et l'économie ne soient plus à même, à elles seules, de résoudre les problèmes de l'approvisionnement de notre continent en énergie; il faut en plus une politique européenne dans le domaine de l'économie de l'énergie. Puisse-t-elle être inspirée d'un esprit de liberté!

Quelle va être la politique suisse dans le domaine de l'économie de l'énergie à la lumière de cette évolution européenne?

J'ai déjà fait allusion au début à nos forces hydrauliques encore inexploitées. Nos spécialistes

milliards de kWh escompté pour la production future supplémentaire risque donc d'être trop élevé; ce qui est pire, l'équipement de nouvelles usines ne pourra pas suivre le rythme d'accroissement de la demande d'énergie. Nous en serons peut-être même empêchés du seul fait de la tension toujours plus grande en Europe entre la demande et la production de biens d'investissement. Aussi nous faut-il nous attendre durant ces prochaines années à des périodes de pénurie d'énergie électrique. Ce n'est que par la construction de grandes centrales thermiques classiques (ou par notre participation à de telles centrales à l'étranger) que nous pourrions parer à ce danger en temps utile; en effet, nous ne sommes pas encore capables de réaliser à bref délai des centrales nucléaires. Mais nous ne serons pas arrivés pour autant au bout de nos peines; car, plus les combustibles se font rares en Europe, plus les forces bien connues gagnent en intensité, qui réclament le contingentement de ces combustibles à l'échelle européenne. Devant ces perspectives peu encourageantes, l'électricité d'origine thermique classique ne sera probablement jamais en Suisse qu'un expédient destiné à pallier à l'insuffisance temporaire en énergie et en puissance de la production hydraulique. A long terme, les besoins dépassant la capacité maximum de nos forces hydrauliques devront être couverts par des centrales nucléaires — nationales si possible, de telle sorte que le prix de l'énergie électrique produite ne dépende

pas entièrement des décrets d'une autorité européenne.

C'est pour deux raisons que nous ne devrions pas attendre, pour passer aux préparatifs qui s'imposent, que la nécessité nous y pousse.

Tout d'abord, il n'est pas certain que le type de centrale nucléaire qui satisfera un jour aux exigences des grandes puissances soit également adapté aux besoins de la Suisse. Nous n'aurons que faire chez nous de grandes centrales à l'échelle américaine; nous ne pourrions pas construire ni exploiter des installations pour la préparation et la concentration de l'uranium, d'une part, pour la régénération des éléments de «combustible» nucléaire d'autre part; nous n'avons enfin aucun intérêt militaire à la production de plutonium. Notre première tâche consiste donc à étudier quelle doit être la nature et la grandeur du type de réacteur nucléaire suisse; il est possible d'ailleurs que plusieurs solutions s'avèrent adéquates. Malheureusement, dans l'état actuel des choses, il ne suffit pas de poursuivre des études scientifiques. Nous devons construire et exploiter des unités expérimentales d'une puissance de 5 à 10 MW, afin de recueillir des résultats pratiques permettant d'établir des directives pour le type de réacteur futur adapté à nos besoins. Quand nous en serons là, l'époque ne sera plus très éloignée où nous serons au bout de nos disponibilités hydrauliques. *Nous n'avons donc plus de temps à perdre.*

Une deuxième raison parle en faveur de ce programme. Nos grands constructeurs de machines et d'appareils et notre industrie chimique sont en mesure d'apporter mainte contribution utile au développement futur de la technique des réacteurs. Ils sont prêts à aborder ces problèmes avec énergie et pensent pouvoir mettre au point des solutions originales, qui favoriseraient leurs intérêts d'exportation. Or, l'essai de telles solutions dans des centrales expérimentales situées en Suisse favoriserait beaucoup ce dessein, qui est d'une grande importance pour notre économie considérée dans son

ensemble. Enfin, la sécurité de notre approvisionnement en énergie électrique ne pourrait être qu'accrue si nos centrales nucléaires futures pouvaient être équipées de réacteurs plus ou moins indépendants des livraisons de l'industrie étrangère. Il semble donc bien qu'une libre collaboration entre les entreprises d'électricité et l'industrie, en vue d'étudier et d'essayer des centrales nucléaires expérimentales types, soit le meilleur moyen d'amorcer une politique active en matière d'énergie nucléaire. Cette action devrait se dérouler en dehors de la Réacteur S. A., dont la tâche n'est pas de construire et d'exploiter des types de réacteurs déterminés, mais, entre autres, d'étudier scientifiquement dans ses installations d'essais le comportement technique des éléments entrant dans la construction des réacteurs.

Je dirai encore un mot très bref des possibilités d'utilisation de l'énergie nucléaire en vue de couvrir les besoins suisses en chaleur. Il est très tentant d'envisager ces possibilités, ne serait-ce que par suite des économies de transport considérables qui en résulteraient dans le secteur de notre approvisionnement en combustibles. Mais il faut mettre en regard les capitaux à investir dans les réseaux de distribution de chaleur, capitaux très importants dès que les distances deviennent grandes. La question de principe de l'emplacement futur des réacteurs n'étant pas encore entièrement résolue, le problème devra être examiné ultérieurement. L'emploi de l'énergie nucléaire pour le chauffage à distance urbain se heurte en outre à la difficulté d'une faible durée d'utilisation de la puissance installée des réacteurs. On pourrait songer, il est vrai, à une exploitation combinée force-chaleur, mais la rentabilité de ce système est encore douteuse. Ce problème demande donc encore à être étudié de façon approfondie sous toutes ses faces. Ici aussi, il est grand temps d'agir.

Fr. : Bq

Adresse de l'auteur:

B. Bauer, D^r sc. techn., professeur à l'Ecole Polytechnique Fédérale, Zurich.

Télécommande de sous-stations

par B. Rey, Arlesheim

621.398 : 621.311.4

L'auteur décrit, en se plaçant du point de vue de l'exploitation, l'installation de télécommande de la nouvelle sous-station de Schweizerhalle; il expose rapidement les raisons qui ont déterminé le choix du matériel et les avantages d'une telle installation.

Es wird die Fernwirkanlage des neuen Unterwerkes Schweizerhalle vom betrieblichen Standpunkt aus beschrieben; die Gründe, die zur Wahl der getroffenen Lösung geführt haben, sowie die Vorteile einer solchen Anlage werden kurz erörtert.

Généralités

L'accroissement constant de la demande d'énergie oblige les entreprises d'électricité d'augmenter dans leurs réseaux le nombre de centres de distribution en construisant des sous-stations aux endroits où la charge est la plus dense. Ces sous-stations reçoivent l'énergie des réseaux de transport sous une tension imparfaitement réglée et la livrent aux réseaux de distribution sous une tension constante. Elles sont équipées dans ce but d'un ou de plusieurs transformateurs avec commutateur de prises, d'une puissance située généralement entre 10 et 50 MVA. Pour des raisons d'exploitation, on prévoit — tant sur la

haute que sur la basse tension — des barres générales doubles ou triples, auxquelles les lignes d'arrivée et de départ peuvent être connectées selon les besoins. Cela suppose l'emploi d'un nombre souvent considérable de disjoncteurs et de sectionneurs.

Par suite du nombre croissant de ces centres de distribution, il devient de plus en plus long et compliqué d'exécuter et de surveiller les manœuvres dans le réseau: le chef d'exploitation perd de plus en plus la vue d'ensemble. Les coûteuses installations modernes exigent l'emploi de dispositifs de protection suffisants, chargés de séparer du réseau les parties endommagées ou en danger. Il faut tenir

compte d'autre part des exigences extrêmement sévères des usagers — notamment de l'industrie et des entreprises de transport — en ce qui concerne la continuité des fournitures d'énergie. Il en résulte que dans chaque sous-station un homme au moins devrait être constamment sur place pour effectuer les manœuvres qui pourraient être éventuellement nécessaires. S'il s'agit de régions isolées, le service de surveillance d'une telle installation exige donc la construction de logements pour au moins trois familles. D'autre part, comme les manœuvres à effectuer sont relativement rares, il est souvent difficile d'occuper utilement le personnel dans l'intervalle.

L'équipement de télétransmission de la sous-station de Schweizerhalle

Pour parer aux difficultés décrites ci-dessus, l'«Elektra Birseck», de Munchenstein, a équipé sa nouvelle sous-station de Schweizerhalle d'une installation de télétransmission, qui permet de surveiller et de commander ce nouveau centre de distribution à partir du poste de commande de Munchenstein, où se trouve toujours un surveillant de piquet.

A l'encontre des idées assez répandues encore parmi les spécialistes du courant fort, l'installation qui a été choisie n'est pas constituée par du maté-

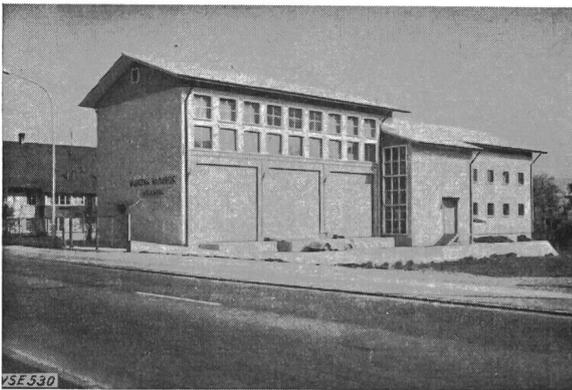


Fig. 1

Vue de la sous-station de Schweizerhalle

riel de courant fort; le choix s'est porté, en effet, sur le système à impulsions de commande, bien connu de la technique des télécommunications et travaillant en courant faible. Plusieurs raisons ont déterminé ce choix:

1. Le nombre des commandes et informations à transmettre est tel que le système de transmission individuelle habituel en courant fort aurait exigé un câble coûteux comprenant de très nombreux circuits. Or, comme il existait déjà entre Birsfelden et Schweizerhalle, soit sur la moitié de la distance totale — longue de 8,5 km — du poste de commande à la sous-station, un câble de signalisation ne possédant que dix fils, une méthode de télétransmission permettant d'économiser des circuits s'imposait: la technique moderne des télécommunications permet de trouver de telles solutions.

2. Il n'y avait, dans la salle de commande de Munchenstein, que peu de place pour le matériel de télécommande, un tel développement n'ayant pas été prévu lors de la construction des bâtiments; l'emploi du volumineux matériel à courant fort

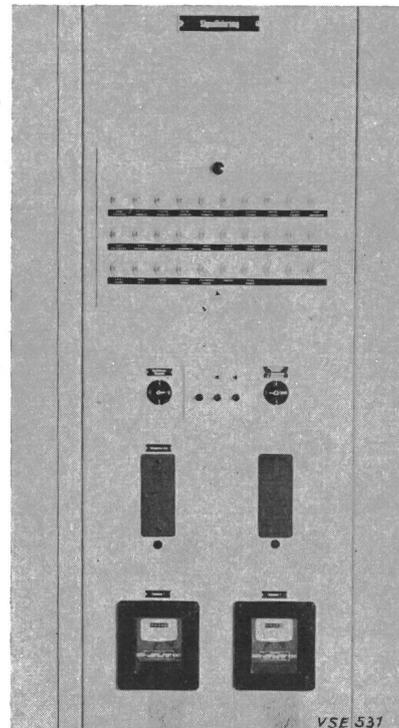


Fig. 2

Tableau de télécommande à la sous-station de Schweizerhalle (signalisation)

était donc exclu d'emblée. Les dimensions réduites des éléments à courant faible permettaient par contre une disposition claire et rationnelle, n'exigeant que peu d'espace. Les symboles lumineux des disjoncteurs et les symboles des sectionneurs — disposés sous forme d'un schéma de contrôle — ainsi que les boutons-poussoirs lumineux nécessaires à la surveillance des lignes et à la signalisation des défauts purent être réunis sur une section de pupitre de 90×90 cm seulement, si bien qu'il reste suffisamment de place pour le matériel de commande à distance d'autres sous-stations.

3. Cette solution compacte ne se traduit pas seulement par des économies de place, donc de frais de construction; elle permet aussi au personnel de surveillance de se rendre compte immédiatement et avec précision du mode d'exploitation en chaque instant. Il sera extrêmement précieux pour la direction de l'exploitation d'avoir un jour réunis sur un seul pupitre central les schémas de contrôle de toutes les sous-stations de transformation et de conversion sans exception: il sera alors possible en effet de contrôler d'un seul coup d'œil l'état de l'ensemble du réseau de distribution.
4. Les doutes qu'expriment parfois les spécialistes du courant fort en ce qui concerne l'emploi de matériel de courant faible pour des fonctions

vitales de l'exploitation sont sans fondement, car les installations de télécommande de construction moderne sont capables de répondre à toutes les exigences qu'on peut leur poser. Le mode de transmission choisi se distingue par:

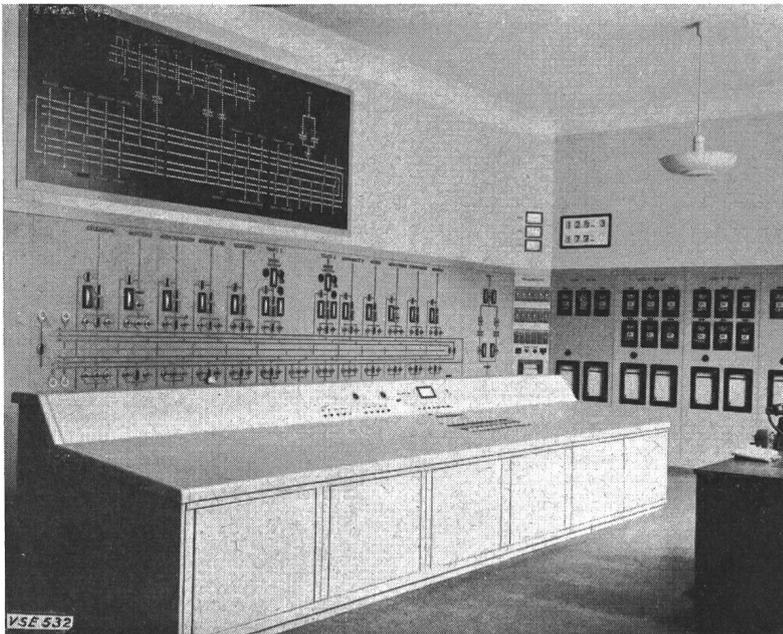


Fig. 3

Vue de la salle de commande de Munchenstein

Au milieu: nouveau pupitre avec place libre pour des équipements de télécommande et de télesignalisation futurs

A l'arrière-plan: chiffres transmis de l'usine de Birsfelden

- a) un court délai de transmission, grâce à l'emploi d'un système de code
- b) une transmission exempte de fautes, grâce à l'utilisation de télégrammes d'impulsions à clef, qui excluent toute possibilité de fausse manœuvre
- c) une grande sécurité d'exploitation, grâce à l'emploi d'éléments simples et sûrs, qui ont fait leurs preuves depuis des dizaines d'années dans des fonctions analogues
- d) un entretien facile, grâce à la suppression de tout mécanisme compliqué. Les sélecteurs rotatifs sont remplacés par des chaînes de relais pour lesquels les exigences

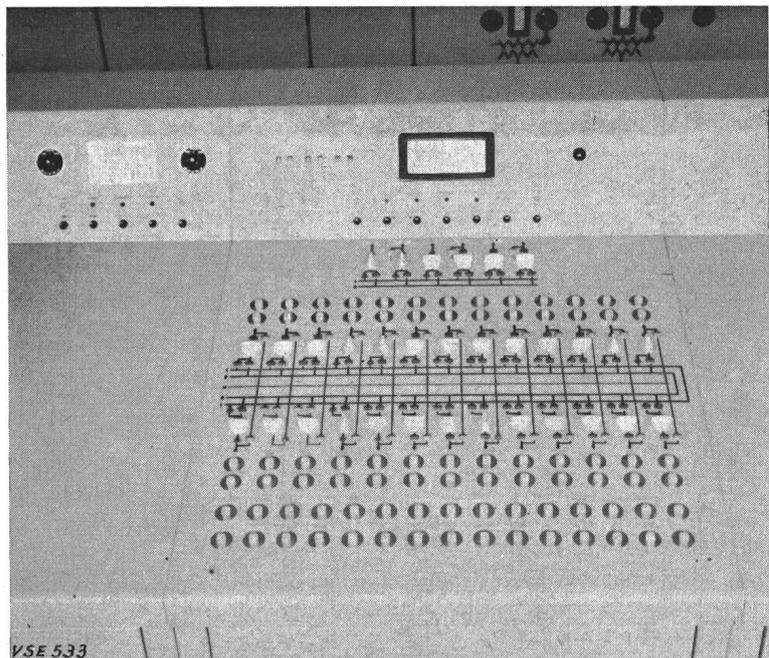


Fig. 4

Pupitre de la salle de commande de Munchenstein pour la télécommande de la sous-station de Schweizerhalle

On distingue les boutons-poussoirs et les symboles de disjoncteurs lumineux ainsi que l'instrument de télémessure

sont très peu sévères en ce qui concerne la constante de la tension, la température ambiante et l'entretien, mais qui offrent par contre une grande sécurité d'exploitation grâce à leurs contacts doubles.

La transmission des ordres de manœuvres et des quittances correspondantes s'effectue par l'intermédiaire d'un seul circuit. En dehors des ordres d'enclenchement et de déclenchement ainsi que des annonces de position des 19 disjoncteurs à haute tension — 26 lorsque l'aménagement sera entièrement terminé — sont transmises les informations suivantes:

Charge et température des transformateurs, fonctionnement de la protection différentielle et des relais de terre, tension des différents jeux de barres générales, tension de la batterie, tension alternative auxiliaire, valeurs limites de la pression de l'air comprimé, fonctionnement du compresseur et des ventilateurs, température ambiante.

Les sectionneurs sont figurés sur le pupitre de commande par des symboles de faibles dimensions incorporés dans le schéma de contrôle et manœuvrables à la main. On a renoncé à la *commande à distance des sectionneurs* et à l'annonce automatique de leur position, ceci pour des raisons d'économie; il est probable cependant qu'on introduira quand même plus tard ces fonctions, qui ne peuvent plus être écartées des nouveaux projets de sous-stations.

Les *symboles des disjoncteurs* possèdent une lampe qui s'allume lorsque leur position ne correspond pas à celle des disjoncteurs en question. En cas de dérangement, des boutons-poussoirs lumineux s'allument de façon intermittente et une alarme acoustique se déclenche. Quittance est donnée en appuyant sur le bouton en question; la lumière devient alors continue, et le signal acoustique s'arrête. Ce n'est qu'après la disparition du dérangement que la lumière s'éteint.

L'installation de télécommunication transmet

aussi les *positions des commutateurs de prises* des transformateurs. Le dispositif récepteur n'est pas un instrument ordinaire avec cadran et index, mais un numéroteur à deux chiffres qui est entraîné en synchronisme avec le commutateur de prises, si bien que l'indication est toujours exacte et univoque. Dans ce but, il est attribué à chaque position un télégramme d'impulsion déterminé, si bien que tout déplacement entre la position du commutateur et celle de l'indicateur est exclu.

La surveillance de la sous-station télécommandée exige aussi un contrôle périodique de la *charge des différents départs*. On peut, par l'intermédiaire de l'installation de télécommande, connecter à la sous-station un dispositif émetteur de télémesure successivement avec les transformateurs de mesure correspondants aux divers câbles de distribution, ceci en appuyant sur un des boutons-poussoirs lumineux du pupitre de commande. Le bouton en question s'allume et maintient la position désirée — sans porter préjudice par ailleurs au fonctionnement de l'installation de télécommunication — aussi longtemps qu'on ne connecte pas l'émetteur de télémesure à un autre point de mesure en actionnant un autre bouton-poussoir, ou qu'on ne le mette pas hors service. La transmission des valeurs mesurées a lieu selon le principe des *impulsions à fréquence variable* par l'intermédiaire d'un circuit distinct; ces valeurs sont reçues par un instrument unique, monté sur le pupitre de commande.

La *puissance fournie* à la sous-station, d'autre part, est transmise continuellement et enregistrée à Munchenstein. La transmission se fait d'après le même principe que ci-dessus par l'intermédiaire d'un troisième circuit. On a attribué une grande valeur à un enregistrement continu, sans aucune interruption; le chef d'exploitation remarque ainsi immédiatement toutes les variations de charge; de même, les raisons de celles-ci peuvent être déterminées avec précision après coup.

La sous-station elle-même est évidemment équipée d'un grand nombre d'*appareils enregistreurs*. Afin d'assurer une avance régulière du papier, on a équipé ces instruments de dispositifs d'entraînement à cliquet, qui sont commandés par impulsions par une horloge centrale située à Munchenstein. Ces impulsions pourraient en principe être également transmises par le circuit de télécommande. Cependant, comme elles se suivent à intervalles de 12 secondes, elles occuperaient fortement le dit circuit, si bien qu'il pourrait en résulter des retards inadmissibles dans la transmission d'autres ordres ou informations. Il a donc fallu réserver un circuit spécial à cette fonction. Les impulsions qu'il transmet servent d'ailleurs à la commande d'une horloge auxiliaire située à la sous-station; une impulsion sur cinq est utilisée dans ce but.

Le *marquage horaire* des diagrammes des instruments enregistreurs est assuré par l'horloge centrale par l'intermédiaire du circuit de télécommande, de même que le *passage d'un tarif à l'autre* des divers compteurs. On obtient ainsi une marche absolument synchrone de tous ceux des appareils du réseau de distribution qui dépendent du temps.

Les index de trois *compteurs à tarif double* situés à la sous-station doivent être relevés chaque

jour à certains moments pour être transmis au fournisseur d'énergie. On a donc muni ces compteurs de contacts spéciaux capables de commander par impulsion l'entraînement des compteurs parallèles situés à Munchenstein. Comme les impulsions en question se suivent relativement rapidement en cas de charge élevée, on ne pouvait pas les transmettre non plus par le circuit de télécommande; ils sont donc transmis par un circuit séparé, selon une clé permettant de distinguer les trois valeurs entre elles. Ce simple dispositif évite au personnel de devoir se rendre chaque jour à la sous-station; il est ainsi rapidement amorti.

Enfin, le câble assure le raccordement du poste de *téléphone* de la sous-station au poste automatique de la centrale de Munchenstein. Tous les circuits sans exceptions sont munis à leurs deux extrémités de *transformateurs de protection*; ceux-ci empêchent que le câble à 50 kV conduit parallèlement au câble de télécommande n'induisse, notamment en cas de court-circuits, des tensions gênantes dans les circuits à courant faible. Ces transformateurs permettent d'ailleurs de former des circuits supplémentaires par combinaison de deux circuits en un circuit fantôme. Il a fallu utiliser cette possibilité: en effet, comme on a pu le voir ci-dessus, on a eu besoin de six circuits, alors que le câble n'en comprenait que cinq en tout. Bien que dans le tronçon de câble dont nous avons parlé entre Schweizerhalle et Birsfelden les circuits ne soient pas torsadés, l'installation fonctionne parfaitement, ce qui prouve qu'elle est peu sensible aux asymétries.

Elle travaille avec des *impulsions de 50 cycles*, qui en cas d'interruption de la tension du réseau sont produites à *partir de la tension de la batterie par un onduleur*.

Installation de télésignalisation entre la centrale de Birsfelden et Munchenstein

En même temps que l'installation de télécommande de la sous-station de Schweizerhalle, qui vient d'être décrite, une installation de télésignalisation selon un principe analogue a été installée en vue de surveiller les fournitures d'énergie de la nouvelle *centrale de Birsfelden*. Outre la transmission d'*ordres de réglage* pour la fréquence et la tension, elle assure celle de la puissance en MW correspondant à la *quote-part* de l'«Elektra Birseck», qui dépend du débit du Rhin. Cette valeur est indiquée dans la salle de commande de Munchenstein par un ruban portant des chiffres, de même que la *fourniture réelle*, qui est directement mesurée à Munchenstein. Ce dispositif permet au chef d'exploitation de connaître à chaque instant la situation exacte, d'où une utilisation optimum de l'énergie qui est à disposition de l'entreprise.

Le matériel décrit a été livré par l'Albiswerk S. A., à Zurich. L'installation est en service depuis la fin de 1955, et a donné jusqu'ici entière satisfaction. Les services qu'elle rend sont tels qu'on ne pourrait plus s'en passer.

Fr. : Sa

Adresse de l'auteur:

B. Rey, ing. électr., sous-directeur de l'«Elektra Birseck», Munchenstein.

Production et distribution d'énergie électrique par les entreprises suisses d'électricité livrant de l'énergie à des tiers

Communiqué par l'Office fédéral de l'économie électrique et l'Union des Centrales Suisses d'électricité

La présente statistique concerne uniquement les entreprises d'électricité livrant de l'énergie à des tiers. Elle ne comprend donc pas la part de l'énergie produite par les entreprises ferroviaires et industrielles (autoproducteurs) qui est consommée directement par ces entreprises.

Mois	Production et achat d'énergie											Accumulation d'énergie				Exportation d'énergie	
	Production hydraulique		Production thermique		Energie achetée aux entreprises ferroviaires et industrielles		Energie importée		Energie fournie aux réseaux		Différence par rapport à l'année précédente	Energie emmagasinée dans les bassins d'accumulation à la fin du mois		Différences constatées pendant le mois — vidange + remplissage			
	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56		1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56
	en millions de kWh											%	en millions de kWh				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Octobre	940	966	3	20	51	28	62	101	1056	1115	+ 5,6	1533	1553	— 6	— 197	135	107
Novembre ..	829	865	14	26	26	21	120	197	989	1109	+12,1	1360	1206	—173	— 347	73	76
Décembre ..	901	812	8	32	19	20	131	243	1059	1107	+ 4,5	1210	970	—150	— 236	86	81
Janvier	924	801	3	14	25	22	99	249	1051	1086	+ 3,3	1049	793	—161	— 177	91	70
Février	949	857	1	30	20	20	55	216	1025	1123	+ 9,6	766	376	—283	— 417	124	62
Mars	1067	714	3	28	21	24	67	188	1158	954	—17,6	398	241	—368	— 135	144	45
Avril	1019		1		28		10		1058			294		—104		151	
Mai	1141		1		56		19		1217			518		+224		214	
Juin	1172		1		76		19		1268			1036		+518		235	
Juillet	1236		1		78		18		1333			1539		+503		283	
Août	1188		1		83		18		1290			1696		+157		263	
Septembre ..	1117		1		70		7		1195			1750 ⁴⁾		+ 54		210	
Année	12483		38		553		625		13699							2009	
Oct.-mars . . .	5610	5015	32	150	162	135	534	1194	6338	6494	+ 2,5			—1141	—1509	653	441

Mois	Distribution d'énergie dans le pays											Consommation en Suisse et pertes					
	Usages domestiques et artisanat		Industrie		Electro-chimie, métallurgie, thermie		Chaudières électriques ¹⁾		Traction		Pertes et énergie de pompage ²⁾		sans les chaudières et le pompage		Différence % ³⁾	avec les chaudières et le pompage	
	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56		1954/55	1955/56
	en millions de kWh																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Octobre	413	457	168	190	118	146	30	26	55	57	137	132	881	978	+11,0	921	1008
Novembre ..	431	487	178	199	111	137	9	9	59	68	128	133	903	1020	+13,0	916	1033
Décembre ..	459	500	174	189	119	116	9	5	75	75	137	141	958	1011	+ 5,5	973	1026
Janvier	465	492	170	186	114	115	12	5	69	72	130	146	944	997	+ 5,6	960	1016
Février	417	534	162	193	111	115	26	5	66	73	119	141	874	1052	+20,4	901	1061
Mars	456	445	181	160	143	113	34	3	67	66	133	122	978	896	— 8,4	1014	909
Avril	396		158		138		46		48		121		853			907	
Mai	399		162		149		105		44		144		880			1003	
Juin	378		163		138		146		49		159		863			1033	
Juillet	380		160		147		154		51		158		871			1050	
Août	396		164		146		121		51		149		888			1027	
Septembre ..	411		175		144		68		52		135		907			985	
Année	5001		2015		1578		760		686		1650		10800			11690	
Oct.-mars . . .	2641	2915	1033	1117	716	742	120	53	391	411	784	815	5538	5954	+ 7,5	5685	6053

¹⁾ Chaudières à électrodes.

²⁾ Les chiffres entre parenthèses représentent l'énergie employée au remplissage des bassins d'accumulation par pompage.

³⁾ Colonne 15 par rapport à la colonne 14.

⁴⁾ Energie accumulée à bassins remplis: Sept. 1955 = 1931.10⁶ kWh.

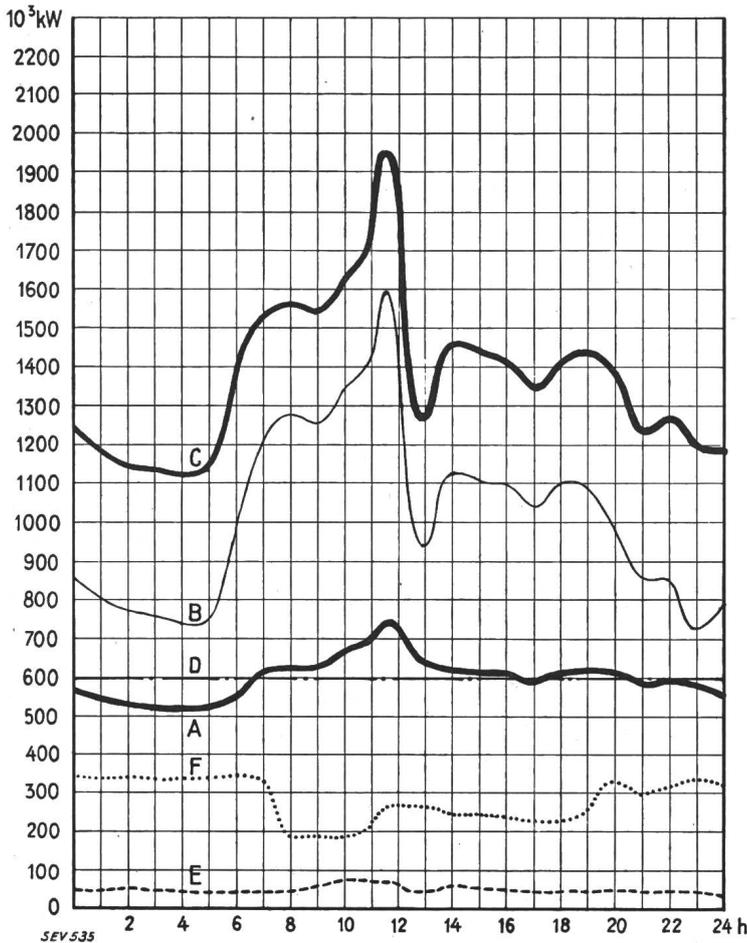


Diagramme de charge journalier du mercredi
(Entreprises livrant de l'énergie à des tiers)
Mercredi 14 mars 1956

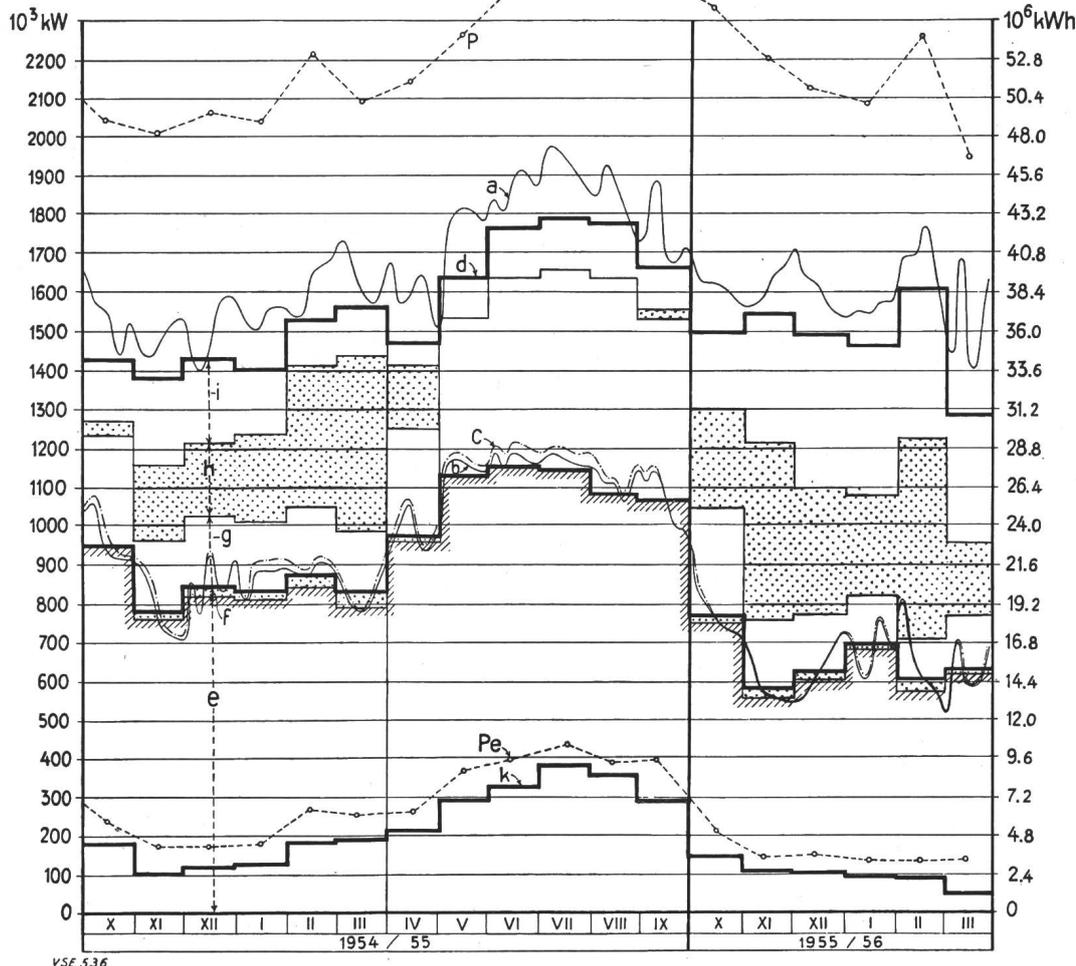
Légende:

1. Puissances disponibles: 10^3 kW
 Usines au fil de l'eau, par débits naturels (0—D) 597
 Usines à accumulation saisonnière (à bassins remplis) 1541
 Puissance totale des usines hydrauliques 2138
 Réserve dans les usines thermiques 155

2. Puissances constatées:
 0—A Usines au fil de l'eau (y compris usines à accumulation journalière et hebdomadaire).
 A—B Usines à accumulation saisonnière.
 B—C Usines thermiques + livraisons des usines des CFF, de l'industrie et importation.
 0—E Energie exportée.
 0—F Energie importée.

3. Production d'énergie 10^6 kWh
 Usines au fil de l'eau 14,3
 Usines à accumulation saisonnière 10,3
 Usines thermiques 1,5
 Livraisons des usines des CFF et de l'industrie 0,8
 Importation 6,5
 Total du mercredi 14 mars 1956 33,4
 Total du samedi 17 mars 1956 30,2
 Total du dimanche 18 mars 1956 22,9

4. Consommation d'énergie
 Consommation dans le pays 32,2
 Energie exportée 1,2



Production du mercredi et production mensuelle des entreprises livrant de l'énergie à des tiers

Légende:

1. Puissances maxima: (chaque mercredi du milieu du mois)
 P de la production totale;
 P_e de l'exportation.

2. Production du mercredi (puissance moyenne ou quantité d'énergie)
 a totale;
 b effective d. usines au fil de l'eau;
 c possible d. usines au fil de l'eau.

3. Production mensuelle (puissance moyenne mensuelle ou quantité journalière moyenne d'énergie)
 d totale;
 e des usines au fil de l'eau par les apports naturels;
 f des usines au fil de l'eau par les apports provenant de bassins d'accumulation;
 g des usines à accumulation par les apports naturels;
 h des usines à accumulation par prélèvement s. les réserves accumul.;
 i des usines thermiques, achats aux entreprises ferro. et indust., import.;
 k exportation;
 d—k consommation dans le pays.

Production et consommation totales d'énergie électrique en Suisse

Communiqué par l'Office fédéral de l'économie électrique

Les chiffres ci-dessous concernent à la fois les entreprises d'électricité livrant de l'énergie à des tiers et les entreprises ferroviaires et industrielles (autoproducteurs).

Mois	Production et importation d'énergie										Accumulation d'énergie				Exportation d'énergie		Consommation totale du pays	
	Production hydraulique		Production thermique		Energie importée		Total production et importation		Différence par rapport à l'année précédente	Energie emmagasinée dans les bassins d'accumulation à la fin du mois		Différences constatées pendant le mois — vidange + remplissage						
	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56		1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	
	en millions de kWh										%	en millions de kWh						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Octobre	1202	1188	5	25	62	101	1269	1314	+ 3,5	1726	1746	— 3	—225	135	107	1134	1207	
Novembre . .	1018	1019	17	33	120	197	1155	1249	+ 8,1	1537	1368	—189	—378	73	76	1082	1173	
Décembre . .	1062	949	12	41	131	244	1205	1234	+ 2,4	1368	1101	—169	—267	86	81	1119	1153	
Janvier	1091	928	6	22	99	250	1196	1200	+ 0,3	1186	897	—182	—204	91	70	1105	1130	
Février	1097	974	5	38	55	217	1157	1229	+ 6,2	874	437	—312	—460	124	62	1033	1167	
Mars	1225	841	7	39	67	188	1299	1068	—17,7	465	268	—409	—169	144	45	1155	1023	
Avril	1242		3		10		1255			341		—124		151		1104		
Mai	1441		3		19		1463			597		+256		214		1249		
Juin	1494		2		19		1515			1188		+591		235		1280		
Juillet	1563		2		18		1583			1746		+558		283		1300		
Août	1521		2		18		1541			1916		+170		263		1278		
Septembre . .	1425		3		7		1435			1971 ¹⁾		+ 55		210		1225		
Année	15381		67		625		16073							2009		14064		
Oct.-mars . . .	6695	5899	52	198	534	1197	7281	7294	+ 0,2			—1264	—1703	653	441	6628	6853	

Mois	Répartition de la consommation totale du pays														Consommation du pays sans les chaudières et le pompage		Différence par rapport à l'année précédente
	Usages domestiques et artisanat		Industrie		Electrochimie, métallurgie, thermie		Chaudières électriques ¹⁾		Traction		Pertes		Energie de pompage				
	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	1954/55	1955/56	
	en millions de kWh														%		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Octobre	421	467	188	209	232	247	37	30	100	105	146	144	10	5	1087	1172	+ 7,8
Novembre . .	439	497	196	215	192	196	14	11	98	105	138	144	5	5	1063	1157	+ 8,8
Décembre . .	467	514	194	209	183	159	13	7	109	109	146	145	7	10	1099	1136	+ 3,4
Janvier	473	502	189	207	171	152	17	7	108	103	142	145	5	14	1083	1109	+ 2,4
Février	426	544	180	210	160	140	31	6	101	110	133	152	2	5	1000	1156	+15,6
Mars	465	454	200	181	194	143	38	5	108	103	147	127	3	10	1114	1008	— 9,5
Avril	404		176		235		55		96		130		8		1041		
Mai	407		180		287		115		95		146		19		1115		
Juin	386		182		279		156		97		154		26		1098		
Juillet	388		178		290		163		101		153		27		1110		
Août	405		181		288		131		102		151		20		1127		
Septembre . .	420		194		279		77		100		144		11		1137		
Année	5101		2238		2790		847		1215		1730		143		13074		
Oct.-mars . . .	2691	2978	1147	1231	1132	1037	150	66	624	635	852	857	32	49	6446	6738	+ 4,5

¹⁾ Chaudières à électrodes.

²⁾ Energie accumulée à bassins remplis: Sept. 1955 = 2 174.10⁶ kWh

Rédaction des «Pages de l'UCS»: Secrétariat de l'Union des Centrales Suisses d'Electricité, Seefeldstrasse 301, Zurich 8, téléphone (051) 34 12 12; compte de chèques postaux VIII 4355; adresse télégraphique: Electrunion Zurich.

Rédacteur: Ch. Morel, ingénieur.

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