

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 49 (1958)  
**Heft:** 15

**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

## Détermination de la puissance à donner aux centrales hydrauliques en tenant compte de leur encadrement dans l'exploitation des réseaux interconnectés avec d'importantes centrales thermiques (classiques et nucléaires)<sup>1)</sup>

par F. Aemmer, Liestal

621.311.15 : 621.311.25

*En partant du diagramme de charge et en procédant à une extrapolation du développement pour les prochaines décennies, on a cherché à déterminer dans la mesure du possible les conditions auxquelles il faudra faire face dans un avenir plus ou moins éloigné.*

*Dans le cas particulier de la Suisse le premier pas consiste à mettre en valeur les forces hydrauliques économiquement utilisables puis, lorsque celles-ci seront toutes exploitées, de faire l'appoint avec des centrales nucléaires qui, d'ici là, auront probablement dépassé le stade des essais expérimentaux. L'adaptation des moyens de production au diagramme de charge est considérée de plus près en tenant compte de la réduction de l'hydraulicité en année sèche et des réserves de puissance nécessaires pour chaque mode de production et pour les réseaux de transport. Il est possible ainsi d'estimer l'équipement optimum théorique vers lequel il faut tendre pour pouvoir exploiter au mieux les forces hydrauliques disponibles. D'autre part, quelques chiffres sont donnés au sujet de l'augmentation du coût de construction des usines hydro-électriques en fonction de l'accroissement de la puissance installée.*

*Vom heutigen Belastungsdiagramm ausgehend und durch Extrapolation der bisherigen Entwicklung auf die nächsten Jahrzehnte wird versucht, im Rahmen dem Möglichen die Verhältnisse zu ermitteln, die eine nähere Zukunft bringen dürfte.*

*Im besondern Fall der Schweiz besteht der erste Schritt darin, die wirtschaftlich ausnutzbaren Wasserkräfte auszubauen und, wenn diese alle nutzbar gemacht sein werden, zur Ergänzung die Kernkraftwerke einzusetzen, welche dann zumal wahrscheinlich das Versuchsstadium überschritten haben werden. Unter Berücksichtigung des Rückganges des Wasserdarbotens in trockenen Jahren und der notwendigen Leistungsreserven für jede Erzeugungsart und für die Transportwege wird die Anpassung der Erzeugungsmöglichkeiten an das Belastungsdiagramm näher betrachtet. Auf diese Art ist es möglich, den theoretisch optimalen Ausbau zu berechnen, den es zu verwirklichen gilt, wenn man die verfügbaren Wasserkräfte am besten ausnutzen will. Im weiteren orientieren einige Zahlen über die Erhöhung der Baukosten von Wasserkraftwerken bei Vermehrung der installierten Leistung.*

### Introduction

A l'occasion du Congrès de Londres 1955 Monsieur Ch. Aeschmann a exposé de façon remarquable le rôle que la production hydro-électrique sera amenée à jouer à l'avenir dans le diagramme de charge du fait de l'épuisement progressif des ressources hydrauliques. Cette étude fait ressortir clairement combien bref est le délai qui sépare la plupart des pays du moment où ils utiliseront entièrement leurs forces hydrauliques. Bien rares sont les régions pouvant encore compter sur une réserve substantielle qui les mette à l'abri de soucis immédiats.

C'est la raison pour laquelle il a semblé utile d'étudier de plus près le problème de la mise en valeur optimum des chutes encore disponibles. Il faut en effet tendre vers une solution qui ne soit pas seulement la meilleure au moment de la mise en service des installations, mais qu'elle le soit aussi à l'avenir lorsque le diagramme de charge aura subi des modifications par suite de nouvelles applications de l'électricité ou par le fait que, pour compléter la production hydro-électrique, il aura fallu faire appel à d'autres sources d'énergie, telles que centrales thermiques classiques ou nucléai-

res ayant des caractéristiques essentiellement différentes.

Comme les usines hydro-électriques à accumulation peuvent produire des pointes de charge à relativement bas prix, le choix de leur équipement reste un des points capitaux pour assurer un approvisionnement rationnel en énergie électrique. La puissance à donner aux centrales influence le coût des installations et par conséquent le prix de revient de l'énergie, mais elle est également un facteur qui agit sur la valeur de l'énergie. Pour chaque stade du développement il faut donc chercher à déterminer l'ensemble des puissances qui permettent de couvrir l'ensemble des besoins le plus économiquement possible et cela non seulement ces prochaines décennies mais aussi dans un avenir plus éloigné.

La puissance installée des usines hydro-électriques à accumulation saisonnière n'est cependant pas seule à jouer un rôle prépondérant: Il faut aussi calculer avec soin la capacité des retenues, car, pour un bassin versant donné, il est très important d'avoir, en été, de l'eau en suffisance pour remplir les lacs et pour pouvoir de plus maintenir les usines en exploitation; elles devront servir à produire les pointes de charge sans pour cela être obligées d'entamer leurs réserves d'eau accumulée pour l'hiver. Avec l'apport toujours plus important d'énergie provenant de centrales thermiques classiques ou nucléaires qu'il est avantageux de faire

<sup>1)</sup> Extrait du rapport présenté sous ce titre au 11<sup>e</sup> Congrès de l'Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Énergie Électrique (Unipède) Lausanne, 1958, reproduit avec l'aimable autorisation du Secrétariat de l'Unipède. Ont collaboré à l'établissement de ce rapport MM. Xerez et Sidonio Paes (Portugal), Marcello (Italie), Aeschmann, Leresche, Stambach et Pouly (Suisse).

travailler en ruban, les pointes à couvrir augmenteront sans cesse et il faudra alors pouvoir disposer de puissances toujours croissantes.

A ce point de vue, le cas de l'année sèche doit être considéré tout spécialement parce que les difficultés rencontrées dans le remplissage des bassins se conjuguent alors avec une réduction de la production des usines au fil de l'eau et souvent aussi avec un besoin accru d'énergie de pompage.

Actuellement la quasi totalité de l'énergie électrique produite en Suisse est d'origine hydraulique. Les chutes d'eau économiquement aménageables correspondent à une production annuelle de l'ordre de 33 milliards de kWh dont un peu plus de la moitié sont actuellement équipées. Si l'on continue à construire les usines au rythme actuel, ce qui permet une augmentation de consommation d'environ 5 % par an, chiffre à considérer comme modeste en comparaison des accroissements constatés dans d'autres pays, d'ici 15 à 20 ans toutes les forces hydrauliques seront mises en valeur.

C'est dire toute l'actualité du problème de l'équipement optimum à donner à nos centrales. Une usine hydro-électrique est appelée à fonctionner pendant de nombreuses décennies presque sans interruption; comme le coût de premier établissement est en général relativement élevé et qu'une transformation ultérieure est dans la plupart des cas fort coûteuse et nécessite souvent une interruption prolongée du service, il faut chercher d'emblée une solution qui permette l'utilisation aussi avantageuse que possible de l'énergie brute disponible.

Deux facteurs jouent un rôle primordial à ce point de vue: les usines à disposition pour couvrir les besoins en énergie et l'évolution du diagramme de charge au cours du temps.

### Les différents types d'usines

Dans les débuts de l'électrification, on a recherché des usines situées à proximité des centres de consommation pour réduire à un minimum les transports d'énergie. Ainsi furent construites un grand nombre d'usines au fil de l'eau à basse chute de petite et moyenne grandeur sur les cours d'eau du Plateau suisse. Ce n'est que par la suite qu'il a fallu chercher plus loin jusque dans le massif des Alpes de nouvelles sources d'énergie et équiper des usines à haute chute au fil de l'eau ou des usines avec accumulation saisonnière partout où les conditions topographiques et géologiques le permettaient.

De ce fait pendant plus d'un demi-siècle les usines au fil de l'eau ont nettement prédominé et produisent encore actuellement environ 55 % de l'énergie. Comme la majeure partie des cours d'eau ont un régime alpin avec étiage en hiver et abondance d'eau en été, les disponibilités en énergie ont également été plus fortes à cette époque de l'année et on disposait en été d'énergie en excédent.

Cet état de choses tend maintenant à se modifier de plus en plus, car les chutes encore disponibles ne peuvent pour la plupart être exploitées rationnelle-

ment que combinées à de grandes accumulations dans les Alpes, dont l'énergie peut être concentrée sur l'hiver. Lorsque toutes les forces hydrauliques de la Suisse économiquement réalisables seront équipées, la production des usines au fil de l'eau ne représentera plus qu'environ 40 % de la production totale tandis que celle des usines à accumulation sera de l'ordre de 60 %.

Le programme de construction en cours d'exécution et projeté pour l'avenir comprend donc une très forte proportion d'usines à accumulation. Comme, d'autre part, l'équipement de ces usines-là peut être adapté relativement facilement, au moment de la construction, aux besoins du diagramme de charge des réseaux, on s'est borné à considérer ici les usines hydro-électriques de ce type. Ce sont elles qui sont appelées à produire l'énergie régularisée et à combler le creux d'étiage d'hiver des usines au fil de l'eau. Ce creux est très variable d'une année à l'autre; il arrive fréquemment qu'un froid intense provoque pendant 1 ou 2 mois une réduction telle des débits, donc de la production au fil de l'eau, qu'il est nécessaire de produire une grande quantité d'énergie d'accumulation dans un temps très restreint. C'est là qu'intervient alors le choix judicieux de l'équipement: il doit permettre une concentration de la production d'hiver sur une période relativement courte de 1 à 3 mois d'où l'obligation de disposer d'un équipement élevé. La statistique de ces 10 dernières années montre qu'une grande souplesse d'exploitation n'est nullement un luxe mais correspond bien à une nécessité; ainsi il est arrivé à maintes reprises qu'en un seul mois d'hiver les usines à accumulation aient dû produire 25 et même 30 % de leur production hivernale totale et dans un cas cette proportion a même atteint 42 %.

C'est avant tout pendant les hivers secs et froids que doivent être réalisées des performances de ce genre et il est un fait que l'année sèche dans son ensemble pose en Suisse des problèmes ardues aux entreprises d'électricité. D'une part, pendant un été sec le remplissage des lacs d'accumulation est plus lent et quelquefois même incomplet à un moment où les usines au fil de l'eau voient leur production s'amenuiser et où la demande d'énergie de pompage est la plus forte. D'autre part, pendant un hiver sec qui débute avec des accumulations incomplètes, il arrive que la production au fil de l'eau tombe à l'étiage minimum au moment où la consommation s'accroît du fait du chauffage supplémentaire des locaux devant venir en aide au chauffage normal insuffisant. La demande d'énergie en provenance des usines à accumulation devient alors considérable et ce n'est que grâce à des équipements suffisants qu'il est possible d'y faire face entièrement.

Il faut relever en passant ici un phénomène d'un genre un peu spécial qui pourrait également avoir une certaine importance à l'avenir: il s'agit de l'ablation continue des glaciers. Au début du siècle les glaciers des Alpes étaient nettement plus étendus qu'actuellement; l'élévation constante de la température moyenne a entraîné un retrait pres-

que général de tous les glaciers et la substance ainsi disparue a amélioré les débits des étés secs, donc a compensé quelque peu les effets de la sécheresse. Mais maintenant du fait même du retrait des glaciers l'altitude moyenne des langues glaciaires est plus élevée; l'ablation est moins importante et les débits d'été s'en ressentent. Il ne semble donc pas que l'on puisse compter en moyenne ces prochaines années avec des apports correspondant à la moyenne des années passées, ce qui influencera d'une part le remplissage des lacs et d'autre part les disponibilités de production en été sec. Ce phénomène est à prendre en considération lors de l'établissement de projets d'usines nouvelles tout spécialement pour celles à accumulation dont les bassins sont situés à haute altitude.

Une fois que toutes les chutes hydrauliques économiquement aménageables auront été mises en valeur, il faudra faire appel à de nouvelles sources d'énergie pour couvrir les besoins toujours croissants d'énergie électrique. Comme au stade actuel du développement de la science on ne peut pas encore envisager une transformation directe sur le plan industriel d'énergie nucléaire en énergie électrique, les centrales atomiques seront fort probablement du type thermique qui ont un avantage économique certain à être exploitées à charge constante avec une production continue sur de longues périodes. C'est alors que l'on se rendra pleinement compte de l'avantage qu'il y aura de pouvoir disposer d'un équipement suffisant dans les usines hydro-électriques à accumulation pour couvrir les pointes de charge toujours plus élevées.

#### L'évolution du diagramme de charge au cours du temps

La forte proportion d'énergie au fil de l'eau non régularisée dont disposaient par le passé les entreprises d'électricité a eu une grande influence sur le diagramme de charge. Pour utiliser au mieux les disponibilités il a fallu développer la consommation d'énergie en heures creuses. Grâce à des tarifs appropriés il a été possible d'introduire largement les divers usages domestiques: entre autres la cuisine électrique et le chauffe-eau à accumulation utilisant de l'énergie de nuit. Du côté industriel l'électro-métallurgie et l'électro-chimie ont également pris un large essor, les tarifs saisonniers permettant une activité plus poussée en été, période d'excédent d'énergie. Sous l'influence de ces divers facteurs le diagramme de charge a pris une allure relativement plate.

Actuellement la part de production en provenance des usines à accumulation se développe toujours plus. La valeur moyenne de l'énergie augmente, car celle-ci peut être produite au moment où le consommateur en a le plus besoin. De plus chaque kWh d'énergie d'accumulation permet de revaloriser une partie de la production d'été qui, par le passé, était en excédent. Le diagramme tend donc à se moduler, car les utilisateurs d'énergie excédentaire se développent à une cadence beaucoup moins rapide que les autres.

Dans un *proche avenir*, c'est-à-dire à peu près au moment où les usines hydro-électriques seront toutes construites, la proportion d'énergie d'accumulation aura atteint son maximum. La production au fil de l'eau qui par la force des choses est placée au bas du diagramme de charge ne sera plus assez élevée pour influencer la consommation; il n'y aura plus d'énergie en excédent pendant les heures creuses si ce n'est peut-être en quantité relativement restreinte en fin de semaine quand les débits seront optimum.

Enfin dans un *avenir plus lointain* lorsque la production hydro-électrique aura dû être complétée par de l'énergie provenant de centrales nucléaires, le diagramme de charge journalier aura de nouveau tendance à s'aplatir, parce que la production en heures creuses venant des usines thermiques aura un prix de revient plus faible, correspondant presque uniquement aux frais de combustible et permettant de l'écouler plus facilement. Par contre la partie du diagramme de charge qui incombe aux usines à accumulation deviendra, elle, de plus en plus modulée, car en valeur absolue les festons seront toujours plus profonds.

Dans la fig. 1, on a représenté pour différents stades de développement allant de 10 milliards de kWh par an à 60 milliards de kWh par an (10 TWh/an...60 TWh/an) un diagramme journalier probable des entreprises électriques suisses pour un jour ouvrable d'hiver. Ces diagrammes qui, bien entendu, ne peuvent prétendre à une grande exactitude, car ce sont des extrapolations sur une très vaste échelle, donnent tout de même une idée générale de la tâche que les usines à accumulation saisonnière seront appelées à remplir à l'avenir.

#### Essai de détermination de l'équipement optimum à donner aux usines hydro-électriques à accumulation

La recherche de l'équipement optimum des usines hydro-électriques interconnectées avec des centrales thermiques nucléaires pose des problèmes relativement complexes, qui ne touchent pas seulement au domaine technique mais sont avant tout d'ordre économique. Il ne peut donc s'agir ici d'un calcul mathématique exact, car un trop grand nombre de facteurs doivent être estimés et les valeurs admises peuvent subir par la suite des variations importantes et imprévisibles. D'autre part, l'optimum théorique qui devrait être réalisé pour l'équipement est différent dans chaque stade du développement. Il faut donc se résoudre à chercher un compromis qui, à vues humaines, donne pour l'ensemble des stades du développement une solution admissible.

Deux éléments sont relativement bien connus et des études approfondies ont déjà été faites à ce sujet. Ce sont les prévisions de production des usines hydro-électriques au fil de l'eau et à accumulation lorsque toutes les forces hydrauliques suisses économiquement utilisables auront été aménagées. Le tableau I donne la production de l'en-



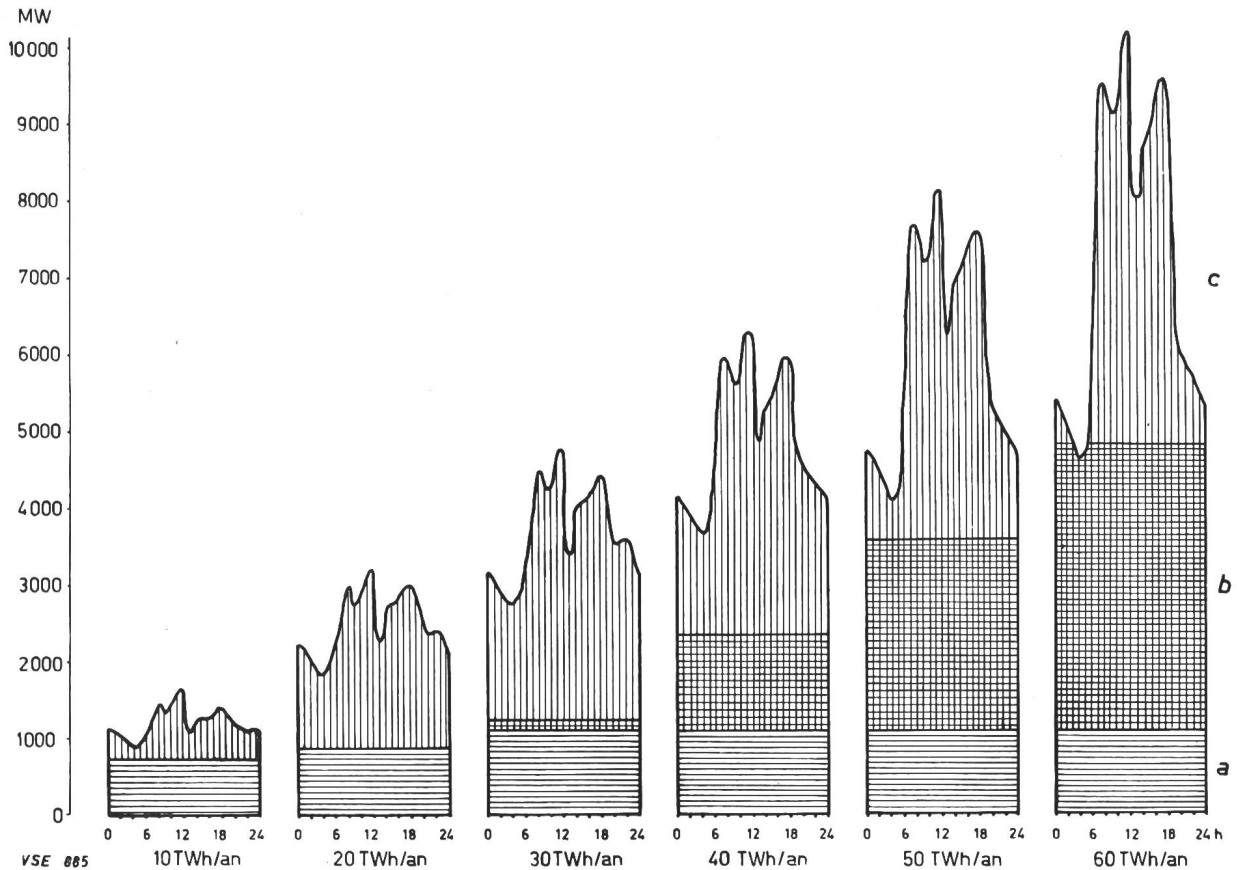


Fig. 1

Diagrammes journaliers probables des entreprises électriques suisses pour un jour ouvrable d'hiver  
 Ces diagrammes correspondent à différents stades du développement allant de 10 à 60 TWh/an (à titre de comparaison, la consommation globale de la Suisse pour l'année hydrographique 1955/56 était de l'ordre de 14 TWh)

- a production des usines au fil de l'eau
- b production des centrales nucléaires
- c production des usines à accumulation

semble des installations actuellement en exploitation et de celles dont la réalisation est prévue sur base de projets ou d'avant-projets existants.

Dans ce tableau les chiffres du semestre d'été, allant d'avril à septembre, comprennent une réserve d'énergie accumulée pour l'hiver qui le précède, car il arrive fréquemment que, par suite de manque de neige en altitude moyenne, au printemps la fonte de neige se fasse longtemps attendre et que la production au fil de l'eau reste inférieure à la normale; il faut donc garder dans les lacs d'accu-

mulation une réserve suffisante admise égale à 0,9 TWh pour faire face aux besoins pendant cette période intermédiaire. Dans le calcul de la durée d'utilisation des usines à accumulation saisonnière il est d'usage de calculer cette réserve comme faisant partie de la productibilité d'hiver; celle-ci passe ainsi de 10,7 à 11,6 TWh. En ce qui concerne la puissance, il y en aura en suffisance pour autant que les usines à accumulation disposent d'apports permettant d'une part le remplissage des bassins et d'autre part de produire tout au long de l'été de l'énergie de pointe.

Sur le troisième élément, la production d'énergie d'appoint dans les centrales nucléaires, on manque encore de bases sûres. En effet, il n'est guère possible actuellement de prévoir le développement que prendront à l'avenir ces centrales. Il faut bien se rendre à l'évidence que pour le moment les toutes premières centrales de ce genre viennent seulement d'être mises en service. Un vaste champ d'expérience reste à prospecter et la multitude des essais entrepris dans de nombreux pays sur toutes sortes de types de réacteurs laisse espérer des découvertes nouvelles qui pourront influencer encore grandement les réalisations futures (emploi de semi-conducteurs, réacteurs à plasma ionisés, etc.).

Il n'est donc pas exclu que le type même de la centrale nucléaire qui à l'avenir sera employée à

Tableau I

	Productibilité en année moyenne			Puissance installée
	Semestre d'hiver octobre-mars	Semestre d'été avril-sept.	Année	
	TWh	TWh	TWh	MW
Usines au fil de l'eau	5,3	8,1	13,4	2360
Usines à accumulation saisonnière	10,7	9,1 <sup>1)</sup>	19,8	6340
<b>Total</b>	<b>16,0</b>	<b>17,2<sup>1)</sup></b>	<b>33,2</b>	<b>8700</b>

<sup>1)</sup> dont 0,9 TWh d'énergie accumulée nécessaire à la couverture des besoins en avril.

Tableau II

Consommation annuelle d'énergie	Puissance de pointe probable des réseaux	Usines au fil de l'eau			Centrales nucléaires			Usines à accumulation						Réserve supplémentaire pour incidents de réseaux		Réserve totale pour centrales nucléaires, usines à accumulation et réseaux		Équipement théorique optimum des usines hydro-électr. à accumulation	
		Puissance moyenne d'hiver	Puissance d'étiage en hiver	Puissance à compléter par de l'accumulation	Puissance totale installée	dont réserve pour revisions		Puissance de pointe moyenne d'hiver	Compensation étiage du fil de l'eau	Réserve pour centrales nucléaires	Réserve pour usines à accumulation (5 %)	Puissance totale des usines à accumulation	Durée d'utilisation d'hiver de 11,6 TWh <sup>1)</sup>	en % de la pointe réseaux	en valeur absolue	en valeur absolue	en % de la pointe réseaux	en valeur absolue	Durée d'utilisation d'hiver
						en % de la puiss. nucl. inst.	en valeur absolue												
TWh/an	MW	MW	MW	MW	MW	%	MW	MW	MW	MW	MW	MW	h	%	MW	MW	%	MW	h
30	4700	1100	600	500	100	50	50	3500	500	50	180	4230	2740	8,5	400	630	13,4	4630	2510
40	6300	1100	600	500	1250	30	380	3950	500	380	200	5030	2310	6,4	400	980	15,6	5430	2140
50	8100	1100	600	500	2450	25	610	4550	500	610	230	5890	1970	5,0	400	1240	15,3	6290	1850
60	10100	1100	600	500	3700	20	740	5300	500	740	260	6800	1710	4,0	400	1400	13,8	7200	1610

<sup>1)</sup> y compris les 0,9 TWh d'énergie accumulée à réserver pour le mois d'avril (voir tableau I).

la production d'énergie électrique, se transforme encore et qu'un changement apporté à ses caractéristiques fondamentales modifie aussi la façon dont on fera intervenir cette nouvelle source d'énergie dans le diagramme de charge. Toutefois si l'on considère l'état actuel des connaissances dans ce domaine il faut bien admettre que la centrale nucléaire de l'avenir comprendra des groupes thermo-électriques qui doivent donc être exploités à charge constante sur de grandes durées d'utilisations pour pouvoir atteindre un rendement économique acceptable. Sa place dans le diagramme de charge est alors sans aucun doute située entre la production des usines au fil de l'eau et celle des usines à accumulation.

Cette hypothèse une fois admise on peut chercher à se rendre compte de l'ordre de grandeur et de la répartition des puissances qui seront nécessaires dans les trois catégories d'usines et pour les différents stades de développement considérés.

Le tableau II fait ressortir les chiffres qui ont été admis dans chaque cas. On s'est borné à considérer en première analyse le cas du jour ouvrable d'hiver, car c'est à ce moment-là que la puissance fera tout d'abord défaut. Pour les usines au fil de l'eau il a fallu tenir compte d'une réserve de puissance permettant de combler la différence entre la puissance disponible en période d'étiage, qui correspond environ au quart de la puissance installée, et la puissance moyenne d'hiver; pour déterminer la réserve de puissance nécessaire aux centrales nucléaires on a fait intervenir un facteur d'indisponibilité décroissant de 50 % au début, à cause des risques plus grands afférents à la nouveauté du procédé, jusqu'à 20 % lorsque l'expérience acquise donnera une sécurité d'exploitation plus élevée; pour les usines à accumulation il a été admis une réserve de 5 % de la puissance qu'elles ont à couvrir en année moyenne afin de tenir compte des incidents d'exploitation dans ces usines et des différences assez importantes apparaissant en fin de période d'hiver dans les disponibilités d'énergie accumulée qui peuvent nécessiter des échanges d'énergie d'usine à usine; enfin il a été prévu une réserve générale d'exploitation calculée en pourcentage de la puissance totale en jeu pour faire face aux incidents d'exploitation des réseaux; comme ceux-ci

verront leur sécurité augmenter avec l'accroissement des lignes et l'interconnexion plus poussée, cette dernière réserve a été admise décroissante en valeur relative, mais constante en valeur absolue (400 MW, correspondant à la mise hors service d'une grande ligne de transport d'énergie).

Actuellement les entreprises disposent de réserve de puissance en suffisance dans les usines à accumulation. Ce sera le cas également dans un proche avenir tant que les usines hydro-électriques pourront à elles seules faire face aux besoins d'énergie. Mais dans un avenir plus éloigné quand l'appoint des centrales nucléaires croîtra en importance, alors la réserve de puissance des usines à accumulation tendra à diminuer rapidement et même à disparaître complètement.

Le mode le plus simple et le plus économique d'accroître la puissance disponible est d'augmenter l'équipement des usines à accumulation, car il n'est alors nécessaire d'agrandir que certaines parties d'usines, ce qui sera toujours meilleur marché que d'installer des kW supplémentaires dans des usines thermiques nouvelles. De plus une telle réserve de puissance est disponible presque instantanément et n'occasionne que des frais d'exploitation minimes. Seuls le coût de construction et le service du capital de ces extensions entrent en ligne de compte.

Il est donc logique d'admettre que c'est aux usines à accumulation qu'incombe la tâche de compenser l'étiage des usines au fil de l'eau et d'intervenir comme réserve aussi bien pour elles-mêmes que pour les centrales nucléaires et pour les réseaux. Pour chaque stade de développement on peut donc déterminer la puissance totale (production propre, compensation de l'étiage du fil de l'eau spécialement en année sèche et réserve d'exploitation) à laquelle les usines à accumulation devraient pouvoir faire face et qui correspond à ce que l'on peut appeler leur *équipement optimum théorique*. Si cet équipement est dépassé il y aura excédent de puissance, si au contraire il n'est pas atteint il serait alors nécessaire, pour atteindre la même sécurité d'exploitation, de créer à grands frais des groupes de réserve dans des centrales thermiques classiques ou nucléaires.

Traduits en durée d'utilisation d'hiver, calculés sur la base d'une production d'hiver de 10,7 + 0,9

=11.6 TWh (tableau I), ces résultats donnent les courbes de la figure 2. Comme cela a déjà été relevé plus haut, il est en effet logique de tenir compte, pour le calcul de la durée d'utilisation d'hiver des usines à accumulation, de l'énergie accumulée et réservée pour le mois d'avril (0,9 TWh), car cette énergie a tout à fait le caractère d'énergie d'hiver et peut très bien être produite avant fin mars déjà, si le besoin devait s'en faire sentir. Dans cette figure la courbe 1 correspond à l'optimum théorique tandis que pour la courbe 2 on a fait abstraction de la réserve d'exploitation admise pour incidents dans les réseaux, ce qui peut être considéré comme un cas limite nécessitant déjà des délestages en cas de panne.

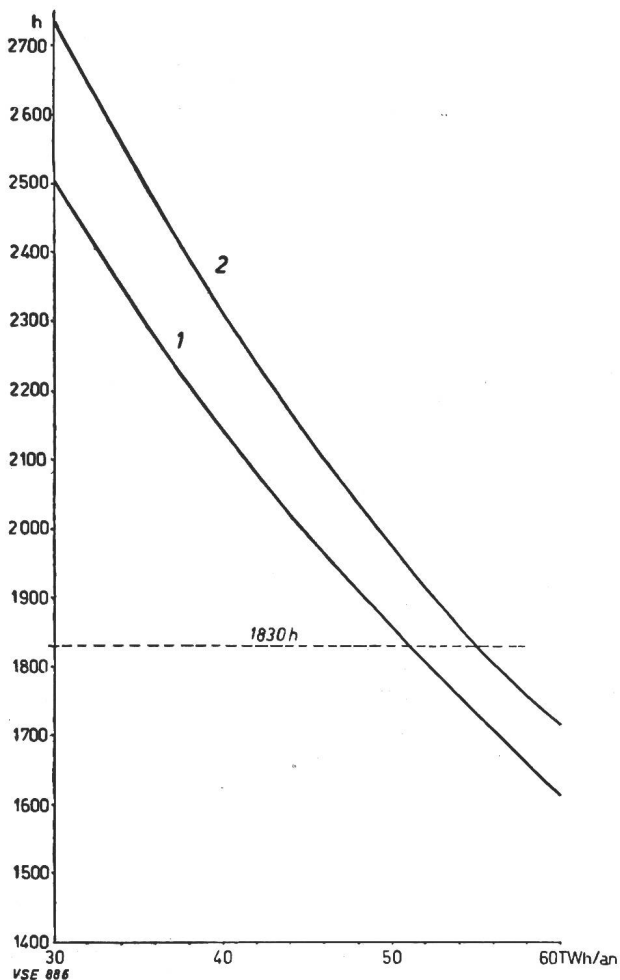


Fig. 2

Durée d'utilisation théorique optimum d'hiver des usines hydroélectriques à accumulation en fonction de la production globale d'énergie électrique

- 1 En tenant compte d'une réserve d'exploitation pour incidents dans les réseaux
- 2 Sans tenir compte d'une réserve d'exploitation pour incidents dans les réseaux

D'après le tableau I la durée d'utilisation d'hiver prévue pour l'ensemble des usines à accumulation construites et à construire est de 1830 h. Si l'on reporte cette durée d'utilisation de 1830 sur la fig. 2, on voit que jusqu'au moment où la production globale atteindra environ 50 TWh/an la puissance prévue dans les usines à accumulation sera suffisante pour satisfaire aux besoins. Au-delà de ce

stade il faudra s'attendre à un déficit de puissance qui, à considérer la pente assez raide de la courbe, risque de croître rapidement. A partir de ce moment, il faudra donc chercher d'autres solutions pour produire la puissance nécessaire.

En fait les usines à accumulation en service aujourd'hui ont une durée d'utilisation d'hiver de 1770 h. Pour celles à construire il n'a été admis lors de l'établissement des projets qu'une durée d'utilisation de 1860 h. C'est justement pour ces usines à accumulation dont la construction est prévue pour ces prochaines décennies que se pose le problème urgent d'améliorer leur équipement afin de pouvoir faire face aux besoins de l'avenir.

On peut évidemment objecter que l'on est encore fort loin d'un stade de développement de 50 TWh/an mais à l'allure actuelle de l'accroissement des besoins d'énergie il peut très bien être atteint d'ici une trentaine d'années déjà, donc à une époque où les installations que l'on réalise actuellement n'auront derrière elles qu'une faible partie de leur durée de vie normale. Il vaut donc certainement la peine de prévoir maintenant déjà pour elles un équipement suffisant partout où cela peut se justifier économiquement.

#### Quelques considérations sur le coût de l'extension de l'équipement des usines à accumulation

Pour augmenter la puissance installée d'une usine à accumulation il est nécessaire d'accroître d'une part le débit utilisable, c'est-à-dire les installations de génie civil, galeries, puits blindés, conduites forcées et d'autre part d'élever la puissance des groupes. Le bassin d'accumulation proprement dit n'est pas touché, ce qui fait qu'une partie importante du coût des installations reste constante. Comme par ailleurs l'augmentation du coût des installations de génie civil n'est de loin pas proportionnelle à l'accroissement de l'équipement, il est souvent possible de créer à relativement bon compte une réserve de puissance dans les usines à accumulation. Il faut remarquer ici qu'en augmentant la puissance on ne modifie en règle générale guère la productibilité, en hiver tout au moins, ce qui fait qu'une puissance plus élevée ne permet qu'une concentration de l'énergie accumulée sur une plus faible durée d'utilisation d'hiver.

Si les besoins de puissance ne sont pas immédiats, mais sont attendus seulement dans 2 ou 3 décennies comme c'est le cas en Suisse, il est possible de réduire momentanément l'augmentation du coût de construction à un minimum en se bornant à n'augmenter les dimensions que de celles des installations qu'il est difficile et coûteux d'agrandir après coup, donc de prévoir d'emblée un équipement plus poussé pour les ouvrages de génie civil seulement. Plus tard, quand l'appoint de puissance deviendra indispensable, on pourra alors procéder facilement à l'extension de la partie électro-mécanique de l'usine en installant des groupes nouveaux sur les fondations prévues dès l'origine à cet effet.

A titre d'exemple les chiffres ci-dessous illustrent l'importance relative des divers facteurs en cause. Ils se réfèrent à une grande usine à accumu-

lation, comprenant plusieurs paliers, actuellement en construction dans les Alpes.

	A Equipement prévu à l'origine pour 1800 h d'hiver	B Equipement en cours d'exécution pour 1200 h d'hiver	Différence	
			en valeur absolue	en % de A
Puissance installée en MW	420	630	+ 210	+ 50
Coût de construction en millions de francs suisses	525	590	+ 65	+ 12

Ces chiffres montrent que pour réaliser un accroissement de la puissance installée de 50 % il ne faut investir que 12 % de plus dans les ouvrages. La puissance supplémentaire ne coûte donc que 310 fr./kW soit seulement environ le quart du coût prévu par kW à l'origine.

On aurait pu réduire encore l'accroissement du coût de construction en n'exécutant d'emblée que les travaux de génie civil pour un débit installé plus élevé et en réservant pour plus tard le montage des groupes supplémentaires. Dans ce cas les frais de premier établissement n'auraient augmenté que d'environ 5 %, ce qui veut dire que plus de la moitié de l'accroissement du coût aurait été provisoirement économisée. En ce qui concerne le prix de revient de l'énergie celui-ci aurait subi une augmentation en valeur relative encore plus faible parce que les pertes de charge dans les galeries d'amenée diminuent avec les débits plus faibles et qu'il est possible ainsi d'augmenter quelque peu la production d'énergie accumulée; d'autre part, les frais d'exploitation, d'entretien et de renouvellement sont plus faibles pour les installations de génie civil que pour les parties électro-mécaniques.

A ce sujet il est aussi intéressant de considérer de plus près l'accroissement intervenu dans le coût de construction des usines hydro-électriques en Suisse au cours de ces vingt dernières années. Le tableau suivant donne l'augmentation relative de 1939 à 1957, en pourcentage des chiffres de 1939 du coût de construction pour les différentes parties d'un ouvrage, prises séparément:

routes et chemins d'accès . . . . .	80 à 90 %
galeries . . . . .	30 à 35 %
barrages . . . . .	70 à 80 %
maisons d'habitation du personnel . . . . .	100 à 110 %
bâtiments d'usines (fondations et bâtiment) . . . . .	90 à 100 %
machines et installations électro-mécaniques . . . . .	150 %
lignes aériennes à haute tension . . . . .	80 à 100 %

Pour une importante usine au fil de l'eau à haute chute avec bassin de compensation hebdomadaire l'accroissement résultant est de l'ordre de 70 à 80 % tandis que pour une grande usine à accumulation saisonnière comprenant 3 paliers il est d'environ 65 à 70 %.

Comme on le voit, ce sont les galeries qui, en valeur relative, ont augmenté le moins grâce aux

procédés modernes de percements avec puissante mécanisation. Les installations électro-mécaniques par contre ont subi le plus fort renchérissement. Le développement très différent de ces coûts partiels a donc accentué fortement l'avantage qu'il y a à pousser l'équipement génie civil des usines à accumulation comprenant surtout des galeries et à réserver pour plus tard l'extension de la partie électro-mécanique correspondante.

Il ressort de ces considérations que les travaux préparatifs permettant de disposer au moment voulu d'une réserve de puissance suffisante ne nécessitent pas des immobilisations exagérées. On peut donc préparer l'avenir à relativement peu de frais.

Par ailleurs, la puissance disponible pourra être augmentée aussi par l'aménagement de bassins de compensation journaliers et hebdomadaires partout où les conditions topographiques et géologiques sont favorables. Ces bassins donneront une souplesse d'exploitation qui permettra de mieux faire face aux variations de charge des réseaux en améliorant encore l'utilisation des usines à accumulation.

#### L'interconnexion avec les pays limitrophes de la Suisse

Les considérations qui précèdent montrent qu'en Suisse les entreprises électriques souffrent actuellement par hiver sec d'un manque notoire d'énergie, mais qu'elles disposent par contre de puissance en suffisance. Le programme de construction, qui est en cours d'exécution et qui comprend avant tout des usines à accumulation, tendra à améliorer encore ces disponibilités en puissance. Ce n'est que plus tard, quand l'appoint des usines nucléaires aura atteint une certaine importance, que cet excédent de puissance diminuera pour en fin de compte disparaître complètement.

Il serait logique de chercher à utiliser cette puissance excédentaire sur le plan européen en développant les échanges d'énergie, la Suisse exportant de l'énergie de qualité au moment de la pointe contre de l'énergie d'heures creuses provenant des pays limitrophes. L'interconnexion entre pays voisins a déjà été judicieusement développée et l'UCPTE a manifesté une activité heureuse dans ce sens. L'accroissement des disponibilités de puissance en Suisse devrait permettre d'améliorer encore l'efficacité de ces échanges d'énergie, ce qui donnerait la possibilité aux grands réseaux alimentés par des centrales thermiques de réduire leur puissance thermique de pointe et celle de leur réserve d'exploitation.

Pour arriver à un résultat favorable il sera probablement nécessaire d'augmenter dans une certaine mesure la puissance des réseaux d'interconnexion. Toutefois, on ne devra pas perdre de vue qu'en raison de la période relativement brève de disponibilité de ces excédents de puissance, il ne peut s'agir là que d'échanges périphériques qui sont appelés à se résorber progressivement après 2 à 3 décennies. De toute évidence, l'ampleur des échanges restera toujours modeste en valeur rela-



tive et ne dépassera jamais quelques pour-cents des besoins respectifs des différents pays.

### Conclusions

Le problème des disponibilités de puissance pour couvrir le diagramme de charge ne présente actuellement pas de difficultés spéciales. Il en sera de même dans le proche avenir et cela tant que la production hydro-électrique sera seule, ou presque, à faire face aux besoins.

Par contre si l'on envisage un avenir plus éloigné, la mise en valeur des forces hydrauliques une fois achevée, il sera nécessaire d'avoir recours à d'autres agents énergétiques, en l'occurrence l'énergie nucléaire. Si aucune invention nouvelle ne change d'ici là le cours des choses, cette énergie devra être produite par l'intermédiaire du cycle thermique donc avec de grandes durées d'utilisation pour être rentable. De ce fait le besoin de puissance ira en augmentant avec l'importance que prendra la production d'énergie nucléaire par rapport à la production totale.

Il arrivera donc un moment où la puissance normalement disponible ne suffira plus à couvrir les pointes de charge et on sera alors obligé de produire l'appoint de puissance dans des installations spécialement prévues à grands frais à cet effet. Dans le cadre d'une utilisation rationnelle des forces hydrauliques suisses il serait extrêmement désirable d'augmenter dans la mesure du possible l'équipement des usines hydro-électriques à accumulation qui sont encore à construire, tout en restant, bien

entendu, dans les limites d'une saine économie. Dans cet ordre d'idées on a cherché à montrer qu'avec des moyens financiers relativement restreints il est souvent possible d'augmenter l'équipement des usines hydro-électriques à accumulation saisonnière, ce qui permet de préparer dans une certaine mesure pour l'avenir la puissance qui sera alors indispensable. L'inconvénient est que les travaux à effectuer dans ce but doivent, pour être avantageux, être exécutés en partie tout au moins au moment de la construction de l'usine, ce qui oblige les entreprises à investir des capitaux longtemps à l'avance.

L'avantage n'est certes pas immédiat, mais pour l'ingénieur qui a l'habitude de penser à longue échéance il devrait être d'un poids suffisant pour faire modifier, dans le sens d'un équipement plus poussé, tous les projets qui, économiquement parlant, se prêtent à une telle amélioration.

Le problème n'a pas été étudié seulement pour la Suisse, mais aussi pour d'autres pays d'Europe disposant d'une certaine production hydraulique. Il est intéressant de constater qu'un rapport détaillé sur la situation au Portugal arrive à des conclusions tout à fait analogues.

L'étude de ces questions sur le plan européen a fait l'objet de discussions à l'occasion du Congrès de Lausanne de l'Unipède. Les pays à production hydraulique partagent les opinions émises dans ce rapport.

Adresse de l'auteur:

F. Aemmer, directeur de l'Electra Baselland, Liestal.

## Journées d'informations électro-industrielles de Marseille

par R. Golay, Lausanne

061.3(449.1) : 374.6 : 62.007.2 : 338.45

Pour la quatrième fois, la *Direction Nationale de la Distribution de l'Electricité de France* a organisé cette année des journées d'informations électro-industrielles, qui se sont déroulées à Marseille, les 19, 20 et 21 mars.

Bien qu'il s'agisse de réunions internes à EDF, et non pas de congrès à caractère international, EDF a eu l'heureuse idée et l'amabilité de permettre à quelques invités étrangers de Grande-Bretagne, de Belgique, de Hollande, d'Allemagne, d'Autriche, de Yougoslavie, d'Italie et de Suisse, de participer à ces journées. Le but de ces réunions est d'enrichir les connaissances des ingénieurs qui à EDF ont la charge de s'occuper des applications industrielles de l'électricité.

Les journées de Marseille ont été présidées tour à tour par:

- M. Félix, Inspecteur-général honoraire chargé de mission à EDF;
- M. Bardon, Directeur-délégué, chef du Service commercial et des mouvements d'énergie d'EDF;
- M. Pages, Directeur-adjoint de la Distribution d'EDF.

L'organisation des journées a été assurée d'une manière parfaite par M. Gautheret, ingénieur à la

Direction de la Distribution d'EDF, en collaboration avec la Direction régionale de Marseille.

Le programme prévoyait un certain nombre de conférences toutes fort intéressantes et instructives sur des sujets divers:

M. Desfour, ingénieur à la Direction régionale de Marseille d'EDF, présenta «*L'Evolution et la situation de l'industrie et des applications électro-industrielles dans la Région du Sud-Est*».

M. de Félice, Directeur de l'Union pour l'étude du marché de l'électricité, parla de «*L'Etude du marché des services et produits industriels*».

M. Henrion, Délégué du Comité français d'Electrothermie, exposa le sujet «*Les grands fours mécanisés chauffés par résistances électriques*».

M. Guingand, Délégué du Comité français d'Electrothermie, traita des «*Fours pour galvanisation de bandes en continu*».

M. Gasnault, Directeur Régional de la Distribution d'EDF à Lille, présenta «*La vie quotidienne d'un ingénieur de l'EDF, chargé des applications industrielles*».

M. Drapier, Délégué du Comité français d'Electrothermie, entretint son auditoire sur le sujet «*Les procédés de transformation des matières plastiques*».



M. Chatain, Chef de service au Centre d'étude des matières plastiques, parla du «*Chauffage électrique dans l'industrie des matières plastiques*».

M. Lehmann, Professeur et Directeur d'une Industrie Electronique, donna un exposé sur «*Les asservissements électroniques industriels. Evolution du matériel utilisé dans l'industrie*».

Enfin, M. Wilfart, chargé de conférences au Conservatoire National des Arts et Métiers, émit des «*Considérations sur l'automatisme industriel*».

Les journées d'informations de Marseille furent agrémentées d'une excursion à Aix en Provence et dans la vallée de la Durance, où eut lieu une visite partielle de l'usine de St. Auban, de la «Compagnie de Produits chimiques et électrométallurgiques, Péchiney S. A.». Après un exposé de M. Delmas, directeur de cette très importante usine, la visite fut consacrée aux installations d'électrolyse et de fabrication du carbure de calcium.

Comme on peut en juger, le programme des journées de Marseille était substantiel. Il n'est pas dans notre intention de faire un compte-rendu des conférences données; cela nous entraînerait beaucoup trop loin et dépasserait le cadre de cette simple communication. Quelques remarques paraissent toutefois dignes d'intérêt et doivent retenir plus particulièrement l'attention.

La région du Sud-est de la France, avec sa Provence chantée par les poètes, sa Côte d'Azur au ciel toujours bleu, Marseille et ses «galéjeurs», est volontiers pour nous synonyme de «Pays du soleil enchanteur, pays de rêve et de vie facile», où les gens toujours gais jouent beaucoup à la pétanque et travaillent le moins possible! Ce visage est pourtant trompeur et bien incomplet. L'exposé de M. Desfour nous a convaincu que cette région est riche en industries de toutes natures et habitée par une population laborieuse; qui l'eût pensé?

L'Electricité de France apporte une attention particulière à la formation de ses «Ingénieurs Industriels» ou «Ingénieurs Commerciaux», dont le but est de devenir les Conseils des abonnés industriels, leurs amis même. EDF entend donc soigner spécialement ses relations avec les abonnés et les développer fort loin. Et pourtant il n'existe aucune école où l'ingénieur industriel a la faculté d'apprendre son métier. Les vastes connaissances qu'il doit posséder ne peuvent être acquises que par un travail assidu de documentation, par des visites d'usines, par des contacts avec les constructeurs de matériel, par des séances d'informations et des cours de formation organisés par EDF.

La conception que se fait EDF des relations avec sa clientèle industrielle est donc beaucoup plus complète que la conception généralement admise dans ce domaine. EDF n'entend pas seulement que ses techniciens puissent renseigner ses abonnés sur les problèmes de tarification, de possibilité d'alimentation, de frais de raccordement ou de renforcement, mais EDF désire que ses ingénieurs industriels connaissent les besoins de l'industrie, ses caractéristiques, afin d'être en mesure d'étudier ses problèmes et de proposer la solution la mieux appropriée. On mesure alors la somme de connaissances nécessaires

pour exercer un métier aussi complexe, mais captivant.

A ce propos, il semble utile de citer intégralement les paroles de M. Etienne, Ingénieur Industriel de l'EDF, lors d'une conférence sur le chauffage électrique, aux ingénieurs stagiaires des Directions Régionales chargés des applications électro-thermiques de l'Electricité, citation reprise par M. Gasnault dans son exposé:

«Lorsqu'on cherche à installer sur un réseau des fours électriques, des problèmes de différentes natures se présentent dont certains requièrent, de la part de l'Ingénieur intéressé, des connaissances particulières et une qualification appropriée.

Il y a tout d'abord les problèmes relatifs à l'alimentation proprement dite du client et aux répercussions que peut entraîner sur la distribution le raccordement des installations électrothermiques: perturbations dues à des à-coups ou à la dissymétrie de la charge, aux phénomènes de flicker, à la compensation de l'énergie réactive, à la production d'harmoniques, à la création de courts-circuits brusques, aux surtensions d'enclenchement et de déclenchement de puissances élevées, etc... Nous nous bornerons ici à une simple énumération, étant entendu que les difficultés qui peuvent se présenter de ce fait seront traitées en liaison avec les Services Techniques des Organismes de Distribution.

Puis viennent les problèmes relatifs à la technique du chauffage proprement dite. Il est nécessaire que l'Ingénieur chargé de la diffusion des applications thermiques de l'électricité soit rompu à la pratique du chauffage industriel en général et possède des notions assez étendues en cette matière. Il lui appartient, en particulier, de se familiariser avec la technique des fours à combustible courants des divers types, ne serait-ce que pour déterminer assez rapidement si le four électrique se présente sous un aspect concurrentiel et de posséder certaines données concernant le rendement des appareils, le niveau de température qu'ils permettent d'atteindre, leur capacité de production, la qualité des produits traités, le pourcentage de rebuts, les charges d'entretien qu'ils nécessitent, les dépenses de main-d'œuvre qu'ils entraînent, etc... Pour confronter ces données avec celles qui sont relatives au four électrique concurrent, une connaissance approfondie des diverses catégories d'appareils de chauffage électrique s'impose, ainsi que de leurs conditions de fonctionnement et de leurs performances. Il est donc utile de posséder un répertoire d'installation déjà en service dans la région ou à l'extérieur avec une nomenclature détaillée des appareils existants, des indications de base relatives à leurs conditions de marche, ou d'être en mesure de se renseigner rapidement sur la possibilité de remplacer l'installation existante par un four électrique. Mais pour pouvoir faire une proposition, en connaissance de cause, à un abonné, les indications d'ordre général ci-dessus, qu'on peut généralement obtenir assez facilement, ne suffisent pas: Il importe, dans chaque cas particulier, de se familiariser au préalable avec le problème posé en se penchant avec attention sur les conditions dans lesquelles sont élaborés les produits ou effectués les traitements de l'installation existante.

Nous en venons ainsi à l'étude des problèmes relatifs aux techniques propres à l'industrie en cause qui devront faire l'objet d'un examen détaillé. Des notions telles que: vitesse de chauffage, existence de points critiques à l'échauffement de certaines matières, variation de la chaleur spécifique en fonction de la température, importance de la chaleur latente de fusion, vitesse de refroidissement admissible pour les produits traités, nature de l'atmosphère qui règne dans le four, évacuation des buées ou produits de décomposition, répartition des zones de chauffage, précisions à obtenir dans le réglage des niveaux de température, durée et configuration du cycle des opérations, moyens utilisés pour assurer le déplacement des pièces en cours de traitement, surtout dans la zone à haute température, etc... constituent autant de points particuliers qui ne doivent pas échapper à un esprit averti.

Par exemple, la solution d'un problème de chauffage en métallurgie à niveau de température identique requerra presque certainement, dans l'industrie céramique, une réalisation pratique tout à fait différente. Et lorsque nous sommes amenés à proposer à nos abonnés la solution «four électrique», nous

avons évidemment en vue de leur apporter une modernisation de leurs moyens de production; aussi importe-t-il de ne pas s'arrêter à mi-chemin et d'examiner si cette solution n'est pas susceptible d'affranchir le cycle de fabrication de certaines manutentions ou opérations intermédiaires en procurant finalement une simplification du processus d'élaboration des produits finis et une économie de main-d'œuvre. Par exemple, nous nous trouvons en présence d'une installation conventionnelle de galvanisation de tôles d'acier avec chauffage du bac assuré par un combustible quelconque (coke, mazout, etc. . .). Avant immersion dans le bain de zinc, les tôles doivent subir un décapage à l'acide, opération insalubre nécessitant, au surplus, une main-d'œuvre importante de manutention. En pareil cas, nous pouvons suggérer à l'industriel en cause d'étudier, non seulement le chauffage électrique de son bac de galvanisation, mais également d'examiner la possibilité de remplacer le décapage à l'acide par une installation de décapage au moyen d'un four électrique continu fonctionnant en atmosphère réductrice, de sorte que les tôles engagées à l'entrée de ce four sortent au stade de finition sans aucune intervention manuelle intermédiaire. Il y aura lieu de rechercher en même temps si l'adoption du four électrique ne permet pas d'assurer une augmentation de la cadence de la production par rapport à la situation actuelle.»

Cette citation est aussi valable bien entendu, sans grand changement, pour toutes les applications industrielles de l'électricité. Comme on est loin de la conception habituelle des relations entre Distributeurs d'énergie électrique et abonnés, dans lesquelles la confiance ne règne pas toujours. Il faut relever que la conception étendue du rôle du distributeur

d'énergie d'EDF correspond à un besoin, à une politique bien définie et nationale de l'énergie sur un plan général. Les conditions d'exploitation et de distribution sont ainsi bien différentes de ce qu'elles sont en Suisse. EDF est une immense entreprise nationalisée qui travaille selon des directives gouvernementales. Elle cherche certes à orienter l'industrie vers une augmentation de la consommation d'électricité, mais surtout à veiller à l'utilisation rationnelle de l'énergie dans les industries, à éviter tout gaspillage, mauvais rendement et faux emplois de l'électricité. De ce fait, elle se préoccupe grandement de l'usage qui est fait de l'énergie dans les diverses industries. Cette conception de son rôle est compréhensible, si l'on considère qu'en France l'électrification est beaucoup moins développée qu'en Suisse et que nombre d'industries utilisent, même pour la force motrice, le charbon, le mazout, le gaz. Néanmoins, il faut reconnaître que nos amis français ont une fois de plus une conception des choses qui peut paraître quelque peu audacieuse, révolutionnaire même, mais qui leur fait adopter une solution certainement logique et rationnelle, pour laquelle nous ne pouvons que leur témoigner de l'admiration.

Adresse de l'auteur:

R. Golay, ing. en chef CVE, Av. des Alpes 1, Lausanne.

## Communications de nature économique

### L'électricité d'origine hydraulique et nucléaire

Après le succès remporté l'automne dernier dans les locaux des Grands Magasins Jelmoli S. A. à Zurich par l'exposition «La production d'électricité — problème national suisse», organisée par l'UCS, le vœu fut exprimé de montrer cette intéressante exhibition aussi dans d'autres villes. Les

Cette exposition thématique, qui couvrait une superficie de 600 m<sup>2</sup> environ, avait un caractère d'information. Elle était propre à approfondir la compréhension pour notre approvisionnement en énergie et se proposait d'attirer l'attention des milieux les plus divers sur la nécessité d'une mise en valeur accélérée des forces hydrauliques du pays, à l'aide de photos, diagrammes et modèles grand format d'usines et



BEA 1958

Exposition spéciale BKW/EWB

Entrée de l'exposition spéciale

Forces Motrices Bernoises et le Service électrique de la Ville de Berne ont saisi l'occasion de montrer cette exposition spéciale dans la halle «Construire», dans le cadre élargi de l'Exposition bernoise pour l'industrie, le commerce, l'agriculture et l'artisanat, qui dura du 3 au 13 mai 1958 sur l'Allmend de la ville de Berne (BEA 1958).

de barrages, de textes clairs et de tableaux. Un compte rendu de l'exposition aux Grands Magasins Jelmoli S. A. a paru l'année dernière dans les pages de l'UCS<sup>1)</sup>. En plus de cette documentation, à la BEA 1958 les Forces Motrices Bernoises,

<sup>1)</sup> Bull. ASE, 48<sup>e</sup> année(1957), n<sup>o</sup> 25, p. 306/307.

le Service électrique de la Ville de Berne et les Forces Motrices de l'Oberhasli ont mis l'accent sur les conditions particulières de leurs entreprises. La dernière section de l'exposition était consacrée à l'énergie atomique; il s'agissait du matériel exposé par l'«Electrodifusion» à la Foire d'échantillons de Bâle 1958.

Dans le domaine réservé au *Service électrique de la Ville de Berne*, on pouvait voir un vaste plan de la ville, sur lequel étaient représentées schématiquement la production et la provenance, ainsi que la distribution d'énergie électrique dans la région urbaine. Des graphiques montraient le développement de la fourniture d'électricité à laquelle le Service est astreint, des bénéfices nets versés à la Caisse municipale, des recettes moyennes par kWh et du chiffre de la population pendant les 30 dernières années.

Les *Forces Motrices Bernoises S.A.* ont donné un aperçu de leurs propres usines, comme aussi de leurs participations. En outre divers tableaux orientaient le visiteur sur le débit d'énergie, la livraison aux diverses catégories de consommateurs, la couverture des besoins et les échanges avec l'étranger. Un modèle en bois mettait en relief, de façon particulièrement suggestive, le débit d'énergie des FMB au cours des 20 dernières années, qui atteste l'augmentation énorme de la consommation de courant.

Les *Forces Motrices de l'Oberhasli S.A.* participaient à l'exposition avec différents objets, dont nous nous bornerons à citer le grand modèle de la centrale d'Innertkirchen, ainsi que la collection de minéraux recueillis dans le massif du Grimsel, mise obligeamment à disposition par le musée des sciences naturelles de Berne.

Dans la partie de l'exposition réservée à l'énergie atomique, on a essayé d'expliquer comment les problèmes de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire et de la protection contre les radiations sont résolus chez nous. Un grand modèle illustrait l'essence de l'énergie atomique, ainsi que la construction et l'exploitation d'une usine atomique. Réacteur S. A. à Würenlingen était également représentée avec divers objets d'exposition. En outre, le visiteur avait pour la première fois l'occasion de voir à Berne cinq bâtons d'uranium. Comme on s'y attendait, l'exposition atomique suscita un intérêt très vif, car on pouvait la comparer à une fenêtre ouverte sur un avenir entièrement nouveau et plus très éloigné.

L'exposition BEA 1958 a attiré quelque 100 000 visiteurs. On peut constater avec satisfaction que la division consacrée à l'économie électrique suisse fut très remarquée par de nombreux visiteurs et que la presse bernoise lui a consacré d'élogieux commentaires. *Dr A. Meichle F.: Bq.*

### La production d'électricité dans la sphère de l'OECE

Dans les pays membres de l'OECE la production totale d'électricité a atteint en 1957 un nouveau record de 396,5 milliards de kWh, dépassant ainsi de 22,7 milliards de kWh (6%) la production de l'année précédente, qui se montait à 373,8 milliards de kWh. Depuis 1950 la production globale d'électricité dans la sphère de l'OECE s'est développée comme suit:

1950: 228,0 milliards de kWh	1954: 315,6 milliards de kWh
1951: 254,7 milliards de kWh	1955: 344,1 milliards de kWh
1952: 271,5 milliards de kWh	1956: 373,8 milliards de kWh
1953: 286,8 milliards de kWh	1957: 396,5 milliards de kWh

Parmi les Etats membres de l'Organisation européenne de coopération économique (OECE), la Grande-Bretagne, la République fédérale allemande, la France, l'Italie, la Suède, la Norvège, la Suisse, les Pays-Bas, la Belgique et l'Autriche ont une importance particulière pour la production globale d'électricité. En 1957 ils ont totalisé à eux seuls 382,54 milliards de kWh, soit 97% environ de la production globale, répartis de la façon suivante:

Grande-Bretagne . . . . .	90,97 milliards de kWh
République fédérale allemande . . . . .	90,91 milliards de kWh
France . . . . .	53,96 milliards de kWh
Italie . . . . .	41,98 milliards de kWh

Suède . . . . .	29,12 milliards de kWh
Norvège . . . . .	25,46 milliards de kWh
Suisse . . . . .	15,64 milliards de kWh
Pays-Bas . . . . .	12,65 milliards de kWh
Belgique . . . . .	12,61 milliards de kWh
Autriche . . . . .	9,24 milliards de kWh

Les autres pays affiliés à l'OECE ont produit en 1957 les quantités suivantes d'énergie électrique:

Danemark . . . . .	3,35 milliards de kWh
Portugal . . . . .	2,16 milliards de kWh
Irlande . . . . .	1,72 milliards de kWh
Saar . . . . .	1,67 milliards de kWh
Turquie (1956) . . . . .	1,54 milliards de kWh
Luxembourg . . . . .	1,21 milliards de kWh

A partir du moment (1950) où le Conseil économique de l'Europe a fait son enquête pour la première fois, la production d'énergie électrique dans l'ensemble de l'OECE s'est accrue de 74,2% en 1957. Mais l'augmentation diffère beaucoup d'un pays à l'autre, comme le montre le tableau suivant, qui indique l'accroissement relatif de la production en 1957 par rapport à 1950:

Grande-Bretagne . . . . .	67%	Belgique . . . . .	49%
République fédérale allemande . . . . .	107%	Autriche . . . . .	90%
France . . . . .	71%	Danemark . . . . .	85%
Italie . . . . .	70%	Portugal . . . . .	128%
Suède . . . . .	60%	Irlande . . . . .	91%
Norvège . . . . .	47%	Saar . . . . .	11%
Suisse . . . . .	50%	Turquie (1956) . . . . .	94%
Pays-Bas . . . . .	71%	Luxembourg . . . . .	74%

L'enquête du Conseil économique de l'Europe a englobé également les Etats-Unis et le Canada. Aux USA la production d'électricité atteignit 715,64 milliards de kWh en 1957, contre 682,49 milliards de kWh en 1956, ce qui correspond à une augmentation de 5%. Par rapport à l'année 1950 la production s'est accrue de 84%.

Au Canada la production d'électricité s'est élevée en 1957 à 90,69 milliards de kWh et correspond ainsi approximativement à celle de la Grande-Bretagne ou de la République fédérale allemande, contre 81,70 milliards de kWh en 1956. L'augmentation est de 11% par rapport à 1956, et de 78% par rapport à 1950. *Dr O. Siegel F.: Bq.*

### Les emprunts des entreprises d'électricité en 1957

D'après une communication de l'Office fédéral de statistique les émissions de l'année dernière furent sous le signe d'un besoin extraordinaire d'argent. Comparativement à l'exercice précédent, le nombre d'emprunts a passé de 94 à 106 et leur valeur nominale de 1497 à 1643 millions de francs. Sur un total de 1638 millions de francs représenté par des émissions suisses (on n'enregistra en 1957 qu'un seul emprunt étranger de 5 millions de francs), 360 millions ou 21,8% concernent des emprunts d'entreprises d'électricité. Le chiffre record de l'année précédente a été dépassé ainsi de 23 millions de francs. Pour tous les 16 emprunts de centrales il s'agit sans exception de besoins nouveaux. Plus des deux cinquièmes concernent des usines valaisannes, soit Mauvoisin (50 millions), la Grande Dixence (40 millions), l'Electricité de la Lienne (12 millions), Gouggra (30 millions) et l'Energie Electrique du Simplon (15 millions). D'autres emprunts importants furent aussi ceux des Forces Motrices de Zervreila (35 millions), du Rhin postérieur (30 millions), de Blenio (30 millions), des Forces Motrices de la Suisse centrale (25 millions), des Forces Motrices Bernoises (25 millions), d'Aar et Tessin S. A. d'électricité (22 millions) et de l'Usine électrique de Rheinau (22 millions).

La demande croissante de capitaux, qui atteignit en 1957 un maximum sur le marché des obligations, a entraîné un renchérissement sensible de l'argent. Tandis que, pendant le premier trimestre, les emprunts furent encore émis à 3<sup>3</sup>/<sub>4</sub>%, le taux de l'intérêt est monté en automne partout à 4,5%. Le rendement de toutes les obligations d'entreprises électriques a augmenté de 3,48% en 1956 à 4,16% en 1957.

## Extraits des rapports de gestion des centrales suisses d'électricité

(Ces aperçus sont publiés en groupes de quatre au fur et à mesure de la parution des rapports de gestion et ne sont pas destinés à des comparaisons)

On peut s'abonner à des tirages à part de cette page

	Elektrizitätswerk der Stadt St. Gallen		Elektrizitätswerk des Kantons Schaffhausen		Elektrizitätswerk der Gemeinde Frauenfeld		Elektrizitätswerk Jona-Rapperswil AG.	
	1956	1955	1956/57	1955/56	1956	1955	1956/57	1955/56
1. Production d'énergie . . kWh	<b>4 358 799</b>	4 391 005	—	—	—	—	<b>1 370 360</b>	2 365 950
2. Achat d'énergie . . . kWh	115 332 957	108 280 636	160 478 815	140 193 160	<b>24 556 621</b>	21 180 356	<b>20 473 500</b>	17 627 300
3. Energie distribuée . . kWh	113 065 902 <sup>1)</sup>	108 603 021 <sup>1)</sup>	151 484 325	132 831 625	<b>23 195 292</b>	19 784 421	<b>21 843 860</b>	18 425 305
4. Par rapp. à l'ex. préc. . %	+4,11	+7,3	+14	+13,9	+7,69	+9	+9,3	+10,4
5. Dont énergie à prix de déchet . . . . . kWh	<b>7 525 953</b>	10 791 329	—	—	—	—	—	—
11. Charge maximum . . kW	<b>22 800</b>	22 030	<b>37 376</b>	31 900	<b>4 767</b>	3 922	<b>5 400</b>	4 620
12. Puissance installée totale kW	<b>179 455</b>	165 770	—	—	<b>43 193</b>	41 110	<b>29 100</b>	28 583
13. Lampes . . . . . { nombre	<b>378 960</b>	366 500	—	—	<b>71 484</b>	69 030	<b>54 291</b>	53 188
{ kW	<b>16 087</b>	15 354	—	—	<b>3 540</b>	3 425	<b>2 100</b>	2 075
14. Cuisinières . . . . . { nombre	<b>8 460</b>	7 694	—	—	<b>1 729</b>	1 717	<b>1 266</b>	1 180
{ kW	<b>54 780</b>	49 539	—	—	<b>8 667</b>	8 060	<b>8 433</b>	7 923
15. Chauffe-eau . . . . . { nombre	<b>11 140</b>	10 202	—	—	<b>2 110</b>	1 946	<b>1 735</b>	1 605
{ kW	<b>18 590</b>	16 730	—	—	<b>4 307</b>	3 905	<b>2 573</b>	2 349
16. Moteurs industriels . . { nombre	<b>22 552</b>	21 326	—	—	<b>3 715</b>	3 404	<b>2 824</b>	2 672
{ kW	<b>25 957</b>	24 589	—	—	<b>11 348</b>	10 385	<b>7 447</b>	7 039
21. Nombre d'abonnements . . .	<b>45 579</b>	43 957	<b>14 526</b>	14 282	<b>4 592</b>	4 393	<b>3 632</b>	3 506
22. Recette moyenne par kWh cts.	<b>8,60</b>	8,63	<b>5,13</b>	5,21	<b>8,05</b>	8,157	<b>7,2</b>	7,8
<i>Du bilan:</i>								
31. Capital social . . . . . fr.	—	—	—	—	—	—	<b>800 000</b>	800 000
32. Emprunts à terme . . . . . »	—	—	—	—	—	—	<b>1 000 000</b>	1 000 000
33. Fortune coopérative . . . . . »	—	—	—	—	—	—	—	—
34. Capital de dotation . . . . . »	<b>22 614 031</b>	21 901 442	—	—	<b>405 000</b>	350 000	—	—
35. Valeur comptable des inst. . . »	<b>13 504 445</b>	12 479 944	<b>620 009</b>	470 010	<b>1 195 900</b>	1 216 000	<b>2 034 740</b>	1 937 528
36. Portefeuille et participat. . . »	<b>7 200 000</b>	7 200 000	<b>1 756 880</b>	2 018 580	<b>5 000</b>	5 000	—	—
37. Fonds de renouvellement . . »	<b>580 000</b>	580 000	<b>540 000</b>	540 000	<b>214 000</b>	174 000	<b>126 000</b>	116 000
<i>Du compte profits et pertes:</i>								
41. Recettes d'exploitation . fr.	<b>9 718 475</b>	9 377 741	<b>7 773 100</b>	6 926 000	<b>1 901 800</b>	1 647 900	<b>1 587 886</b>	1 567 612
42. Revue du portefeuille et des participations . . . . . »	<b>273 600</b>	273 600	<b>62 650</b>	69 040	<b>120</b>	—	—	—
43. Autres recettes . . . . . »	<b>23 224</b>	22 764	<b>131 750</b>	125 690	<b>5 200</b>	5 200	<b>762 168</b>	557 986
44. Intérêts débiteurs . . . . . »	<b>1 055 128</b>	1 027 888	—	—	<b>30 200</b>	28 500	<b>30 190</b>	25 335
45. Charges fiscales . . . . . »	—	—	—	—	—	—	<b>19 435</b>	20 734
46. Frais d'administration . . . »	<b>532 657</b>	523 419	<b>503 620</b>	497 580	—	—	<b>244 435<sup>2)</sup></b>	223 542 <sup>2)</sup>
47. Frais d'exploitation . . . . . »	<b>767 842</b>	713 643	<b>947 380</b>	890 970	—	—	—	—
48. Achat d'énergie . . . . . »	<b>4 337 705</b>	4 019 632	<b>5 289 520</b>	4 586 510	<b>979 700</b>	843 250	<b>1 718 980</b>	1 568 618
49. Amortissements et réserves . . »	<b>1 234 874</b>	1 208 333	<b>600 170</b>	510 980	<b>188 100</b>	182 600	<b>311 160</b>	303 676
50. Dividende . . . . . »	—	—	—	—	—	—	<b>52 000</b>	52 000
51. En % . . . . . »	—	—	—	—	—	—	<b>6,5</b>	6,5
52. Versements aux caisses publiques . . . . . »	<b>2 150 000</b>	2 250 000	<b>625 000</b>	625 000	<b>152 100</b>	158 700	—	—
<i>Investissements et amortissements:</i>								
61. Investissements jusqu'à fin de l'exercice . . . . . fr.	<b>27 163 350</b>	25 858 716	<b>14 570 185</b>	13 820 013	<b>4 104 300</b>	3 830 000	<b>5 638 000</b>	5 315 588
62. Amortissements jusqu'à fin de l'exercice . . . . . »	<b>13 658 905</b>	13 378 771	<b>13 950 176</b>	13 350 003	<b>2 908 400</b>	2 614 000	<b>3 604 000</b>	3 378 059
63. Valeur comptable . . . . . »	<b>13 504 445</b>	12 479 945	<b>620 009</b>	470 010	<b>1 195 900</b>	1 216 000	<b>2 034 000</b>	1 937 529
64. Soit en % des investissements . . . . . »	<b>49,72</b>	48,26	<b>4</b>	3	<b>29,1</b>	31,5	<b>36,2</b>	36,4

<sup>1)</sup> y compris les fournitures d'énergie au GWW Riet.<sup>2)</sup> frais généraux.

Rédaction des «Pages de l'UCS»: Secrétariat de l'Union des Centrales Suisses d'Electricité, Bahnhofplatz 3, Zurich 1;  
 adresse postale: Case postale Zurich 23; téléphone (051) 27 51 91; compte de chèques postaux VIII 4355;  
 adresse télégraphique: Electrunion Zurich. Rédacteur: Ch. Morel, ingénieur.

Des tires à part de ces pages sont en vente au secrétariat de l'UCS, au numéro ou à l'abonnement.