

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 30 (1939)
Heft: 26

Artikel: Problèmes d'économie électrique à base de "houille branche"
Autor: Etienne, E.H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1058430>

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: 18.01.2025

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

Environ 6700 m³ de roche ont été enlevés et 1800 m³ bétonnés. Cette construction a contribué dans une large mesure à réduire le chômage. Sans compter la grande somme de travail fourni dans les fabriques de machines, pour la confection des matériaux de construction, etc., les travaux de chantier ont exigé 11 000 journées de travail, soit fr. 140 000.— de salaires, outre l'établissement des plans, les travaux de bureau et ceux de direction.

Pour terminer, voici une constatation qui illustre bien les magnifiques progrès réalisés par la technique :

Cette usine thermique de réserve de 10 000 kW à l'abri des bombardements aériens n'occupe pas plus de place que notre chaufferie construite il y a 35 ans pour l'alimentation d'une turbine de 2500 kW.

Problèmes d'économie électrique à base de "houille blanche".

Par E. H. Etienne, Berne.

621.311.21.003

Partant de l'évolution d'entreprises canadiennes d'électricité, l'auteur brosse un tableau des problèmes d'ordre économique qui se posent d'une façon générale à l'industrie de la production et de la distribution de l'énergie électrique à base de «houille blanche».

Cet article contient en outre le texte de la conférence qui, faute de temps, n'a pas pu être tenue à l'assemblée annuelle de l'ASE à Fribourg. Si, depuis la conflagration, les conclusions ont passé en partie au second plan, il est très probable qu'elles regagneront de l'actualité dès le passage de l'économie de guerre à l'économie en temps de paix.

Nous publions cet article sans aucun engagement de notre part; il contient une foule de renseignements et de sujets de discussion intéressants. (— Réd.)

Ausgehend von der Entwicklung kanadischer Elektrizitätsunternehmen, gibt der Verfasser ein Bild elektrizitätswirtschaftlicher Probleme, die für die auf der «weissen Kohle» aufgebaute Elektrizitätserzeugung und Verteilung ganz allgemein gelten.

Der Artikel enthält auch den Text des Kurzvortrages, der infolge von Zeitmangel bei der Jahresversammlung des SEV in Freiburg nicht gehalten wurde. Wenn auch seit den kriegerischen Verwicklungen die Schlussfolgerungen zum Teil überholt sind, so ist zu erwarten, dass sie nach dem Uebergang von der Kriegs- zur Friedenswirtschaft besondere Geltung erlangen.

Wir veröffentlichen diesen Artikel, ohne dazu irgendwie Stellung zu beziehen; er enthält eine Fülle interessanten Materials und Diskussionsstoffes. (— Red.)

A. A propos de l'adaptation de la production disponible d'énergie hydroélectrique à la demande.

I.

L'adaptation de la production à la demande est un problème qui se pose pour toutes les industries. Dans le cas de la production d'énergie électrique ce problème est plus délicat, vu que cette énergie ne peut pas être accumulée massivement et doit donc être produite au fur et à mesure de sa consommation. Le producteur est ainsi tenu de livrer à n'importe quel moment les quantités d'énergie et les puissances très variables dont les consommateurs ont besoin. Ceux-ci se réservent la faculté d'absorber toute la puissance souscrite et l'énergie requise quand besoin en est.

Dans les pays de «houille blanche» l'adaptation de la production à la demande se heurte à des difficultés particulières. Ces difficultés proviennent surtout de l'incertitude due aux variations intempestives des débits provoquant, selon les cas, une diminution importante de l'énergie et des puissances disponibles. D'autre part, le fait que les projets d'aménagement et les travaux de construction des usines hydrauliques exigent plusieurs années de préparation et d'exécution oblige de baser les projets d'aménagements nouveaux sur une extrapolation des demandes.

Un exemple typique des difficultés sur lesquelles il y a lieu d'attirer l'attention est celui des récents événements qui se sont produits dans la province d'Ontario au Canada.

II.

L'Ontario a une superficie égale à celle de la France et de l'Allemagne sans l'Autriche et une po-

pulation d'env. 3 millions et demi¹). A l'exception de la ville fédérale d'Ottawa et de certains districts de la région minière, l'ensemble de la population est

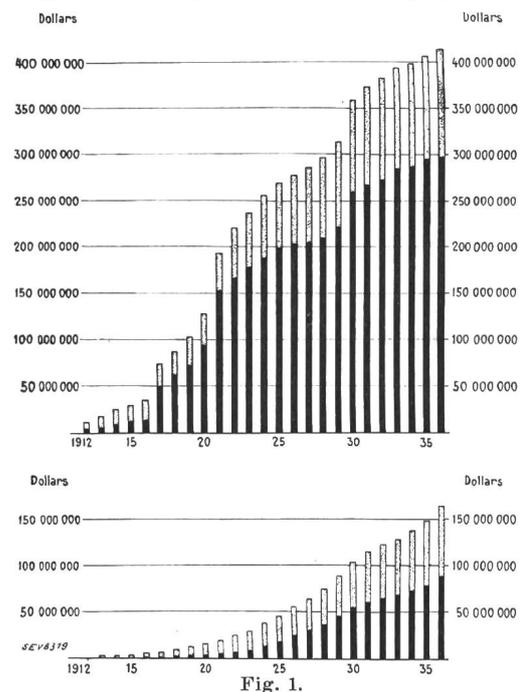


Fig. 1. Hydro-Electric Power Commission of Ontario.

En haut: Développement des capitaux engagés dans l'ensemble des installations.

En bas: Développement des réserves.

■ Hydro.
▨ Gemeinden.

desservie par la «Hydro-Electric Power Commission of Ontario» appelée brièvement l'«Hydro». Cette

¹ La population d'Ontario augmentait, avant la crise, en moyenne de 2,8 % par an.

entreprise a été constituée en 1906 par les communes sous les auspices de la province d'Ontario. Il s'agit d'une entreprise mixte communale et provinciale placée sous la direction d'une commission qui dépend du gouvernement provincial. L'Hydro a pour objet de vendre l'énergie au prix de revient à ses membres, les municipalités, et de desservir sans réaliser de bénéfice tout le peuple d'Ontario. Après avoir racheté successivement les installations des entreprises d'électricité privées dans l'Ontario, l'Hydro est devenue la plus importante entreprise appartenant au corps public, probablement du

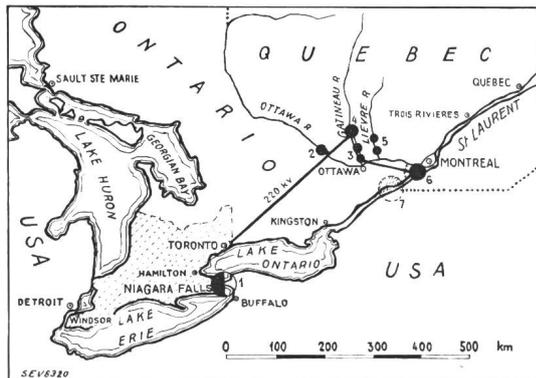


Fig. 2.

Plan de situation des usines alimentant l'«Hydro».

	kW
1 Usines du Niagara, propriété de l'Hydro . . .	700 000
2 Usines Rapides des Chats (pr. de l'Hydro 50%) . . .	140 000
3 Usines de Chelsea et de Farmers (Gatineau Power Co.) . . .	220 000
	(175 000) ¹⁾
4 Usine de Pagan (Gatineau Power Co.) . . .	200 000
5 Usines de la Me Laren Quebec Power Co. . .	100 000 ²⁾
6 Usine de Beauharnois . . .	1 500 000
	(300 000) ¹⁾
7 Aménagement du St. Laurent (projet) env. . .	1 300 000 ³⁾
Surface hachurée = Réseau du Niagara.	

¹⁾ Chiffres entre parenthèses = aménagement actuel.
²⁾ Puissance souscrite par l'«Hydro».
³⁾ dont 50 % appartenant aux États-Unis.

monde entier. Elle bénéficie d'un monopole de fait de la production et de la distribution d'énergie dans l'Ontario et dessert en gros 780 communes dont 124 villes. Le nombre d'abonnés desservis par l'Hydro est de 700 000 en chiffre rond. La distribution au détail est assurée par les communes.

Les capitaux engagés dans les installations de l'Hydro et des municipalités s'élevaient à fin 1937 à 425 millions de dollars, ce qui correspond à 2,1 milliards de fr. suisses, c'est-à-dire exactement aux capitaux investis par l'ensemble des entreprises suisses d'électricité livrant à des tiers (voir fig. 1).

La puissance maximum a atteint en décembre 1937 1 340 000 kW et les livraisons d'énergie se sont montées en 1937 à env. 7,5 milliards de kWh — ce qui correspond pas trop mal à la production globale d'énergie en Suisse.

Le super-réseau à très haute tension comportait fin 1937 5000 km de ligne, dont 1200 km à 220 kV et 1250 km à 110 kV.

Le réseau de bien loin le plus important de l'Hydro est celui du Niagara, desservant une population de 2,1 millions, réseau auquel se rapporte l'exposé suivant. Le territoire alimenté par ce ré-

seau est indiqué par les hachures sur le plan de situation (fig. 2).

L'accroissement prodigieux de la consommation pendant la guerre mondiale ayant provoqué une pénurie d'énergie très grave décida la direction de l'Hydro d'aménager l'usine de Queenston sur le Niagara. Cette usine, prévue pour une puissance globale de 400 000 kW, constituait une réalisation remarquable pour l'époque — il s'agit des années 1919 à 1922. Elle devait pouvoir faire face à l'accroissement des demandes durant une série d'années prolongée, en installant au fur et à mesure des besoins les 8 groupes de 55 000 kVA. La crise de 1921 causa aux dirigeants de l'Hydro de sérieuses préoccupations au sujet du placement de l'énergie. Mais dès la reprise, l'accroissement des demandes prit une allure telle, que les groupes supplémentaires durent être installés en avance sur les prévisions. En 1925 l'Hydro se trouva de nouveau au bout de ses ressources en énergie disponible. La menace d'une pénurie d'énergie l'obligea de décourager certaines nouvelles applications, en particulier les appareils thermiques et l'amélioration de l'éclairage public.

Avec l'achèvement de l'usine de Queenston les forces aménageables du Niagara canadien dans le cadre du traité international relatif à la dérivation des eaux du Niagara et à la protection des sites furent épuisées.

Comme les forces hydrauliques encore aménageables se trouvent dans les régions inhabitées du nord de la province d'Ontario, l'Hydro dût se décider entre les alternatives suivantes:

- 1° Construction d'une usine thermique au centre de consommation, au bord du lac d'Ontario.
- 2° Aménagement du St-Laurent sur le secteur international en aval du lac d'Ontario.
- 3° Achat d'énergie étrangère provenant d'usines hydro-électriques de la province de Québec et d'usines situées sur le cours d'eau interprovincial, l'Ottawa.

La première alternative fut écartée afin de rester indépendant des importations de combustible (malgré la proximité relative des bassins houillers des États-Unis et les facilités de transport). La seconde alternative aurait conduit à des pourparlers de longue durée avec les États-Unis ce qui aurait retardé la mise en chantier. D'autre part les aménagements en question — de grande envergure — auraient nécessité d'importantes immobilisations et plusieurs années d'exécution. L'achat d'énergie de la province de Québec était la solution la plus avantageuse tant au point de vue du coût de l'énergie que des délais de livraison échelonnés.

Le plan de situation de la fig. 2 illustre ce qui précède.

Comme l'Hydro ne pouvait aménager des forces hydrauliques en dehors du territoire d'Ontario, elle conclut avec diverses sociétés privées de la province de Québec des contrats d'achat d'énergie, dont les fournitures étaient échelonnées de 1928 à 1936, sur la base d'un programme déterminé,

voir fig 3. Ce programme avait été préparé très soigneusement d'après les relevés statistiques se rapportant à une série de 18 années. L'accroissement annuel moyen de la consommation durant cette période se chiffrait à 11,4 %. Ce résultat correspondait d'ailleurs à celui d'autres secteurs puissants au Canada et aux Etats-Unis. Par prudence

La quantité d'énergie constante qui, en 1935, était inutilisable à défaut de possibilité de placement se montait à 350 000 kW-an sur une production disponible de 1 100 000 kW-an²). Dans des conditions normales, sur la base des accroissements moyens, la puissance requise aurait probablement atteint env. 1 300 000 kW.

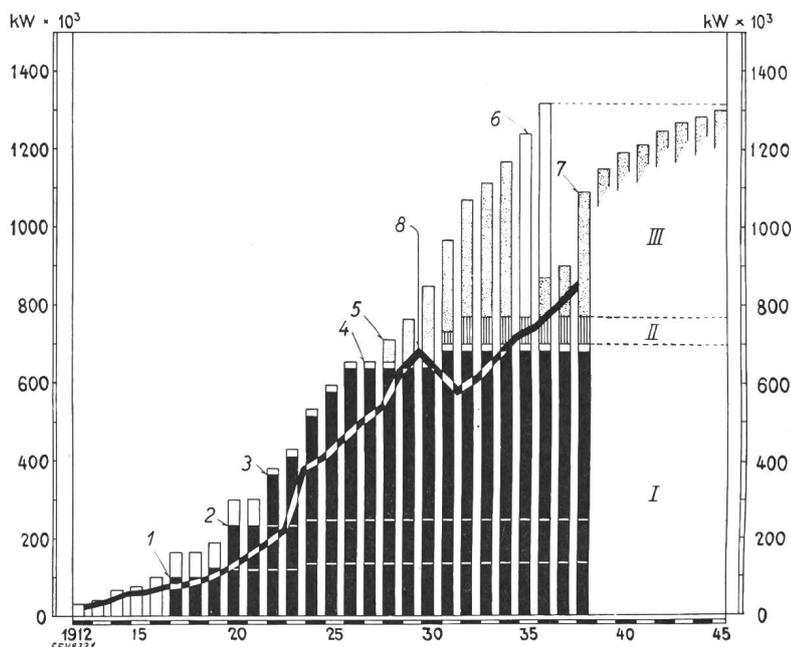


Fig. 3.
Développement des puissances disponibles (colonnes) et des puissances maxima (courbe) dans le réseau du Niagara de l'Hydro.

La hauteur totale des colonnes indique la puissance globale disponible; la partie en noir représente la puissance disponible correspondant à la production propre.

- 1 Ontario Power.
- 2 Toronto Power.
- 3 Queenston.

Energie achetée:

- 4 à d'autres usines sur le Niagara.
- 5 à des usines de la province de Québec.
- 6 Contrats annulés.
- 7 Nouveaux contrats.
- 8 Pointe max. de 20 minutes en décembre, sans les fournitures d'énergie de déchet.

Couverture des demandes dès 1938.

- I Force du Niagara.
- II Rapides des Chats (part de l'Hydro).
- III Force provenant de la Province de Québec.

et afin de tenir compte de la saturation inévitable, l'Hydro adopta pour ses prévisions concernant la période de 1930 à 1936 une augmentation annuelle moyenne de 7,7 %. Les derniers contrats furent signés en 1930, où, malgré le début de la crise, la consommation d'énergie avait accusé une forte augmentation. En particulier la puissance des appareils et moteurs raccordés avait augmenté de 100 000 kW.

Pour assurer les fournitures d'énergie à l'Hydro, de nouvelles usines furent construites par des sociétés existantes ou par de nouvelles sociétés qui se sont constituées pour desservir l'Hydro. Le financement eut lieu par des emprunts d'obligations pour lesquels le service des intérêts était garanti par les contrats de fourniture d'énergie.

A peine les derniers contrats furent-ils signés et la plupart des aménagements nouveaux en cours d'achèvement qu'une stagnation dans le développement des ventes se fit sentir. Une régression importante suivit à partir de 1931. Malgré l'extrême prévoyance et la gérance très prudente de l'Hydro qui avait accumulé un fonds de réserve spécial pour les années maigres, les conséquences de la régression sur la trésorerie furent désastreuses. Les déficits des exercices de 1931 à 1935 ramenèrent le montant de la réserve spéciale de 14,5 millions de dollars en 1931 à 3,8 millions en 1935. Ces déficits résultèrent principalement des achats d'énergie pour laquelle il n'y avait pas d'emploi et s'élevèrent pour les 4 exercices de 1932 à 1935 à 12,5 millions de dollars.

III.

En période de dépression économique particulièrement grave on ne put éviter que la politique s'empare des affaires de l'Hydro. Nous passerons sous silence les événements regrettables qui suivirent et n'énumérerons que les faits principaux, à savoir:

La nouvelle composition de la commission de l'Hydro où les experts indépendants furent remplacés par des hommes politiques,

le décret du procureur général de la province d'Ontario, qui — sur la base d'arguments tirés par les cheveux — déclara que les contrats d'achat d'énergie provenant d'une autre province sont et ont toujours été illégaux, nuls et inapplicables pour l'Hydro,

et enfin l'avenant plaçant l'Hydro à l'abri de toute poursuite judiciaire.

Les conséquences immédiates furent — d'une part, l'assainissement des finances de l'Hydro et les réductions de tarif qui suivirent, — d'autre part, un équipement d'env. 350 000 kW de force, pour laquelle il n'y avait aucun marché, une baisse en bourse de 56 millions de dollars sur les cours des emprunts des sociétés touchées par la résilia-

²) Plus 10 % de réserve. L'Hydro ne possède aucune réserve thermique; elle tient 10 % de la puissance maximum requise en réserve dans les usines hydrauliques, alors qu'aux Etats-Unis et en Angleterre les grands réseaux prévoient une puissance de réserve de 30 % dans les centrales thermiques.

tion des contrats et l'interruption du service des intérêts pour divers emprunts.

Il n'y a pas lieu d'entrer dans des détails au sujet des négociations sans issue provoquées par la résiliation des contrats. La nouvelle commission croyait agir pour le mieux en réadaptant la production disponible à la demande immédiate. Elle ne renouvela que 2 des contrats d'achat d'énergie pour avoir une faible marge et envisageait la construction de nouvelles usines sur le Niagara pour faire face aux accroissements futurs.

Mais les hasards du marché de l'énergie surprisent aussi la nouvelle commission dans sa politique autarchique du retour à la production propre. L'ac-

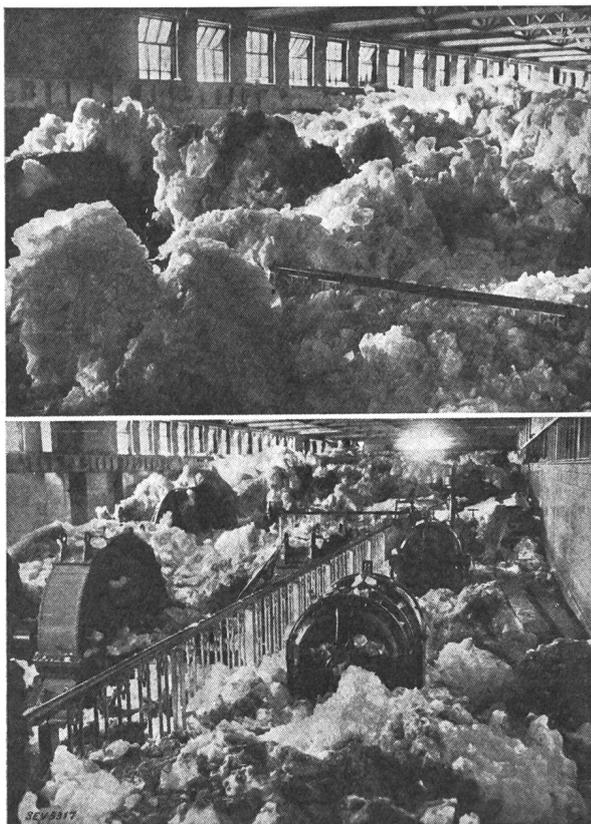


Fig. 4.

Usine du Niagara de l'«Hydro» envahie par les glaces.

croissement des demandes à partir de 1936 s'accroît d'une façon inattendue durant l'été 1937. L'opinion publique s'alarme et une pénurie d'énergie parût imminente pour l'hiver 1937/38. Le gouvernement dut abandonner sa politique d'autarchie et nomma, à la fin de 1937, une nouvelle commission, composée d'experts indépendants. Ceux-ci s'empresèrent d'entrer en pourparlers avec les sociétés de la province de Québec et de renouveler les contrats d'achat d'énergie moyennant un abaissement du prix du kW-an de 20 à 17 dollars et certaines concessions relatives à l'échelonnement des fournitures. Grâce à cette nouvelle tournure l'Ontario fut préservé d'une pénurie d'énergie sans précédent au courant de l'hiver 1937/38.

En effet, en janvier 1938, l'usine de l'Hydro située au pied des chutes du Niagara fut envahie par les glaces peu après l'effondrement du pont du Niagara. La salle des machines fut remplie de glace jusqu'à la hauteur des rails du pont roulant (voir les photographies ci-contre). L'arrêt de l'usine provoqua une diminution de la puissance d'environ 130 000 kW. D'autre part une diminution de la puissance disponible de 60 000 kW pendant 50 heures fut causée par des barrages de glace dans le canal d'amenée de l'usine de Queenston. La perte de puissance enregistrée correspond à peu près au quart de la charge maximum du réseau principal de l'Hydro.

IV.

Voyons maintenant comment la nouvelle commission cherche à rétablir l'équilibre entre la production disponible et la demande. Après avoir renouvelé des contrats d'achat d'énergie, l'Hydro dut trouver un marché temporaire pour les excédents destinés à couvrir ses besoins futurs. Un tel marché ne se trouve qu'aux Etats-Unis, où l'Hydro exporte déjà une part de la production de ses usines sur le

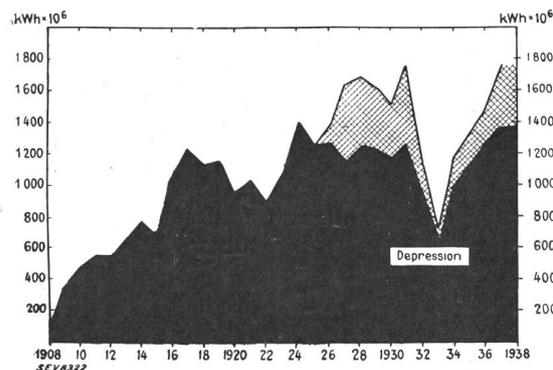


Fig. 5.

Développement de l'exportation d'énergie du Canada aux Etats-Unis.

▨ Energie inconstante.
■ Energie constante.

Niagara et où il est possible de conjuguer les fournitures d'énergie inconstante avec la production thermique. L'Hydro soumit au Parlement une demande d'exportation pour placer aux Etats-Unis ses excédents temporaires, il s'agit d'env. 100 000 kW. Pour saisir la portée de cette démarche il est nécessaire de rappeler brièvement les dispositions légales du Canada en matière de l'exportation d'énergie électrique.

Comme la Suisse, le Canada dut protéger ses ressources en forces hydrauliques très bon marché contre l'exportation. Le premier acte législatif sur l'exportation de l'électricité date de 1907 et place cette exportation sous le contrôle du gouvernement fédéral (département du commerce). En 1924 une demande d'exportation de la production d'une nouvelle usine aux environs de Montréal renforça l'opposition contre l'exportation, et le Parlement décréta qu'aucune autorisation d'exportation ne serait accordée sans le consentement des provinces intéressées. En 1926, les gouverne-

ments d'Ontario et de Québec prohibèrent toute nouvelle exportation d'énergie en plus des contrats existants. Vu la pléthore d'énergie qui existe depuis la crise, le gouvernement de Québec abrogea en 1933 le décret de 1926 et cet exemple fut suivi récemment par le gouvernement d'Ontario.

Actuellement, la question de l'exportation semble se heurter à des difficultés provenant de l'attitude du gouvernement américain qui — comme il est connu — a de gros intérêts dans les aménagements de forces hydrauliques.

Les répercussions de la législation et de la crise économique sur l'évolution des exportations d'énergie du Canada aux Etats-Unis ressortent de la fig. 5³⁾.

Le revirement qui s'est produit au Canada au sujet de l'exportation d'énergie prouve donc bien que l'exportation est un moyen efficace pour parer aux difficultés particulières de l'adaptation de la production disponible à la demande dans les pays de «houille blanche».

V.

Le cas de l'Hydro est donc un exemple typique faisant ressortir les difficultés d'adapter la production disponible d'énergie hydro-électrique à la demande. Il montre que plus le degré d'électrification est avancé, plus l'équilibre financier des entreprises électriques est fragile. Comme d'une part les nouvelles applications de l'électricité à basse consommation spécifique et à de bons prix deviennent toujours plus rares et que d'autre part les progrès de la technique dans le domaine des procédés de fabrication électrochimiques, électrométallurgiques et électrothermiques développent les usages à consommation massive de l'électricité à de bas prix, il est à craindre qu'en général la stabilité du marché de l'électricité sera de plus en plus compromise, d'autant plus que les industriels abandonnent toujours davantage la production propre en faveur de l'achat d'énergie au secteur. Il est donc très probable que dans les pays de «houille blanche» les difficultés d'adapter la production disponible des usines à la demande iront en croissant à mesure que le marché de l'électricité devient plus sensible à la variation des cycles économiques.

B. L'avilissement de l'énergie électrique d'origine hydraulique.

I.

L'aménagement de forces hydrauliques pour la production massive d'énergie électrique engendre, comme *sous-produit*, des quantités considérables d'énergie de déchet. Cette énergie est disponible temporairement et n'est donc pas utilisable à volonté.

La part qui est disponible pendant une partie de l'année, selon le régime hydrologique des diverses régions, constitue l'énergie saisonnière. Cette catégorie d'énergie est mise en valeur en conjuguant les usines au fil de l'eau avec les usines à

³⁾ Les exportations ont atteint, en 1937, 1,7 milliards de kWh (chiffre rond), ce qui correspond à env. 6 % de la production totale d'énergie au Canada.

accumulation et les usines thermiques ou en interconnectant les réseaux d'un pays à l'autre (exportation et importation de l'énergie entre pays de «houille blanche» et pays de houille noire). L'énergie saisonnière est aussi employée à certains procédés de fabrication électrochimiques, électrométallurgiques et électrothermiques supportant un arrêt partiel ou total pendant l'étiage.

La part restante ou les résidus constituent l'énergie de déchet proprement dite. Il s'agit des disponibilités qui, dans le courant d'une année et d'une année à l'autre, sont de nature extrêmement fugace selon la variation des affluents d'une part et la fluctuation des demandes d'autre part. Jusqu'au début de la dernière décade cette catégorie d'énergie ne trouvait en général pas de preneur, à part les rares installations de pompage pour le remplissage des bassins d'accumulation. Actuellement, l'énergie de déchet fournie sans garantie de continuité de livraison est utilisée en grosses quantités pour alimenter les chaudières électriques doublées de chaudières chauffées au charbon ou au mazout.

Les chaudières électriques constituent l'usage le plus pauvre de l'électricité, le prix de fourniture étant un prix de parité des combustibles solides ou liquides. Ce prix n'atteint généralement qu'une fraction du prix de revient moyen du kWh, p. ex. au Canada env. 0,07 cent (0,3 centime suisse) contre un prix de revient du kWh aux bornes de l'usine d'env. 0,14 cent (0,6 centime suisse). En Suisse ce prix est aussi égal à env. la moitié du prix de revient moyen du kWh (usines à basse chute).

Les chutes les plus économiques et les plus proches des centres de consommation ayant été en général aménagées tout d'abord, il est probable que pour les nouvelles usines le prix de revient du kWh ira en augmentant. La tendance de cette hausse ressort du tableau I.

Tableau I.

Usine au fil de l'eau	Année de mise en service	Prix d'établissement	Puissance disponible	Product. annuelle moyenne possible	Prix de revient moyen du kWh
I. Suisse					
(Rhin, Aare inférieure et Limmat)		10 ⁶ Fr.	kW	10 ⁶ kWh	Cts.
Ryburg-Schwörstadt	1930	60	92 000	600	1,0
Wettingen	1933	18	21 000	140	1,3
Albruck-Dogern	1934	64	74 000	490	1,3
Klingnau	1935	40	38 000	230	1,7
II. Canada					
(Bassin du St. Maurice, province de Québec)					
Shawinigan Falls Usine 2 B ¹⁾	1929	35	90000	ca. 600	0,6
Rapide Blanc ²⁾ 1 ^{re} étape	1934	45	120000	ca. 800	0,6 ³⁾
Aménagement complet			180000		

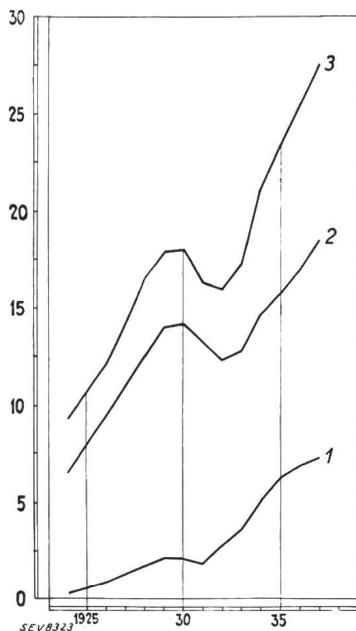
¹⁾ Usine située à proximité de gros centres de consommation.

²⁾ Usine située à environ 200 km des centres de consommation.

³⁾ Le prix du kWh rendu en haute tension aux centres de consommation est environ le double.

Ainsi, même en cas de hausse normale du prix des combustibles, résultant p. ex. de l'amélioration

des conditions sociales des mineurs, il faut s'attendre à ce que, à longue échéance, le prix de fourniture du kWh pour les chaudières électriques reste sensiblement inférieur au prix de revient moyen du kWh d'origine hydraulique (conflagrations, grèves, etc., mises à part). La chaudière électrique restera donc un preneur d'énergie de déchet — inutilisable pour d'autres usages — et son économie résidera toujours dans l'utilisation plus complète des usines hydrauliques grâce à la possibilité de fournir sans garantie de continuité de livraison.

kWh · 10⁹

II.

Le graphique de la fig. 6 donne pour le Canada et la Suisse le développement des livraisons pour les chaudières électriques, la consommation dans le pays sans les chaudières électriques et la production totale y compris l'énergie qui est exportée. Il est clair que l'augmentation prodigieuse des livraisons pour les chaudières électriques durant ces dernières années ne provient pas de la mise en valeur toujours plus complète d'énergie de déchet. Cette augmentation provient surtout du suréquipement des installations de production résultant du ralentissement de l'accroissement des demandes d'énergie par rapport aux prévisions. Par la force des choses les excédents d'énergie pour lesquels il n'y avait pas de possibilité de placement immédiat ont été vendus à titre d'énergie de déchet, c'est-à-dire à vil prix.

Ainsi, en période de suréquipement dans les pays de «houille blanche», l'énergie électrique de qualité — c'est-à-dire l'énergie utilisable à volonté — est avilie. Elle subit en quelque sorte une dégradation dans la hiérarchie des diverses applications: lumière, force, électrochimie, métallurgie, électrothermie, chaudières électriques. Ce phénomène serait tout à fait normal si les excédents d'énergie utilisable à volonté tendaient à se résorber et que, petit à petit, seule l'énergie de déchet, y compris la part d'énergie correspondant à la puissance à tenir en réserve, était utilisée pour ali-

menter les chaudières électriques. Or, d'après les récents développements, il semble que cela n'est pas le cas. En effet, dans le mélange des diverses qualités d'énergie, certaines catégories subissent pour ainsi dire un *avilissement* chronique.

Les conséquences de l'avilissement de l'énergie électrique seront d'autant plus graves que la mise en chantier de nouvelles usines est basée de moins en moins sur les besoins réels de la consommation, mais sur les besoins fictifs d'une consommation globale *poussée* comprenant les livraisons

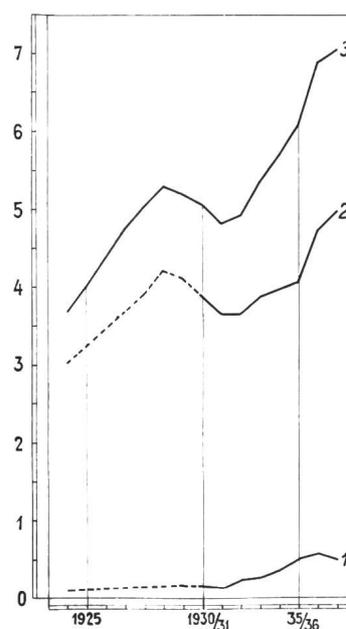
kWh · 10⁹

Fig. 6.

Progression des livraisons pour les chaudières électriques (1), de la consommation dans le pays sans les chaudières électriques (2) et de la production globale y compris l'exportation (3), au Canada (à gauche) et en Suisse (à droite).

d'énergie de déchet. En outre, pour des raisons d'ordre politique où de concession de forces hydrauliques, de nouvelles chutes sont aménagées sans que leur équipement soit justifié par l'accroissement de la consommation.

D'autre part, divers symptômes font prévoir que l'avilissement de l'énergie hydro-électrique ne fait que commencer, p. ex. les petits et gros consommateurs sont tentés, sous l'action de la loi du moindre effort, de substituer l'énergie électrique aux combustibles solides et liquides là où ils trouvent leur avantage. Les industriels utilisant de l'énergie saisonnière cherchent à maintenir la fabrication en hiver pour diminuer le chômage. Enfin, n'oublions pas que les tentatives de placer les ressources naturelles du pays au service d'une politique d'autarchie, en particulier l'emploi de quantités massives d'énergie électrique à la fabrication de produits synthétiques, aboutiront fatalement à l'avilissement d'énergie de qualité.

Il est évident qu'en laissant libre cours à ces tendances l'avilissement de l'énergie électrique prendra des proportions inquiétantes et les entreprises d'électricité risqueront de tomber dans le même marasme financier que les entreprises ferroviaires. C'est pourquoi il y a lieu d'attirer l'attention sur la nécessité impérieuse de réintégrer, pour les besoins d'énergie utilisable à volonté ou d'énergie de qualité les excédents vendus temporairement au prix d'énergie de déchet. Il s'agit donc surtout de

pousser les applications de l'électricité pour l'éclairage et la force, entre autres l'amélioration de l'éclairage et l'électrification des moyens de transport en commun urbains (trolleybus et véhicules de livraison à accumulateurs). Bien que, quantitativement, les possibilités de placement d'énergie pour ces applications soient limitées, elles offrent d'intéressantes perspectives de développement. En particulier, le trolleybus mérite de retenir l'attention, car il est très probable qu'avec les rapides progrès de la technique dans la transformation de courant alternatif en courant continu, il sera possible, dans un avenir pas trop éloigné, d'effectuer cette transformation sur le véhicule. Les américains escomptent déjà cette possibilité qui sera particulièrement intéressante pour les entreprises urbaines de distribution et de traction combinées.

Quant aux applications thermiques, en particulier les chaudières électriques, il sera nécessaire de chercher à compenser l'avalissement, dans la mesure du possible, en augmentant la flexibilité de la livraison. L'utilisation de la capacité d'accumulation des chaudières doublant les chaudières électriques, l'installation d'accumulateurs de vapeur ou d'eau chaude, les accumulateurs de chaleur hebdomadaires permettant d'utiliser les déchets d'énergie en fin de semaine sont autant de possibilités que de cas particuliers contribuant à valoriser l'énergie de déchet utilisée comme source de chaleur.

Dans cet ordre d'idées il y a lieu de signaler les solutions intéressantes qui, actuellement, sont à l'étude au Canada. Dans les régions de l'est de ce pays il n'existe que des usines à basse chute alimentées par des rivières, dont les débits sont régularisés par des lacs naturels et artificiels. Il s'agit donc d'énergie de 24 heures en grande partie à peu près constante durant toute l'année. Comme les chaudières électriques — dont les plus grosses unités ont une puissance de 50 000 kW — sont situées à proximité immédiat des usines, il serait possible de doubler ces chaudières par des générateurs de vapeur p. ex. du type Velox. Ceux-ci entreraient en action aux heures de pointes du réseau, ce qui permettrait de n'alimenter les chaudières électriques qu'aux heures creuses. De nouvelles perspectives s'ouvrent donc pour valoriser l'énergie de déchet.

C. Les entreprises d'électricité, source de contributions indirectes.

I.

Les difficultés économiques durant la crise ont mis les caisses publiques fortement à contribution et les difficultés de trésorerie sont générales. Il semblait donc tout naturel de prendre l'argent où il se trouve. Comme l'industrie de la production et de la distribution d'énergie électrique a fait preuve d'une stabilité remarquable pendant les crises antérieures et au début de la dernière crise, il n'est donc pas surprenant que les producteurs et distributeurs aient été appelés à contribuer, dans

une large mesure, à alimenter la trésorerie des pouvoirs publics.

La fig. 7 représente, pour les Etats-Unis, le Canada et la Suisse l'accroissement des contributions des entreprises d'électricité sous forme d'impôts, de droits d'eau, etc., en pourcents des recettes.

Il est connu que le prix de l'énergie électrique dépend en partie de l'usage que l'on fait de cette énergie. Inversément, l'usage de l'énergie électrique

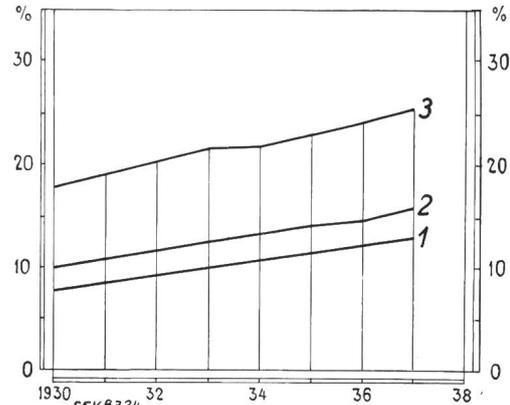


Fig. 7.

Progression des taxes fiscales payées par les entreprises d'électricité, en pourcents des recettes.

Pays:	Entreprise:	Mouvement d'énergie en 1937 kWh × 10 ⁹	Recettes en 1937 frs. × 10 ⁶
1 Canada	Montreal Light Heat & Power	2	113
2 Etats-Unis	Ensemble des entreprises d'électricité privées	121	9000
3 Suisse	Ensemble des entreprises d'électricité livrant à des tiers	5 ¹⁾ 1936/37.	248

dépend du prix auquel cette énergie est vendue. Par la force des choses nous marchons tout naturellement vers les consommations massives à bas prix. Par conséquent les taxes dont les entreprises d'électricité sont frappées deviendront de plus en plus un obstacle au développement des applications nouvelles de l'électricité. Les pouvoirs publics ayant eux-mêmes des intérêts dans les entreprises d'électricité entravent le développement de leurs propres régies et agissent ainsi contre leur propre intérêt.

La preuve en est donné par les considérations suivantes:

En Suisse où les exigences du public et le standard de vie sont particulièrement élevés, la consommation moyenne par abonné pour les usages domestiques est de 780 kWh/an. Les entreprises d'électricité livrant à des tiers ont versé, en 1937, 64 millions de francs au fisc, y compris la part des bénéfices des régies municipales que les municipalités s'approprient, ce qui correspond à 25,8 % des recettes provenant de la vente d'énergie. Au Canada, en particulier dans l'Ontario, le standard de vie et les exigences du public sont très semblables à ceux de Suisse. La consommation moyenne par abonné pour les usages domestiques se monte en chiffre rond à 1750 kWh/an. Dans cette province l'énergie est vendue, comme nous l'avons vu, au prix de revient

par une entreprise appartenant au corps public, entreprise qui ne verse que \$ 1 000 000, soit env. 4,4 millions de francs, par an au fisc ou 0,6 pour-cent sur le produit des ventes d'énergie. (Le mouvement d'énergie est de l'ordre de grandeur de celui de la Suisse.)

Dans la province de Québec (Canada français) les entreprises électriques, constituées sous la forme de sociétés privées, payent en impôts municipaux, provinciaux et fédéraux y compris les droits d'eau jusqu'à 13 pourcents des recettes. La consommation moyenne par abonné domestique n'est que de l'ordre de 700 kWh/an.

A Winnipeg, l'entreprise électrique municipale est pratiquement exempte d'impôt. La consommation moyenne par abonné domestique atteint le chiffre record de 4 700 kWh/an.

II.

Pour ceux qui s'intéressent aux chiffres, nous signalons que la consommation massive à Winnipeg⁴⁾ provient surtout de la consommation des chauffe-eau, qui atteint en moyenne 5400 kWh/an par chauffe-eau ou 58 pourcents de la consommation domestique totale. La recette moyenne par chauffe-eau est de \$ 21.00 = fr. 91.50 par an et le prix moyen du kWh 0,39 cent = 1,7 centime suisse. Plus de la moitié des abonnés possèdent un chauffe-eau.

En outre, nous avons reporté dans le tableau II, pour 4 villes canadiennes le prix du gaz et le nombre d'abonnés au gaz en pourcents de la popu-

mations moyennes d'électricité à Montréal et dans les autres villes en question.

III.

Il ressort de ce qui précède que la consommation massive d'énergie électrique dans les ménages est due aux applications thermiques et que cette consommation est d'autant plus importante que le prix de l'énergie est plus bas. Il n'y a donc pas de doute que les taxes et les redevances frappant les entreprises d'électricité vont à l'encontre de la consommation massive de l'énergie électrique dans les ménages. Ceux-ci couvriront leurs besoins en chaleur par d'autres sources d'énergie.

Dans les pays de «houille blanche» l'augmentation des taxes perçues sur les entreprises d'électricité est donc contraire à l'intérêt national; elle retardera la réalisation de nouveaux aménagements hydrauliques et ainsi la mise en valeur des ressources naturelles du pays.

D. Perspectives d'avenir.

I.

Dans l'industrie de la production et de la distribution d'énergie électrique, les problèmes d'ordre économique jouaient, jusqu'au début de cette décennie, un rôle secondaire. Les nouvelles applications de l'électricité ouvraient constamment de nouveaux débouchés, de sorte que les difficultés de placement de l'énergie disponible étaient momentanées et n'existaient pour ainsi dire pas. Par contre, les problèmes d'ordre technique causaient d'innombra-

Tableau II.

Ville	Population	Gaz de ville		Electricité					
		Nombre d'abonnements domestiques en % de la population	Prix cts. suisses/m ³	Consommation moyenne par abonné domestique	Coût pour diverses consommations mensuelles en francs suisses				
					min.	50 kWh	100 kWh	200 kWh	500 kWh
Montreal .	1 000 000	14,5	19,3	700	2,60	{ 7,50 5,65	15,00	30,00	75,00 ¹⁾ 30,80 ²⁾
Toronto . .	809 000	23,9	12,5	2060	3,25	5,50	7,45	11,35	23,10 ³⁾
Winnipeg .	284 000	7,1	22,3	4694	2,20	6,50	10,80	14,70	26,00 ³⁾
Ottawa . .	176 000	4,9	27,4	4050	3,25	6,30	8,60	11,40	16,80

¹⁾ Avant 1937. ²⁾ Dès 1937. ³⁾ Appartements de 140 m² de surface.

lation, la consommation moyenne d'électricité par abonné domestique et le coût mensuel d'énergie électrique pour diverses consommations. Ces chiffres montrent que plus le prix du gaz est bas, plus le nombre d'abonnés au gaz est grand et moins la consommation d'énergie électrique par abonné domestique est élevée. D'autre part l'influence du prix de l'électricité sur la consommation moyenne par abonné domestique est mise en évidence. (Les tarifs dégressifs ont été introduits à Montréal tout récemment, de sorte qu'ils ne déploient pas encore leurs effets sur la consommation moyenne par abonné.) Toutefois, il faut tenir compte des habitudes différentes des canadiens français et anglosaxons pour apprécier les écarts entre les consom-

bles difficultés. Grâce à un effort considérable et à l'étroite collaboration entre constructeurs et producteurs ou distributeurs, les difficultés d'ordre technique ont été surmontées et il semble qu'à l'avenir, les problèmes les plus compliqués à résoudre seront toujours davantage d'ordre économique.

Les chiffres et graphiques suivants se rapportant à la Shawinigan Water & Power Co., le plus gros producteur d'énergie électrique du Canada après l'Hydro donnent une idée de l'importance de ces problèmes. Sur un mouvement de 5,7 milliards de kWh en 1937, 2 milliards de kWh ont été livrés pour les chaudières électriques. Pour l'exercice 1929 les chiffres correspondants sont respectivement de 3,4 et 0,7 milliards de kWh. En 1937, sur 2 178 250 actions représentant un capi-

⁴⁾ Voir Bulletin ASE, 1938, No. 14, p. 365.

tal de \$ 72 100 000 (315 000 000 frs.), \$ 0,85 ont été payés en dividendes et \$ 0,61 en impôts par action. En 1929 les chiffres correspondants étaient de \$ 2.00 pour les dividendes et d'env. \$ 0.30 par action pour les taxes fiscales.

Les fig. 8 et 9 donnent, pour les 14 derniers exercices, les bénéfices bruts, le rendement des ac-

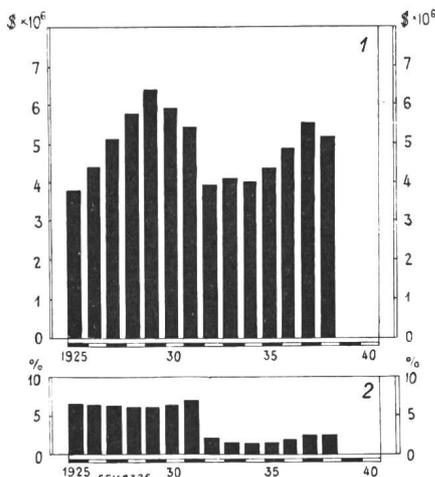


Fig. 8.

Shawinigan Water & Power Co.

Bénéfices bruts (en haut) et Dividendes payés en pourcents de la valeur comptable des actions (en bas).

tions et la répartition des bénéfices bruts. L'évolution de la Shawinigan Water & Power Co. vers les difficultés d'ordre économique ressort clairement de ce qui précède. Rappelons que le mouvement d'énergie de cette société est de l'ordre de celui de l'ensemble des entreprises suisses de production et de distribution d'électricité.

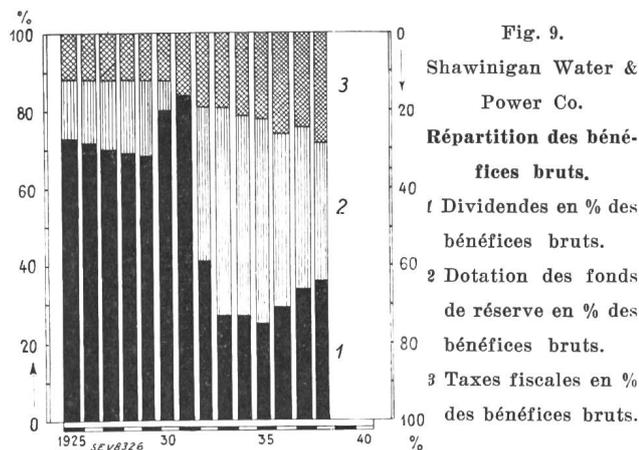


Fig. 9.

Shawinigan Water & Power Co.

Répartition des bénéfices bruts.

1 Dividendes en % des bénéfices bruts.

2 Dotation des fonds de réserve en % des bénéfices bruts.

3 Taxes fiscales en % des bénéfices bruts.

Par la hardiesse des réalisations techniques et grâce aux moyens puissants mis à leur disposition, les grosses entreprises canadiennes, telles que l'Hydro Electric Power Commission of Ontario et la Shawinigan Water and Power Co., ont toujours marché à la tête des progrès de la technique. Sous l'heureux effet de la double influence des techniques européenne et américaine, ces entreprises ont été, sous beaucoup de rapports, des précurseurs dans l'évolution de la technique des gros aménagements hydrauliques et des grosses distributions. Il

n'est pas exclu que, sur le plan économique, l'évolution de ces entreprises précède également l'évolution des entreprises de production et de distribution d'énergie électrique en général.

L'adaptation de la production à la demande, l'avalissement de l'énergie électrique d'origine hydraulique et les questions que soulèvent les mesures fiscales frappant les producteurs et distributeurs d'énergie deviendront, dans l'économie électrique à base de «houille blanche», les gros problèmes de l'avenir.

II.

A ces problèmes, beaucoup d'autres se posent d'une façon générale aux producteurs et distributeurs d'énergie électrique. En particulier l'évolution de la production industrielle qui tend nettement vers les délais de livraison toujours plus courts, provoquera infailliblement une augmentation de l'amplitude des cycles économiques. En conséquence, les producteurs et distributeurs auront à faire face à une augmentation des pointes dans les réseaux résultant de l'augmentation de vitesse des machines outils, des laminoirs, etc., d'une part, et à des demandes dont les fluctuations iront en croissant, d'autre part.

Comme les producteurs et distributeurs n'ont pas la possibilité de se «refaire» pendant les bonnes années, étant liés par des contrats de longue durée et, dans certains pays, par le contrôle exercé par les pouvoirs publics sur les prix, leurs ressources sont donc beaucoup plus limitées que celles d'autres industries. C'est ce qui ressort clairement de la fig. 10 dans laquelle nous avons reporté, par

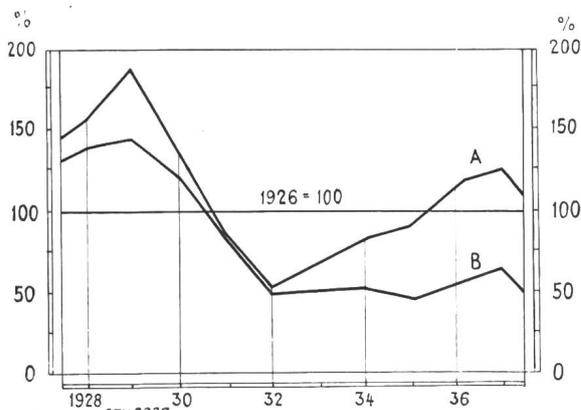


Fig. 10.

Fluctuation de l'indice des cours des actions.

A de toutes les entreprises canadiennes.

B du groupe «public utilities» du Canada.

rapport à 1926, l'indice de la cote de l'ensemble des actions d'entreprises canadiennes cotées en bourse (courbe A) et des entreprises canadiennes d'utilité publique ou «public utilities» (courbe B).

Si la hausse des valeurs boursières de 1935 à 1937 peut être interprétée comme un indice de la reprise générale de l'activité industrielle, la courbe B montre que les entreprises d'électricité — les principales du groupe des «public utilities» — ont à peine participé à cette reprise et que les actions de ces sociétés sont cotées bien en dessous

des plafonds de 1929. Compte tenu des exagérations des cours de 1929, il n'y a pas de doute que la valeur boursière des titres des entreprises d'électricité s'est stabilisée à un niveau très inférieur à celui de l'indice général de la cote des actions. Et pourtant, le développement des ventes d'énergie électrique a progressé considérablement depuis 1929 (voir fig. 6).

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Photoelektrische, automatische Zählung der Besucher einer grossen Ausstellung.

621.383.9: 681.124

Photozellen und Photoelemente¹⁾ werden in steigendem Masse in der technischen Praxis für die verschiedensten Zwecke verwendet. Im folgenden wird die Einrichtung beschrieben, welche an der Weltausstellung in Paris im Jahre 1937 für die Zählung der Ausstellungsbesucher mit Hilfe von Photoelementen und von Schaltelementen der automatischen Telephonie aufgebaut wurde.

Allgemeiner Aufbau der Anlage.

Bis jetzt war es allgemein üblich, für die Feststellung der Zahl der Besucher einer Ausstellung oder eines Museums Drehkreuze einzubauen, welche von jedem eintretenden Besucher um eine Vierteldrehung gedreht werden mussten und dabei über einen mechanischen Antrieb ein Zählwerk um einen Schritt weiter schalteten. An der Weltausstellung in Paris 1937 wurden die Besucher durch eine photoelektrische Vorrichtung gezählt und für jeden einzelnen der 35 Eingangsorte der Ausstellung fortlaufend summiert. Diese Zählwerke meldeten ihren Stand an eine Zentralstelle, wo für jeden der 35 Eingangsorte nochmals ein Zähler vorhanden war, der vom Zähler des betreffenden Eingangsortes ferngesteuert wurde. Ferner war an der Zentralstelle ein Summenzähler vorhanden, welcher im einen Zählwerk alle Besucher seit Eröffnung der Ausstellung und im andern alle Besucher eines Tages zählte.

Einrichtung für eine Eingangsöffnung.

Die Weltausstellung konnte an 35 Eingangsorten durch 170 Eintrittsöffnungen betreten werden. Die Zählereinrichtung war folgendermassen aufgebaut: An jeder Eingangsöffnung ist auf der einen Seite eine gerichtete Lichtquelle und auf der andern Seite ein Photoelement aufgestellt. Jede Unterbrechung des Lichtstrahles, welche länger als 250 Millisekunden dauert, bringt das Zählwerk der betreffenden Eingangsöffnung zum Ansprechen und schaltet es einen Schritt weiter. Die Einführung einer Mindestunterbrechungsdauer von 250 Millisekunden verhindert, dass kurze Unterbrechungen durch Spazierstöcke, Schirme usw. gesondert als Eintritte gezählt werden. Die Lichtsperrung ist am ausstellungsseitigen Ende der 2 m langen und 70 cm breiten, durch die Billettkontrollreue bewachten Eingänge angebracht, so dass eine willkürliche Beeinflussung durch das vor den Eingängen der Ausstellung wartende Publikum nicht möglich ist. Die Sendelampe und das Photoelement sind in 70 cm Höhe angebracht, so dass sowohl doppelte Zählung Erwachsener (zweimalige Unterbrechung durch die beiden Beine eines Erwachsenen könnte sonst evtl. doppelt gezählt werden) verhindert, als auch eine sichere Zählung von Kindern gewährleistet ist. — Als Licht-

¹⁾ Photozellen und Photoelemente sind in Sewigs «Handbuch der Lichttechnik» wie folgt definiert: *Photozelle* ist eine auf dem äusseren lichtelektrischen Effekt beruhende Zelle, welche in einem evakuierten oder mit Edelgas gefüllten Glas- oder Quarzgefäss eine lichtempfindliche Kathode und eine Auffangelektrode (Anode) hat. — *Photoelemente* (auch Sperrschiebellen genannt) bestehen aus einem scheibenförmigen Metallträger (Eisen, Kupfer), einer aufgeschmolzenen oder aufgewachsenen Halbleiterschicht (Selen, Kupferoxydul) und einer dünnen lichtdurchlässigen metallischen Gegenelektrode. Der Photoeffekt kommt durch Absorption der Lichtquanten in der Nähe der einen Grenzschicht zwischen Metall und Halbleiter zustande. Photoelemente werden durchwegs ohne Saugspannung betrieben.

Le Canada étant un des rares pays où l'économie est libre et où les affaires des entreprises d'électricité privées ont pu se développer sans l'immixtion du gouvernement fédéral, l'allure des courbes produites dans la fig. 10 peut être interprétée comme une indication barométrique des perspectives d'avenir des entreprises d'électricité au Canada et, sans aucun doute, ailleurs également.

quelle werden Sonderlampen mit sehr konzentrierter Leuchtfadenanordnung und einer Leistungsaufnahme von 15 W bei 3 V verwendet. Durch eine spezielle Optik mit blauem Filter zur Verminderung der Sichtbarkeit des Lichtstrahles wird das Bild des Glühfadens mit einer Lichtstärke von 200 Lux auf das 70 cm entfernte Photoelement projiziert. Jede Lampe hat ihren eigenen, an das Wechselstromlichtnetz angeschlossenen Transformator. — Als lichtempfindliches Element werden *Selenphotozellen* der Firma Le Matériel Téléphonique (LMT) verwendet, welche ohne äussere Hilfsquellen die Lichtenergie direkt in elektrische Energie umwandeln (Fig. 1).

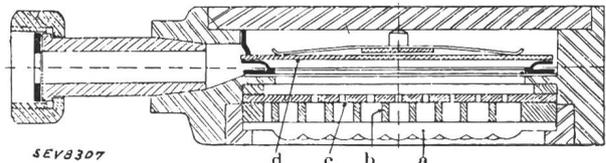


Fig. 1.

Schnitt durch eine photoelektrische Zelle.

- a Deckglas (bestehend aus zahlreichen Linsen)
- b «Bienenwaben»-Platte
- c Lochplatte
- d Photoelektrische Platte.

Die lichtempfindliche Schicht stellt den positiven Pol des Elementes dar. Der verwendete Typ hat einen Durchmesser von 67 mm und ergibt einen Strom von 1 Mikroamp. pro Lux. Das von der Glühlampe ankommende Licht muss vor dem Auftreffen auf die lichtempfindliche Schicht des Photoelementes zuerst eine Optik passieren, welche bewirkt, dass nur die von der Sendelampe stammenden und senkrecht auftreffenden Lichtstrahlen die Zählrichtung beeinflussen können. Der Aufbau der Optik ist aus Fig. 1 ersichtlich. Das ankommende Licht muss zuerst durch das Deckglas a, welches aus vielen einzelnen kreisrunden Linsen besteht. Unter dem Deckglas befindet sich eine Platte b, welche entsprechend den Einzellinsen des Deckglases bienenwabenförmig durchlöchert ist. Die Kammern der Platte b werden gegen die lichtempfindliche Schicht durch die Lochplatte c abgedeckt. Jedes Linsenelement des Deckglases bildet mit der zugehörigen Öffnung der wabenförmigen Platte b und dem kleinen Loch in der Platte c eine kameraähnliche Einrichtung, welche auf die lichtempfindliche Schicht ein scharfes Bild des leuchtenden Fadens der Sendelampe wirft. Das Photoelement ist an eine Relaisanordnung angeschlossen, welche die durch die von den zu zählenden Besuchern hervorgerufenen Stromschwankungen des Photoelementes in Zählimpulse umwandelt. Die Schaltung ist aus Fig. 2 ersichtlich, welche das Schema für einen Eingang mit schwacher Frequenz (Nebeneingang) zeigt. Die Relaisanordnung besteht im wesentlichen aus dem galvanometrischen Relais Ar und dem mit einer Kurzschlusswicklung versehenen normalen Telefonrelais Br. Das Relais Ar zieht seinen Anker bei einem Strom von 100 Mikroamp. an. Da das Photoelement normalerweise 200 Mikroamp. gibt, so ist eine genügende Sicherheit gegen Spannungsschwankungen in dem die Sendelampe speisenden Wechselstromnetze und gegen eine allfällige Verstaubung der Optik des Photoelementes vorhanden. Wird die Beleuchtung des Photoelementes durch einen Besucher unterbrochen, so fällt ihr Strom auf Null, das Relais Ar schliesst seinen Kontakt und schaltet das Relais Br