Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 29 (1938)

Heft: 23

Artikel: Calcul des redevances en matière de droits d'eau pour les usines à accumulation

Autor: Mutzner, C.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1059012

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.08.2025

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

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

BULLETIN

RÉDACTION:
Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens et de l'Union des Centrales Suisses d'électricité, Zurich 8

ADMINISTRATION:
Zurich, Stauffacherquai 36 ♦ Téléphone 51.742
Chèques postaux VIII 8481

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXIXe Année | N° 23 | Vendredi, 11 Novembre 1938

Calcul des redevances en matière de droits d'eau pour les usines à accumulation.

Etude tirée de la conférence tenue à l'Assemblée de l'Association Suisse pour l'Aménagement des Eaux et de l'Union des Centrales Suisses d'électricité, le 2 juin 1938, à Zurich,

par *C. Mutzner*, Berne.

621.311.21(003)

Le problème du calcul des redevances en matière de droits d'eau a maintes fois donné lieu à des controverses, en particulier dans le cas des usines à accumulation. L'étude entreprise par M. le Dr. C. Mutzner, directeur du Service fédéral des eaux, traite à fond cette question. Les milieux intéressés disposeront ainsi de tous les éléments leur permettant d'apprécier eux-mêmes chaque cas particulier. Cette étude comporte les rubriques suivantes:

Première partie: Généralités.

A. Introduction.
B. Principes régissant le calcul des redevances pour les usines au fil de l'eau et les usines à accumulation.
C. Production possible et production effective.
D. Le taux de la redevance annuelle de fr. 6.— par unité de puissance.
E. Dans quelles conditions une usine hydroélectrique est-elle une usine à accumulation devant être favorisée?
F. Données relatives au calcul de la puissance, prescrites par le Règlement concernant les redevances.
I. La détermination de la chute brute.
II. La détermination des débits utilisables.

Deuxième partie: Le calcul de la puissance.

A. Généralités.
B. Usines au fil de l'eau.
C. Usines à accumulation.
I. Généralités.
II. Le calcul de la puissance doit-il être basé sur le débit des affluents naturels ou sur le débit utilisé? — Calcul graphique.
III. Combinaison de surfaces représentant les débits?
IV. Choix des intervalles de temps. Calcul analytique.

Troisième partie: Résumé et conclusions.

Das Problem der Berechnung des Wasserzinses gab besonders bei Akkumulierwerken oft Anlass zu Diskussionen. Die folgende Studie, verfasst von Herrn Dr. C. Mutzner, Direktor des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft, behandelt nun die Frage eingehend; damit erhalten die interessierten Kreise alle Grundlagen, um jeden einzelnen Fall selbst beurteilen zu können. Diese Untersuchung ist folgendermassen gegliedert:

Erster Teil: Allgemeines.

A. Einleitung.
B. Grundsätze für die Wasserzinsberechnung bei Lauf- und bei Speicherwerken.
C. Produktionsmöglichkeit und wirkliche Produktion.
D. Der Wasserzinsansatz von Fr. 6.— pro Leistungseinheit.
E. Unter welchen Voraussetzungen ist eine Wasserkraftanlage ein Akkumulierwerk, das zu begünstigen ist?
F. Unterlagen für die Leistungsberechnung, die gemäss Wasserzinsverordnung nötig sind.
I. Die Ermittlung des Bruttogefälles.
II. Die Ermittlung der nutzbaren Wassermengen.

Zweiter Teil: Die Leistungsberechnung.

A. Allgemeines.
B. Laufwerke.
C. Akkumulierwerke.
I. Allgemeines.
II. Natürlich zufliessende Wassermenge oder Betriebswassermenge als Unterlage für die Leistungsberechnung? — Graphische Berechnung.
III. Kombination von Flächen, welche Wassermengen darstellen?
IV. Wahl der Zeitabschnitte. Analytische Berechnung.

Dritter Teil: Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.

Première partie: Généralités.

A. Introduction.

1.

Les redevances annuelles en matière de droits d'eau constituent un élément fort important des prestations des entreprises hydroélectriques en faveur de la collectivité. Elles peuvent atteindre annuellement des dizaines de milliers de francs pour une importante usine à accumulation et quelques centaines de milliers de francs pour une grande usine au fil de l'eau. Autrefois, il n'était jamais question de divergences entre les usines et les autorités concédantes au sujet de ces redevances. De nos jours, il n'en va plus de même et ces redevances donnent souvent lieu à des contestations. D'où proviennent ces désaccords? Serait-il possible de les éviter à l'avenir en précisant la question? Je me suis efforcé, avec mes collaborateurs, de contribuer à cette mise au point.

Il s'agit avant tout de savoir si les principes qui sont à la base de la Loi fédérale ne sont pas suffisamment nets ou s'il s'agit simplement d'une imprécision de la teneur du Règlement d'exécution. Cette teneur pourrait être éventuellement remaniée sans grandes complications sur la base de la Loi fédérale; la situation en serait rendue plus nette.

2.

La Loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques et le Règlement concernant le calcul des redevances en matière de droits d'eau

datent de 20 ans. Depuis lors, de nombreuses expériences ont pu être faites. Une importante décision du Tribunal fédéral est intervenue entre temps. Il paraît donc possible d'éviter actuellement toute imprécision dans les prescriptions relatives au calcul des redevances annuelles, ce qui ne pouvait se faire il y a 20 ans.

3.

Les prescriptions d'ordre général relatives au calcul des redevances en matière de droits d'eau figurent dans la Loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques du 22 décembre 1916, que nous appellerons simplement «Loi fédérale», aux art. 51 et 49, 1er alinéa. L'art. 49, 2e alinéa, renferme les dispositions permettant de favoriser éventuellement des entreprises qui créent un bassin d'accumulation destiné à régulariser le débit. Ces prescriptions ne concernent que les forces hydrauliques concédées.

Dans ce qui suit, le Règlement concernant le calcul des redevances en matière de droits d'eau sera simplement appelé «Règlement».

B. Principes régissant le calcul des redevances pour les usines au fil de l'eau et les usines à accumulation.

1.

L'un des principes est évident: Au point de vue géographique, il y a toujours lieu de partir du *cours d'eau public* naturel. Lorsque l'eau, empruntée à un cours d'eau public, est dérivée dans le territoire d'une autre communauté, la communauté sur le territoire de laquelle se trouve ce cours d'eau a droit à une redevance pour l'eau soustraite, puisqu'il s'agit d'une cession d'un bien naturel qui ne peut plus être utilisé dans le dit cours d'eau. La communauté sur le territoire de laquelle se trouvent les installations a droit aux impôts qui résultent de l'existence de ces installations. Cette réglementation paraît équitable, car chacune des communautés intéressées reçoit ainsi son dû.

2.

De même, lorsque l'eau est utilisée dans le cours d'eau public lui-même, elle est soustraite à d'autres utilisations. En principe, *tout ce qui n'entre plus en considération pour d'autres utilisations doit être soumis à une redevance.* A vrai dire, ce principe n'a pas été appliqué tout à fait correctement en ce qui concerne la hauteur de chute des usines à basse chute (voir chapitre F, Données relatives au calcul de la puissance).

3.

En ce qui concerne le débit, il y a lieu de partir du *régime naturel* des cours d'eau publics. Est soumis à la redevance le débit qui *peut* être dérivé du cours d'eau public et non pas le débit réellement dérivé, c'est-à-dire le débit utilisé. Le calcul de la redevance doit donc se baser sur la production *possible* en vertu de l'art. 51, 1er alinéa, de la Loi fédérale. Ce point de vue n'a également plus été appliqué correctement par la suite. Pour les usines à accumulation, la redevance n'a été en partie imposée que pour le débit *réellement* utilisé.

C. Production possible et production effective.

1.

Au point de vue de l'économie hydraulique et énergétique, il faut tenir compte non seulement de la *production effective*, mais également de la production possible. Cette dernière donne par exemple une meilleure indication sur le développement futur des forces hydrauliques. Le rapport entre la production possible et la production effective indique le rendement des installations et donne un aperçu de l'offre et de la demande. Un relèvement économique peut être révélé assez tôt, par l'amélioration de ce rapport.

De 1926 à 1935, le Service fédéral des eaux a calculé la production possible sur la base des débits effectifs et des réserves d'énergie des bassins naturels et artificiels, afin de la comparer aux indications des usines concernant la production effective. Pour éviter un travail à double, il ne le fait plus depuis que les usines calculent elles-mêmes la production possible.

Lors de l'élaboration de la Loi fédérale, on s'est demandé si le calcul des redevances devait être basé

1° sur la production possible, ou
2° sur la production effective.

Dans un cas comme dans l'autre, le calcul de la puissance peut être effectué de deux manières, soit

a) en valeurs brutes, soit
b) en valeurs nettes.

Il existe donc quatre modes de calcul, sans compter les solutions intermédiaires.

2.

Sept projets principaux de Loi fédérale furent établis. Les plus remarquables furent celui de 1908, établi par M. Frey, directeur des Usines de Rheinfelden (N° 1), et celui de 1911, établi par M. le professeur Burckhardt, Berne (N° 4).

Voici ces projets, dans leur ordre chronologique. Les articles qui se rapportent au *calcul* des redevances sont indiqués entre parenthèses.

Projet:

N° 1, de M. Frey, directeur, de février 1908 (art. 22).
» 2, du Département fédéral de l'Intérieur, de janvier 1909 (art. 63, 64, 66).
» 3, de la Commission des experts, de mai 1909 (art. 52, 53, 55).
» 4, de M. le professeur Burckhardt, Berne, de mars 1911 (art. 33).
» 5a, projet I de la Commission de rédaction, de mai 1911 (art. 33).
» 5b, de la même commission avec modifications, de mai 1911 également (art. 35).

N° 6a, projet II de la Commission de rédaction, de juillet 1911 (art. 36, 37).

» 6b, de la même commission avec modifications de M. Burckhardt, de décembre 1911 (art. 36, 37).

» 7a, projet III de la Commission de rédaction, de janvier 1912 (art. 40, 42).

» 7b, du Conseil fédéral, d'avril 1912 (art. 40, 42).

Selon le projet de M. Burckhardt (N° 4) et le projet I de la Commission de rédaction (N° 5), les cantons devaient pouvoir fixer eux-mêmes le principe selon lequel le travail ou la puissance soumis à la redevance devrait être déterminé. Dans son projet (N° 1), M. Frey proposait selon toute évidence de partir de la production possible. Selon d'autres projets, la production effective devait servir de base aux calculs. La plus grande puissance soumise à la redevance qui en résultait était déterminée en partant de la production effective, calculée en valeurs brutes. Selon les autres projets, les valeurs déterminantes étaient des valeurs intermédiaires entre la puissance calculée de la sorte et la puissance nette. Le projet du Département fédéral de l'Intérieur (N° 2) proposait entre autres de soumettre à la redevance la production effective en tenant compte de la chute brute, les autres données étant calculées en valeurs nettes. Néanmoins, l'intention des rédacteurs ne ressort pas toujours clairement de ces projets.

Au cours des délibérations des Chambres fédérales, le calcul des redevances fut basé sur la production *possible*, calculée en valeurs brutes (force hydraulique brute). Ce mode de calcul était déjà appliqué par quelques cantons. Les efforts entrepris en vue de rendre ce mode de calcul moins sévère dans la Loi fédérale furent donc vains. On choisit au contraire pour le calcul de la puissance soumise à la redevance la méthode la plus défavorable aux usines hydroélectriques.

La méthode adoptée dans le Règlement comporta cependant certaines atténuations, comme nous l'avons indiqué au chapitre B, en ce qui concerne la hauteur de chute pour les usines au fil de l'eau à basse chute et le débit pour toutes les usines à accumulation.

La puissance théorique peut être de 25 à 30 %, même de 40 % supérieure à la puissance nette.

3.

Les deux raisons suivantes ont amené le législateur fédéral à choisir la production possible, déterminée en valeurs brutes, pour le calcul de la puissance fixé par l'art. 51 de la Loi fédérale:

a) On était d'avis que la redevance en matière de droits d'eau est un intérêt, un loyer en quelque sorte, mais non un impôt. Ce point de vue est sans doute assez justifié. Le locataire d'un appartement doit en payer le loyer, même s'il ne l'utilise que partiellement ou pas du tout. Cette comparaison est toutefois imparfaite, car une concession est un acte de droit public, tandis que la location d'un appartement repose sur un contrat de droit privé. Elle illustre néanmoins la pensée qui a conduit le législateur à prescrire la production possible comme base du calcul des redevances.

b) On estimait que, si les usines étaient obligées de payer une redevance pour toute l'énergie productible, elles chercheraient d'autant plus à vendre toute leur production, même à des prix réduits. Cette seconde considération nous semble toutefois peu concluante.

La méthode de calcul de la puissance soumise à la redevance n'est pas la seule déterminante. Le taux de la redevance par unité de puissance et la méthode de calcul de la puissance sont en corrélation étroite. Une méthode de calcul qui fournit une puissance élevée peut être compensée par un taux plus faible par unité de puissance.

D. Le taux de la redevance annuelle de fr. 6.— par unité de puissance.

1.

L'art. 24bis, 6e alinéa (deuxième phrase), de la Constitution fédérale stipule que la législation fédérale prescrit des limites pour les taxes et redevances. A cette époque, le taux maximum par unité de puissance était fixé à fr. 6.— par les législations de quelques cantons. Sauf erreur, ce taux maximum n'était appliqué que dans les cinq cantons de Zurich, Soleure, Argovie, Tessin et Vaud. Dans de nombreux autres cantons, ce taux était sensiblement plus bas. Ainsi, selon la loi cantonale bernoise de 1907 (art. 28), ce taux allait de fr. 1.— à fr. 3.—. Selon les projets Nos 4, 5a et 5b, ce taux maximum par unité de puissance devait être fixé par les cantons et, selon les projets Nos 2 et 3, par le Conseil fédéral. Les projets Nos 6a et 6b, 7a et 7b, proposaient fr. 3.—. Le taux le plus élevé, savoir fr. 5.—, était proposé en 1908 dans le projet N° 1, de M. Frey.

Dans la Loi fédérale, le taux proposé par le Conseil fédéral a donc été doublé. On a choisi le taux le plus élevé qui fût appliqué dans les cantons.

2.

La Loi fédérale n'a fixé que la redevance maximum admissible. Les collectivités publiques concédantes ont le droit de demander une redevance plus faible.

Avant de commencer un calcul de redevances, il est donc nécessaire de tenir également compte de la législation cantonale et de vérifier si la concession correspond bien aux prescriptions relatives aux redevances en matière de droits d'eau. Lorsque l'autorité concédante est un district, une commune ou une corporation, elle peut naturellement fixer des prescriptions relatives aux redevances, en tant que ces prescriptions restent dans le cadre fixé par la législation fédérale et la législation du canton considéré.

Les initiatives populaires de 1891 (postulat de la Société «Frei-Land», émanant de Bâle) et de 1906 (demande d'initiative en faveur d'un nouvel article

constitutionnel, émanant surtout de Zurich) avaient principalement pour but de soustraire les forces hydrauliques à la spéculation. Ces initiatives tendaient également à empêcher que le développement des forces hydrauliques ne fût entravé par des taxes trop élevées.

L'art. 49, 2e alinéa, de la Loi fédérale distingue, au sujet de la redevance maximum, entre les usines au fil de l'eau et les usines possédant un bassin d'accumulation servant à régulariser les débits. Dans certaines conditions, dont nous reparlerons, les usines à accumulation doivent être favorisées.

Au sujet de ce taux maximum, les modes de calcul des redevances d'après la Loi fédérale diffèrent selon qu'il s'agit d'une usine au fil de l'eau ou d'une usine avec bassin d'accumulation au sens ci-dessus. Nous appellerons cette dernière «usine à accumulation».

E. Dans quelles conditions une usine hydroélectrique est-elle une usine à accumulation devant être favorisée?

L'expression «usine à accumulation» ne figure pas dans la Loi fédérale; elle n'a été introduite que dans le Règlement. A l'art. 49, 2e alinéa, la Loi fédérale indique seulement que, si un *bassin d'accumulation* servant à *régulariser* les débits a été créé, la redevance doit être réduite «équitablement». Il s'agit évidemment de la redevance maximum de fr. 6.— par cheval théorique [1]), mentionnée à l'alinéa précédent de ce même article. Cette réduction dépend des cinq conditions suivantes. Les quatre premières sont défavorables aux entreprises hydrauliques, tandis que la dernière est en leur faveur.

1° Le bassin d'accumulation doit permettre la *régularisation* du débit.

2° Il est entendu que les dépenses pour la création du *bassin d'accumulation* sont relativement élevées.

3° Les *circonstances* doivent justifier la réduction de la redevance.

4° La réduction ne se rapporte qu'au *supplément de force* par rapport à une usine au fil de l'eau qui serait installée sur la même section du cours d'eau.

5° La réduction ne doit pas s'appliquer uniquement à l'usine qui utilise le bassin d'accumulation, mais cet avantage doit être octroyé à l'*entreprise* qui a créé à grands frais le dit bassin.

Ad 1°:

La teneur de la Loi fédérale laisse sous-entendre qu'il existe manifestement *deux sortes de bassins d'accumulation.*

a) Les uns accumulent au cours de la journée l'eau inutilisée durant les heures creuses, pour la restituer aux heures de pointe (bassins de compensation journalière) ou accumulent en outre au cours d'une semaine l'eau inutilisée durant les jours de faible consommation, tels que les samedis, les dimanches et les jours fériés (bassins d'accumulation hebdomadaire). Ces bassins relativement petits ne servent pas à la régularisation du débit, mais rendent au contraire ce dernier irrégulier. Le débit régulier reçu est en effet rendu irrégulier afin de l'adapter aux besoins variables de l'usine.

Ces petits bassins aménagés en amont d'une usine sont en quelque sorte des bassins-tampons. L'expression «bassin de compensation» est mal choisie pour ce genre de bassins, du point de vue du régime hydraulique général. On ne devrait l'appliquer qu'aux bassins situés *en aval* d'une usine et qui ont pour but de régulariser le débit rendu irrégulier par son exploitation.

b) L'autre sorte de bassins d'accumulation sert à accumuler l'eau pendant les époques où le *débit naturel est considérable* (crues) pour la restituer aux époques où le débit est plus faible (étiages). Cet équilibrage des débits ne peut être réalisé que par de grands bassins d'accumulation. Suivant le régime du cours d'eau, ce but peut être atteint par un bassin d'accumulation annuelle, saisonnière, même mensuelle. Les bassins d'accumulation, qui permettent d'accumuler tout le débit d'été, n'exercent pas nécessairement leur effet compensateur sur la partie du cours d'eau située immédiatement à leur aval.

Les bassins de ce genre permettent *à un double point de vue* d'utiliser dans une large mesure les débits naturels: D'une part, grâce à la grande capacité d'absorption des usines correspondantes et, d'autre part, grâce au fait qu'ils permettent de restituer l'eau accumulée durant les périodes d'étiage. Cette seconde possibilité a une grande valeur pour l'économie publique. La création de tels bassins est donc d'un intérêt général.

A notre avis, le calcul des redevances devrait être différent s'il s'agit d'un bassin d'accumulation qui sert à régulariser le débit, ou d'un bassin qui provoque au contraire une irrégularité du débit.

Dans la Publication N° 32 du Service fédéral des eaux, concernant les capacités de puissance et de travail des usines hydrauliques suisses, nous avons réuni sous la désignation d'installations à accumulation les expressions «bassins d'accumulation» et «bassins de compensation», cette seconde expression désignant les bassins-tampons. Cette réunion terminologique d'installations de genres différents ne nous paraît cependant point tout à fait logique.

Ad 2°:

Il y a lieu de vérifier, par comparaison avec d'autres installations, si cette condition entre en ligne de compte. Lorsque les frais sont relativement élevés, la réduction doit naturellement être d'autant plus forte.

Ad 3°:

L'expression «lorsque les circonstances le justifieront» n'est pas très précise, comme cela fut d'ail-

[1]) La Loi fédérale emploie encore le cheval comme unité de puissance et non pas le kilowatt (international), utilisé généralement dans le Bulletin ASE. *Réd.*

leurs mentionné aux Chambres fédérales. Il s'agit évidemment des facteurs qui réduisent la rentabilité de l'exploitation, le bassin d'accumulation d'un prix élevé mise à part. Une réduction de la redevance semble être justifiée lorsque, par exemple, les installations autres que le bassin d'accumulation sont relativement coûteuses, lorsque le territoire à alimenter en énergie électrique est peu avantageux, ou encore lorsqu'à l'époque de la construction le loyer de l'argent est cher.

La redevance *peut* naturellement être réduite, lorsque les «circonstances» que mentionne la Loi fédérale n'entrent pas en ligne de compte, car cette loi ne fixe que le taux maximum admissible. La redevance *doit* être réduite, lorsque les «circonstances» en question entrent en ligne de compte.

Ad 4°:

Le calcul des redevances prescrit par le Règlement est devenu moins simple, par le fait que la Loi fédérale stipule que, dans certaines conditions, les redevances des usines à accumulation

pour le *supplément* de force

résultant de la création d'un bassin d'accumulation approprié doivent être réduites équitablement. Cette adjonction fut certainement la première cause de l'abandon par le Règlement d'une base uniforme pour les calculs.

Le projet du Conseil fédéral mentionnait que la *redevance annuelle normale* pouvait être réduite, au cas où les frais d'aménagement du bassin d'accumulation étaient relativement élevés. Ce projet différait d'ailleurs de la Loi fédérale sur les deux points suivants, en ce sens qu'il ne comportait pas les adjonctions:

a) lorsque les circonstances le justifieront,
b) pour le supplément de force.

Le Conseil fédéral mentionnait en revanche *l'accumulation annuelle.* Il n'indiquait pas que la redevance «devait être» réduite, mais bien qu'elle «pouvait» l'être.

En principe, le résultat est finalement le même si le taux de la redevance pour le supplément de force est réduit d'une certaine valeur ou si le taux pour l'ensemble de la force est réduit d'une valeur proportionnellement plus faible.

Ad 5°:

La création de grands bassins d'accumulation servant à régulariser le débit est d'un intérêt si considérable que la Loi fédérale ne limite pas la faveur à l'usine pourvue d'un tel bassin, mais l'étend à l'entreprise groupant les usines considérées. Cette faveur, ne se rapportant toutefois qu'au supplément de force dû à l'aménagement du bassin d'accumulation, ne s'étend qu'aux chutes utilisées en aval de ce bassin en vertu de la concession. Fort souvent, il ne s'agit pas de déterminer les redevances d'une seule usine, mais celles d'un groupe d'usines créé par une entreprise. Il est donc très important que la Loi fédérale ne parle pas d'usines, mais bien de l'entreprise.

L'avantage accordé aux entreprises qui ont créé de véritables bassins d'accumulation est certainement justifié. Tous les projets de Loi fédérale le prévoyaient, sauf ceux de M. Frey et du Département fédéral de l'Intérieur. M. Frey avait en revanche fixé pour la redevance un taux plus bas que celui de la Loi fédérale. De son côté, le Département fédéral de l'Intérieur désirait favoriser ces usines, en introduisant dans les calculs une puissance nette ne dépassant que de peu la production réelle.

F. Données relatives au calcul de la puissance, prescrites par le Règlement concernant les redevances.

Dans la Loi fédérale, le calcul des redevances n'est que sommairement indiqué. Le Conseil fédéral a été chargé d'édicter les dispositions de détail nécessaires (art. 51, 4e alinéa).

I. La détermination de la chute brute.

Dans la Loi fédérale (art. 51), la chute brute est définie par la différence des niveaux d'eau mesurée entre la prise d'eau et le point de déversement dans le cours d'eau public.

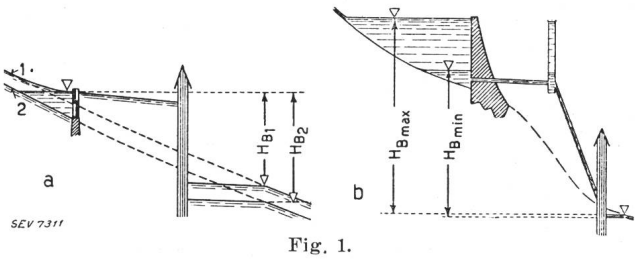

Fig. 1.
Chute brute soumise à la redevance.
a Usine au fil de l'eau. *b* Usine à accumulation.
1 Hautes eaux (crue). *2* Basses eaux (étiage).

H_{B1} Chute brute en hautes eaux.
H_{B2} Chute brute en basses eaux.
$H_{B\,max}$ Chute brute maximum.
$H_{B\,min}$ Chute brute minimum.

A l'art. 13, le Règlement définit le niveau à la *prise d'eau* comme étant celui immédiatement en amont du barrage (figure 1). Le Règlement a abandonné sur ce point le principe selon lequel tout ce qui n'est plus utilisable pour autrui doit être soumis à une redevance. La chute en amont du barrage jusqu'à l'extrémité de la retenue n'est pas comptée. Cette prescription est pratiquement à l'avantage des usines au fil de l'eau à basse chute et ne donne pas la valeur maximum de la puissance. Une redevance pour les chutes (art. 8 du Règlement) et débits (art. 1 du Règlement) en amont du barrage n'est prescrite que lorsqu'il s'agit d'une amenée

artificielle dans le bassin d'accumulation ou dans le bief supérieur d'une usine.

Selon l'art. 14 du Règlement, le niveau au *point de déversement* est celui du cours d'eau public à l'embouchure du canal de fuite de l'usine.

Le principe selon lequel tout ce qui n'est plus utilisable pour autrui doit être soumis à une redevance est appliqué correctement lorsque l'eau utilisée d'un cours d'eau est déversée dans un second cours d'eau et qu'elle reste inutilisée dans ce dernier jusqu'au confluent des deux cours d'eau. Dans ce cas, cette section inutilisée doit figurer dans le calcul des redevances, à moins qu'elle ne soit utilisée rationnellement dans une autre usine (art. 6 du Règlement).

L'endroit de la prise d'eau des *bassins d'accumulation* n'est pas précisé; il doit se trouver dans le bassin (art. 13, lettre c). Cela peut donner lieu à des contestations. En effet, il peut s'agir du niveau à divers moments, du niveau moyen annuel, du centre de gravité du bassin (figure 1 b), etc. Certains bassins servent uniquement à augmenter la chute.

II. La détermination des débits utilisables.

1.

Pour les *usines au fil de l'eau*, la détermination des débits utilisables ne présente guère de difficultés; pour les *usines à accumulation*, elle est en revanche assez malaisée.

A l'art. 22, 4e alinéa, le Règlement a adopté la seule distinction faite dans la Loi fédérale (art. 49, 2e alinéa) entre les usines au fil de l'eau et les usines à accumulation, savoir la prescription selon laquelle le taux de fr. 6.— par unité de puissance (puissance théorique annuelle moyenne en chevaux) doit être réduit équitablement, lorsque les conditions mentionnées sous E entrent en ligne de compte.

A l'art. 22, 1er alinéa, le Règlement a introduit un *nouveau classement des usines au fil de l'eau et des usines à accumulation*, classement qui englobe *toutes* les usines à accumulation et qui diffère par conséquent du classement prévu pour le taux des redevances. Il introduit la notion de *débit semi-annuel* et prescrit que, pour les usines à accumulation, seul le débit *effectivement* utilisé (production effective) et non pas le débit *utilisable* (Loi fédérale, art. 51, 3e alinéa: Production possible) du débit naturel dépassant le débit semi-annuel, est soumis à la redevance. Pour les usines à accumulation, la capacité de l'installation dépasse toujours le débit semi-annuel, de sorte que la restriction mentionnée dans le Règlement est sans objet. Par ce nouveau classement entre les usines au fil de l'eau et les usines à accumulation, ces dernières sont à nouveau avantagées. Le Tribunal fédéral a admis ce point de vue dans son arrêt du 21 novembre 1935 relatif à l'affaire Commune de Klosters et autres communes du Prättigau contra S. A. des Forces motrices grisonnes.

Dans ce même arrêt, le Tribunal fédéral a également décidé que, pour une usine à haute chute équipée d'un petit bassin servant principalement à couvrir les pointes de charge, la puissance brute peut être déterminée de la même façon que pour une usine à accumulation. A ce sujet, nous renvoyons aux indications qui figurent dans le présent rapport, sous E, ad 1° et 5°.

Par suite du classement fait entre les usines au fil de l'eau et les usines à accumulation, le calcul des redevances a été rendu moins clair et parfois assez

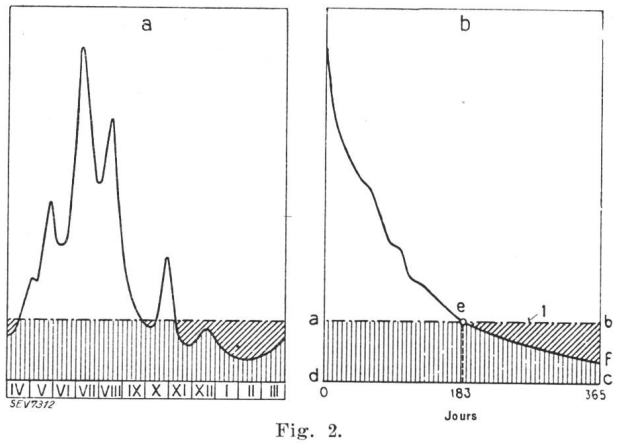

Fig. 2.
Débits.
a Courbe annuelle. *b* Courbe de durée. *1* Débit semi-annuel.

long pour les usines à accumulation, surtout lorsqu'il s'agit d'un groupe d'usines. Il s'ensuit une certaine tendance à simplifier les calculs des redevances; ainsi, on cherche parfois à remplacer le *débit naturel* (diagramme annuel, figure 2a) *qui doit servir de base au calcul des redevances selon le Règlement* (art. 22) par le débit d'exploitation (débit utilisé, figure 7a).

Comme nous l'avons dit, il s'agit de déterminer pour les usines à accumulation le *débit semi-annuel*, ce qui n'est pas compliqué. C'est le débit quotidien moyen qui est dépassé aussi souvent qu'il n'est pas atteint dans le cours de l'année. Si l'on inscrit les débits d'une année par ordre de grandeur, le débit semi-annuel est donc le débit moyen du 183e jour (figure 2b). Pour les années bissextiles, le débit semi-annuel peut être considéré comme la moyenne du débit moyen des 183e et 184e jours.

2.

Il faut chercher à déterminer le débit par des *mesures directes* (Règlement art. 19, 1er alinéa). Lorsqu'il est impossible de déterminer directement le débit utilisé dans le canal de fuite, dans le canal d'amenée ou dans la conduite forcée, cette détermination doit être effectuée dans le cours d'eau public en établissant la différence des débits en aval et en amont du débouché du canal de fuite.

Si les mesures au moulinet hydrométrique ne permettent pas de déterminer les débits utilisés, les

débits qui doivent rester dans le cours d'eau public ou les débits de déversement, on obtiendra généralement le même résultat à l'aide de *jaugeages par titration*. Cette méthode a été très perfectionnée ces dernières années (Règlement art. 19, 2e alinéa).

Pour les usines à accumulation, il est souvent difficile d'obtenir toutes les données sur le régime hydraulique, qui sont nécessaires au calcul des redevances, car le régime naturel a précisément subi de profondes modifications. Lors de la construction d'une usine à accumulation, il est donc recommandable de songer aux dispositions à prendre pour déterminer les niveaux et les débits qu'il est indispensable de connaître pour calculer le régime hydraulique naturel.

La détermination indirecte des débits à l'aide de l'énergie électrique produite devrait être évitée. Le Règlement n'exclut néanmoins pas cette manière de procéder (art. 2, 4e alinéa). La détermination de la puissance mécanique brute (mesurée en CV) en partant du travail électrique (en kWh) présente le désavantage de nécessiter l'introduction de coefficients pouvant varier sensiblement d'un cas à l'autre pour les rendements des alternateurs et des turbines, ainsi que pour les pertes de chute (passage de la hauteur de chute nette à la hauteur brute). Le choix de ces coefficients peut aisément amener des contestations, le résultat final pouvant être assez fortement influencé par le choix d'une valeur plus ou moins grande. Le profane ne peut pour ainsi dire pas vérifier si ces valeurs sont exactes ou non. C'est un inconvénient de ce mode de calcul.

3.

Les *débits A* (voir figure 3, surface délimitée par le trait gras) qui résultent de la modification artificielle du régime hydraulique se décomposent comme suit:

1° Débits réellement utilisés *durant l'exploitation* (débit utilisé *B*), mesurables par exemple dans le canal de fuite, selon l'art. 20 du Règlement.

2° Débits *qui doivent rester dans le cours d'eau public V*, conformément à la concession (écoulement dans le lit naturel ou par le *déversoir*).

3° Débits supplémentaires de *déversement U* (art. 20 du Règlement).

En partant du régime hydraulique artificiel, il faut reconstituer le régime hydraulique naturel, c'est-à-dire déterminer les débits *Z* qui ont *alimenté naturellement* le bassin d'accumulation ou la retenue. Il n'est pas possible de procéder d'une autre façon pour suivre les prescriptions du Règlement. Cette déduction peut s'effectuer en introduisant:

4° Les *variations de niveau* du bassin d'accumulation (art. 20 du Règlement), et

5° La courbe de capacité du bassin d'accumulation.

On obtient ainsi:

6° Les débits qui doivent être ajoutés à l'écoulement artificiel (élévation du niveau de l'eau dans le bassin) ou les débits (baisse du niveau de l'eau dans le bassin) qui doivent en être retranchés pour obtenir les apports naturels.

On en déduit alors:

7° Les *débits Z des affluents naturels*, au cours de l'année.

Ce mode de calcul est appliqué dans l'étude des projets de régularisation des lacs. Les apports totaux aux grands lacs et aux grands bassins d'accumulation ne peuvent, en effet, pas être déterminés directement.

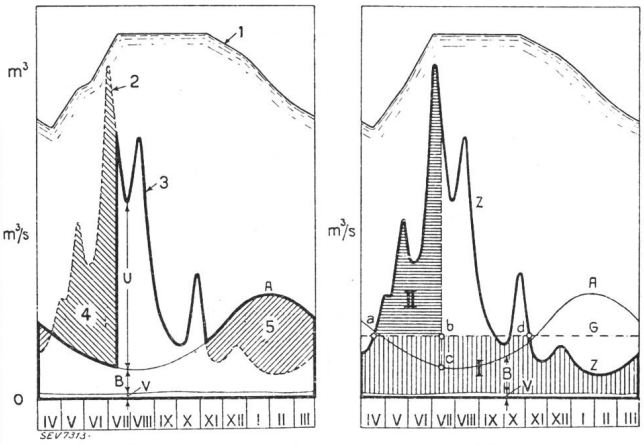

Fig. 3. Fig. 4.

Débits.

1 Contenance du bassin. *2* Débit naturel = Apports à la retenue (Z). *3* Débit effectif total (*A*). *4* Accumulation. *5* Restitution.

Il s'agit enfin d'établir sur la base des débits naturels:

8° Quels sont les débits *disponibles inférieurs* au débit semi-annuel et les débits effectivement utilisés *supérieurs* à ce débit, compte tenu du régime hydraulique naturel (voir figure 4). A cet effet, il faut en outre déterminer:

9° Le débit semi-annuel *G*.

Pour l'obtenir, il n'est pas nécessaire d'établir la courbe de durée des débits. Le débit semi-annuel peut être tiré de la courbe annuelle des débits ou d'un tableau où les débits moyens journaliers sont disposés par ordre de grandeur.

Selon le texte du Règlement, les deux surfaces hachurées de la figure 4, l'une verticalement (correspondant au 1er alinéa de l'art. 22) et l'autre horizontalement (correspondant au 2e alinéa), sont soumises à la redevance. Il y a lieu de remarquer qu'il faut partir sans exception du régime hydraulique naturel reconstitué et non pas du débit utilisé. La surface *b c d* est dans ce cas utilisable, mais non utilisée. Le passage du régime artificiel au régime naturel n'est pas toujours très simple.

Afin d'avoir une bonne vue d'ensemble et de pouvoir procéder à des vérifications, il est recommandable de représenter graphiquement toutes les valeurs à considérer.

Quand il s'agit d'une *usine à service exclusivement hivernal* ou d'autres cas où toute l'eau des af-

fluents est réellement utilisée, le calcul devient beaucoup plus simple. La détermination de la puissance soumise à la redevance peut alors être basée sur les débits des affluents naturels ou sur les débits utilisés, sans qu'il en résulte d'écarts considérables.

Deuxième partie: Le calcul de la puissance.

A. Généralités.

1.

Le *travail* est le produit de la force par le chemin parcouru. Le travail d'une installation hydraulique est le produit du poids de l'eau utilisée par la hauteur de chute, dans un temps déterminé. La *puissance* est le travail par unité de temps, savoir par *seconde.*

Le calcul des redevances en matière de droits d'eau doit être basé sur la *puissance brute annuelle moyenne,* à laquelle se rapporte le taux de la redevance. Cette puissance brute est la moyenne de toutes les puissances brutes disponibles.

Dans les publications hydrographiques, le débit de l'eau est indiqué pour les 365 jours de l'année. Il ne s'agit pas de l'écoulement total journalier indiqué en m^3, mais de sa valeur quotidienne évaluée en mètres cubes par seconde (m^3/s).

2.

La *puissance brute* en kilogrammètres par seconde (P_B) se détermine par la formule

$$P_B = \gamma \cdot Q \cdot H_B = 1000 \cdot Q \cdot H_B$$

où

Q est le débit en m^3/s,
γ le poids spécifique de l'eau; γ doit figurer en kg/m^3, puisque le débit est indiqué en m^3/s,
H_B est la chute brute en m.

Pour obtenir la puissance en chevaux (Cv), la valeur P_B doit être divisée par 75 [2]).

Selon la définition ci-dessus, la puissance est ici une valeur par seconde. Si le calcul de la puissance est fait graphiquement ou analytiquement, on ne choisira pas pratiquement *de durée plus petite que le jour* pour le calcul des redevances; c'est-à-dire que l'on prendra pour les débits des valeurs journalières moyennes en m^3/s. Si nous mentionnons les valeurs journalières, ce n'est bien entendu qu'à titre d'exemple; les intervalles de temps choisis peuvent aussi être plus grands. Nous en reparlerons plus loin, au chapitre C IV: Choix des intervalles de temps. Calcul analytique.

B. Usines au fil de l'eau.

Pour les usines au fil de l'eau à basse chute, la hauteur de chute brute est en général une fonction directe du débit naturel; cette fonction est *déterminée.* Il n'y a donc pas lieu de s'assurer si plusieurs hauteurs de chute brute correspondent à un certain débit. A chaque débit et à sa hauteur de chute correspond toujours *une* production possible.

La courbe de durée des débits est déterminante pour le calcul de la redevance, jusqu'à concurrence du débit que l'usine peut absorber. Ce calcul lui-même s'effectue le plus simplement au moyen d'un graphique (fig. 8) sur lequel on reporte:

1° La courbe de durée des débits;
2° Le débit maximum que peut absorber l'installation ou le débit concédé;
3° Le débit utilisable;
4° La hauteur de chute brute journalière moyenne correspondant à chaque débit quotidien moyen;
5° La puissance brute en Cv;
6° La puissance annuelle moyenne brute exprimée en Cv.

En se fondant sur les débits naturels *utilisables,* on intègre graphiquement pour l'année le produit du débit utilisable par la chute brute (intégrale des moyennes journalières). On calcule ainsi le travail qu'il est possible de produire et l'on détermine la puissance brute annuelle moyenne en chevaux.

Pour établir les redevances dues par les usines au fil de l'eau à basse chute, il n'est pas nécessaire de connaître:

a) l'exploitation effective,
b) les caractéristiques du régime hydraulique, telles que l'écoulement annuel moyen, le débit annuel moyen, le débit semi-annuel.

Dès qu'un projet de construction d'une usine au fil de l'eau à basse chute est établi, on peut calculer quelle aurait été la redevance due pour une année écoulée. Point n'est donc besoin que l'usine soit terminée. Tous les intéressés savent à quoi s'en tenir, ce qui est un avantage. *Le mode de calcul pour les usines au fil de l'eau à basse chute est donc fort simple et rationnel.*

Ce qui caractérise les usines au fil de l'eau *à haute chute* est que leur chute varie dans une faible mesure et qu'elle peut pratiquement être admise constante. Par conséquent, le calcul de la puissance est dans ce cas encore plus simple que pour les usines à basse chute.

C. Usines à accumulation.

I. Généralités.

Pour les *usines au fil de l'eau,* le calcul des redevances est basé exclusivement sur la production possible, comme nous venons de le voir. Pour les *usines à accumulation,* la production possible n'est évaluée, selon l'art. 22 du Règlement, que jusqu'à concurrence du débit semi-annuel. Pour ces usines, la capacité de l'installation est en quelque sorte remplacée par le débit semi-annuel pour le calcul des redevances.

Pour les usines à accumulation, on ne tient compte du débit des affluents naturels dépassant le débit semi-annuel que dans la mesure où il est effectivement utilisé. *La puissance soumise à la*

[2]) Voir remarque 1.

redevance comporte donc deux éléments. La puissance brute annuelle moyenne doit être calculée séparément pour chacun d'eux. Lorsqu'il s'agit d'une usine à accumulation pour laquelle le taux des redevances doit être réduit selon l'art. 49, 2e alinéa, de la Loi fédérale, cette discrimination est d'ailleurs nécessaire, puisque la réduction ne s'applique qu'au débit qui dépasse le débit semi-annuel.

On remplace donc, en pensée, l'usine existante par deux usines fictives, qui travaillent séparément, mais sous la même chute.

a) L'une d'elles est une *usine au fil de l'eau.* On admet que sa capacité est égale au débit semi-annuel. Elle utilise les débits jusqu'à concurrence du débit semi-annuel. De l'art. 22, 1er alinéa, première phrase, on peut conclure que tous les débits jusqu'au débit semi-annuel sont soumis à la redevance (production possible).

b) L'autre usine fictive est une *usine à accumulation.* Son bassin reçoit les débits qui dépassent le débit semi-annuel. Il y a lieu de déterminer quelle partie de cette eau est effectivement utilisée pour la production d'énergie; cette partie seule est soumise à redevance (production effective).

On peut se demander si, pour l'usine au fil de l'eau, le débit correspondant à la surface *a b c* de la figure 4 est soumis à la redevance. Cela est certainement le cas, car ce débit est accumulé pour être utilisé par la suite. Il en résulte que cette eau du printemps, qui n'est pas utilisée immédiatement, est en quelque sorte dérivée dans le bassin d'accumulation de l'usine.

II. Le calcul de la puissance doit-il être basé sur le débit des affluents naturels ou sur le débit utilisé? Calcul graphique.

1.

Pour une usine au fil de l'eau, la production effective est en général plus ou moins identique à la production possible. Par contre, pour une usine à accumulation, le débit naturel et le débit utilisé peuvent avoir des caractères absolument opposés. Il suffit de considérer une usine à service essentiellement hivernal.

Nous avons vu plus haut qu'il faut partir du régime hydraulique *naturel.* Selon les prescriptions en vigueur, ce principe concerne:

a) *Toutes* les usines au fil de l'eau, donc aussi bien celles à basse chute que celles à haute chute.

b) Pour les usines à accumulation, les débits en tant qu'ils sont *inférieurs* au débit semi-annuel. Ceci ressort nettement de l'art. 22, 1er alinéa.

On pourrait éventuellement être d'avis qu'il serait préférable de partir du débit utilisé, au lieu de partir du régime hydraulique naturel, pour le calcul de la puissance, lorsqu'il s'agit

c) D'un débit qui *dépasse* le débit semi-annuel (art. 22, 2e alinéa, du Règlement). Cf. fig. 4.

Reste à savoir si cela est conforme à la prescription du Règlement et si cela peut conduire à une bonne solution. La réponse serait indubitablement en faveur du débit naturel, si l'art. 22, 2e alinéa, avait la teneur suivante:

«Au delà de cette quantité on ne tient compte du débit «*des affluents naturels*» que s'il est effectivement utilisé.»

Le texte du Règlement doit être compris dans ce sens; dans le cas c) également, il y a donc lieu de partir du débit des affluents naturels. Ce principe général ne devrait être abandonné que si cela était spécifié dans la Loi fédérale ou dans le Règlement, ce qui n'est pas le cas. Nous préciserons d'ailleurs ce point au paragraphe 2, ainsi qu'au chapitre *III.*

2.

S'il semble indiqué de calculer graphiquement la puissance des usines au fil de l'eau, cette méthode est encore plus nécessaire pour déterminer celle des usines à accumulation, pour lesquelles les données du calcul sont beaucoup moins claires.

Le calcul de la puissance repose en principe sur trois possibilités. On pourrait en effet partir:

a) Uniquement du débit des affluents naturels;

b) En partie de celui-ci et en partie du débit utilisé;

c) Uniquement du débit utilisé.

Cas a). Voir figures 4 et 7.

Le calcul séparé de la puissance fournie par les *débits* inférieurs au débit semi-annuel (débit I, surface à hachures verticales) et de la puissance fournie par les débits dépassant ce débit (débit II, surface à hachures horizontales) est nécessaire, car on considère dans le premier cas comme soumise à la redevance la production possible et dans le second cas la production effective.

Le *débit I* est celui de l'usine fictive au fil de l'eau. Dans l'exploitation, les débits naturels quotidiens moyens qui sont supérieurs au débit semi-annuel ne sont bien entendu pas séparés en un débit égal au débit semi-annuel et en un débit supérieur à celui-ci. Les deux exploitations fictives se confondent en pratique.

Le *débit II* est le débit de l'usine fictive à accumulation (voir figures 7a et 7c). Le plus grand des débits quotidiens qui a pu être accumulé sans que le bassin ne déborde n'a rien à voir avec le plus grand des débits utilisés.

On pourra introduire dans le calcul des puissances les mêmes *chutes* effectives pour les débits I et II (voir figures 7b et 7c).

Cas b). Voir figure 5.

Pour le débit I, indiqué par la surface hachurée verticalement, la production possible est déterminée comme pour le cas *a)*. On pourrait songer à baser le calcul de la puissance, pour le débit II, sur le débit utilisé au lieu du débit naturel, en tant qu'il dépasse le débit naturel pour l'époque allant de *d* à fin mars et du début d'avril à *a* (surfaces hachurées obliquement).

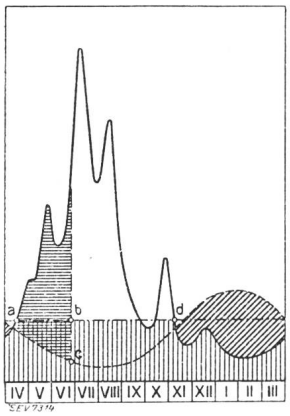

Fig. 5.

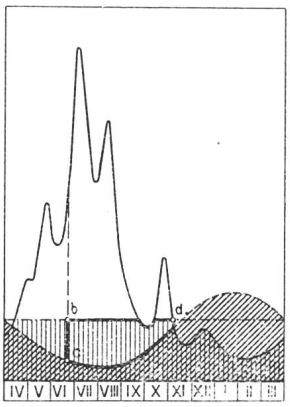

Fig. 6.

Or, la surface hachurée horizontalement est identique à la surface hachurée obliquement. Il s'ensuit qu'*en procédant de la sorte le débit correspondant à la surface a b c serait introduit deux fois dans le calcul.* Il pourrait arriver que l'on calcule avec une quantité d'eau supérieure à celle qui est fournie par les affluents. *Il n'est donc pas admissible de déterminer le débit soumis à la redevance en partant partiellement des débits naturels et partiellement des débits utilisés.*

Les chutes correspondant au débit I et au débit II peuvent être celles qui existent réellement à la date considérée.

Cas c). Voir figure 6.

On pourrait également songer à la solution suivante, comportant la détermination de deux valeurs.

Première valeur.

Détermination de la *production effective,* calculée en valeurs brutes, en partant du débit utilisé. Ce débit correspond à la surface hachurée obliquement.

Deuxième valeur.

Détermination de la *production possible,* en partant du débit I, c'est-à-dire de la production possible en tant que le débit ne dépasse pas le débit semi-annuel. Ce débit correspond à la surface hachurée verticalement.

La détermination des redevances serait basée sur la valeur la plus grande. Il est admis, dans les deux cas, que la détermination de la puissance est basée sur la chute réellement disponible à la date considérée.

Voici ce que nous avons à dire à ce sujet:

Ce procédé est sans aucun doute correct, lorsque la seconde valeur est plus grande que la première et qu'aucun débit dépassant le débit semi-annuel n'est utilisé. La puissance brute, calculée d'après la production effective, est alors plus faible que la production possible selon l'art. 22, 1er alinéa, du Règlement. Une production en surplus, comme le prévoit l'art. 22, 2e alinéa, n'existe absolument pas dans ce cas.

Lorsque la première valeur (production effective) est plus grande, le résultat est le suivant:

La redevance serait due pour le débit qui correspond à la surface hachurée obliquement. La surface *b c d* délimitée par un trait gras sur la figure 6 ne serait donc pas introduite dans le calcul de la redevance. Nous indiquons sous *III* si cela est admissible.

III. Combinaison de surfaces représentant les débits?

1.

En considérant le cas *b)*, nous avons déjà mentionné un exemple dans lequel la combinaison de surfaces représentant les débits ne semble pas admissible de la façon indiquée.

Premièrement: Un *débit* inférieur au débit semi-annuel, *correspondant* sur la figure 6 à la *surface b c d,* doit-il être *soumis à la redevance* ou non?

Cette question a déjà donné matière à controverses. De même la question suivante:

Deuxièmement: La compensation de la surface *b c d* par la surface hachurée horizontalement est-elle admissible? En d'autres termes: Est-il admissible de déduire la surface *b c d* de la surface hachurée horizontalement?

Ces questions ne se posent pas pour une usine à régime essentiellement hivernal, ni pour une usine à accumulation qui utilise également tout le débit annuel. Avec ces usines, aucun débit des affluents ne reste inutilisé, même en dessous du débit semi-annuel.

S'il ne s'agit pas d'une usine qui utilise tout le débit des affluents, il y a lieu de déterminer tout d'abord s'il s'agit d'une usine dans laquelle le débit quotidien moyen utilisé est supérieur pendant toute l'année au débit semi-annuel ou non. Dans l'affirmative, il n'existe pas de surface *b c d* et la question ci-dessus ne se pose pas. Il en va autrement lorsque le débit quotidien moyen utilisé est, au moins passagèrement, inférieur au débit semi-annuel. Dans ce cas, les considérations sont les suivantes:

a) Selon l'art. 22, 1er alinéa, les débits *utilisables* des affluents naturels doivent entrer en ligne de compte jusqu'à concurrence du débit semi-annuel. *La surface b c d correspond donc sans aucun doute à un débit soumis à la redevance.* Cette surface ne doit par conséquent pas être déduite d'une surface qui représente également un débit soumis à la redevance. En effet, une telle déduction aurait pour résultat d'écarter du calcul une partie soumise à la redevance, savoir celle qui correspond à la surface *b c d.*

Or, la surface hachurée horizontalement correspond, comme la surface *b c d,* à un débit sou-

mis à la redevance. La compensation mentionnée est donc déjà inadmissible pour cette raison.

Il n'importe pas que le débit correspondant à la surface hachurée horizontalement ne soit utilisé qu'en automne. A cette saison, ce débit n'est pas compté, puisque l'on part précisément du débit

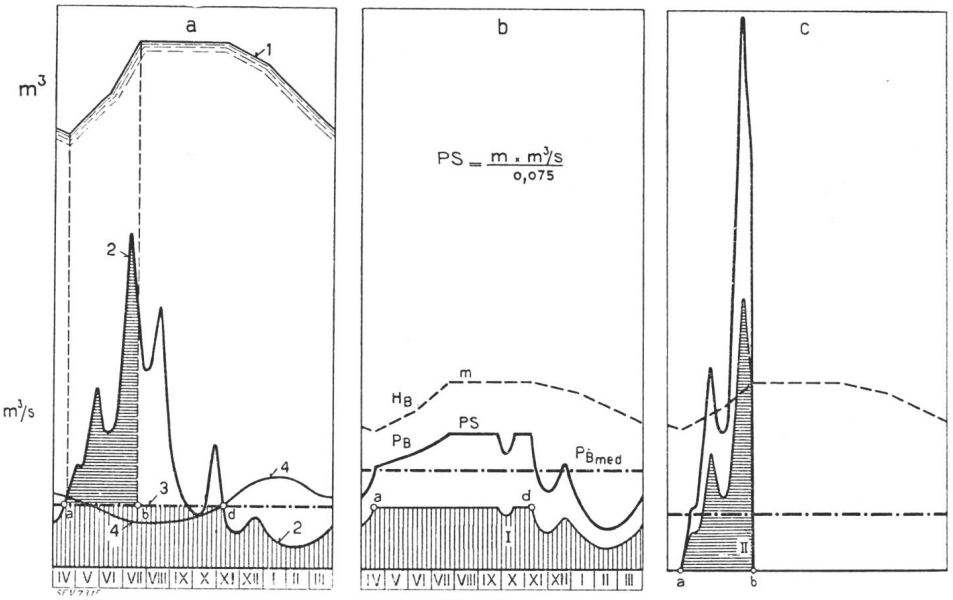

Fig. 7.

a **Débits.** *b* Partie du débit **utilisable inférieur** au débit semi-annuel. **Puissances brutes.** *c* Partie du débit **effectivement utilisé supérieur** au débit semi-annuel.

1 Contenance du bassin. *2* Apports. *3* Débit semi-annuel. *4* Débit utilisé. H_B Chute brute. P_B Puissance brute. $P_{B\,med}$ Puissance brute moyenne. *I* Débit I. *II* Débit II.

des affluents naturels. Voir à ce sujet le cas *b)* déjà mentionné.

b) En déduisant la surface *b c d* de la surface hachurée horizontalement, on soumettrait la production *effective* seule à la redevance, alors que la Loi fédérale prescrit d'y soumettre la production *possible* tout au moins, selon le Règlement, si celle-ci correspond au débit naturel jusqu'à concurrence du débit semi-annuel (Règlement art. 22, 1er alinéa). Or, la surface *b c d* représente un débit inférieur au débit semi-annuel.

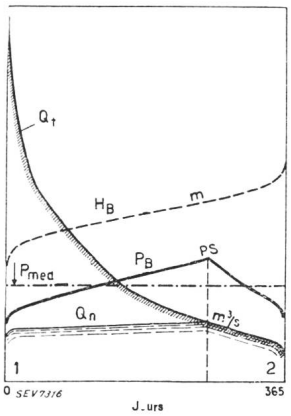

Fig. 8.

Caractéristiques d'une usine au fil de l'eau à basse chute pour une année (abaques).

Q_t Débit total. H_B Chute brute. P_{med} Puissance moyenne. P_B Puissance brute. Q_n Débit utilisable.

1 Hautes eaux. *2* Basses eaux.

c) La combinaison mentionnée est contraire au principe selon lequel il y a lieu de former dans le temps la somme des produits du débit naturel par la chute.

d) La teneur de la Loi fédérale ayant déjà été précisée limitativement par le Règlement, il est certainement inadmissible d'adopter en pratique une limitation encore plus grande. Si la combinaison mentionnée était admise, il ne resterait absolument plus rien de la production possible des usines à accumulation qui puisse être soumis à la redevance. Si ce point de vue avait été adopté, le Règlement aurait simplement spécifié que, pour les usines à accumulation, seule la production effective est soumise à la redevance.

Ces considérations montrent que la surface b c d correspond à un débit soumis à la redevance. Cette surface ne doit être déduite ni de la partie de la surface hachurée horizontalement située au-dessous de la droite représentant le débit semi-annuel, ni de la partie située au-dessus de cette droite.

2.

Certaines personnes ont émis l'avis que, en application de l'art. 22, 1re alinéa, du Règlement, un débit représenté sur la courbe annuelle des débits (figure 2) par la *surface hachurée obliquement* devait être également soumis à la redevance. Cette interprétation est toutefois erronée. En effet, la dite surface ne correspond à aucun débit du régime hydraulique naturel. Le Règlement ne peut donc pas être censé prescrire l'introduction d'une telle surface dans le calcul. D'ailleurs, le texte du Règlement (art. 22, 1er alinéa) ne stipule pas que le débit égal pendant toute l'année au débit semi-annuel doit être soumis à la redevance. Il indique

qu'il faut tenir compte du débit naturel *jusqu'à concurrence* du débit semi-annuel; il s'agit des débits inférieurs au débit semi-annuel, qui sont représentés par la surface hachurée verticalement.

Cette interprétation erronée provient peut-être du fait que l'on combine le régime hydraulique naturel avec le régime hydraulique modifié par l'exploitation (voir figure 3); ou bien aussi de l'intention de compenser, dans la courbe annuelle des débits, les surfaces situées au-dessus de la droite représentant le débit semi-annuel par les surfaces situées au-dessous de cette droite. Si l'on utilise la courbe de durée des débits en se fondant sur des considérations de ce genre, on aboutit à des conclusions erronées.

IV. Choix des intervalles de temps. Calcul analytique.

1.

Il s'agit en particulier de savoir dans quels cas il est admissible de calculer le produit $Q \cdot H_B$:

a) Comme produit de la moyenne annuelle des débits utilisables par la moyenne annuelle des chutes utilisables;

et dans quels cas, au contraire, ce produit $Q \cdot H_B$ doit être formé:

b) De la somme des produits du débit moyen de chaque jour par la chute brute correspondante.

Le jour n'est choisi ici qu'à titre d'exemple. Il faut décider dans chaque cas quel est l'intervalle de temps qui doit être choisi. Il peut fort bien être plus rationnel d'adopter des intervalles qui varient au cours de l'année. Ainsi, quand il s'agit de cours d'eau alpins, il peut être nécessaire de prendre des intervalles plus rapprochés au printemps, durant la période de fortes crues; ce sera plus simple que de choisir pour toute l'année des intervalles aussi courts.

Le mode de calcul des redevances ne donne aucune indication relative au choix des intervalles de temps. *Quoique le calcul de la puissance résulte en somme d'une intégration* et qu'il y aurait donc lieu de se baser sur des valeurs instantanées (on devra toujours revenir à ce principe quand il s'agit de résoudre des problèmes de calcul des redevances), il est admissible de simplifier en n'adoptant pas d'intervalles de temps inférieurs au jour. Les considérations suivantes le justifient: Le *jour* est une *courte* durée; si l'on choisissait des durées encore plus brèves, le travail nécessité par les calculs ne serait plus en rapport avec le résultat demandé. — Dans les *publications* hydrographiques, le *débit quotidien* moyen est indiqué en m^3/s: Cf. Deuxième partie, Chapitre A (Calcul de la puissance. Généralités), chiffre 1, 3° alinéa. — Le débit *semi-annuel*, facteur qui n'a toutefois été introduit que dans le Règlement, est également la moyenne d'une *valeur journalière*, indiquée en m^3/s: Cf. Première partie, chapitre F, II (Détermination des débits utilisables), chiffre 1, 6e alinéa.

Il a déjà été question du choix des intervalles de temps au chapitre A, chiffre 2, dernier alinéa. Dans l'arrêt rendu par le Tribunal fédéral mentionné dans la Première partie, chapitre F, II (Déterminations des débits utilisables), chiffre 1, 3e alinéa, le cas spécial suivant a été traité:

Le débit semi-annuel était bien dépassé par les valeurs momentanées du débit effectivement utilisé, mais non pas par sa moyenne journalière. Il n'avait donc été tenu compte que des débits inférieurs au débit semi-annuel. Cette simplification, favorable à l'usine, a donc paru admissible au Tribunal fédéral et concorde avec les considérations ci-dessus.

Les simplifications qui paraissent admissibles quand il s'agit de conditions peu importantes, ne le sont pas sans autre pour des conditions plus importantes. Nous renvoyons à ce sujet aux considérations figurant dans la Deuxième partie, chapitre C III (Combinaison de surfaces représentant les débits?)

2.

Selon l'art. 2, 3e alinéa, du Règlement, il est admissible de former le produit $Q \cdot H_B$ à l'aide de la moyenne annuelle des débits utilisables et de la moyenne annuelle des chutes utilisables (calcul selon a), lorsque:

aa) il s'agit d'une installation peu importante;
bb) la hauteur de chute n'est pas sensiblement influencée par le débit (variable).

Il y a lieu de noter que, d'une façon générale, le calcul selon a) est également admissible pour les grandes installations, lorsque:

Q et H_B sont constants,
Q est constant, mais H_B variable,
H_B est constant, mais Q variable.

Pour le calcul de la puissance, les intervalles de temps ne doivent donc pas être choisis plus longs que cela n'est nécessaire pour que l'une de ces conditions soit pratiquement satisfaite avec une précision suffisante.

Soient $t_1, t_2, t_3 \ldots t_n$ les intervalles de temps (en jours par exemple) au cours desquels l'une des conditions mentionnées est remplie. Le produit annuel moyen du débit et de la hauteur de chute brute est donc

$$(Q \cdot H_B)_{med} = \frac{Q_1 \cdot H_1 \cdot t_1 + Q_2 \cdot H_2 \cdot t_2 + \ldots + Q_n \cdot H_n \cdot t_n}{\Sigma\, t}$$

Si les intervalles de temps sont égaux et leur nombre égal à n, on a

$$t_1 = t_2 = t_3 \ldots = t_n = t$$

et

$$\Sigma\, t = n \cdot t$$

donc

$$(Q \cdot H_B)_{med} = \frac{Q_1 \cdot H_1 + Q_2 \cdot H_2 \ldots + Q_n \cdot H_n}{n}$$

Le calcul analytique des redevances doit être limité de préférence à des cas simples.

Troisième partie:

Résumé et conclusions.

I.

Le mode de calcul des redevances en matière de droits d'eau, prescrit par le Règlement, présente les avantages suivants:

Pour les *usines au fil de l'eau*, il suffit de connaître les caractéristiques de l'usine et du régime hydraulique. Pour les *usines à accumulation*, il faut également connaître le débit utilisé au cours de l'année. On détermine ensuite le régime hydraulique naturel.

Même pour les usines à accumulation, la puissance soumise à la redevance peut être *déduite en principe des levés hydrographiques et des calculs relatifs au régime hydraulique.* Cela offre d'importants avantages. L'autorité concédante n'est pas tenue aux indications fournies par le service d'exploitation de l'entreprise au bénéfice d'une concession. Il n'est pas nécessaire d'introduire le rendement des turbines et des génératrices, ni de déterminer le rapport entre la chute brute et la chute nette. Or, ce sont surtout ces déterminations qui peuvent aisément donner lieu à des contestations, que seuls des spécialistes sont capables de trancher. Le profane ne peut guère se former une opinion sur ces questions; le juge est donc obligé d'avoir recours dans une très large mesure à l'avis d'experts. Les avantages du calcul hydrographique ont certainement contribué à son introduction dans le Règlement. Il constitue d'autre part une réalisation correcte d'un principe clairement exprimé. Les combinaisons peuvent en revanche conduire à des erreurs.

Le calcul prescrit par le Règlement présente à vrai dire le désavantage qu'il n'est pas très facile d'exécuter correctement les calculs relatifs au régime hydraulique. Malgré cela, les personnes non spécialistes peuvent aisément les vérifier.

II.

1° Le Règlement a introduit la notion d'usine avec accumulation, sans la définir et sans même la préciser d'une façon ou d'une autre. *Le point capital, savoir: que faut-il entendre par «usine avec accumulation», est donc déjà une cause de controverse.* Il est probable que ce terme s'applique aux usines avec bassin d'accumulation servant à régulariser le débit, désignées par la Loi fédérale. Celle-ci fait à peine une distinction entre les usines à accumulation et les usines au fil de l'eau; cette distinction est beaucoup plus marquée dans le Règlement. En réalité, la régularisation des débits peut être très variée. Entre une régularisation très poussée et une régularisation insignifiante, il y a place pour toutes les possibilités intermédiaires. Il serait recommandable de réduire la redevance en fonction de l'importance de cette régularisation. C'est probablement à cet effet que le législateur emploie l'expression «équitablement». Il semble bien qu'il ne s'agisse pas de la régularisation des débits immédiatement en aval de l'usine.

2° Le fait que ce que l'on doit entendre par usine à accumulation n'est pas déterminé, nous amène à la considération suivante:

La définition de la puissance soumise à la redevance ne pourrait-elle pas être établie de telle sorte qu'il ne soit fait aucune distinction entre les usines au fil de l'eau et les usines à accumulation, ces dernières étant néanmoins favorisées nécessairement lors du calcul des redevances? Selon les dispositions de la Loi fédérale, il faudrait partir de la production possible. Pour favoriser les usines à accumulation, un facteur de réduction pourrait alors être introduit, par exemple le rapport entre la contenance du bassin et le débit annuel des affluents naturels. Si ce rapport est faible, le concessionnaire ne serait pas favorisé. Plus ce rapport augmenterait, plus la réduction de la redevance devrait être forte.

Remarquons à ce sujet qu'il serait fort difficile de définir clairement et sans erreur possible ce que l'on doit entendre par production possible d'une usine à accumulation.

3° On pourrait également se demander si un calcul des redevances plus satisfaisant pourrait être réalisé en remplaçant le débit semi-annuel en m^3/s (Règlement, art. 22, 1er alinéa) par le débit annuel *moyen* en m^3/s et en supprimant le second alinéa de l'art. 22.

Ce principe ne semble pas applicable. Pour les usines au fil de l'eau à basse chute, le débit annuel moyen n'est que très peu supérieur au débit semi-annuel. Par contre, dans les montagnes où se trouvent les grandes usines à accumulation, les débits annuels moyens sont beaucoup plus considérables et peuvent même atteindre un multiple du débit semi-annuel. En tenant compte du débit jusqu'à concurrence du débit annuel moyen, les usines à accumulation, que le législateur entend favoriser, seraient au contraire fortement désavantagées par rapport aux usines au fil de l'eau.

III.

1° Le législateur a déclaré que la redevance pour le *supplément* de force doit être réduite par rapport à une usine qui pourrait utiliser le débit semi-annuel, c'est-à-dire en quelque sorte par rapport à une usine au fil de l'eau. A la lettre, pour une entreprise ayant droit à cette faveur, la puissance soumise à la redevance devrait donc, pour cette raison déjà, être calculée après subdivision en deux parties, comme nous l'avons indiqué en détail, et le taux de la redevance par unité de puissance ne devrait être réduit que pour le *supplément* de puissance.

Il semblerait admissible de réduire le taux pour toute la puissance soumise à la redevance, dans une mesure proportionnellement plus faible que cela aurait dû l'être pour le supplément de puissance. Cette réduction peut fort bien être estimée, car la régularisation des débits n'est pas une grandeur mathématique et la prescription selon laquelle le taux doit être réduit est fort indéterminée.

Il est possible qu'il soit difficile, pour une autorité concédante, de réduire le taux de la redevance et qu'elle préfère adopter un mode de calcul de la puissance qui détermine une redevance plus faible. Ce mode de calcul devrait toutefois être parfaitement clair et précis dans tous les cas.

Il serait préférable de faire figurer dans l'acte de concession non seulement le taux de la redevance par unité de puissance, mais bien encore son montant même. La construction de l'usine ne devrait toutefois pas être entravée par ces discussions.

2° Si, après l'octroi d'une concession, des contestations s'élèvent au sujet de la redevance, par exemple pour savoir si une usine doit être considérée comme usine à accumulation ou non, le conflit sera porté devant l'autorité judiciaire, selon l'art. 71 de la Loi fédérale.

IV.

1° Le Règlement prescrit également de subdiviser en deux parties le calcul de la puissance des usines à accumulation, même lorsque le taux de la redevance par unité de puissance n'est pas réduit. Ainsi qu'il ressort des explications précédentes, *le mode de calcul de la puissance donne également matière à contestation même si l'on a pu s'entendre sur le fait qu'il s'agit d'une usine à accumulation. Il semble donc indiqué d'arrêter un nouveau règlement concernant le calcul des redevances en matière de droits d'eau, qui prescrive exactement le mode de calcul.*

2° Au cas où il ne serait pas recommandable de procéder à l'élaboration d'un règlement entièrement nouveau, basé sur la Loi fédérale, il semble néanmoins indiqué de remanier le Règlement actuel en tenant compte des expériences faites jusqu'à ce jour. Le règlement devrait être ordonné d'une autre façon, son texte remanié, le mode de calcul simplifié et les prescriptions d'application rendues plus concrètes.

3° Les prescriptions juridiques en vigueur doivent être modifiées le moins possible.

Beitrag zur Frage der Kupferverlustmessung bei Mutator-Transformatoren, speziell mit Gabelschaltung.

Von *P. Waldvogel*, Baden.

621.317.384 : 621.314.21

Um den von Herrn Kübler zur Aufnahme in die CEI-Regeln empfohlenen Vorschlag (siehe Bull. SEV 1938, Nr. 11) anzuwenden, muss man alle sekundären Wicklungen so kurzschliessen, dass die sekundären Ströme möglichst genau die Sollwerte annehmen, die man unter der Voraussetzung einer vollkommenen Symmetrie rechnerisch bekommt. Dies wird bei allen Transformatorenschaltungen am besten verwirklicht, wenn man jeweils die im Spannungsdiagramm entgegengesetzten Klemmen zusammen verbindet: dabei sind die verschiedenen Kurzschlussverbindungen voneinander zu isolieren.

Bei sechsphasiger Gabelschaltung sind mit dieser Kurzschlussart alle symmetrischen Bedingungen noch nicht streng erfüllt, da die Summe der 3 Kurzschlußströme noch einen gewissen Reststrom enthält. Eine Verbesserung ist aber leicht zu verwirklichen, wenn man einen geschlossenen Eisenring aus Dynamoblech um die 3 Kurzschlusskabel anordnet. Mit einem Stabstromwandler lässt sich jedenfalls dieser Reststrom immer erfassen und messen. Eine einfache Korrekturformel ergibt dann die richtigen ohmschen Verluste.

La méthode que M. Kübler a proposée pour les prescriptions internationales exige que le court-circuit sur tous les enroulements secondaires soit fait de telle façon que les courants secondaires prennent aussi exactement que possible les valeurs théoriques que l'on obtient par le calcul en supposant une symétrie parfaite. C'est en réunissant les bornes qui sont diamétralement opposées dans le diagramme des tensions que l'on réalisera le mieux cette condition pour toutes les sortes de couplage des transformateurs, étant entendu que les différentes connexions de court-circuit doivent être isolées les unes des autres.

Pour le couplage hexaphasé en fourche, cette méthode ne remplit pas encore rigoureusement toutes les conditions de symétrie, car la somme des 3 courants de court-circuit contient encore un certain terme résiduel. Cependant, il est aisé d'apporter une amélioration sensible en disposant autour des 3 câbles de court-circuit un anneau fermé en tôles dynamo. D'ailleurs, ce courant résiduel peut toujours être mesuré au moyen d'un transformateur d'intensité. Une formule de correction très simple donne ensuite les pertes ohmiques exactes.

I. Einleitung.

Es wurden schon verschiedene Methoden vorgeschlagen, um bei Mutatorbetrieb die im Mutatortransformator erzeugten Kupferverluste aus einfachen Messungen zu ermitteln. Durch einen im Bull. SEV 1938, Nr. 11, erschienenen Aufsatz hat Herr Kübler diese verschiedenen Methoden ausführlich erklärt. Er weist darauf hin, dass der vierte Vorschlag ganz besonders zur Aufnahme in die CEI-Regeln geeignet sei.

Dieser Vorschlag 4 kann folgendermassen zusammengefasst werden: Man schliesst alle Transformatorklemmen auf der Mutatorseite kurz, speist drehstromseitig die 3 Phasen mit dem Nennstrom und misst gleichzeitig die Kupferverluste. An Hand der gemessenen Wicklungswiderstände kann man die ohmschen Verluste, die während dieses Versuches entstehen, bestimmen. Die Differenz zwischen den mit den Wattmetern gemessenen Verlusten und den berechneten ohmschen Verlusten ergibt die zusätzlichen Verluste. Hernach wird die vereinfachende Annahme getroffen, dass beim Mutatorbetrieb die zusätzlichen Verluste unverändert bleiben, während die ohmschen Verluste einfach aus der Widerstandsmessung zu berechnen sind.

Die Anwendung dieses Verfahrens setzt also voraus, dass alle durch die kurzgeschlossenen Wicklungen fliessenden Ströme bekannt sind. Erst dann können die ohmschen Verluste berechnet werden. Ausserdem muss man berücksichtigen, dass die getroffene Annahme über die zusätzlichen Verluste nur dann begründet ist, wenn die Kurzschlußströme sich unter sich genau wie die Grundwellen der Ströme beim Mutatorbetrieb verhalten. Man muss also immer darauf achtgeben, dass die verschiedenen Sekundärströme unter sich gleich werden und eine gegenseitige Phasenverschiebung gleich $\frac{2\pi}{m}$