

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 12 (1921)
Heft: 12

Artikel: Comment tenir compte du facteur de puissance dans les tarifs
Autor: Ganguillet, O.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060437>

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: 03.04.2025

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

Kochversuche mit Gas bzw. Elektrizität berichtet. Aus den Versuchsergebnissen wurde der Aequivalenzpreis zwischen Gas und Elektrizität berechnet und graphisch dargestellt. Die Versuche wurden wiederum durch weitere Beobachtungen ergänzt. So kamen die Beziehungen zwischen Topffüllung und Energieausnützung bei elektrischen Apparaten, und Gaskochern, der Temperaturverlauf bei Ankochversuchen, und beim Abkühlen des Wassers in Kippkesseln usw. zur graphischen Darstellung.

3. Zwei vergleichende, an einem Kohlenherd einerseits und an elektrisch geheizten Kippkesseln andererseits ausgeführte Reihen praktischer Kochversuche wurden beschrieben und diskutiert.

Berichtigung. Im Bulletin No. 10, Seite 267 dieses Artikels muss es in der sechsten Zeile von oben (unter dem Titel „Versuche an der Anlage No. 6“) heissen: „Bei dieser Anlage diente die elektrische Heizung usw.“

Ferner muss die Legende von Fig. 10, Seite 270 desselben Aufsatzes wie folgt lauten:

Fig. 10

Aequivalenzpreise zwischen elektrischer Energie und Koks.

a Mittelwert sämtlicher Versuche. Koksheizwert 6500 WE.

c Unwirtschaftlichster Versuch. Koksheizwert 6500 WE.

b Wirtschaftlichster Versuch. Koksheizwert 6500 WE.

d Mittelwert sämtlicher Versuche. Koksheizwert 6600 WE.

Comment tenir compte du facteur de puissance dans les tarifs.

Par O. Ganquillet, ingénieur à Zurich.

Lorsqu'on a commencé à distribuer de l'énergie électrique sous forme de courants alternatifs, il a paru équitable de ne pas faire payer aux clients les kVA, c'est-à-dire l'énergie apparente, mais bien les kWh, l'énergie effective. En conséquence on a construit des compteurs de kWh et l'on s'est d'autant moins soucié du déphasage que la consommation de courant pour l'éclairage l'emportait alors sur la consommation pour la force motrice et que les appareils d'éclairage sont en général dépourvus de self-induction.

Peu à peu, les installations de distribution prenant de l'extension, on s'est rendu compte qu'on commettait une erreur, que les frais de distribution entraient en si forte proportion dans le prix de l'énergie rendue au lieu d'utilisation qu'il était indiqué de faire aussi payer les courants déwattés, ces parasites des réseaux électriques, qui augmentent si désagréablement les dépenses à faire pour les lignes, les transformateurs et les alternateurs. Le besoin de rendre les tarifs dépendants du déphasage est devenu plus pressant encore depuis qu'on transporte l'énergie électrique à de grandes distances et qu'on constate quel grand avantage il y aurait pour le rendement des lignes et pour le réglage à ce que les courants déwattés soient faibles.

Le consommateur peut, en particulier par l'emploi plus fréquent de moteurs synchrones, améliorer le facteur de puissance de son installation, mais, comme ce moyen entraîne pour lui un surcroît de dépenses, il ne l'emploiera que si le courant déwatté lui coûte suffisamment cher. *Il s'agit donc d'établir comment le prix du kWh doit varier avec $\cos \varphi$, le facteur de puissance.*

Un article publié au „Bulletin“ en août 1917 par le Secrétariat général a fait connaître l'opinion des centrales suisses sur ce sujet et a orienté les lecteurs sur les méthodes proposées jusqu'alors. Depuis cette époque la question a été étudiée un peu partout. En Suisse aussi elle est à l'étude: un questionnaire adressé tout récemment aux principales centrales nous a permis de le constater. Mais la plupart des centrales hésitent encore dans leur choix de la méthode à appliquer.

Nous espérons que la présente étude, quoique très succincte, pourra leur être utile.

Voici les principales manières jusqu'ici envisagées de tenir compte du déphasage dans la facture:

1^o Tant que $\cos \varphi$ est supérieur à 0,8 on ne fait pas payer de surtaxe. Si $\cos \varphi$ atteint les valeurs 0,79 0,78 0,70 0,50 on applique une surtaxe de 1 2 10 30 %.

Cette méthode est illustrée par la droite B de la figure ci-après. On en a proposé plusieurs du même genre.

2^o Au lieu de faire payer le nombre des kWh consommés, représenté par l'expression

$$\int IV \cos \varphi \cdot dt \quad (\text{où } I = \text{intensité, } V = \text{tension, } t = \text{temps})$$

on ferait payer une somme proportionnelle à

$$\int IV \cos \varphi \cdot dt + \int IV \sin \varphi \cdot dt.$$

Si le kWh effectif coûte p centimes pour $\cos \varphi = 1$, son prix pour d'autres valeurs de $\cos \varphi$ serait donné par la courbe F.

3^o Cette seconde méthode entraînant des prix excessifs dès que $\cos \varphi$ s'écarte tant soit peu de l'unité, on propose en France de faire payer au consommateur un montant proportionnel à l'expression

$$\int IV \cos \varphi \cdot dt + 0,3 \int IV \sin \varphi \cdot dt,$$

qu'on appellerait „énergie complexe“. A cette méthode correspond la courbe C.

4^o On pourrait facturer tout simplement les kVAh, c'est-à-dire $\int IV \cdot dt$, l'énergie apparente. Le tarif varierait alors suivant la courbe E.

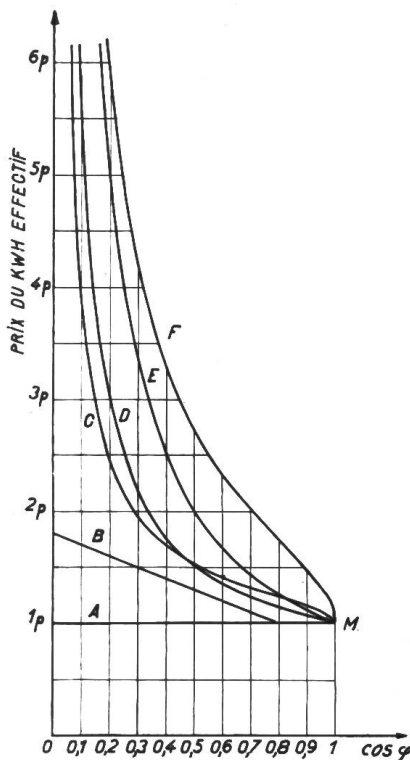
5^o La solution qui nous paraît la meilleure consiste à facturer l'énergie proportionnellement à l'expression

$$\frac{1}{2} \int IV \cos \varphi \cdot dt + \frac{1}{2} \int IV \cdot dt.$$

Elle correspond à la courbe D. Voici les raisons qui doivent nous engager à l'adopter:

Les frais de production de l'énergie mécanique à la centrale sont bien indépendants du déphasage du courant. Il est donc logique de maintenir dans l'expression du prix un terme simplement proportionnel à l'énergie effective consommée c'est-à-dire à $\int IV \cos \varphi \cdot dt$. Les frais de transformation et de distribution de l'énergie dépendant au contraire uniquement de la tension et de l'intensité, il est également logique d'introduire un terme proportionnel à $\int IV \cdot dt$.

Si les frais de production étaient négligeables il faudrait adopter la courbe E, s'ils avaient seuls de l'importance on en resterait à la droite A. Dans tous les cas où l'énergie est transformée de moyenne à haute tension, transportée à grande distance, puis retransformée à moyenne et enfin à basse tension, les frais de transformation et de distribution sont souvent plus élevés que les frais de production. Aussi n'est-il pas exagéré dans ces cas-là d'établir la facture d'après la somme



$$\left[\frac{1}{2} \int IV \cos \varphi \cdot dt + \frac{1}{2} \int IV \cdot dt. \right]$$

D'ailleurs dans tous les cas où l'on jugera plus équitable d'associer les deux termes dans une autre proportion, rien n'empêchera de le faire, par exemple en facturant l'énergie proportionnellement à l'expression

$$\frac{2}{3} \int IV \cos \varphi \cdot dt + \frac{1}{3} \int IV \cdot dt.$$

Remarquons les défauts des autres solutions: la courbe C (solution française), dont la tangente au point M est verticale, entraîne une surtaxe déjà forte pour le moindre petit déphasage, déphasage qui est presque inévitable et sans inconvénient aucun pour la centrale; même reproche à plus forte raison à la courbe F. Quant à la solution B elle ne comporte pas de surtaxe assez forte dans le cas de déphasages excessifs; d'autre part elle va trop loin en supprimant complètement la surtaxe pour $\cos \varphi = 0,8$. Enfin toutes ces solutions manquent d'une base logique.

Jusqu'à présent nous n'avons comparé ces divers systèmes qu'au point de vue théorique. Voyons maintenant comment on peut les mettre en pratique. Ceux qui proposent le premier (droite B ou analogues) pensent ne rien ajouter aux compteurs ordinaires de kWh et déterminer $\cos \varphi$ une fois par an seulement pour chaque installation. Cette méthode approchée à l'avantage de la simplicité, mais vu les variations possibles du facteur de puissance, nous ne saurions la recommander pour des installations de quelque importance. Si l'on veut être exact il faut installer en plus du compteur de kWh soit un compteur de kVAh soit un instrument mesurant $\int IV \sin \varphi \cdot dt$. Suivant les informations que nous avons prises,

ces deux derniers genres d'appareils coûtent sensiblement la même chose et présentent à peu près la même précision. Seule la solution consistant à établir le tarif suivant la courbe E ne nécessiterait qu'un seul instrument par installation, à savoir un compteur de kVA-heures; mais pour cela précisément elle est à rejeter, car il est indispensable qu'il y ait un compteur ordinaire de kWh, pour que le consommateur puisse comparer ce qu'il paye avec ce qu'il consomme effectivement.

De tout ce qui précède on peut conclure que, si les centrales suisses veulent introduire des tarifs qui tiennent compte du déphasage, la meilleure méthode qu'elles puissent adopter consiste à facturer dans tous les cas l'énergie qu'elles fournissent non plus d'après le nombre des kWh effectifs consommés, mais proportionnellement à l'expression

$$(1-a) \int IV \cos \varphi \cdot dt + a \cdot \int IV \cdot dt, \quad 1)$$

où a est un coefficient à fixer d'après le caractère du réseau [a désigne le rapport des frais de distribution et de transformation aux frais totaux dans le cas où l'on pourrait compter sur un déphasage nul]. A cet effet on munira toutes les installations de quelque importance d'un compteur de kVAh. Quand aux petites installations, on se contentera d'y mesurer une fois par an le $\cos \varphi$ moyen et on établira les factures d'après l'expression ci-dessus en y remplaçant $\cos \varphi$ par la valeur mesurée.

Pour les lecteurs que cela pourrait intéresser signalons encore les méthodes adoptées provisoirement par quelques centrales.

Ville de Genève. Dans les contrats à forfait, qui sont la règle pour la force motrice, la somme à payer est fixée d'après les kVA absorbés par le moteur en pleine charge. En outre le service

1) Le présent article était déjà écrit quand nous avons eu connaissance de celui du prof. Nienhammer traitant le même sujet et paru au numéro d'octobre des „Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke“. Après avoir calculé les frais dans tous leurs détails pour un cas particulier, il en vient à envisager entre autres la solution que nous conseillons ici; il pose $a = 1/3$. Mentionnons également que, outre les surtaxes pour courant dévatté, il prévoit un rabais pour les consommateurs qui, au moyen d'une charge capacitive, produiraient une avance du courant sur la force électromotrice.

électrique contrôle le facteur de puissance et le courant à vide de tout moteur qu'on installe sur son réseau et leur prescrit certaines limites.

La Société Motor a employé divers moyens pour tenir compte de $\cos \varphi$. Dans un cas, lorsque le facteur de puissance réalisé est inférieur de $x\%$ à celui prévu, elle facture l'énergie à un prix majoré dans le rapport de $\left(1 + \frac{x}{2}\right)$ à 1.

Dans un autre cas, elle facture séparément

$$\int IV \cos \varphi dt \text{ et } \int IV \sin \varphi dt$$

en admettant des prix unitaires différents pour ces deux sommes. Dans un troisième cas elle emploie un facteur de correction qui correspond à peu de chose près à l'application de la courbe E.

La Société des forces motrices du Nord-Est considère comme normal un facteur de puissance égal à 0,7 et a établi un tableau des rabais applicables aux clients dont le facteur de puissance moyen est $> 0,7$ et un tableau des surtaxes pour les clients dont le facteur de puissance est $< 0,7$. Elle installe à côté du compteur ordinaire un compteur qui donne $\int IV \sin \varphi dt$ et admet comme facteur de puissance moyen le quotient :

$$\frac{\int IV \cos \varphi dt}{\left(\int IV \cos \varphi dt\right)^2 + \left(\int IV \sin \varphi dt\right)^2}$$

Les forces motrices bernoises installent chez les abonnés importants des compteurs de $\int IV \sin \varphi dt$ et facturent un supplément pour les kVAh $\sin \varphi$ lorsque ceux-ci dépassent une quantité convenue. Le supplément est plus élevé pour l'énergie consommée le jour que pour celle consommée la nuit.

La ville de Berne tient compte du facteur de puissance par la méthode B.

La Cie. Vaudoise se propose d'adopter une méthode analogue.

La ville de St-Gall s'est basée dans quelques cas spéciaux sur les lectures faites au compteur de kVAh.

La plupart des centrales suisses se contentent aujourd'hui encore de prescrire pour les moteurs un facteur de puissance qui ne doit pas être inférieur à celui des bons moteurs de construction B. B. C. ou Oerlikon et s'abstiennent au surplus de contrôler et de facturer les courants déwattés. Parmi les sociétés qui dans leurs tarifs tiennent compte de $\cos \varphi$ la Société Negri est à notre connaissance celle qui favorise le plus les clients dont le facteur de puissance est avantageux. Les prix augmentent un peu plus qu'en raison inverse du facteur de puissance, suivant une courbe qui monte encore plus rapidement que notre courbe E.

Miscellanea.

Nécrologie. *M. François Geneux*, mort le 29 septembre 1921 à St-Imier dans sa 61^{me} année après une longue maladie, fut un des membres les plus dévoués de nos deux associations. Monsieur Geneux n'était pas technicien mais commerçant et banquier avisé. Dès les premiers essais de transport d'énergie à grande distance il comprit l'avantage qu'on pouvait tirer des chutes d'eau. Il prit des concessions sur le Doubs et créa en 1894 la Société des forces électriques de la Goule, qu'il a dirigée jusqu'à sa mort avec compétence et avec un dévouement inlassable. Dès 1898 M. Geneux fut membre

de l'Association Suisse des Electriciens; de 1902 à 1903 il en fut le secrétaire français; en 1904 il fut élu vice-président. Il collabora activement aux prescriptions sur l'établissement et l'entretien des installations à fort courant et à la loi de 1902. Il contribua à la création de l'inspectorat des installations électriques, qui reçut plus tard un caractère officiel. En 1901 il fut président de l'Union des Centrales Suisses d'Electricité.

En collaboration avec les industriels de la région de Montbéliard il créa en 1907 sur le Doubs l'usine du Refrain. Il poursuivait d'autres projets