

La naissance d'un tarif d'électricité

Autor(en): **Roesgen, Marcel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **73 (1947)**

Heft 26

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-55158>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ABONNEMENTS :

Suisse : 1 an, 20 francs
Etranger : 25 francs

Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 17 francs
Etranger : 22 francs

Prix du numéro :
1 Fr. 25

Pour les abonnements
s'adresser à la librairie
F. Rouge & C^{ie}, à Lausanne.

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. NEESER, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. EPITAUX, architecte, à Lausanne ; secrétaire : J. CALAME, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg* : MM. L. HERTLING, architecte ; P. JOYE, professeur ; *Vaud* : MM. F. CHENAUX, ingénieur ; † E. ELSKES, ingénieur ; E. D'OKOLSKI, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; CH. THÉVENAZ, architecte ; *Genève* : MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; E. MARTIN, architecte ; E. ODIER, architecte ; *Neuchâtel* : MM. J. BÉGUIN, architecte ; G. FURTER, ingénieur ; R. GUYE, ingénieur ; *Valais* : M. J. DUBUIS, ingénieur ; D. BURGNER, architecte.

RÉDACTION : D. BONNARD, ingénieur, Case postale Chauderon 475, LAUSANNE.

Publicité :
TARIF DES ANNONCES

Le millimètre
(larg. 47 mm.) 20 cts.
Réclames : 60 cts. le mm.
(largeur 95 mm.)

Rabais pour annonces répétées.



ANNONCES-SUISSES S.A.
5, rue Centrale Tél. 2.33.26
LAUSANNE
& Succursales.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE
A. STUCKY, ingénieur, président ; M. BRIDEL ; G. EPITAUX, architecte ; R. NEESER, ingénieur.

SOMMAIRE : *La naissance d'un tarif d'électricité*, par MARCEL ROESGEN, ingénieur électricien. — Organisation et formation professionnelles : *Le rôle de l'ingénieur dans la société*. — BIBLIOGRAPHIE. — Société suisse des ingénieurs et des architectes : *Communiqué du Secrétariat*. — CARNET DES CONCOURS. — SERVICE DE PLACEMENT.

La naissance d'un tarif d'électricité

par MARCEL ROESGEN, ingénieur électricien¹

Introduction.

« Pourquoi les tarifs d'électricité sont-ils si compliqués et pourquoi ne cherche-t-on pas à les simplifier ? » Telle est la question que l'on entend souvent formuler et à laquelle il est bien difficile de répondre en peu de mots, tant le problème est complexe.

Il est toutefois possible de donner un aperçu de cette complexité en décrivant les méthodes au moyen desquelles on détermine la structure et les coefficients d'un nouveau tarif. Et le lecteur sera sans doute surpris de constater que cette création met en jeu non seulement des raisonnements mathématiques et comptables, mais aussi des considérations psychologiques et sociales.

Nous allons donc décrire, à titre d'exemple, la genèse du *tarif à compteur unique pour l'éclairage et tous les usages ménagers* que le Service de l'électricité de Genève a mis en vigueur en automne 1946 sous le nom de TARIF U.

Il n'est sans doute pas inutile de rappeler au préalable quelques notions fondamentales.

Considérée du point de vue de l'économie politique, l'électricité, ou plus correctement l'énergie électrique, est une marchandise, un *bien d'échange* comme un autre. Elle se distingue cependant par une particularité qui est à l'origine de toutes les difficultés rencontrées lors de la fixation de la valeur commerciale de cette marchandise : *l'énergie électrique ne peut pas être emmagasinée*. Par conséquent, elle doit être produite à l'instant précis où le consommateur désire l'utiliser, et cela en quantité exactement égale à la fourniture désirée.

¹ Conférence donnée à la Section genevoise de la Société suisse des ingénieurs et architectes, le 12 septembre 1947.

L'entreprise de distribution d'énergie électrique doit donc être à même de satisfaire à chaque instant la demande de l'ensemble de ses abonnés et, pour obtenir ce résultat, elle doit prévoir ses installations de production et de répartition pour la puissance maximum qui leur sera demandée, même si cette puissance ne se manifeste que quelques heures par an ; le reste du temps, ces installations ne fonctionneront qu'à charge partielle.

On conçoit dès lors que les capitaux investis dans l'entreprise et, par suite, les intérêts et les amortissements, puis d'autre part les traitements et salaires du personnel de surveillance et d'entretien, enfin une notable partie des frais généraux d'administration, seront avant tout déterminés par la puissance maximum tenue à disposition ; ils ne dépendront que dans une faible mesure de la quantité d'énergie (exprimée en kilowattheures) réellement fournie.

Ces considérations s'appliquent plus particulièrement aux centrales hydroélectriques, ainsi que le montre un examen même sommaire de leurs comptes rendus de gestion. La figure 1 illustre le fait de façon très schématique ; les dépenses annuelles peuvent être représentées par une droite légèrement inclinée et coupant l'axe des ordonnées très au-dessus de l'origine. Quant au prix moyen de l'énergie vendue, il est égal au quotient d'une quantité à peu près constante (les dépenses annuelles) par une quantité variable croissant linéairement (l'énergie vendue) ; il est donc représenté par une courbe descendante d'allure hyperbolique.

Le problème de la vente de l'énergie consiste dès lors à déterminer les prix de vente de façon à couvrir des dépenses annuelles presque indépendantes de la consommation (dans certaines limites bien entendu). Nous allons voir que ce problème comporte de nombreuses solutions.

Les tarifs à forfait et les tarifs horaires.

Supposons une entreprise d'électricité d'une importance analogue à celle du Service de l'électricité de Genève : puis-

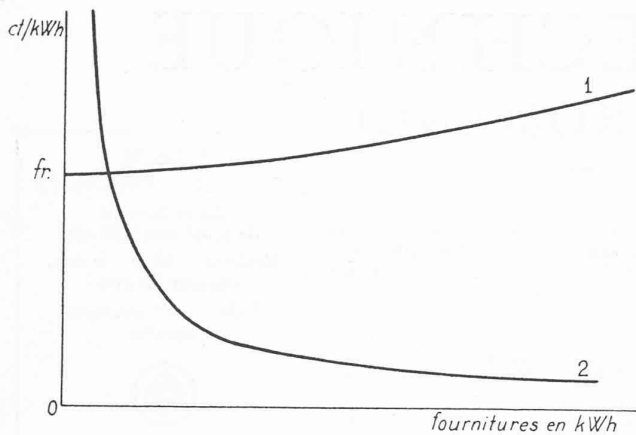


Fig. 1. — Prix de revient de l'énergie électrique en fonction de la quantité produite.

Courbe 1 : total des dépenses de production.
 Courbe 2 : prix de revient par kilowattheure produit.

sance maximum à fournir environ 60 000 kW, dépenses annuelles y compris les charges financières environ 12 millions de francs. Ces chiffres font ressortir une dépense annuelle de 200 fr. environ par kilowatt.

Un premier principe de tarification, le plus simple, consistera à demander à chaque consommateur une redevance de 200 fr. par kW utilisé ; s'il s'agit d'une installation d'éclairage, on demandera par exemple 12 fr. par an et par lampe de 60 watts ; s'il s'agit de force, on facturera 200 fr. par ch-an, et ainsi de suite.

C'est le principe du *tarif à forfait*. Il a l'avantage de renseigner à l'avance le consommateur sur sa dépense, de rendre inutiles les appareils de tarification coûteux et de donner à chaque abonné une grande liberté dans l'emploi de l'énergie mise à disposition.

Il a en revanche l'inconvénient d'inciter souvent au gaspillage, de conduire d'autre part à des prix trop élevés pour les appareils peu utilisés et d'exiger un contrôle constant des installations d'abonnés si l'on veut éviter les abus et les fraudes.

Le système forfaitaire fut très employé au début de la distribution d'énergie électrique, alors que les compteurs d'électricité étaient coûteux, imprécis et encombrants. Il n'est plus guère appliqué aujourd'hui qu'aux installations de minime importance et aux appareils dont la durée de fonctionnement est fixée par un dispositif automatique (chauffe-eau à accumulation, éclairage public, éclairage d'escaliers).

Les recherches statistiques ont montré que la durée moyenne d'utilisation des lampes installées dans une habitation est de l'ordre de 400 à 500 heures par an ; ce chiffre, à première vue très bas, s'explique par le fait que les lampes d'une habitation ne fonctionnent pour ainsi dire jamais toutes à la fois.

Si maintenant on se propose de facturer la consommation d'éclairage en mesurant celle-ci au moyen d'un compteur, on voit qu'il faut appliquer un prix de 40 à 50 ct. le kilowattheure, de façon que chaque kilowatt fourni, auquel correspondent 500 à 400 kWh, rapporte effectivement 200 fr.

De même, les statistiques montrent que la force motrice artisanale est utilisée en moyenne 1200 à 1500 heures par année ; le même calcul conduit alors à demander de 13 à 17 ct. par kilowattheure.

Si l'on envisage enfin la fourniture d'énergie électrique aux chauffe-eau à accumulation, qui fonctionnent en moyenne

8 à 9 heures par jour, soit quelque 3000 heures par an, la même formule donnera un prix de 6 à 7 ct. le kilowattheure.

En réalité, une centrale alimente simultanément des installations d'éclairage et de force motrice, ainsi que des chauffe-eau ; les charges maximums de ces trois genres d'application ne se produisent pas simultanément en sorte que l'on obtient une meilleure utilisation annuelle de la puissance fournie. Il sera alors possible de réduire quelque peu les prix théoriques obtenus ci-dessus et l'on retrouve les tarifs fondamentaux de la plupart des entreprises d'électricité.

La méthode de calcul exposée ci-dessus se base donc sur la *durée d'utilisation* des appareils consommateurs.

Si l'on fait abstraction des chauffe-eau à accumulation, on constate, à l'examen d'un diagramme quotidien de charge tel que celui de la figure 2, trois périodes principales : la période de fort éclairage, entre 16 et 21 h., la période de jour, de 6 à 16 h., caractérisée par une charge moyenne provenant de l'industrie, et une charge réduite pendant la nuit, de 21 à 6 h.

Si l'on se rappelle que les dépenses annuelles de la centrale sont avant tout déterminées par la puissance maximum à fournir, c'est-à-dire par la charge de pointe d'éclairage, on conçoit que l'entreprise a tout avantage à augmenter ses fournitures en dehors des « heures de pointe » ; elle peut en effet répartir ses dépenses annuelles sur un plus grand nombre de kilowattheures et faire bénéficier certains abonnés d'une réduction de tarif.

Pour stimuler la consommation d'énergie en dehors des heures de fort éclairage, on a recours à des *tarifs horaires*, caractérisés par un prix maximum au moment de la pointe de charge, un prix moyen dans la journée et un prix très bas pendant la nuit ; ce dernier prix permet justement l'emploi des chauffe-eau à accumulation dont le fonctionnement se prête particulièrement bien à la limitation aux heures de nuit.

En réalité, on se contente le plus souvent d'un *tarif double* (haut et bas tarif), mais on rencontre fréquemment aussi des *tarifs triples*. Quelques entreprises ont même poussé la précision plus loin en créant des *tarifs multiples* comportant jusqu'à huit ou dix changements journaliers et quatre horaires saisonniers.

La figure 2 représente schématiquement quatre exemples de tarifs horaires dans leur relation avec la courbe quotidienne de charge.

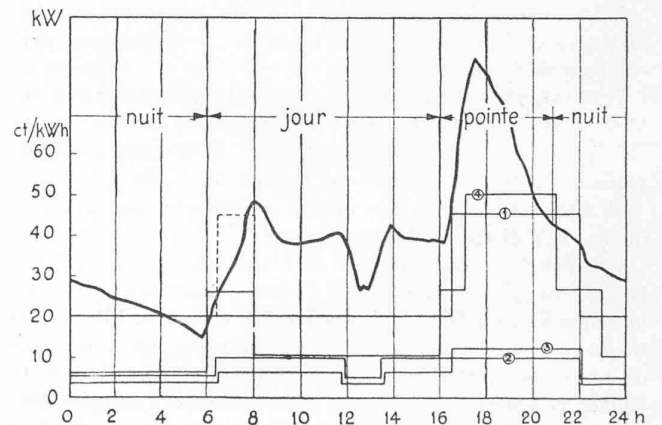


Fig. 2. — Courbe de charge quotidienne d'un réseau d'électricité et exemples de tarifs horaires.

- 1 = tarif double pour éclairage et applications ménagères ;
- 2 = tarif double pour force motrice ;
- 3 = tarif triple pour applications thermiques ;
- 4 = tarif multiple pour tous usages.

Les tarifs horaires présentent certainement de nombreux avantages ; en particulier, ils stimulent efficacement la consommation tout en freinant énergiquement le développement de la charge de pointe ; en revanche, ils exigent des compteurs et des interrupteurs horaires compliqués, délicats, coûteux et dont l'entretien annuel conduit à des dépenses d'exploitation considérables.

Les tarifs d'équivalence.

On a longtemps cru que les tarifs horaires, en particulier le tarif multiple, apportaient la solution complète et définitive du problème de la vente de l'énergie électrique. Mais, lorsque la cuisine à l'électricité commença à se répandre, entre 1920 et 1930, on dut constater que les tarifs horaires qu'on lui appliquait suscitaient l'hostilité du public ; celui-ci les comparait volontiers au tarif à prix unique du gaz et considérait comme une simple vexation administrative l'augmentation du prix de l'énergie électrique utilisée pour la préparation du repas du soir.

Force fut donc d'en venir également à un prix constant ; l'expérience ayant montré que, dans le domaine de la cuisson, 1 m³ de gaz peut être remplacé par 3 kWh, le prix de l'énergie électrique fut fixé au voisinage du $\frac{1}{3}$ du prix du mètre cube de gaz, c'est-à-dire entre 7 et 9 ct. par kilowattheure.

En ce faisant, on introduisait un nouveau principe, le principe de l'équivalence, qu'on peut énoncer ainsi :

Le prix de l'énergie électrique fournie pour une application donnée ne doit pas être supérieur au coût du ou des agents de remplacement.

Cette théorie fixe donc le prix pour de nombreuses applications et permet de concurrencer les autres agents énergétiques : pétrole, gaz d'éclairage ou de cuisine, combustibles solides ou liquides, mazout et essence pour moteurs, etc. Malheureusement, son extension conduit à fixer un prix de vente différent pour chaque catégorie d'appareils : éclairage, petits appareils ménagers, cuisine, chauffe-eau, petite force motrice, force motrice industrielle, chauffage de locaux, etc.

On est ainsi amené, par la force des choses, à multiplier les tarifs et, par conséquent, les appareils de mesure, et l'on est bientôt arrêté ou entravé par des difficultés pratiques souvent considérables.

Au cours des vingt dernières années, les entreprises suisses d'électricité ont utilisé alternativement ou même simultanément les trois théories que nous venons d'énoncer brièvement ; elles ont ainsi créé un véritable arsenal de tarifs, faisant souvent double emploi, empiétant les uns sur les autres, sans grande cohésion, et parmi lesquels l'abonné et l'installateur avaient grand-peine à se reconnaître.

La situation s'aggrava encore pendant la guerre, lorsque la pénurie de combustibles obligea d'innombrables personnes à recourir aux appareils électrothermiques les plus divers, pour lesquels manquaient fréquemment et les tarifs économiques et les appareils de tarification.

Les tarifs modernes à compteur unique.

Il semble pourtant que la solution du problème est bien simple : ne suffirait-il pas de vendre toute l'énergie au même prix, sans plus s'inquiéter de l'heure, de la saison ou du genre d'appareil auquel elle est destinée ?

C'est bien là en effet la voie sur laquelle il faut s'engager, sur laquelle plusieurs entreprises se sont déjà engagées, mais avec un correctif dont nous allons montrer la nécessité.

Disons auparavant que les inconvénients des diverses sortes de tarifs dont nous avons parlé plus haut avaient depuis

longtemps retenu l'attention de la direction du Service de l'électricité de Genève ; en 1943, lorsque le gros effort qu'avait été la construction de l'Usine de Verbois toucha à sa fin, elle s'attaqua résolument au problème de la tarification et confia à un ingénieur spécialiste la tâche de trouver une solution vraiment moderne et rationnelle, sans se laisser arrêter par les habitudes, les traditions ou les idées préconçues. En raison de la complexité du problème, l'étude fut toutefois limitée au cas des ménages ; et c'est ainsi qu'après plus de trois ans de travail... mais n'anticipons pas.

Considérons tout d'abord un abonné « parmi les autres », qui possède un ménage bien électrifié, et consomme en un mois 195 kWh par exemple, supposés répartis de la façon suivante :

Eclairage à haut tarif	10 kWh à 45 ct.	Fr. 4.50
Eclairage à bas tarif et petits appareils	15 kWh à 20 ct.	» 3.—
Frigorifique à compresseur	50 kWh à 12 ct.	» 6.—
Cuisinière électrique	120 kWh à 8 ct.	» 9.60
Au total	195 kWh	Fr. 23.10

Cet abonné paye donc son énergie électrique à un prix moyen de 12 ct. le kilowattheure ; on serait dès lors tenté de créer un tarif de ménage à 12 ct. le kilowattheure ; mais ce chiffre n'est vrai que pour notre abonné et pour le mois considéré ; une famille nombreuse qui consommerait 500 kWh pour la cuisine trouverait certainement le prix en question trop élevé.

Si l'on veut appliquer un prix unique, on ne peut le choisir supérieur au prix admis pour la cuisine, qui sans cela ne serait économiquement plus possible.

Mais il est évident que la vente au prix unique de 8 ct. va provoquer une chute de recettes qui, dans l'exemple choisi, sera de Fr. 23.10 — Fr. 15.60 = Fr. 7.50, soit environ 33 %.

Il est naturellement exclu qu'une entreprise d'électricité puisse accorder un tel rabais sans bouleverser complètement son équilibre financier ; il s'agit donc de récupérer ce manque à gagner d'une façon aussi simple que possible et sans recourir aux indications d'un compteur.

Ce problème comporte plusieurs solutions ; on peut par exemple majorer le prix des premiers kilowattheures consommés mensuellement et n'accorder le prix de 8 ct. que lorsque la différence à compenser l'a été effectivement. C'est ce que l'on appelle un *tarif à tranches normales de consommation*.

Un autre système consiste à facturer séparément une taxe fixe dont le montant est approximativement égal à la différence à compenser ; on arrive ainsi au *tarif binôme* dont le tarif des téléphones et l'abonnement à demi-tarif des C. F. F. sont des exemples bien connus.

Après une minutieuse comparaison des avantages et des inconvénients des deux systèmes en question, le Service de l'électricité de Genève a adopté le principe binôme, beaucoup plus simple que l'autre dans sa rédaction et dans son application.

Comment faut-il alors déterminer le montant de la taxe fixe mensuelle ? L'examen de l'exemple numérique donné plus haut montre que la différence à compenser est, sinon égale, du moins à peu près proportionnelle à la recette d'éclairage proprement dite. Il s'agit donc d'évaluer cette dernière grandeur.

La consommation d'éclairage d'un ménage dépend de nombreux facteurs : nombre et calibre des lampes, nombre et grandeur des pièces, orientation de celles-ci, habitudes et niveau de vie du ménage, nombre de personnes, etc.

A première vue, on serait tenté de prendre comme grandeur de référence, de *paramètre* comme on dit en termes techniques, le nombre ou la puissance des lampes ; mais ce serait une erreur psychologique, car le choix de ces valeurs pour fixer la taxe mensuelle inciterait l'abonné à réduire le nombre des lampes ou leur calibre, ou tout au moins à ne pas améliorer son éclairage, afin de réaliser des économies. Ce résultat serait évidemment contraire aux désirs du fournisseur d'énergie et entraverait sérieusement tout progrès en matière d'éclairage, si nécessaire du point de vue social et hygiénique.

D'autre part, aucun des facteurs que nous avons énumérés n'est plus spécialement déterminant pour la consommation d'éclairage ; ou, comme disent les mathématiciens, aucun paramètre ne possède une *corrélation* nettement supérieure aux autres.

On peut alors choisir l'un quelconque d'entre eux, ou plutôt on recourt au plus simple et au plus pratique d'entre eux. C'est certainement, semble-t-il, le nombre de pièces : il est aisé à déterminer, son compte ne soulève pour ainsi dire pas d'objections de la part de l'abonné, et il ne subit que rarement des modifications.

C'est donc ce paramètre qu'a retenu le Service de l'électricité de Genève ; cependant, par souci de logique et d'équité, on a considéré les pièces principales comme pièces entières, les chambrettes et salles de bains comme demi-pièces, et l'on a négligé tous les autres locaux de l'habitation, dont l'influence est pratiquement nulle.

Il s'agit maintenant de déterminer les consommations d'éclairage que l'on rencontre le plus généralement chez les abonnés ayant un nombre de pièces donné. Cette étude ne peut naturellement se faire qu'en analysant les consommations réelles dans un certain nombre de cas concrets.

Or, des recherches préalables ont montré l'extraordinaire diversité qui règne entre les consommations d'abonnés identiques en apparence les uns aux autres. Si l'on considère par exemple un groupe de ménages possédant tous le même nombre de lampes, on obtient des résultats différant les uns des autres dans un rapport de 1 à 10 et même davantage. C'est dire que la notion de l'*abonné moyen* dont on entend souvent parler est une pure fiction qu'il faut bien se garder d'introduire dans les hypothèses, les calculs ou les vérifications.

Considérons maintenant un abonné dont la consommation augmente régulièrement d'une valeur nulle à un certain nombre de kilowattheures par an. Si l'on facture cette consommation selon un tarif simple au compteur (tarif monôme), on obtient naturellement une dépense annuelle proportionnelle à la consommation ; ce mécanisme peut être traduit par le diagramme de la figure 3, sur lequel la ligne 1 passant par l'origine représente les montants ainsi facturés.

Si l'on applique aux mêmes consommations un tarif binôme, le montant facturé a la valeur OB (égale à la taxe fixe) pour une consommation nulle, mais croît ensuite plus lentement que la première fois en raison du prix plus faible de l'unité (par exemple 8 ct. le kilowattheure au lieu de 45 ct.) ; la ligne 2 représente l'application du tarif binôme.

On constate alors qu'il ne peut y avoir égalité des montants facturés que pour une seule valeur bien déterminée de la consommation C_0 . Si la consommation réelle est inférieure à C_0 , l'abonné paye plus cher, si elle est supérieure à C_0 , l'abonné paye moins cher avec le tarif binôme qu'avec l'ancien tarif.

L'examen de ce simple diagramme permet donc d'énoncer la règle très générale et très importante que voici :

Toutes les fois qu'on remplace un tarif existant par un

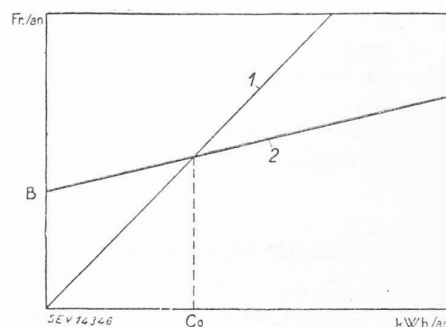


Fig. 3. — Variation du montant facturé en fonction de la consommation.

1 = pour un tarif monôme;
2 = pour un tarif binôme.

tarif d'une structure différente, une partie des abonnés subit un renchérissement, une autre partie bénéficie d'une réduction et seule une infime minorité ne remarque aucun changement.

Il est en outre évident que la limite de consommation au delà de laquelle l'abonné bénéficie d'une réduction est, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus basse que la taxe fixe OB est elle-même plus faible.

Plus la taxe fixe sera faible, et plus grande sera donc la proportion d'abonnés satisfaits parce qu'ils dépenseront moins qu'auparavant, mais plus importante aussi sera la chute de recettes totales. Inversement, plus on réduit la chute de recettes et plus on augmente la proportion d'abonnés atteints par un renchérissement.

On ne peut sortir de ce dilemme que par un compromis entre le désir de mécontenter le moins possible d'abonnés et le souci de ne pas compromettre l'équilibre financier de l'entreprise.

Tout le problème du tarif revient donc à déterminer la ou les valeurs à donner à la taxe fixe OB pour que les conditions suivantes soient remplies :

- 1° limiter la chute de recettes due à l'introduction de la nouvelle forme de tarif à une valeur compatible avec la bonne marche de l'entreprise ;
- 2° intéresser une proportion suffisante d'abonnés en leur apportant une réduction de leur dépense annuelle.

L'étude mathématique du tarif binôme.

Ce que nous avons dit plus haut de la dispersion des valeurs des consommations annuelles justifie la nécessité de faire porter l'étude mathématique du tarif sur un nombre relativement élevé d'abonnés. Elle consistera à calculer à l'ancien et au nouveau tarif les factures d'un certain nombre de ménages répartis par catégories de nombre de pièces, puisque nous nous sommes arrêtés à ce paramètre.

L'addition de toutes les factures donnera la chute globale de recettes et leur classement selon le signe de la variation du montant facturé fournira la proportion d'abonnés touchés par un renchérissement ou une réduction.

Mais cette méthode suppose connue la taxe fixe du tarif binôme, alors que nous nous proposons précisément de la déterminer d'après la valeur de la chute de recettes et la proportion d'abonnés touchés par le renchérissement.

Pour éviter de faire de longs calculs en appliquant successivement plusieurs variantes du tarif binôme, on emploie la méthode ingénieuse que voici :

Sur le graphique de la figure 4, on a porté la droite BA qui représente la dépense relative à une consommation

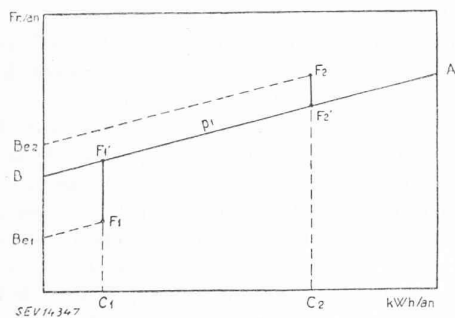


Fig. 4. — Montants facturés à l'ancien tarif monôme et au nouveau tarif binôme et détermination de la taxe de base équivalente.

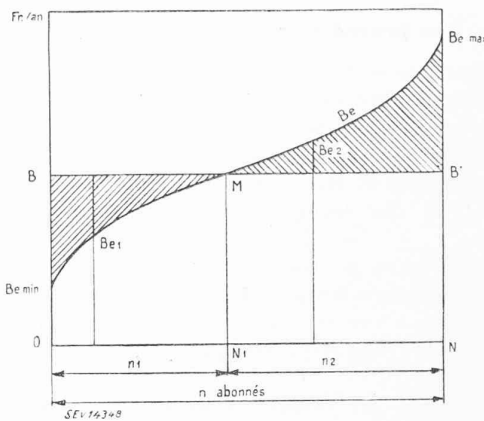


Fig. 5. — Courbe des taxes de base équivalentes classées par ordre de valeurs croissantes.

croissante facturée selon le système binôme en partant d'une taxe fixe arbitraire OB et d'un prix du kilowattheure de 8 ct. par exemple.

Un abonné dont la consommation est C_1 et dont la facture à l'ancien tarif est C_1F_1 paye avec le nouveau tarif un montant C_1F_1' ; il subit donc un renchérissement F_1F_1' .

De même, un abonné consommant C_2 kilowattheures paye un montant C_2F_2 à l'ancien tarif et un montant C_2F_2' avec le nouveau, bénéficiant ainsi d'une réduction F_2F_2' .

Traçons alors une parallèle F_1Be_1 à la ligne AB ; la valeur OBe_1 représente une taxe fixe telle, qu'appliquée à la consommation C_1 , elle conduise (par le chemin $O-Be_1-F_1$) à la même dépense que l'ancien tarif (par le chemin $O-C_1-F_1$).

De même, si nous traçons la parallèle F_2Be_2 , le segment OBe_2 représentera une taxe fixe telle qu'elle conduit (par le chemin $O-Be_2-F_2$) à la même dépense que l'ancien tarif (par le chemin $O-C_2-F_2$).

Ces valeurs OBe_1 et OBe_2 représentent ainsi les taxes fixes qu'il faudrait adopter pour que l'abonné C_1 , respectivement C_2 , paye au tarif binôme le même montant F_1 , respectivement F_2 , qu'avec l'ancien tarif. C'est pourquoi on appelle ces valeurs *taxes de base équivalentes*; on se rend aisément compte qu'elles sont complètement indépendantes de la valeur arbitrairement choisie OB , mais sont fonction du prix du kilowattheure adopté en principe pour le tarif binôme (dans notre cas 8 ct.). La taxe de base équivalente peut donc être déterminée une fois pour toutes pour chaque abonné et le caractérise au même titre que sa consommation; on l'obtient en soustrayant le montant facturé à 8 ct. le kilowattheure du montant facturé à 45 ct. le kilowattheure.

Ceci posé, choisissons au hasard, dans une catégorie donnée, par exemple celle des ménages habitant un appartement de cinq pièces, 100 cas d'abonnés, pour chacun desquels nous calculons la taxe de base équivalente; celles-ci s'échelonnent entre une valeur minimum et une valeur maximum. Classons ensuite ces taxes par ordre croissant et portons-en les valeurs sur un graphique (voir fig. 5).

On obtient alors une courbe $Be_{min}-Be_{max}$ présentant un point d'inflexion dans la partie médiane. Nous y retrouvons en Be_1 et Be_2 les points représentatifs des deux abonnés mentionnés plus haut.

Proposons-nous maintenant de déterminer la valeur de la taxe fixe du tarif binôme qui conduirait à une réduction de facture pour le 55 % des abonnés. A cet effet, marquons le point N_1 aux $\frac{55}{100}$ de la longueur ON , c'est-à-dire aux $\frac{55}{100}$ à partir de la droite; élevons l'ordonnée N_1M et traçons l'horizontale BB' . Considérons alors un abonné situé entre N_1 et N ; la taxe fixe qui, pour lui, conduirait avec le tarif binôme à la même dépense que l'ancien tarif, c'est-à-dire par définition sa taxe de base équivalente, est supérieure à

la valeur N_1M ; donc, cet abonné bénéficie d'une réduction de dépense, et avec lui, les 55 abonnés représentés entre N_1 et N .

De même, l'abonné Be_1 dont la taxe de base équivalente est inférieure à N_1M subit un renchérissement, et avec lui, les 45 abonnés situés entre O et N_1 .

Par conséquent, N_1M , ou OB , représente bien la taxe de base qui provoque un renchérissement chez 45 abonnés et une réduction chez les 55 autres. Il va de soi que le raisonnement subsiste si, au lieu de 100 cas, nous en avons $n = n_1 + n_2$.

La réduction ou le renchérissement relatif à chaque abonné est représenté par la différence d'ordonnée entre la courbe $Be_{min}-Be_{max}$ et la droite BB' ; la somme de tous les renchérissements, c'est-à-dire l'augmentation de recettes provenant des n_1 abonnés de gauche, est donc proportionnelle à l'aire du triangle curviligne $Be_{min}BM$.

De même, la somme des réductions relatives aux n_2 abonnés de droite, c'est-à-dire la chute de recette correspondante, est proportionnelle à l'aire du triangle curviligne $Be_{max}B'M$. Ces aires peuvent être déterminées au moyen du planimètre.

Ainsi, le graphique de la figure 5 donne, pour la catégorie d'abonnés envisagée :

- la proportion d'abonnés touchés par un renchérissement ou une réduction, pour une taxe de base quelconque;
- la valeur du plus fort renchérissement et de la plus forte réduction;
- la valeur des augmentations de recettes provenant des renchérissements, et celle des chutes de recettes provenant des réductions;
- la variation totale de recettes.

Remarquons à cet égard que, si l'application du tarif binôme est obligatoire, renchérissements et réductions se compensent partiellement. Si, au contraire, l'application du tarif est facultative, seuls l'adopteront les abonnés qui y trouvent leur avantage, et seuls interviendront par suite les réductions de recettes.

On établit des diagrammes analogues pour chaque catégorie d'appartement (1, 2, 3 ... 10 pièces et plus). En se fixant pour toutes celles-ci une même proportion d'abonnés atteints par un renchérissement, on pourra ainsi établir une échelle de taxes fixes en plusieurs variantes et déterminer pour chacune de celles-ci les conséquences financières à l'égard de l'entreprise et à l'égard des consommateurs. Et l'on aura ainsi tous les éléments nécessaires permettant de choisir le meilleur compromis entre les deux exigences contraires mentionnées plus haut.

Les procédés mécaniques d'analyse.

L'extrême diversité des consommations faites par les abonnés d'une même catégorie oblige évidemment à recourir pour chaque diagramme à un grand nombre d'exemples concrets. C'est ainsi que le Service de l'électricité de Genève a jugé nécessaire de faire porter son étude sur le 20 % du nombre total des ménages, c'est-à-dire sur exactement 13 000 cas.

Il est clair qu'on ne peut plus alors faire calculer manuellement les factures et les taxes de base équivalentes de chaque exemple, et l'on a bien entendu recours aux procédés modernes de calcul et de triage par cartes perforées et machines automatiques.

On commence par rassembler les indications nécessaires à l'étude (consommation, nombre de pièces, appareils électriques utilisés, etc.) sur une formule spéciale reproduite à

la figure 6. Ces indications sont ensuite reportées, selon un code spécial, sur une carte perforée ; la figure 7 représente une de ces cartes, précisément celle qui traduit les renseignements fournis par la fiche de la figure 6.

Les 13 000 cartes une fois perforées passent dans une machine automatique qui effectue le produit de la consommation en kilowattheures par la taxe de travail du tarif binôme, et inscrit, sous forme de perforation, le résultat dans une colonne spéciale (désignée par l'en-tête 14 sur la fig. 7).

Une seconde opération consiste à soustraire ce produit du montant de la facture établie à raison de 45 ct. le kilowatt-heure, ce qui donne précisément la valeur de la taxe de base équivalente, et à l'inscrire, par perforation, dans une autre colonne. Sur la carte représentée figure 7, il s'agit des zones 16 et 17 correspondant à deux variantes étudiées simultanément.

Ces opérations effectuées, une machine trieuse classe les cartes en paquets correspondant aux nombres de pièces ;

SERVICES INDUSTRIELS DE GENÈVE
Service de l'électricité

**ÉTUDE STATISTIQUE
DE PROJETS DE TARIFS 1944**
Relevé de consommation

N° 4696 Contrat N° 2310-12
Carnet N° 102

Appartement Villa 1
Contrat 023 1
Tarif (selon code) 4 2
Nombre de locaux :
principaux 4 4 3
secondaires 2 2 4
résultant 5 5 5

Consommations 1943 kWh/an
A, A 1/2, D, D 1/2 { HT 125 6
BT 98 7
total 223 8
I-2a { HT 9 9
BT 10
total 11
ou K h 12
e 13

Facturé en 1943 Fr./an
A, A 1/2, D, D 1/2 75,8 12
I-2a ou K 13

SEV 14345
N° 497 - 20.00 - 01.1944

Nom DUPONT Entr. 238.38 Sort.
Jean Commune Genève
Rue Samuel-Constant N° 2
Etage 1er gauche

Appareils	Tarifs							
	A, A 1/2	D, D 1/2	I-2a	K	Hc	Hd	Ha	I-1
lampes fixes nbre	9							
radiateurs kW								
réchauds »								
cuisinières »								
chauffe-eau »	1,65							
frigorifiques »								
consom. 1943 I-1 kWh								
facturé en 1943 Fr./an (I-1 ou forfaits)	115.-							
location cptr. Fr./an	6.-							
app. autom. Fr./an	5.-							

Observations : Gaz

Fig. 6. Formule utilisée pour les relevés statistiques.

Services Industriels de Genève - Assises des Consommateurs Z 8039

No. Consom.	Nbre de locaux	Consommations 1943						Montants facturés		Taxes de trav. tarif unique		Taxes de base équivalentes	
		Tarifs A, A 1/2, D, D 1/2			Tarifs I-2a ou K			A, A 1/2, D, D 1/2	I-2a ou K	Var. B1	Var. B2	Var. B1	Var. B2
HT	BT	Total	HT	BT	Total	Fr.	ct.	Fr.	ct.	Fr.	ct.	Fr.	ct.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

International Business Machines - Extension Suisse, Zurich

Fig. 7. Carte perforée système Hollerith correspondant à la formule représentée sur la figure 6.

un second passage à la trieuse ordonne, dans chaque paquet, les cartes par ordre croissant des taxes de base équivalentes. Enfin, une machine tabulatrice établit, pour toute une série de valeurs croissantes choisies à volonté de la taxe de base équivalente, les éléments suivants :

nombre d'abonnés dont la taxe de base équivalente est inférieure à l'une quelconque des valeurs choisies ;

total des taxes de base équivalentes des abonnés en question ;

total des montants facturés à l'ancien tarif et total des consommations pour ces mêmes abonnés.

Ces indications sont fournies par la machine directement sous la forme de tableaux dont voici un extrait :

Abonnés habitant un appartement de quatre pièces.

Taxe fixe Fr.	Nombre d'abonnés	Total des taxes de base équivalentes Fr.	Total des montants facturés Fr.	Total des consommations kWh
10	7	46,9	62,6	235
20	57	835,6	1 066,1	3 485
22	75	1 217,7	1 541,3	4 894
24	108	1 973,2	2 493,1	7 867
etc.
44	602	19 605,1	24 659,3	76 567
46	660	22 220,2	27 971,2	87 117
48	726	25 321,6	31 890,2	99 504
50	786	28 261,6	35 574,1	110 938
60	1040	42 205,4	53 193,2	166 456
Total	1512	82 033,3	104 134,8	334 834

Ce tableau montre, par exemple, que sur les 1512 abonnés considérés dans cette catégorie, 786 ont une taxe de base équivalente inférieure à 50 fr. ; le total de leurs taxes de base équivalentes est de 28 262 fr., le montant de leurs factures établies à l'ancien tarif de 35 574 fr., et leur consommation totale de 110 938 kWh.

Si l'on adopte cette valeur de 50 fr. pour la taxe fixe du nouveau tarif binôme, les 786 abonnés, c'est-à-dire le 52 % du nombre total, subiront un renchérissement ; la plus-value de recettes sera de $786 \times 50 - 28\,262 = 11\,038$ fr., et le renchérissement moyen de $11\,038 : 35\,574$, soit 31 %.

On trouvera de même que $1512 - 786 = 726$ abonnés bénéficieront d'une réduction de 17 471 fr. sur une dépense totale de 68 561 fr., soit en moyenne 25,5 %.

Par conséquent, si l'on introduit à titre obligatoire pour ces 1512 abonnés le tarif binôme, avec taxe de base de 50 fr. par an, 52 % d'entre eux subiront un renchérissement, et la réduction globale de recettes atteindra $17\,471 - 11\,038 = 6\,433$ fr. ; ce chiffre représente le 6,2 % du montant précédemment facturé.

Si, au contraire, le tarif est introduit à titre facultatif, on peut admettre en première approximation que seuls l'adoptent les abonnés qui bénéficieront d'une réduction, c'est-à-dire le 48 % du nombre total ; la réduction de recettes sera alors de 17 471 fr., soit 17 %.

Pour terminer, on extrapole à l'ensemble des ménages desservis les résultats numériques obtenus jusqu'ici pour les cas concrets soumis à l'analyse. Ces résultats d'ensemble seront finalement traduits par un graphique analogue à celui de la figure 8, dont les trois courbes résument des dizaines de milliers d'opérations mathématiques.

L'étude statistique est donc terminée. Afin de donner une idée de la précision de la méthode, nous citerons simplement le fait suivant : l'étude faite au Service de l'électricité de Genève avait conduit à assigner la valeur de 13,4 ct. par

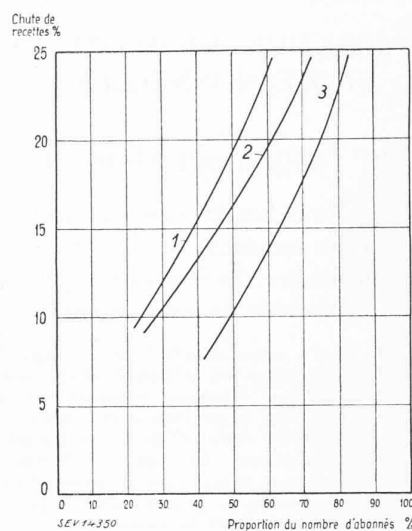


Fig. 8. — Chute de recette relative en fonction de la proportion d'abonnés bénéficiant d'une réduction.

- 1 = tarif binôme avec taxe de travail uniforme ;
2 = tarif binôme avec taxe de travail à deux échelons ;
3 = tarif à tranches normales de consommation à trois échelons.

kilowattheure au prix moyen de l'énergie vendue à tous les abonnés soumis au nouveau tarif ; les résultats comptables des huit premiers mois d'application font apparaître un prix moyen réel de 12,8 ct., inférieur de 4,5 % seulement au chiffre prévu.

Conclusions.

Nous voici donc en possession d'un *tarif binôme à compteur unique pour l'éclairage et tous les usages ménagers*.

En application de ce tarif, l'abonné souscrit un abonnement mensuel fixe (taxe fixe) déterminé selon un barème ad hoc par le nombre de pièces de son habitation, et bénéficie ensuite pour toute sa consommation d'électricité, d'un prix uniforme réduit de 8 ct. (par exemple) par kilowattheure.

C'est donc une nouvelle forme de tarification qui, sans être parfaite, réunit les avantages principaux des autres formes en atténuant leurs inconvénients ; en particulier, le tarif binôme à compteur unique apporte une notable simplification dans le domaine technique comme dans le domaine administratif, et ce ne peut être qu'à l'avantage du public et de l'entreprise en même temps.

La direction de l'entreprise d'électricité est maintenant en présence d'un projet de tarif comportant une échelle de taxes fixes en plusieurs variantes, entre lesquelles il faut choisir.

Elle a tout d'abord le désir de satisfaire le plus grand nombre d'abonnés, en leur apportant une réduction de leurs dépenses d'électricité ; mais elle est limitée dans cette direction par les possibilités budgétaires et le souci d'une saine gestion ; cependant, elle doit tenir compte du fait que les simplifications techniques et administratives apportées par le nouveau tarif se traduiront tôt ou tard par une diminution sensible des frais généraux et du coût des appareils de tarification.

Proportion d'abonnés satisfaits, chute de recettes, diminution du prix de revient de l'énergie électrique, tels sont les trois facteurs qui détermineront le choix définitif et pour les deux premiers desquels l'analyse statistique décrite dans cet article fournit des prévisions d'une parfaite exactitude.

Genève, le 10 novembre 1947.