

UNION INTERNATIONALE  
DES PRODUCTEURS ET DISTRIBUTEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

SIÈGE SOCIAL : 26, rue de la Baume, PARIS (8<sup>e</sup>)

— · · · · · —  
**SIXIÈME CONGRÈS**

— · · · · · —  
PAYS-BAS — 10-20 Juin 1936

— · · · · · —  
**LA PRÉDÉTERMINATION  
DES CONSTANTES DE TARIFS DÉGRESSIFS  
À TRANCHES DE CONSOMMATION,**

par M. Jean SOLOMON,  
Ingénieur en chef des Usines d'Électricité et d'Eau  
de la ville de Piatra-Neamtz.

— · · · · · —  
I.

Les tarifs dégressifs à tranches de consommation ont pris dans ces derniers temps une très grande importance et on remarque une tendance à les adopter partout pour la tarification des petits consommateurs et des utilisations domestiques.

Ce système tarifaire présente, en effet, deux grandes qualités pratiques : d'abord celle de ne pas nécessiter, pour son application, d'autres dispositifs de mesure que les compteurs simples et habituels d'énergie électrique, et deuxièmement celle de donner aux abonnés la possibilité de consommer de l'énergie électrique à des prix variés, sans leur imposer des heures de fonctionnement ou des utilisations déterminées.

Le but du présent travail est de chercher un système analytique et logique, pour déterminer avec précision tous les paramètres d'un tarif dégressif par tranches, afin de fixer les grandeurs et les prix unitaires des tranches sans l'« arbitraire » qui dominait la pratique actuelle.

Le principe de notre méthode découle des considérations suivantes :

Comme on le sait bien, les prix de vente de l'électricité sont conditionnés, non seulement par le prix de revient, mais encore par toute une série d'autres considérations sociales, politiques, ménagères, de propagande ou de concurrence, et surtout par la valeur que lui prête le consommateur lui-même,

pour les différents usages qu'il fait de celle-ci. Mais évidemment, toutes ces considérations ne se trouvant pas dans une relation intrinsèque avec la production, la distribution et la consommation de l'énergie électrique, elles ne peuvent nous conduire, même dans la mesure où nous les trouverions valables et admissibles, à une méthode précise et objective de prédétermination des constantes tarifaires.

Par contre, l'étude du prix de revient présente précisément ce premier avantage, que l'on peut en tirer une formule tarifaire à base analytique, pour servir au moins comme premier squelette d'un tarif objectif et couvrant à coup sûr les dépenses de l'entreprise, et auquel on pourrait ensuite apporter, en cas de besoin, tous les amendements encore exigés par les nécessités pratiques ou de toute autre nature.

Pour résumer, la méthode que nous avons l'intention d'exposer ici pour la prédétermination des constantes tarifaires des tarifs dégressifs à tranches de consommation est basée sur un calcul du prix de revient.

## II.

Pour solutionner le problème, nous nous proposons de déduire le tarif à tranches de consommation du tarif multiple (à prix différents d'après les heures de consommation), en supposant que chaque abonné soumis au tarif à tranches utilise *successivement et obligatoirement les nombres d'heures d'utilisation correspondant aux échelons tarifaires du tarif multiple* dont dérive le tarif à tranches.

Cette définition est justifiée d'abord par une analogie de forme. En effet, les deux tarifs en question s'expriment par la même formule tarifaire

$$(1) \quad z = N_1 H_1 + N_2 H_2 + N_3 H_3 + \dots,$$

$z$  est, dans l'un et l'autre cas, la valeur en francs de la consommation de l'abonné.

$N_1, N_2, N_3$  sont, dans un tarif à tranches, les valeurs en kilowattheures des consommations par tranches, c'est-à-dire les tranches tarifaires mêmes, multipliées par le nombre de pièces d'habitation, mètres carrés ou autres critères, qui servent à définir les tranches de consommation.

Dans un tarif multiple, les mêmes notations représentent les consommations en kilowattheures enregistrées par chaque cadran du compteur, c'est-à-dire les consommations d'énergie sous chaque régime tarifaire constituant le tarif multiple.

$H_1, H_2, H_3$  sont, dans un tarif à tranches, les prix unitaires correspondant à chaque tranche, tandis que, dans un tarif multiple, ces notations représentent les prix unitaires correspondant à chaque degré tarifaire.

Le sens des notations  $H_1, H_2, H_3, \dots$  étant, comme le voit, d'un parfait parallélisme dans les deux systèmes, pour arriver à une assimilation complète du tarif à tranches de consommation avec le tarif multiple, il reste à faire encore l'identification des tranches de consommation avec les consommations séparées par degrés tarifaires du tarif multiple.

Cette identification résulte « *par définition* » des indications données plus haut, et cette définition est justifiée par des raisons de simultanéité et de répartition horaire probable des différentes utilisations du courant.

Il ne nous paraît pas nécessaire d'exposer et de démontrer ces raisons de simultanéité et de répartition des consommations; nous les prenons telles qu'on les connaît et qu'on les admet déjà, car c'est sur ces raisons mêmes qu'on s'appuie à présent aussi pour justifier le tarif à tranches de consommation. On suppose notamment que la première tranche correspond à la consommation pour l'éclairage, ce qui, d'une façon générale, équivaut à la consommation pendant les heures du plus haut tarif d'un tarif multiple; la deuxième et la troisième tranche sont supposées consommées pour différentes utilisations ménagères et le chauffage, ce qui, vu les heures de la journée pendant lesquelles s'exercent habituellement ces utilisations ménagères, coïncide avec la consommation pendant le régime des tarifs plus bas d'un tarif multiple.

La différence entre ces deux systèmes tarifaires de formule identique est que, dans le tarif à tranches, les consommations de  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$ , ... kilowatt-heures, qui correspondent à chaque tranche, sont successivement obligatoires pour l'abonné, dans le sens qu'il ne parvient à profiter du prix plus réduit des dernières tranches qu'après avoir épuisé toute la quantité d'électricité correspondant aux tranches précédentes, plus chères. Tandis que, dans le tarif multiple, ces consommations sont effectivement et séparément mesurées, de telle sorte que chacune de celles-ci peut être grande ou petite, comme on veut, indépendamment de la réalisation d'une consommation déterminée de courant sous le régime des autres degrés tarifaires.

Cette différence est le prix payé pour éviter l'emploi de compteurs plus coûteux qui, autrement, seraient nécessaires pour une tarification mieux différenciée.

### III.

Comme conséquence à l'identification proposée, le problème de la prédétermination des constantes des tarifs à tranches de consommation se transforme en un problème de prédétermination des constantes d'un tarif multiple. Là où il existe déjà un tarif multiple calculé et expérimenté, il suffira de prendre pour le tarif à tranches les constantes de ce tarif; par ce moyen, on réalisera en même temps la condition d'équivalence entre les divers tarifs simultanément utilisés dans une même entreprise.

Autrement, il faut déterminer ces constantes pour un tarif multiple fictif, d'un degré de multiplicité égal au nombre des tranches du tarif à tranches de consommation que l'on cherche à réaliser.

Nous nous occuperons donc, pour le moment, de la prédétermination des constantes tarifaires des tarifs multiples, lesquels résulteront directement, comme on le verra, de l'analyse de la répartition des dépenses de la production que nous développerons par la suite.

En conformité avec le principe du prix de revient adopté dans le premier chapitre, le problème de la tarification est en premier lieu un problème de répartition des dépenses de production sur la marchandise produite, en l'espèce l'énergie électrique distribuée.

Ces dépenses se subdivisent, comme l'on sait, en dépenses fixes, ou indirectes, et en dépenses variables, ou directes. Cette subdivision existe également pour presque toutes les autres entreprises de production. Mais ce qui différencie les entreprises productrices d'électricité de presque toutes

les autres, c'est l'impossibilité pratique de l'accumulation de l'électricité, c'est-à-dire de la marchandise produite pour la vente.

Et pour ce motif, vu la répartition très inégale de la consommation, concentrée en peu d'heures de pointe journalière et saisonnière, des installations de production et de distribution dimensionnées d'après les valeurs maxima de cette consommation sont nécessaires et, en conséquence, une grande partie de celles-ci n'ont qu'une très courte durée d'utilisation.

Il en résulte que les dépenses dénommées fixes, mentionnées plus haut, et qui sont, en règle générale, proportionnelles à la puissance des installations, sont relativement très importantes, et leur répartition juste et exacte sur les consommateurs est fort difficile, car tous les consommateurs et toutes les consommations ne sont pas également responsables de la charge de pointe et, en conséquence, de l'importance des installations, donc de la valeur de ces dépenses. Cette répartition est d'ailleurs le point central de tout le problème tarifaire.

Toutes ces difficultés de répartition disparaîtront pour une usine génératrice disposant d'une consommation constante, lui donnant donc une charge constante.

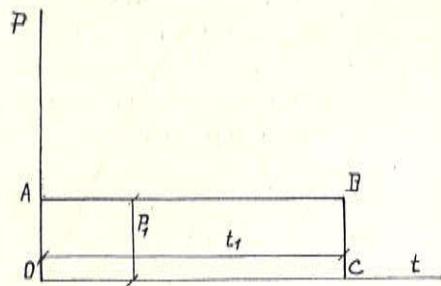


Fig. 1.

Le diagramme de charge d'une telle usine génératrice hypothétique serait un rectangle (fig. 1).

Une centrale comme celle-ci utiliserait en permanence et également toutes ses installations de production et de distribution, et il est évident que, dans un tel cas, la définition de dépenses fixes et

de dépenses variables n'aura plus aucun sens, car ici toutes les dépenses sont, en fait, fixes et, comme telles, peuvent être réparties, sans aucune différenciation, simplement *par la quantité* de marchandise vendue, c'est-à-dire également sur tous les kilowattheures commercialisés.

Cela résulte aussi de la considération mathématique de la question. Soit en effet

$$(2) \quad Z = Pk + tq \text{ francs,}$$

la relation générale du coût total  $Z$  de la production, exprimée par la formule binôme connue, en fonction des dépenses fixes et variables spécifiques, dans laquelle :

$P$  est la puissance installée en kilowatts, ou la charge de pointe de la centrale, à laquelle la première peut être considérée comme proportionnelle;  $A$  l'énergie totale produite (ou mieux l'énergie totale commercialisée) en kilowattheures.

$k$  et  $q$  les prix de revient, fixes et variables, pour l'unité de puissance, ou d'énergie.

Soit encore :

$t$  le nombre d'heures de fonctionnement de cette centrale.

Étant donnée la constance de la charge que l'on suppose pour la centrale

hypothétique considérée, on peut poser

$$(3) \quad P = \frac{A}{t} \text{ kW.}$$

En introduisant cette valeur de  $P$  dans la relation binome (2), nous trouvons pour le coût total de la production la nouvelle expression

$$(4) \quad Z = \frac{A k}{t} + A q = A \left( \frac{k}{t} + q \right) = A h \text{ francs.}$$

Nous voyons dans cette expression le coût total de la production exprimé seulement *en fonction de l'énergie en kilowattheures produite*; le prix de revient unitaire  $h$  de celle-ci résulte ensuite de la division du total des dépenses *de toute sorte* de l'entreprise, par la quantité d'énergie produite

$$(5) \quad h = \frac{k}{t} + q = \frac{Z}{A} \text{ francs.}$$

Nous avons donc trouvé pour le prix de revient unitaire d'un kilowattheure une valeur constituée par les dépenses directes de production  $q$  correspondant à l'unité, plus une quote-part  $\frac{k}{t}$  des dépenses indirectes unitaires  $k$ . On constate d'après la relation (5) comment ces dépenses directes, justement à cause de la constance de la charge de la centrale, se répartissent également sur toutes les heures de fonctionnement de celle-ci, et par la suite et pour le même motif sur tous les kilowattheures produits.

En conclusion, dans une distribution d'énergie où la centrale présente une charge constante, il sera nécessaire et suffisant d'avoir un tarif simple (monome) à prix unitaire par kilowattheure, qui résultera d'une manière précise et objective des valeurs connues des dépenses directes et indirectes de l'entreprise et des heures de fonctionnement de celle-ci.

Mais un diagramme de charge, comme celui supposé sur la figure 1, même là où il existe des consommations importantes et constantes, par exemple pour les tramways et industries analogues, qui produisent une grande égalisation de la courbe de charge de l'usine génératrice, est pratiquement irréalisable, et en conséquence aussi la formule tarifaire monome donnée par la relation (5) sera généralement insuffisante. Nous nous approchons des diagrammes de charges réelles si nous considérons la courbe de charge « stylisée » de la figure 2, dans laquelle nous distinguons une charge de fond, constante et permanente, représentée par le rectangle OABC, de durée annuelle  $t_1 = 8760$  h, et une charge de pointe, ayant une durée cumulée plus réduite, seulement de  $t_2$  heures dans le cours d'une année, mais autrement également constante et comme telle représentée de même par un rectangle DEFG.

Il nous est permis de supposer, ce qui correspondrait du reste à la situation de fait de beaucoup d'entreprises de production d'énergie électrique, que nous avons ici à envisager deux usines électriques distinctes, mais qui travaillent

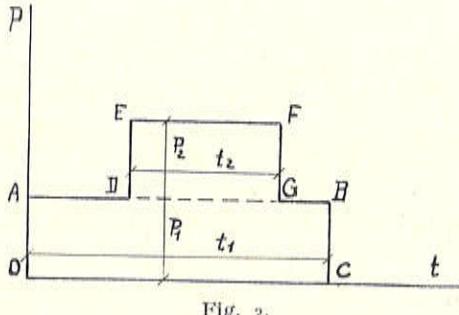


Fig. 2.

ensemble sur la même distribution, soit une usine de fond, par exemple hydraulique, qui fournit la charge permanente et constante du réseau, et une usine de pointe, par exemple à moteurs Diesel, qui sert seulement pour donner le supplément de puissance demandé aux heures de pointe.

Il n'est pas nécessaire qu'une telle séparation en deux usines de production distinctes existe toujours effectivement. Car, pour une usine seule, on peut aussi faire une défaillance analogue, mais seulement comptable, en considérant, d'une part, quelques unités génératrices, une partie afférente de la section des lignes, des constructions et installations accessoires, ainsi qu'une quote-part du service administratif, le tout correspondant à une usine de fond, de puissance  $P_1$  kilowatts, que l'on maintient constamment en charge pendant toute l'année; et d'autre part, considérer le reste des générateurs, de la section des conducteurs, la partie afférente des autres constructions et installations, ainsi que l'accroissement de l'organisation administrative, tant qu'il est besoin pour éléver l'usine génératrice à la puissance totale de pointe, comme appartenant à une usine séparée hypothétique de puissance  $P_2$  kilowatts.

En ce qui concerne maintenant les abonnés, étant donné qu'ils consomment du courant, tant de l'usine de fond que de l'usine de pointe, qui travaillent ensemble sur le même réseau de distribution, pour leur faire payer d'une manière équitable le courant qu'ils consomment, il faut qu'ils payent séparément les parties qu'ils prennent de l'une et de l'autre de ces deux usines composantes, lesquelles ont, ou peuvent avoir, des prix de revient différents.

Mais, comme chaque usine composante a pour sa part une charge constante, le prix de revient respectif est donné, ainsi qu'on l'a démontré plus haut, par une formule monome à prix unitaire *par kilowattheure*, il en résultera pour le compte de chaque abonné *une somme de deux termes monômes* à prix unitaires correspondant chacun à l'usine composante d'où l'on suppose que provient chaque partie respective de la consommation.

Pourtant, le diagramme de la figure 2 est encore assez différent de la forme réelle de la courbe de charge de la plupart des centrales de distribution électrique. En conséquence, la détermination des tarifs d'après un fonctionnement trop schématisé et idéalisé, comme celui représenté par ce diagramme, serait dans la même mesure encore inexacte. Pour ce motif, en partant de

la courbe de charge réelle d'une usine génératrice donnée, il sera généralement nécessaire de procéder à sa décomposition en un plus grand nombre de diagrammes rectangulaires équivalents et juxtaposés, représentant tant d'usines composantes, fonctionnant plus ou moins longtemps en parallèle, d'après la charge totale exigée de la centrale.

Ainsi, par exemple, la figure 3 nous montre le diagramme de charge, plus

proche de la réalité, d'une entreprise de distribution électrique qu'on suppose constituée de trois usines partielles, à savoir une pour la charge permanente de base, la deuxième pour la charge moyenne et la troisième pour la charge de pointe, de puissances  $P_1$ ,  $P_2$  et  $P_3$  kilowatts, et les durées de fonctionnement  $t_1$ ,  $t_2$  et  $t_3$  heures. Et ainsi de suite, en décomposant en autant d'usines

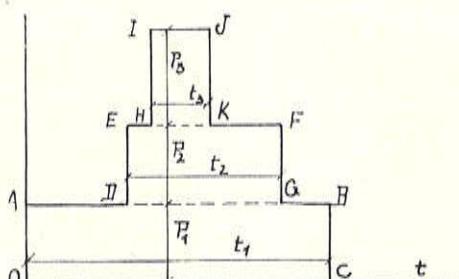


Fig. 3.

composantes qu'on voudra, d'après la forme plus ou moins en échelons du diagramme de charge et le degré d'approximation voulu.

Ici pourtant, où l'objet final de notre étude est constitué par le tarif dégressif à tranches de consommation, lequel est habituellement appliqué sous sa forme à trois tranches, c'est-à-dire à trois échelons tarifaires, nous nous arrêterons à la considération d'une centrale dont le fonctionnement a été décomposé seulement en trois usines composantes, comme dans le dernier exemple traité.

#### IV.

Nous pouvons maintenant essayer de calculer la valeur  $z$ , en francs, d'une fourniture de courant quelconque, livrée à un abonné de l'entreprise décomposée en trois centrales partielles.

Par extension du résultat précédemment trouvé pour le cas d'une centrale composée seulement de deux usines composantes, le compte d'une livraison de courant faite d'une centrale composée de trois usines sera de même constitué par *une somme de trois termes*, correspondant aux valeurs de l'énergie tirée de chacune de ces usines partielles, chaque terme étant calculé au prix de revient par kilowattheure donné par la relation (5) séparément pour chaque usine composante.

A savoir :

$$(6) \quad \begin{cases} h_1 = \frac{k_1}{t_1} + q_1 & \text{(pour l'usine génératrice de fond),} \\ h_2 = \frac{k_2}{t_2} + q_2 & \text{(pour l'usine génératrice de charge moyenne),} \\ h_3 = \frac{k_3}{t_3} + q_3 & \text{(pour l'usine génératrice de points).} \end{cases}$$

Les indices aux coefficients  $k$  et  $q$  expriment le fait que les dépenses indirectes et directes, spécifiques, correspondant à chaque usine composante, peuvent être aussi inégales. Ce qui sera toujours ainsi dans le cas d'une entreprise effectivement constituée par des usines séparées et affectées par le plan d'exploitation comme usines de fond, de pointe et ainsi de suite.

Dans les autres cas, on devra calculer avec les coûts de production spécifiques moyens, résultant de la division du total des dépenses indirectes ou directes de l'entreprise, par la puissance et la production d'ensemble de celle-ci.

Nous aurons, dans ces cas, les prix de revient

$$(6a) \quad \begin{cases} h_1 = \frac{k}{t_1} + q, \\ h_2 = \frac{k}{t_2} + q, \\ h_3 = \frac{k}{t_3} + q, \end{cases}$$

qui diffèrent seulement par la durée plus ou moins longue  $t$  du fonctionnement de chaque usine composante.

En désignant par  $n_1$ ,  $n_2$  et  $n_3$  le nombre de kilowattheures pris par un consommateur de chacune des trois usines partielles, on a donc, pour le compte de

la consommation d'électricité de celui-ci, l'expression

$$(7) \quad z = n_1 h_1 + n_2 h_2 + n_3 h_3 \text{ francs}$$

ou, plus en détail,

$$(8) \quad z = n_1 \left( \frac{k_1}{t_1} + q_1 \right) + n_2 \left( \frac{k_2}{t_2} + q_2 \right) + n_3 \left( \frac{k_3}{t_3} + q_3 \right).$$

Les considérations qui précèdent sont évidemment semblables à celles utilisées dans diverses autres analyses tarifaires, dont le type initial serait celle de Lauriol<sup>(1)</sup>, et qui sont toutes basées sur une décomposition de la centrale de production en usines partielles, diversement définies et dénommées, mais partout représentées par des tranches *horizontales* du diagramme de charge. Des différences éventuelles, peut-être même des supériorités de détail de notre méthode, ne sont pourtant pas assez importantes pour motiver seules cette nouvelle exposition.

De plus, si nous regardons de près les relations (7) ou (8) ci-dessus, qui devraient nous donner la valeur cherchée de la facture de consommation d'un abonné, alors nous constaterons facilement qu'elles sont aussi inopérantes. En effet, comment obtenir, pour pouvoir effectuer le calcul de la relation (7), la mesure des consommations partielles de  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  kilowattheures, ainsi que se présente maintenant décomposée la consommation de l'abonné ? Car nous ne connaissons aucun système de compteur ou d'autre appareil, qui saurait faire la défalcation d'une consommation de courant d'une manière qui corresponde à la décomposition en tranches horizontales, c'est-à-dire en tranches de puissance, de la production totale de l'entreprise, ainsi qu'on l'avait fait sur le diagramme de la figure 3.

Cette constatation résulte du fait, d'importance fondamentale, qu'on ne peut conférer d'aucune manière à une consommation de courant ou, autrement dit, à un kilowattheure, une position donnée sur l'axe des ordonnées du diagramme de charge d'une centrale. Ce qui explique l'indétermination pratique de la formule tarifaire (7) et de ses semblables.

## V.

Sans doute, nous n'avons pas fait cette longue exposition de notre méthode d'analyse tarifaire seulement pour montrer que de semblables méthodes ont été déjà essayées, et qu'elle est de plus, comme les autres, illogique et inapplicable. Évidemment, mais nous espérons bien, par une transformation adéquate, la rendre pourtant utile à nos buts.

Cette transformation consiste dans le remplacement de la décomposition du fonctionnement de la centrale par tranches horizontales, ou de *puissance*, comme on l'a faite jusqu'ici, et comme elle est caractéristique aussi pour toutes les autres méthodes antérieures de cette classe, par une décomposition en tranches *verticales*, partant du reste de la même ligne polygonale qu'auparavant, tel qu'on le voit sur la figure 4.

Sous cette nouvelle forme de division du diagramme de charge totale, nous pouvons déjà trouver un moyen pour effectuer une défalcation correspon-

(1) P. LAURIOL, *L'Éclairage électrique*, t. 33, 1902, p. 325.

dante des consommations individuelles des abonnés. En effet, les points O, L, M, N, R, etc., qui sont les pieds des verticales qui déterminent la nouvelle division, se trouvent sur l'axe des temps. Ces tranches verticales ont donc un sens chronologique, elles sont des *tranches de temps*. Elles représentent les temps que les différentes usines composantes marchent en parallèle pour donner la puissance totale demandée pendant chaque période (tarifaire) de fonctionnement de la centrale.

Si donc nous installons chez chaque abonné un compteur à plusieurs cadrans enregistreurs et une horloge de commutation, c'est-à-dire ce qu'on nomme habituellement un compteur à tarif multiple, d'un degré de multiplicité égal au nombre de tranches verticales en question, et si les temps de commutation des cadrans sont réglés aux temps O, L, M, N, R, etc., il est évident que ces compteurs feront pour chaque abonné une défaillance de leurs consommations d'après ces *tranches de temps*, c'est-à-dire de façon correspondante à l'entrée et la sortie successives de la marche en parallèle de chaque usine composante.

Par cette transformation en tranches verticales, nous nous sommes libérés en même temps de l'objection de nature fondamentale, qu'on a vu faire à la division en tranches horizontales du diagramme de charge, à savoir d'assigner aux kilowattheures consommés des hauteurs déterminées sur le diagramme de charge de la centrale. Puisque les nouvelles tranches verticales vont sur toute la hauteur de ce diagramme, on ne fait ici aucune différence entre les positions sur l'axe des ordonnées de ces kilowattheures, la discrimination tarifaire entre ceux-ci se faisant maintenant seulement d'après les *temps* de consommation, lesquels sont physiquement définis avec précision et peuvent être aisément fixés par les horloges commutateurs des compteurs.

Connaissant ces consommations défaillées par *tranches verticales*, nommons les  $N_1$ ,  $N_2$  et  $N_3$  kilowattheures, telles qu'elles sont données, d'après ce qui précède par les index du compteur « triple » installé chez l'abonné. Nous pourrions calculer maintenant la facture de cet abonné, si nous savions encore les prix par kilowattheure correspondant à chaque tranche. Mais c'est justement ce prix que nous ne connaissons pas encore, car auparavant, par les relations (6), nous avons trouvé seulement les prix unitaires  $h_1$ ,  $h_2$  et  $h_3$  correspondant aux consommations partielles, supposées provenant respectivement d'une seule des centrales composantes, c'est-à-dire des prix unitaires rapportés aux tranches *horizontales* dans lesquelles a été décomposé initialement le diagramme de fonctionnement de l'usine génératrice d'ensemble.

Mais le compteur triple de l'abonné, par chacun de ses cadrans, enregistre ensemble des kilowattheures provenant de toutes les usines composantes qui marchent en parallèle pendant la période considérée, c'est-à-dire pendant la durée de la tranche verticale correspondante.

Donc, pour arriver à calculer la valeur de la consommation de l'abonné en question, on doit faire une transformation de la relation (7), d'une manière correspondant au remplacement des consommations de  $n_1$ ,  $n_2$  et  $n_3$  kilowatt-

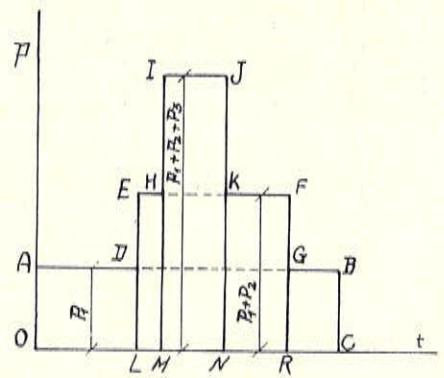


Fig. 4.

heures, provenant respectivement des trois usines partielles, pour lesquelles on connaît les prix unitaires, *mais qui ne sont pas séparément mesurables*, par les consommations de  $N_1$ ,  $N_2$  et  $N_3$  kilowattheures par tranches verticales, de provenance et de prix unitaires différents, *mais qu'on peut mesurer* par les moyens dont on dispose.

Cette transformation peut être obtenue de la manière suivante :

D'abord (pour simplifier et généraliser) nous remplacerons le diagramme

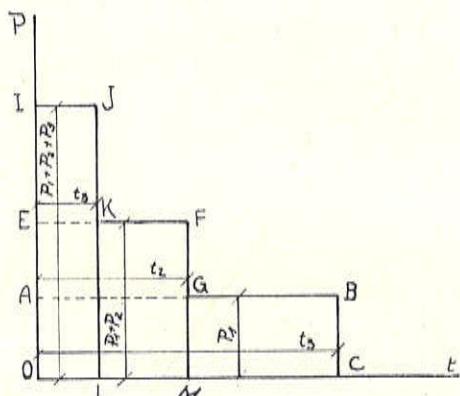


Fig. 5.

figure 4, qui serait un diagramme *journalier* typique, par le diagramme figure 5, qui est le diagramme des charges annuelles, classées d'après leurs valeurs décroissantes, avec leurs durées cumulées pour toute l'année.

Le premier cadran du compteur, celui qui correspondrait au régime de la tranche verticale MGBC (la charge la plus réduite de la centrale) enregistre, comme on le voit sur le diagramme, des kilowattheures provenant seulement de l'usine partielle de fond, la seule qui fonctionne dans cette période de faible

charge. Le prix de revient de ces kilowattheures, nous le connaissons des relations (6); il est de  $h_1$  francs par kilowattheure.

L'enregistrement respectif étant de  $N_1$  kilowattheures, la valeur de cette première consommation partielle sera donc

$$(9) \quad z_1 = N_1 h_1 \text{ francs.}$$

Le deuxième cadran du compteur, celui qui correspond au régime de la charge moyenne, c'est-à-dire de la tranche verticale LKFM, enregistre des kilowattheures mêlés, de provenance tant de l'usine partielle de fond, que de l'usine partielle pour la charge moyenne, qui marchent en parallèle à ce moment, les premières au prix de revient de  $h_1$  francs par kilowattheure, comme auparavant, et les deuxièmes au prix de revient de  $h_2$  francs par kilowattheure, tel qu'il correspond à la deuxième tranche horizontale. Mais combien des unes et combien des autres ?

Évidemment suivant le rapport des grandeurs de ces deux usines, ce qui, sans autre démonstration, résulte de la loi bien connue de la répartition d'un courant électrique entre deux sources qui l'alimentent à la fois. (On suppose que les résistances intérieures de ces sources de courant sont inversement proportionnelles à leurs puissances, ce qui, en règle générale, est valable aussi bien pour des piles électriques que pour les plus grands turbogénérateurs ou pour des centrales entières.)

Ces puissances étant respectivement  $P_1$  et  $P_2$ , nous aurons donc, dans l'enregistrement  $N_2$  du deuxième cadran, un mélange de kilowattheures de provenances diverses dans les proportions

$$(10) \quad \frac{P_1}{P_1 + P_2} \quad \text{et} \quad \frac{P_2}{P_1 + P_2}.$$

Ce qui, aux prix de revient mentionnés de  $h_1$  et  $h_2$  francs par kilowattheure, qui correspondent à chacune de ces parties de la consommation, donnera

pour la valeur de la deuxième tranche la somme

$$(11) \quad z_2 = N_2 \frac{P_1}{P_1 + P_2} h_1 + N_2 \frac{P_2}{P_1 + P_2} h_2 \\ = N_2 \left( \frac{P_1 h_1}{P_1 + P_2} + \frac{P_2 h_2}{P_1 + P_2} \right) \text{ francs.}$$

De même, la consommation de  $N_3$  kilowattheures enregistrée par le troisième cadran du compteur, celui qui mesure la consommation sous le régime de la troisième tranche OIJL (la charge de pointe), est constituée par trois quantités d'énergie qui proviennent, la première de l'usine de fond, au prix de revient  $h_1$ , la deuxième de l'usine de charge moyenne, au prix  $h_2$ , et la troisième de l'usine de pointe, cette dernière au prix  $h_3$  francs par kilowattheure.

La proportion respective est donnée, comme pour le cas précédent, par le rapport des puissances partielles  $P_1$ ,  $P_2$  et  $P_3$  des usines composantes à la puissance totale  $P_1 + P_2 + P_3$  en service pendant ce temps.

La valeur de cette troisième tranche de la consommation sera donc

$$(12) \quad z_3 = N_3 \frac{P_1}{P_1 + P_2 + P_3} h_1 + N_3 \frac{P_2}{P_1 + P_2 + P_3} h_2 + N_3 \frac{P_3}{P_1 + P_2 + P_3} h_3 \\ = N_3 \left( \frac{P_1 h_1}{P_1 + P_2 + P_3} + \frac{P_2 h_2}{P_1 + P_2 + P_3} + \frac{P_3 h_3}{P_1 + P_2 + P_3} \right) \text{ francs.}$$

Le compte total de la consommation enregistrée par le compteur triple sera donc donné par la somme

$$(13) \quad z = z_1 + z_2 + z_3 = N_1 h_1 \\ + N_2 \left( \frac{P_1 h_1}{P_1 + P_2} + \frac{P_2 h_2}{P_1 + P_2} \right) \\ + N_3 \left( \frac{P_1 h_1}{P_1 + P_2 + P_3} + \frac{P_2 h_2}{P_1 + P_2 + P_3} + \frac{P_3 h_3}{P_1 + P_2 + P_3} \right) \text{ francs.}$$

Dans cette dernière relation, nous connaissons tous les coefficients, savoir :

$h_1$ ,  $h_2$  et  $h_3$  peuvent être calculés par les relations (6) ou (6 a) des dépenses spécifiques directes et indirectes, telles qu'elles peuvent être déterminées d'après les données de la comptabilité de l'entreprise.

Les durées de fonctionnement  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  des usines composantes, comme aussi les puissances  $P_1$ ,  $P_2$  et  $P_3$  de celles-ci, se déduisent graphiquement du diagramme des charges classées de la centrale d'ensemble, par sa division en rectangles équivalents, se rapprochant le plus possible de la forme curviligne de ce diagramme.

En introduisant toutes ces valeurs dans la relation (13), elles donneront, tous calculs faits, pour les expressions entre parenthèses, les nouveaux coefficients

$$(14) \quad H_1, \quad H_2 \quad \text{et} \quad H_3$$

avec lesquels le compte de la consommation de courant en question devient

$$(15) \quad z = N_1 H_1 + N_2 H_2 + N_3 H_3 \text{ francs,}$$

formule parfaitement identique à la relation (1).

Ces nouveaux coefficients  $H$  ne sont que les prix unitaires par kilowattheure

correspondant aux tranches *verticales* du diagramme figure 5. Ils sont donc aussi les prix unitaires correspondant aux consommations séparément enregistrées par les trois cadrans du compteur à triple tarif utilisé, cela pendant les trois régimes de fonctionnement de la centrale, qui sont définies par ces tranches.

Ils sont donc justement les prix unitaires cherchés pour le tarif triple étudié, c'est-à-dire aussi, à la suite de l'identification que nous avons faite de ces deux formes tarifaires, *les prix unitaires par tranche* du tarif équivalent à trois tranches de consommation.

*Note.* — La forme des expressions entre parenthèses de la relation (13) nous montre que ces prix unitaires  $H$  sont *les moyennes pondérées* des prix unitaires initiaux  $h$  par tranches horizontales, qui n'étaient pas, comme on l'a vu, directement utilisables, parce qu'ils se référaient à des consommations partielles indéfalcables de la consommation entière de l'abonné.

On pourrait facilement voir que l'analyse faite sur un système décomposé en trois tranches peut, de la même manière, être étendue jusqu'à un nombre aussi grand que l'on voudrait de subdivisions de la centrale, d'où résulterait pour la valeur des factures de consommation la formule tarifaire générale

$$(16) \quad z = N_1 H_1 + N_2 H_2 + \dots + N_i H_i + \dots$$

C'est, comme on le reconnaît, la formule d'un tarif multiple à nombre quelconque de termes. Le prix unitaire correspondant au terme tarifaire d'ordre  $i$  résulte, par la généralisation des expressions enfermées entre les parenthèses de la relation (13), soit

$$(17) \quad H_i = \frac{\sum_{i=1}^t P_i h_i}{\sum_{i=1}^t P_i}.$$

Nous sommes arrivés à la formule générale (16) du tarif multiple seulement par une analyse élémentaire de la répartition des dépenses de l'entreprise sur la production, sans avoir envisagé *a priori* ce tarif ou tout autre système tarifaire. Il en résulte que le tarif multiple est une forme, pour ainsi dire naturelle, de la tarification de l'énergie électrique. Et comme, par définition, le tarif à tranches de consommation n'est qu'une forme particulière d'application du tarif multiple, on peut conclure que le tarif à tranches est lui aussi un système naturel pour la tarification de l'énergie électrique.

## VII.

Il nous reste maintenant à déterminer la *grandeur des tranches*, ce qui, pour commencer, et vu l'assimilation faite entre les deux systèmes tarifaires, demande que l'on cherche d'abord *les nombres d'heures d'utilisation* ou, autrement dit, les durées de chaque régime tarifaire du tarif multiple équivalent.

En nommant  $T_1$ ,  $T_2$  et  $T_3$  ces durées annuelles, et en considérant qu'elles

sont représentées sur le diagramme (fig. 6) par la largeur des tranches verticales, on a

$$(18) \quad \begin{cases} T_1 = t_1 - t_2, \\ T_2 = t_2 - t_3, \\ T_3 = t_3. \end{cases}$$

Nous rappelons que  $t_1$ ,  $t_2$  et  $t_3$  sont les durées de fonctionnement des usines composantes ou, autrement dit, les durées d'utilisation annuelle des charges caractéristiques  $P_1$ ,  $P_1 + P_2$  et  $P_1 + P_2 + P_3$  de l'usine génératrice.

Mais la connaissance des durées *annuelles*, c'est-à-dire cumulées, de trois régimes tarifaires, telles que nous les avons trouvées plus haut, reste pratiquement sans utilité tant qu'on ne décompose pas celles-ci en *durées journalières* correspondantes, c'est-à-dire conformément à la période pratique du cycle de succession des échelons tarifaires.

Pour résoudre ce nouveau problème, nous rapportons sur la courbe de charge annuelle les temps C, M, L, qui déterminent les durées cumulées  $T_1$ ,  $T_2$  et  $T_3$ . On trouve ainsi, par l'intersection des droites verticales BC, FM et JL avec la courbe de charge, les points  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Les hauteurs  $xC$ ,  $yM$  et  $zL$  représentent évidemment les charges  $\pi_1$ ,  $\pi_2$  et  $\pi_3$  de l'usine génératrice pour lesquelles se produit le passage d'une tranche à l'autre ou, autrement dit, d'un régime tarifaire à l'autre.

Pour avoir maintenant les temps de ces passages, non sur le diagramme des temps cumulés, mais pour chaque jour séparément, il suffira de tracer sur le diagramme de charge journalière des droites parallèles à l'axe des temps, à savoir aux hauteurs  $\pi_1$ ,  $\pi_2$  et  $\pi_3$  kilowatts déduites, comme plus haut, du diagramme annuel.

Un tel diagramme journalier typique, avec la construction indiquée, est donné par la figure 7.

Les points d'intersection  $d$ ,  $e$ ,  $f$ ,  $g$ , de ces droites avec la courbe de charge (journalière) indiqueront les moments de passage recherchés, c'est-à-dire les moments de l'entrée et de la sortie successive de la marche en parallèle des usines composantes, d'après les variations de la charge totale exigée de l'usine génératrice.

Les projections  $d'$ ,  $e'$ ,  $f'$ ,  $g'$  de ces points d'intersection sur l'axe des temps nous donneront donc les temps précis où ont lieu ces modifications dans le régime de la centrale; en conséquence, les segments  $d'e'$ ,  $e'f'$ ,  $f'g'$  représenteront les *durées journalières* (éventuellement avec répétition) de chaque régime tarifaire.

Par cette simple construction, on a trouvé la possibilité d'une détermination précise et objective de l'horaire tarifaire, même séparément pour chaque jour de l'année. Mais, en pratique, on se contentera, bien entendu, de fixer cet horaire ainsi que le réglage des temps de commutation des horloges des compteurs, pour des périodes tarifaires plus longues, de préférence en corres-

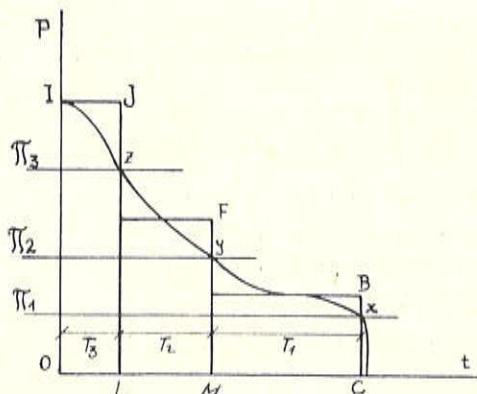


Fig. 6.

pondance avec les périodes saisonnières. En conséquence, on procédera à la détermination, par la construction qui a été indiquée, de l'horaire tarifaire seulement sur quelques diagrammes journaliers typiques, pris à des époques moyennes par rapport à ces périodes saisonnières.

Après quoi on pourra encore faire, très aisément, une vérification de l'exactitude de l'horaire moyen ainsi déterminé, en examinant si les sommes pour

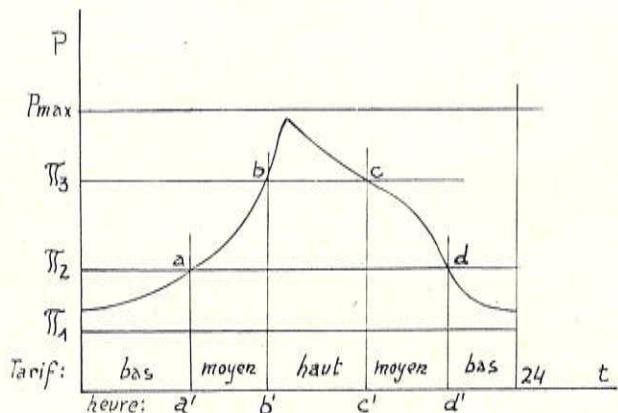


Fig. 7.

l'année entière des durées journalières de chaque régime tarifaire sont égales aux durées cumulées  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  respectives, telles que celles-ci sont données par les relations (18).

Pour conclure, nous remarquerons encore que, l'horaire tarifaire résultant du même diagramme et de la même construction qui nous ont donné les prix unitaires, les couples de valeurs  $H_1 T_1$ ,  $H_2 T_2$ , et  $H_3 T_3$ , sont rigidement liés entre eux, et tous ensemble avec l'exploitation et la comptabilité de l'entreprise, qui nous ont fourni les chiffres servant de base à la détermination de toutes ces valeurs.

### VIII.

Comment transposer maintenant les résultats du chapitre précédent, qui se réfèrent exclusivement au tarif multiple, car c'est lui seul qui possède un « horaire tarifaire », dans le tarif à tranches de consommation, qui constitue le but final de nos recherches ?

Il va de soi qu'il ne pourrait pas être question d'une relation directe entre cet horaire et les grandeurs de tranches, lesquelles ne présentent aucun aspect chronologique, mais seulement d'une relation indirecte entre la grandeur de ces tranches et les consommations qui ont lieu sous chaque régime tarifaire du tarif multiple correspondant.

Mais ces consommations de  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  kilowattheures sont des valeurs individuelles et strictement expérimentales, qui peuvent donc être déterminées seulement par des mesures. Les mesures impliquent des appareils, en l'espèce des compteurs multiples. Mais nous ne pouvons pas songer à installer en permanence et chez tous les abonnés de tels compteurs, car alors il n'y aurait plus tarif à tranches, dont le but essentiel est justement de permettre une tarification différenciée, sans demander d'autre appareillage qu'un simple compteur d'énergie.

Pour éluder cette difficulté, nous préconisons de faire de telles mesures, mais seulement d'une manière temporaire et pour une fraction du nombre des abonnés telle que l'on puisse trouver une série de valeurs dont la moyenne, pouvant être considérée comme moyenne probable pour toute la catégorie d'abonnés respective, puisse être *appliquée ensuite à tous ceux-ci*.

Mais, comme dans tous les domaines, on ne doit mettre, pour des valeurs individuelles réelles directement mesurées, des valeurs moyennes, que là où l'on sait d'avance que la dispersion des valeurs individuelles est petite.

Dans le cas des petits abonnés, et particulièrement dans le cas des habitations, auxquelles le tarif à tranches est principalement destiné, les consommations d'énergie électrique rapportées au nombre de pièces se trouvent être, en effet, assez étroitement groupées autour de leur valeur moyenne. C'est un des principes même sur lesquels est basé le tarif à tranches de consommation.

A ce sujet je me reporte aux constatations statistiques antérieures, particulièrement celles de MM. Martin BERCOVICI et Sorin STEFĂNESCU-RADU, ingénieurs à la Société générale du Gaz et de l'Électricité de Bucarest, données dans le rapport intitulé : « *Tarifs ménagers dégressifs par tranches de consommation* » qu'ils ont présenté au précédent Congrès de Zürich-Lausanne, août-septembre 1934, pages 14 et 18, et à l'analyse mathématique de ces statistiques, donnée par M. I.-S. ANTONIU, ingénieur à la même Société, dans l'annexe, pages 27 et 31 de ce rapport.

Ces mesures moyennes, que nous préconisons, sont donc admissibles. On les effectuera exactement comme pour un tarif multiple proprement dit, donc, dans notre cas d'un tarif à trois tranches, par des compteurs triples. Seulement on le fera en nombre réduit, par exemple pour 5 ou 10 pour 100 du nombre total des abonnés inscrits au tarif par tranches, d'après le degré d'approximation recherché et les moyens dont on dispose.

De telles mesures en nombre réduit, faites dans le seul but statistique, ont encore été utilisées pour la détermination des constantes tarifaires. Mais on a employé dans ce but exclusivement des wattmètres, qui sont des appareils très coûteux et de manipulation compliquée, ce qui limitait ces mesures à des périodes très courtes et à un nombre très réduit d'abonnés. A quoi s'ajoutaient encore les difficultés d'interprétation et d'utilisation des valeurs mesurées, lesquelles, par leur nature de mesures de *puissance*, ne pouvaient qu'indirectement, et au prix d'approximations supplémentaires, être transposées dans le système tarifaire envisagé. Tandis que les compteurs-témoins que nous proposons nous donneront directement, sans autre calcul ou interprétation, des valeurs de *consommation* en kilowattheures par degré tarifaire.

Nous voulons ajouter que, dans les entreprises où, parallèlement au tarif par tranches, on applique aussi le tarif triple proprement dit, et où il y a autant d'abonnés de cette catégorie que d'abonnés habituels utilisant le tarif par tranches (par exemple de ménages), on n'aura plus besoin de faire de mesures statistiques spéciales. Bien plus, on calculera les moyennes en question directement d'après les résultats d'application de ce tarif triple coexistant.

Les consommations de  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  kilowattheures, qui seraient enregistrées par les compteurs triples servant de témoins, correspondraient à la consommation globale, pour toute l'habitation, des abonnés soumis à ces mesures statistiques. Mais, pour l'application pratique des tarifs à tranches de consom-

mation, où ces tranches sont habituellement exprimées en kilowattheures *par pièce* d'appartement, mètres carrés de surface d'habitation ou autres critères de cette sorte, il sera encore nécessaire de rapporter les consommations globales, mesurées comme plus haut, au nombre des pièces, mètres carrés, etc., des appartements des abonnés respectifs.

Une plus grande exactitude des valeurs moyennes ainsi trouvées, c'est-à-dire une plus petite différence entre celles-ci et les valeurs extrêmes des consommations réelles, qu'elles doivent remplacer, pourra être obtenue par l'application d'un principe donné par MM. M. BERCOVICI et S. STEFĂNESCU-RADU dans leur rapport précédemment cité. Ce principe consiste à calculer le rapport des consommations globales au nombre des pièces, non pas à la fois pour la totalité des habitations qui ont fourni ces mesures statistiques, mais séparément par groupes d'appartements ayant le même nombre de pièces. Car, comme l'ont démontré ces auteurs au moyen de recherches statistiques faites parmi les abonnés de la distribution électrique de la ville de Bucarest, et comme cela semble d'ailleurs être tout naturel, la densité de la consommation par pièce n'est pas la même pour toutes les habitations, indépendamment de leur importance, mais présente une variation bien marquée dont on doit tenir compte si l'on veut réaliser une juste répartition de la grandeur des tranches.

De cette façon, on obtiendra, pour le tarif en question, un tableau de tranches de consommation séparément fixées pour toute la série d'habitaciones à une, deux, trois pièces et ainsi de suite, tel qu'on le trouve dans la plupart des tarifs par tranches appliqués aujourd'hui.

Ainsi on a maintenant, avec les prix unitaires par tranche trouvés précédemment [les prix (14) à calculer par la formule (17)], tout le système de constantes tarifaires dont la détermination formait le but de notre étude.

En ce qui concerne la réalisation pratique des mesures statistiques aux compteurs-témoins, on peut ajouter les considérations suivantes.

Quoique le nombre des compteurs nécessités pour ces mesures soit relativement restreint, pourtant, étant donné que ces compteurs sont des compteurs triples, la dépense respective serait assez importante. Elle pourrait être sensiblement diminuée par l'emploi de compteurs seulement doubles (ou, généralement, à un degré de moins que le degré du tarif multiple correspondant), car, dans un tarif à tranches, la dernière est indéfinie; il n'importe donc pas de la mesurer. Dans ce cas, les horloges de commutation respectives seront réglées pour assurer l'enregistrement de la consommation sous le régime du tarif haut et du tarif moyen du triple tarif équivalent, c'est-à-dire seulement des consommations correspondant aux deux premières tranches.

Les compteurs-témoins seront installés, chez les abonnés choisis pour ces mesures, à côté de leurs compteurs simples individuels, les seuls qui serviront, comme précédemment, pour le décompte de leur consommation. Les abonnés n'auront rien à payer, ni même à savoir officiellement de l'existence de ces compteurs-statistiques et du but auquel répond leur installation, qui doit rester une affaire interne de l'administration de la centrale.

Pour vérifier en permanence la manière dont fonctionnent les installations consommatrices et le tarif à tranches, et avoir toujours les chiffres moyens les plus probables (évoluant avec le temps) des consommations qui déterminent les grandeurs des tranches, il sera utile que les mesures statistiques préconisées ne soient pas limitées à quelque courte période, par exemple

seulement avant la détermination d'un tarif à introduire ou à modifier, mais que les compteurs-témoins (c'est pour cela que nous leurs avons donné cette dénomination) destinés à la mesure moyenne des tranches de consommation, se trouvent en permanence dans le réseau de distribution, tout en étant permuts de temps en temps et au petit bonheur d'un abonné à l'autre de la même catégorie et entre abonnés de diverses catégories. De cette manière, leur enregistrement permanent permettra d'avoir une sorte de section dans le temps et dans l'espace de tout l'ensemble des installations consommatrices.

## IX.

Il nous reste maintenant à préciser et concrétiser par un exemple la voie à suivre dans l'application pratique de la méthode indiquée pour la pré-détermination des constantes tarifaires.

La première remarque à faire est qu'il n'est pas intéressant de connaître le nombre existant ou de prévoir des abonnés entrant sous le régime du tarif par tranches de consommation, ni la quantité d'énergie qui sera vendue à ce tarif. On n'a donc pas besoin de cette masse de travaux statistiques nécessités par beaucoup d'autres méthodes de fixation des tarifs.

On supposera plutôt que toute l'énergie distribuée sera vendue au tarif à tranches de consommation ou à ses équivalents, qui peuvent être d'abord les tarifs multiples aux différents degrés de multiplicité, ou d'autres encore, tant que tous ces tarifs coexistants seront établis sur le même principe de base et calculés par la même méthode générale, et en partant des mêmes données de l'exploitation et de la comptabilité de l'entreprise (1).

Si des quantités d'électricité sont vendues à d'autres tarifs, à des prix empiriques ou arbitraires, toute erreur sera à imputer à ceux-ci seuls, sans que le tarif à tranches de consommation, calculé comme on l'a indiqué, ou tout autre tarif rationnel équivalent, soit par cela diminué dans sa propre exactitude.

Nous n'avons rien à dire ici sur la façon de faire la défaillance des dépenses de la production en dépenses directes et indirectes, ni sur la juste évaluation des différentes charges financières ou de toute autre nature. Cette question est en soi étrangère à l'objet de notre rapport, et nous supposons que le service financier et la comptabilité de l'entreprise nous fournissent au mieux toutes les données qui nous intéressent pour nos calculs.

Sauf le cas où il s'agit d'une entreprise de distribution d'électricité effectivement constituée par plusieurs centrales de production séparées, et que celles-ci ont, par le plan d'exploitation, une affectation spéciale comme usines de fond, de pointe, etc., on prendra, comme on l'a déjà dit, des dépenses spécifiques  $k$  et  $q$  égales pour toutes les usines composantes. Ces dépenses spécifiques résulteront, dans ce cas, simplement de la division du total  $K$  et  $Q$  de ces dépenses par la puissance et la production totales nettes, c'est-à-dire après déduction de la puissance et de l'énergie de consommation propre de l'entreprise et des pertes.

Quant au diagramme de charge, il est évident qu'on doit prendre, comme

(1) Voir « Le tarif intégral », rapport présenté par l'auteur au Congrès de l'Association des Producteurs et Distributeurs d'Électricité de Roumanie, à Timisoara, le 7 octobre 1934, pages 34-36, « sur l'équivalence des tarifs coexistants ».

pour les dépenses, un diagramme reconstruit pour la charge nette, toute commercialisée, de l'entreprise, en soustrayant *en chaque point* de la courbe de charge totale, la puissance correspondante à la consommation propre et aux pertes pour cette charge, de telle sorte que la surface du diagramme net résultant reste équivalente à la quantité nette d'énergie vendue.

En possession de tous ces éléments, on peut passer à la division du diagramme de charge en rectangles équivalents, représentant chacun une usine composante, à charge constante. Cela demande qu'on fixe d'abord le

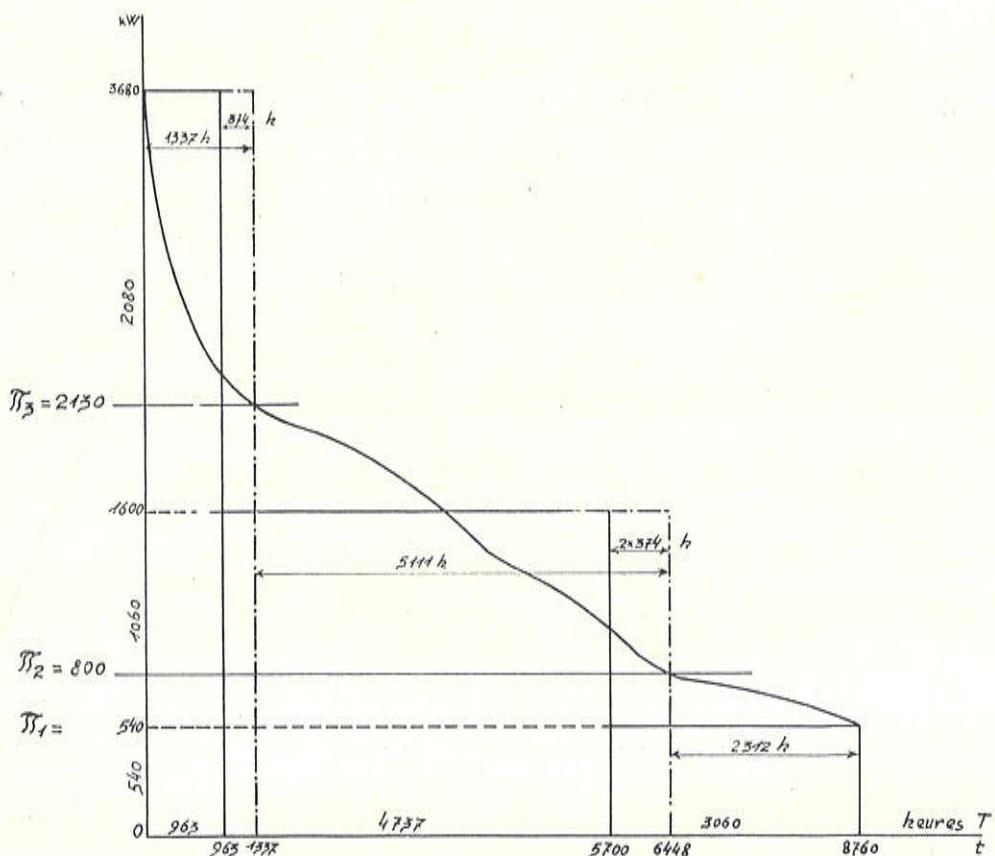


Fig. 8.

nombre des tranches de la division, c'est-à-dire le degré de multiplicité du tarif à calculer. Pour un tarif à tranches de consommation, ce nombre sera de deux à quatre, le plus souvent trois. Dans la suite, nous considérerons toujours ce dernier chiffre.

Parfois les diagrammes des charges annuelles classées présentent des échelons ou des inflexions assez prononcées, qui donnent du premier coup les points les plus indiqués pour la division en question. Mais la plupart des diagrammes ont une allure assez uniforme, de sorte qu'on se trouve dès le début dans une grande incertitude, la division en tranches pouvant se faire d'une infinité de manières. Il semble donc qu'on retombe de ce côté dans le même arbitraire que nous avons voulu fuir.

Cependant, même si l'on peut effectuer, d'une multitude de manières, la division du diagramme total du fait que chaque rectangle à part doit être équivalent au trapèze correspondant, limité par un arc de la courbe de charge

qu'il remplace, il en résulte que chaque accroissement de la hauteur d'un rectangle, c'est-à-dire de la puissance d'une usine composante, entraînera une diminution de sa base, c'est-à-dire des heures de fonctionnement de celle-ci. Et réciproquement.

En se référant à la division en tranches verticales, laquelle doit évidemment obéir à la même règle d'équivalence des aires partielles et totales, on constate, de même, qu'une augmentation de la hauteur d'une tranche entraînera une diminution de sa base, c'est-à-dire de la durée respective, et réciproquement.

Ce qui, en fin de compte, veut dire que, si l'on augmente le prix unitaire d'une tranche, le nombre de kilowattheures pour cette tranche diminuera et les paramètres de la tranche voisine, aux dépens de laquelle on a fait l'accroissement de la première, se trouveront modifiés.

Tous les paramètres du système sont donc rigidement liés entre eux, à savoir par la relation

$$(19) \quad Z = H_1 \Sigma V_1 + H_2 \Sigma V_2 + H_3 \Sigma V_3 = \text{const.},$$

laquelle est la sommation, pour la consommation de tous les abonnés, c'est-à-dire pour toute l'énergie vendue, de la relation (15). Cette somme est une constante, parce qu'elle doit être toujours égale au total des dépenses de la production pour l'intervalle de temps considéré.

On a donc, en effet, la possibilité de choisir librement, entre certaines limites, une ou deux des constantes tarifaires, soit, par exemple, le prix de la première tranche, lequel peut être limité à un maximum par le contrat de concession, ou ne doit pas être élevé au delà de l'ancien prix pour l'éclairage, où se trouve conditionné par toutes autres circonstances. Après quoi, les prix unitaires des autres tranches et les grandeurs de celles-ci résulteront nécessairement et mathématiquement du fait qu'il faudra couvrir la totalité des dépenses de l'entreprise ou toute autre somme fixée d'avance.

L'incertitude constatée plus haut dans la manière de diviser en tranches le diagramme de charge est donc loin de constituer une infériorité de la méthode. Elle donne, au contraire, à celle-ci une très précieuse qualité d'élasticité rationnelle, non arbitraire, d'une importance essentielle pour le côté commercial et pratique du problème.

Il sera donc généralement nécessaire de procéder par tâtonnements, en commençant par une division presque au hasard du diagramme, ce qui donnera une première série de prix unitaires. Puis, on trouvera facilement le sens des modifications à faire subir à la première division essayée, afin qu'un des prix par tranche cherché, ou tout autre paramètre, d'après les circonstances générales prises en considération, résulte de la valeur désirée. Après quoi toutes les autres constantes du tarif résulteront du calcul, de constructions graphiques sur les diagrammes de charge annuel et journalier de l'usine génératrice, et des mesures aux compteurs-témoins de telle façon que la relation (19) se trouve satisfaite.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS

Quai des Grands-Augustins, 55

104430