

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 59 (1968)  
**Heft:** 12

**Rubrik:** Production et distribution d'énergie : les pages de l'UCS

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 25.12.2024

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

# Production et distribution d'énergie

Les pages de l'UCS

---

## 14<sup>e</sup> Congrès de l'Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Énergie Électrique (UNIPEDA)

### De la qualité du service public de l'électricité

par J. Pages et P. Gaussens, Paris

#### Résumé

*Comme toute marchandise, l'énergie électrique est définie par certaines caractéristiques ou qualités techniques (constance plus ou moins grande de la tension, de la fréquence, durée des interruptions, etc.). Mais la façon dont est organisé l'accès à cette énergie est également une caractéristique du service rendu aux usagers.*

*Qualité commerciale et qualité technique du service sont étudiées sous leurs différents aspects dans le rapport. Il en résulte une sorte de définition des rapports entre l'utilisateur, le distributeur et aussi les constructeurs d'appareils d'utilisation.*

#### 1. Introduction

L'énergie électrique est une marchandise: si l'on se reporte à la définition de ce mot par le dictionnaire, la «marchandise» est, en effet, «ce qui fait l'objet d'un commerce»; cette marchandise se mesure à l'unité et son prix est en général fixé également à l'unité. Mais elle est aussi une marchandise ayant des caractères assez particuliers, notamment celui de ne pouvoir être utilisée qu'après transformation en lumière, ou chaleur, ou force motrice, etc.

Aussi est-on souvent tenté de considérer la fourniture d'énergie électrique comme un «service» puisque c'est, en fait, sous cet aspect que l'énergie électrique manifeste son utilité.

Et, lorsqu'on parle, en matière d'énergie électrique, de qualité, on ajoute toujours «de service», car les caractéristiques techniques de la fourniture (permanence de la tension, continuité, etc.) s'analysent en fin de compte en termes de qualité du service obtenu par la transformation de l'énergie électrique en lumière, chaleur, force motrice, etc.

Si bien que les distributeurs d'électricité lorsqu'ils parlent de qualité de service, pensent essentiellement aux caractéris-

tiques techniques de leur fourniture. Cette qualité «technique», au demeurant essentielle, fait l'objet de la partie principale de ce rapport.

Mais, quelle que soit l'importance de cet aspect, elle ne doit pas faire oublier que, comme pour toute marchandise faisant l'objet d'un commerce, il existe des problèmes de conditionnement, de présentation, de tarification qui constituent, eux, l'aspect «commercial» de la qualité. Et, s'agissant d'une marchandise dont la nature physique ne tombe pas immédiatement sous le sens de l'utilisateur ordinaire, on conçoit que cet aspect commercial des choses revête, lui aussi, une importance certaine.

#### 2. La qualité commerciale du service

2.1. Les distributeurs d'énergie électrique ont, depuis longtemps déjà, pris conscience de la nécessité d'une *bonne information de l'utilisateur*. Celui-ci, en effet, faute le plus souvent d'une connaissance technique suffisante, connaît mal les possibilités qui lui sont offertes par la puissance électrique mise à sa disposition; il ignore fréquemment les conditions optimales d'emploi de cette puissance, il agit d'après des préjugés (l'électricité est une énergie chère, par exemple). Cela se rencontre très fréquemment au niveau de l'abonné domestique; cela n'est pas rare, non plus, chez le commerçant ou l'industriel, ce dernier ayant une tendance naturelle à approfondir la technique qui lui est propre sans être toujours à même d'apprécier les possibilités d'adaptation de l'énergie électrique à ses problèmes spécifiques.

Aussi les distributeurs ont-ils été amenés à créer, à l'intention des utilisateurs domestiques, un véritable service d'information constitué, le plus souvent, par des «conseillères ménagères» dont le rôle consiste à apprendre aux maîtresses de maison toutes les possibilités qu'elles peuvent tirer de l'em-

ploi judicieux de l'énergie électrique dont elles disposent. Dans le domaine industriel, le distributeur s'efforce de plus en plus de mettre à la disposition de ses abonnés des ingénieurs spécialisés, capables d'étudier les problèmes de force motrice, de chauffe, d'automatisme, etc. auxquels l'emploi de l'énergie électrique peut apporter des solutions rationnelles.

2.2. Mais il ne suffit point d'organiser ces services d'information; il faut, en outre, qu'ils soient connus de la clientèle. D'où cet effort que l'on voit développer par tous les distributeurs pour créer de bonnes *conditions d'accueil* du public qu'ils desservent.

Cet accueil au demeurant, est nécessaire pour tous les contacts de l'abonné avec son fournisseur d'énergie: pour la conclusion initiale du contrat d'abonnement, puis, par la suite, pour tous les événements qui peuvent en jaloner l'exécution: l'organisation des services de permanence et de dépannage, notamment, est un facteur essentiel de la qualité du service fourni à l'abonné.

2.3. Pour si inattendu que cela puisse paraître de prime abord, la *tarification* — ou plus exactement la forme de celle-ci — doit être considérée comme un élément de qualité du service. Une bonne tarification doit être essentiellement simple, compréhensible par un abonné qui n'est généralement pas un technicien et que le langage souvent ésotérique pour lui des ingénieurs rebute et rend méfiant. Certes, divers éléments doivent entrer dans une tarification judicieuse: il faut en limiter strictement le nombre et, surtout, en expliquer, d'une manière claire pour un profane, la signification et l'articulation. Sans en revenir à la simplicité biblique de la tarification forfaitaire pratiquée par les premiers distributeurs d'électricité, il faut sans aucun doute — tout au moins pour les abonnés domestiques, qui sont les plus nombreux — éviter les formulations complexes et savoir quelque peu sacrifier la rigueur logique à la simplicité. Clarté de présentation des factures, commodité des modes de paiement mis à la disposition de l'utilisateur, facilité d'obtention des explications souhaitées, tout cela constitue très certainement des éléments de qualité du service appréciés de l'utilisateur.

2.4. Dernier mais important élément de la qualité commerciale du service, *l'organisation du dépannage*. Si parfaite, en effet que soit la desserte, il arrive parfois que l'abonné — ne serait-ce que de son fait — soit en panne; et l'énergie électrique connaît aujourd'hui de si nombreux emplois que l'interruption de sa fourniture produit des gênes multiples; ajoutons d'ailleurs que, dans tous les pays évolués, les conditions de distribution de l'énergie électrique ont atteint un degré de perfection suffisant pour que de nombreux services essentiels fondent la sécurité de leur fonctionnement sur la continuité de la fourniture d'électricité. D'où cette nécessité de remédier de plus en plus rapidement à des défaillances de service de plus en plus rares. Tous les distributeurs sont affrontés à ce problème et de la manière dont ils le résolvent dépend, dans une large mesure, la qualité de leur service.

2.5. Tels sont les principaux aspects de ce que l'on peut appeler la «qualité commerciale» du service; si la présente note se borne à les énumérer, c'est que son objet essentiel reste la «qualité technique» du service. Il nous a cependant paru nécessaire de rappeler ces quelques données pour sou-

ligner, à cette occasion, l'interpénétration de plus en plus intime que le développement du progrès scientifique exige entre les diverses formes de l'activité humaine.

### 3. La qualité du service technique

#### 3.1. Comment se pose le problème de la qualité du service technique?

Les réseaux de distribution électrique doivent être conçus de façon à faire face aux demandes toujours croissantes d'énergie de leurs usagers.

Ils doivent donc être développés en permanence, dans des conditions difficiles puisque les accroissements de consommation et les apparitions d'abonnés nouveaux sont à l'échelon local des phénomènes aléatoires, bien plus encore qu'ils ne le sont à l'échelon national par exemple. Si l'obligation de desservir tout nouvel usager immédiatement et de la meilleure façon était absolue, l'on devrait établir à l'avance sur tout le territoire à alimenter un quadrillage serré de lignes ou de câbles.

Or, sauf dans des cas absolument exceptionnels, cela ne se fait pas car l'on aurait alors le sentiment de commettre un gaspillage; mais à l'encontre de qui?

Non pas, certes, au préjudice de la société distributrice qui ne pourrait mieux faire, sous peine de ne pas équilibrer son budget et de tomber en faillite, que de répercuter dans ses prix de vente les dépenses qu'elle aurait engagées; mais aux dépens des usagers et en définitive de l'intérêt général puisque des capitaux ou des moyens de production considérables seraient ainsi détournés d'autres usages sans doute plus utiles.

Faut-il alors tomber dans l'autre extrémité et ne desservir que les rares privilégiés situés tout près des sources de production à condition d'ailleurs que ces sources existent, c'est-à-dire que l'on ait jugé utile de dépenser de l'argent pour les construire?

L'on voit bien que, suivant l'idée que se feraient les responsables des réseaux électriques de l'intérêt de desservir les abonnés, et même en supposant qu'ils les desservent, suivant le prix qu'ils attacheraient à leur donner une plus ou moins bonne qualité de service, l'on aboutirait à des solutions extrêmement différentes.

C'est pour résoudre juridiquement tout au moins, cette difficulté que les Pouvoirs publics concédant la distribution de l'énergie électrique ont défini dans des cahiers des charges les conditions de raccordement des usagers nouveaux et ont prescrit la façon dont devait être assurée leur desserte. Ainsi ont été fixées par exemple, des plages à l'intérieur desquelles la tension devait être maintenue et aussi, mais plus rarement, la durée totale maximale des pannes annuelles.

Le problème pour le distributeur est alors parfaitement défini. *Il doit alimenter* les consommations existantes et futures en entretenant, modifiant et développant les ouvrages nécessaires pour qu'en tout point *la qualité du service* définie par les cahiers des charges *soit respectée*. Et bien entendu il doit, pour ce faire, choisir la solution de moindre coût ou plus précisément celle qui minimise la somme des valeurs actualisées des dépenses d'équipement et d'exploitation.

L'on voit aisément que la solution ainsi définie dépend des conditions posées dans les cahiers des charges et sera très vraisemblablement d'autant plus chère que ces conditions seront plus sévères.

Comment alors s'assurer que les cahiers des charges conduisent à respecter au mieux l'intérêt général, c'est-à-dire amènent le distributeur à fournir à l'utilisateur la qualité de service dont celui-ci a réellement besoin.

Pour cela imaginons que l'on puisse offrir aux abonnés de l'énergie électrique dans des conditions de qualité de service différentes.

Dans un premier cas, la constance de la tension serait très bien assurée grâce à des régulateurs en charge nombreux, des lignes de forte section, des postes de transformation rapprochés. La continuité du service serait excellente grâce à des doubles alimentations et à des dispositifs multiples de protection. Le prix de cette énergie serait, on le conçoit aisément, très élevé. Seuls en achèteraient ceux pour qui la qualité du service a une importance primordiale; par exemple, des industriels pour lesquels une baisse de tension ou une panne ont des répercussions graves sur leurs fabrications (verreries, certaines usines textiles, etc.).

Dans un second cas, on proposerait aux usagers une énergie de moins bonne qualité et moins chère dont pourraient se contenter les industriels normaux et qui satisferait certains usagers domestiques.

Dans un troisième, l'énergie serait de qualité normale et conviendrait à tous les autres usagers domestiques.

En admettant, ce qui est vrai pour certains industriels, mais probablement inexact pour les autres usagers, que les acheteurs choisiraient à bon escient la qualité de l'énergie dont ils voudraient disposer, à quel critère se référeraient-ils? Ils s'arrangeraient pour que les sommes dépensées pour obtenir une énergie de meilleure qualité que celle de qualité ordinaire soient inférieures au préjudice économique que subiraient leurs fabrications ou leurs activités si, au lieu d'utiliser l'énergie de meilleure qualité, ils utilisaient l'énergie ordinaire.

C'est bien ainsi d'ailleurs que raisonnent certains usagers à qui les cahiers des charges classiques n'assurent qu'une simple alimentation et qui consentent à payer le prix d'une double alimentation lorsqu'ils estiment qu'il est pour eux économiquement avantageux de réduire pratiquement à néant le risque de voir leurs installations privées d'énergie ou encore ceux qui jugent nécessaire, pour se prémunir contre les fluctuations de tension inévitables du réseau, de se doter d'un régulateur en charge individuel.

L'on peut obtenir une représentation graphique de cette recherche (fig. 1) d'optimum en portant en abscisse l'imperfection de la qualité de l'énergie électrique  $I$  et en ordonnée, d'une part les sommes nécessaires, donc le prix  $P$  à faire payer à l'utilisateur pour construire et exploiter des réseaux présentant cette qualité (courbe  $A$  où l'on voit que pour une qualité infiniment bonne,  $I = 0$ , on paie un prix très grand), et d'autre part ce que cela coûte à l'abonné de voir ses fabrications perturbées par une qualité de service non infiniment bonne (courbe  $B$  où l'on voit que l'abonné ne subit aucun préjudice quand la qualité du service est parfaite).

L'utilisateur, d'un point de vue strictement économique, doit alors chercher à minimiser la somme de ce qui lui est demandé par le distributeur et de ce qu'il va perdre par suite de l'imperfection du service. Il choisira donc de demander une énergie ayant une imperfection  $I_0$  correspondant sur la figure 1 au minimum de la somme des courbes  $A$  et  $B$ . En fait, peu d'utilisateurs sont susceptibles de faire une telle étude économique et d'autre part l'on voit mal comment l'on pourrait mettre à la disposition de ceux-ci de l'énergie avec des qua-

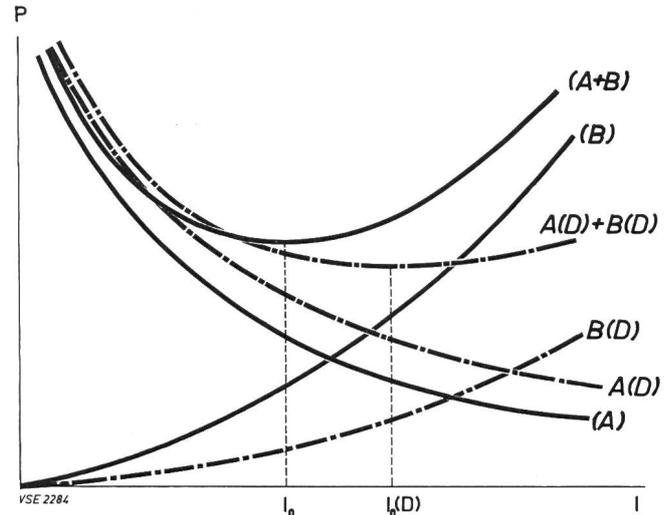


Fig. 1

lités de service diverses: les abonnés situés sur une même antenne subissent forcément les mêmes pannes. C'est pourquoi, sauf cas spéciaux, l'on ne peut définir qu'un optimum global valable en moyenne pour l'ensemble des usagers d'un réseau.

L'analyse qui précède nous a montré que cet optimum existe et c'est le but des cahiers des charges de fixer des conditions à respecter par le distributeur et que doivent accepter les usagers qui permettent de s'en approcher.

Il est intéressant de pousser plus loin cette analyse en faisant intervenir les constructeurs d'appareils électriques. En effet, il est possible de pallier en partie les effets des imperfections de la qualité du service en utilisant des appareils moins sensibles à ces imperfections. Ceux-ci seront très vraisemblablement plus chers mais l'inconvénient économique résultant d'une imperfection donnée de l'irrégularité de service sera plus faible.

Supposons alors que la courbe  $(A)$  de la figure 1 représente les sommes payées par l'utilisateur tant au distributeur d'énergie qu'aux constructeurs d'appareils ayant une désensibilisation  $D$ . On obtient pour chaque valeur de  $D$  par translation de la courbe  $A$  vers le haut une courbe  $A(D)$  et par déformation de  $B$  une courbe  $B(D)$  située au-dessous de la courbe  $B$ . La somme de ces courbes présente un minimum pour une valeur  $I_0(D)$ . L'on conçoit que, pour une valeur donnée  $D_0$  de  $D$ , l'on obtienne un minimum absolu qui définit l'optimum général pour l'ensemble du distributeur, des consommateurs et des constructeurs d'appareils donc en fait pour la collectivité.

Il en résulte la valeur de l'irrégularité de service que doit respecter le distributeur et la valeur du degré d'insensibilité des appareils d'utilisation que doivent atteindre les constructeurs de ces matériels.

L'on trouve ainsi le fondement logique des cahiers des charges édictés par les pouvoirs concédants et des normes définissant les qualités de matériels électriques.

Leur raison commune est la recherche de l'intérêt de la collectivité.

Bien entendu, tout dans cette recherche, n'est pas simple. En particulier l'on a utilisé sous une forme quantitative la notion d'irrégularité de service. Il va falloir étudier les différents aspects de cette irrégularité et en définir la mesure<sup>1)</sup>.

### 3.2. Les éléments de la qualité du service

L'on a déjà cité parmi les facteurs de cette qualité la constance de la mise à disposition de l'énergie électrique ou continuité du service et la constance de la tension.

En ce qui concerne la tension, on peut également y ajouter la pureté de l'onde et, dans les systèmes polyphasés, l'absence de déséquilibre.

Enfin, l'on devra tenir compte également de la constance de la fréquence.

Il est facile de montrer que, quel que soit le facteur de la qualité du service que l'on considère, l'analyse générale faite plus haut des rapports entre distributeurs d'énergie, consommateurs et constructeurs d'appareils électriques s'applique. Nous le ferons dans ce qui suit, très brièvement sauf en ce qui concerne le facteur «constance de la tension» à propos duquel nous montrerons comment, dans ce cas particulièrement important, il a été possible d'aboutir à une appréciation quantitative précise.

#### 3.2.1 Constance de la fréquence

De faibles variations autour de la valeur nominale n'ont pas de conséquences importantes pour les consommateurs sauf si ceux-ci veulent se servir de la fréquence du réseau comme référence. De fortes variations perturbent le fonctionnement de nombreux appareils mais elles n'apparaissent qu'en cas d'incidents graves (ruptures de synchronisme entraînant la séparation du réseau en plusieurs ensembles autonomes) et ne sont alors qu'un aspect particulier du problème de la continuité du service.

Dans ces conditions, les constructeurs de matériel électrique sont amenés à concevoir leurs appareils:

- en admettant que la fréquence du réseau n'est pas une fréquence étalon;
- en prévoyant:
  - a) si l'on veut profiter du fait que, même après une perte de synchronisme, certains réseaux peuvent continuer à être alimentés mais à une fréquence qui peut être

<sup>1)</sup> Des efforts ont été faits en vue de créer les instruments de mesure de certains éléments de la qualité du service. On trouvera dans l'annexe 1 quelques indications sur ce sujet.

notablement différente de 50 Hz, un fonctionnement possible entre, par exemple, 48 et 51 Hz;

- b) si l'on ne veut pas profiter de cette possibilité, des relais sensibles à la variation de fréquence et qui mettent hors service les matériels en cas d'incidents sur le réseau.

On ne peut affirmer que l'on atteigne ainsi l'optimum général, mais il est cependant certain qu'il serait contraire à l'intérêt collectif d'obliger le distributeur à régler la fréquence à par exemple,  $1/1000$  près pour éviter aux constructeurs d'incorporer dans certains appareils des dispositifs générateurs de fréquence étalon (pilotés par des quartz par exemple).

#### 3.2.2 Pureté de l'onde

Les générateurs alimentant un réseau de distribution d'énergie électrique sont construits de façon à fournir une force électromotrice qui soit aussi proche que possible d'une fonction sinusoïdale pure du temps; on ne peut cependant supprimer totalement les harmoniques de la fréquence fondamentale (distorsion du champ, harmoniques de denture, etc.); ces générateurs fournissent donc, non seulement une force électromotrice à la fréquence fondamentale, mais encore des forces électromotrices harmoniques. Ces dernières sont cependant toujours très faibles et ne seraient pas susceptibles, indépendamment d'autres causes, de créer une gêne sensible.

Or, si l'on se place en un point quelconque d'un réseau, on peut mettre en évidence l'existence d'harmoniques d'amplitude non négligeable aussi bien dans la tension que dans le courant. Cela provient de la présence dans le réseau d'appareils déformants, tels que des circuits magnétiques saturés, des convertisseurs ioniques, etc. Les harmoniques ainsi engendrés peuvent de plus être amplifiés dans des réseaux ou portions de réseaux soumis à un phénomène de résonance. Ils interviennent dans de nombreux cas: par exemple, dans les pertes par effet Joule des conducteurs, dans les échauffements des amortisseurs de machines synchrones, dans les pertes diélectriques des condensateurs et dans les phénomènes de résonance. Ils peuvent également perturber les circuits comportant des valves à vapeur de mercure, des thyristons, etc.

La présence d'harmoniques dans la tension à 50 Hz peut donc, dans certains cas, présenter des inconvénients. La situation dans les réseaux est actuellement assez satisfaisante. Les taux des harmoniques de tension de rang 5, 7 et 11 ne dépassent généralement pas respectivement 5, 2 et 1 %. Le taux d'harmonique de rang 3 dépend du couplage des transformateurs, mais n'excède pas le plus souvent 10 %. Les harmoniques de rangs supérieurs sont, sauf cas particulier, négligeables. Il ne faudrait pas cependant que l'on puisse installer des appareils qui engendreraient trop d'harmoniques: l'intérêt général pousserait dans ce cas à ce que, quitte à en augmenter les prix, ces appareils soient conçus de façon à provoquer moins de perturbations. En sens inverse, il ne faudrait pas installer partout sur les réseaux des circuits destinés à absorber les courants harmoniques et cela pour éviter à quelques rares appareils d'utilisation très sensibles aux harmoniques d'être perturbés. Il vaudrait mieux alors équiper ces appareils de circuits bouchons individuels.

### 3.2.3 Déséquilibre de tensions polyphasées

Le raccordement d'une charge monophasée, ou plus généralement d'une charge dissymétrique, à un réseau triphasé, provoque dans les tensions de ce réseau un déséquilibre qui se manifeste par l'apparition d'une composante inverse lorsque la charge monophasée est appliquée entre deux conducteurs de phase et par l'apparition de composantes inverses et homopolaires lorsque la charge monophasée est appliquée entre un conducteur de phase et le neutre. Les charges de quelque importance sont généralement appliquées entre phases.

On peut rappeler que les effets de la présence d'une composante inverse dans la tension sont de deux sortes:

- dans les machines tournantes à courants triphasés, la tension inverse provoque la circulation d'un courant inverse et l'apparition d'un champ inverse; il en résulte, pour les moteurs asynchrones, une augmentation des pertes et une diminution du rendement et, pour les alternateurs dotés d'amortisseurs, une circulation de courant dans les amortisseurs d'où une augmentation de l'échauffement;
- dans les utilisations monophasées (cas de la plupart des abonnés des réseaux de distribution), la composante inverse se traduit par une variation de la valeur de la tension. La moyenne arithmétique des tensions des trois phases reste ce qu'elle était avant l'introduction de la tension inverse, mais les trois tensions sont différentes.

La présence d'une composante inverse se traduit par une réduction corrélative de la chute de tension directe admissible dans les réseaux, lorsque la puissance susceptible d'être distribuée est limitée par la chute de tension (cas de la majorité des réseaux); cette puissance est donc réduite d'une façon appréciable: l'existence du déséquilibre impose un renforcement anticipé des réseaux de distribution intéressés.

Cette question présente actuellement une importance particulière parce que les utilisations monophasées ont tendance à se multiplier; on peut citer, en particulier, le cas des machines à souder, sur les réseaux à basse tension, le cas de la traction monophasée à 50 Hz alimentée à partir des réseaux à haute tension par un simple transformateur monophasé, ou par un transformateur du type Scott.

Faut-il alors, pour atteindre une meilleure qualité de service, imposer de n'utiliser d'appareils de forte puissance que triphasés, parfois plus onéreux que les appareils monophasés, renchérir le coût des réseaux en multipliant les branchements triphasés ou bien tolérer une moindre qualité de service ou utiliser des appareils moins sensibles aux variations de la tension?

### 3.2.4 Continuité du service

La meilleure façon qu'on ait trouvée jusqu'à présent de la définir est d'établir une statistique des pannes en indiquant pour chacune d'elles: sa durée, le nombre d'abonnés qu'elle a affecté, la puissance coupée au début de l'interruption et l'énergie non vendue pendant la panne. On pourrait imaginer une formule tenant compte de ces trois ou quatre grandeurs, avec d'ailleurs des coefficients de pondération dépendant de la nature de la clientèle affectée par la panne. Une panne serait alors caractérisée par la valeur numérique donnée par la formule.

En principe, en France, on a retenu comme seul critère l'énergie non vendue, le quotient de cette énergie par la puissance moyenne fournie par le réseau définissant un temps de coupure moyen caractérisant la continuité de service assurée par le réseau.

En pratique, c'est bien ainsi que l'on procède pour les réseaux de transport et de répartition où des enregistrements permanents suffisamment nombreux permettent d'établir les statistiques nécessaires. Par contre, pour les réseaux à moyenne tension, on substitue à l'énergie non distribuée le produit par le temps de coupure de la puissance souscrite par les usagers coupés. On obtient le temps de coupure moyen en divisant ce produit par la somme des puissances souscrites.

En basse tension enfin, on remplace la puissance souscrite par le nombre des abonnés perturbés et l'on divise le produit obtenu par le nombre total des abonnés.

La façon dont le distributeur peut modifier la continuité du service consiste essentiellement dans la prévision de circuits de secours et l'utilisation de matériels plus robustes.

Quant aux constructeurs, ils peuvent seulement et lorsque cela n'est pas trop onéreux rendre certains des appareils d'utilisation insensibles à des interruptions de courant de faible durée (les quelques dixièmes de secondes nécessaires à l'élimination de défauts fugitifs par les systèmes de protection du réseau).

### 3.2.5 Constance de la tension

Les fluctuations de la tension sur le réseau sont fondamentalement dues aux variations des puissances consommées par les usagers, lesquelles sont des fonctions aléatoires du temps.

Ces variations peuvent être:

- très rapides, revêtir à la limite la forme de sauts brusques dus par exemple à l'enclenchement d'appareils (lampes, radiateurs électriques, etc.), à l'instabilité du régime, le fonctionnement de certains matériels (fours à arc, appareils de soudage, etc.) ou à l'intervention des moyens de réglage de la tension sur les réseaux (changeurs de prise en charge des transformateurs);
- moins rapides ou même lentes:
  - soit comme conséquence d'une variation du régime de fonctionnement de certains appareils (démarrage de moteurs, etc.);
  - soit comme manifestation d'une succession de variations brusques mais quasiment infinitésimales et majorité de même sens: par exemple, la mise en service du four d'une cuisinière électrique se traduit par un saut brusque de tension chez l'utilisateur de cet appareil et dans un certain voisinage électrique mais la mise en service à l'heure du dîner d'une partie importante des fours de toutes les cuisinières électriques d'une ville fait apparaître en tout point du réseau une baisse lente de tension faite évidemment d'un petit nombre de sauts importants dus aux enclenchements des appareils situés dans le voisinage électrique du point considéré mais aussi des très nombreux petits sauts dus aux fours de tous les usagers qui ne sont pas situés dans ce voisinage.

### Les variations brusques de tension ou flicker de tension

Parmi les inconvénients dont le flicker est directement responsable figurent en premier lieu les variations brusques d'éclairage subies par tous les usagers de l'éclairage électrique; puis les perturbations dans le fonctionnement des appareils récepteurs de télévision. Il faut mentionner enfin les effets sur les moteurs se traduisant par une usure accélérée, sur les installations radiographiques ou photographiques, sur les postes de radar, sur les calculatrices électroniques, etc.

Conformément à tout ce qui a été dit précédemment, les limites des amplitudes des variations rapides de tension acceptables sur les réseaux résultent d'un compromis entre, d'une part, le coût de l'insensibilisation des appareils et, d'autre part, le coût de la diminution de l'amplitude de ces variations qui peut être obtenue soit en réduisant l'impédance des réseaux, soit en modifiant les appareils perturbateurs ou encore en ne raccordant pas certains appareils dont le bénéfice économique résultant de leur activité se trouve ainsi perdu.

Des appareils électriques insensibles aux variations rapides de tension peuvent être créés dans l'avenir. Il semble nécessaire que ces appareils soient, autant que faire se peut, conçus pour supporter, sans création de gêne pour les usagers, des variations rapides de tension d'amplitude égale ou supérieure aux valeurs limites qui peuvent être actuellement tolérées sur les réseaux. Il est, en effet, certainement plus économique d'étudier l'insensibilisation de ces dispositifs avant leur fabrication en série plutôt que de modifier par la suite, soit ces appareils, soit les appareils perturbateurs existants ou les réseaux qui les alimentent. Il en est de même en ce qui concerne la mise au point d'appareils nouveaux susceptibles de créer des troubles. L'exemple suivant montre l'intérêt de procéder ainsi. Les premiers réfrigérateurs de ménage à compression étaient munis de compresseurs lents (5 à 10 compressions à la seconde). Ils créaient un flicker très gênant sur les réseaux lorsqu'ils étaient raccordés assez en aval sur les antennes. Pour diverses raisons (bruits, vibrations, compacité, etc.) les compresseurs ont évolué vers une fréquence de compression beaucoup plus élevée (30 à 50 par seconde). Il en résulte que les appareils modernes ne créent plus aucune gêne en cours de fonctionnement. Il est fort probable que si des règles concernant les variations rapides de tension avaient existé, ou si simplement le problème du flicker avait été mieux connu, les constructeurs auraient, dès l'origine, construit des groupes dont la fréquence de compression aurait été plus élevée.

Quant aux moyens de remédier au flicker impliquant une modification des réseaux, ils consistent tous en une diminution de l'impédance du réseau vue du point de raccordement de l'appareil perturbateur.

L'on peut donc faire appel soit au renforcement de section des conducteurs (en basse tension seulement en général), soit au raccordement de l'appareil sur un réseau de tension supérieure, soit à l'introduction dans le réseau de condensateurs en série destinés à en diminuer l'impédance.

### Les variations lentes de tension

L'étude de cet aspect de la qualité du service a fait l'objet d'un rapport (V. 4) au Congrès de 1961 à Baden-Baden.

On peut en retenir que le fonctionnement et la durée de vie des appareils d'utilisation, sont également perturbés lorsque la valeur de la tension qui leur est appliquée s'écarte en plus ou en moins de celle prévue par le constructeur.

Cet inconvénient est peu important, voire négligeable pour de faibles écarts de la tension. Il devient considérable lorsque la tension diffère par trop de sa valeur optimale, à tel point souvent, que l'utilisation des appareils devient impossible ou inefficace.

On rend compte en première approximation de ce phénomène en admettant que l'inconvénient résultant de ce que la tension  $V$  n'est pas égale à sa valeur optimale, varie comme le carré de l'écart entre cette tension et sa valeur optimale. Comme les constructeurs doivent choisir pour valeur optimale de la tension de fonctionnement des appareils la tension la plus fréquente du réseau (que l'on peut appeler tension nominale  $V_0$ ), l'inconvénient dû à l'irrégularité de la tension est proportionnel à  $(V - V_0)^2$  ou encore au carré de l'écart relatif

$$\frac{V - V_0}{V_0} = v \text{ exprimé en } (\%).$$

Pour une valeur donnée de  $v$  les conséquences de l'irrégularité de tension varient avec le type d'appareil d'utilisation et croît avec le nombre d'appareils perturbés.

Si dans le réseau, en un point  $i$ , à un instant  $t$ , la puissance en service des appareils d'un type « $k$ » donné est  $P_{ik}(t)$ , l'inconvénient à prendre en compte pendant une période de temps élémentaire  $dt$  est donc  $\alpha_k P_{ik}(t) v_i^2 dt$  où  $v_i(t)$  est la valeur prise par l'écart relatif (en %).  $\alpha_k$  donne à l'inconvénient sa dimension économique. Il s'exprime donc en  $F$  par  $(\%)^2$  kWh.

L'aspect particulier de la qualité du service que constitue l'irrégularité de la tension peut faire l'objet d'une analyse identique à celle qui a déjà montré l'existence d'un dialogue nécessaire entre distributeur, usagers et constructeurs d'appareils d'utilisation.

Comme il a été possible de donner à cette irrégularité de tension une valeur économique assez précise, l'on va dans ce qui suit, à titre d'exemple, montrer que ce dialogue peut conduire à un optimum général devant satisfaire les différentes parties en présence.

### 3.3. L'existence d'un optimum en matière de qualité du service

Considérons un réseau électrique alimentant une région bien définie et recherchons quelles dépenses effectuera la «collectivité» pour le construire, l'exploiter et en tirer l'utilité qu'elle en attend pendant une période de temps donnée.

On trouvera:

1° des dépenses de construction, renouvellement, entretien, exploitation, gestion, etc. qui ne dépendent que de la consistance des ouvrages, cette consistance étant évidemment une fonction du temps (extensions et renforcements nécessaires pour faire face à l'accroissement des consommations);

2° des dépenses pour la production et le transport depuis les lieux de production jusqu'à la région considérée de l'énergie consommée. Ces dépenses sont pratiquement indépendantes de ce qui se passe à l'intérieur de cette région et apparaissent pour la «collectivité» comme une constante (les usagers de la région ont le droit de recevoir l'énergie dont ils ont besoin). On n'en tiendra donc pas compte dans ce qui suit;

3° des dépenses pour la construction et le renouvellement des appareils d'utilisation de l'énergie (moteurs, lampes, cuisinières, etc.);

4° des dépenses traduisant l'inconvénient économique résultant de ce que les appareils d'utilisation ne fonctionnent pas dans les conditions optimales du fait de l'irrégularité de service (en l'occurrence des variations lentes de la tension).

On désignera:

— par la variable spatio-temporelle  $x$  l'état évolutif du réseau et par  $F^0(x)$  la valeur actualisée à un instant de référence donné de l'ensemble des dépenses de construction, etc. (1° ci-dessus) pendant une période  $T$  d'étude fixée à l'avance;

— par  $H^0_k$  la valeur actualisée des dépenses relatives aux appareils d'utilisation du même type (3° ci-dessus). Ces dépenses dépendent évidemment du degré d'insensibilisation de ces appareils aux fluctuations lentes de tension. Quant au degré d'insensibilisation, il a pour effet de modifier le coefficient  $\alpha_k$  défini plus haut.  $H^0_k$  est donc une fonction de  $\alpha_k$  soit  $H^0_k(\alpha_k)$ ;

— par  $v_i(x)$  l'écart en un point  $i$  du réseau alimentant la région étudiée, de la tension par rapport à la valeur optimale commune à tous les appareils. Cet écart est évidemment fonction de l'évolution  $x$  du réseau (4° ci-dessus);

— par  $p_{ik}(t)$  la puissance appelée en un point  $i$  par un appareil du type «k» au cours du temps.

La valeur actualisée de l'inconvénient économique pour l'ensemble des appareils du type «k» résultant des fluctuations lentes de tension sera:

$$\alpha_k \sum_i \int_T e^{-\lambda t} \sum_i p_{ik}(t) v^2(i, x) dt$$

$\lambda$  étant le taux d'actualisation choisi. On notera cette expression  $\alpha_k T^0_k(x)$ .

Ainsi les dépenses actualisées totales à la charge de la «collectivité» seront:

$$F^0(x) + \sum_k \alpha_k T^0_k(x) + \sum_k H^0_k(\alpha_k)$$

et le problème est de les minimiser.

En posant que  $k$  appartient à un ensemble  $K(k \in K)$  et en notant  $\alpha$  le vecteur de composants  $\alpha_k$ , le minimum de l'expression considérée s'obtient pour une valeur donnée de  $\alpha$  en annulant sa dérivée par rapport à  $x$ . Soit  $x(\alpha)$  la valeur trouvée.

Ceci signifie qu'on a trouvé l'évolution optimale du réseau pour un ensemble d'appareils d'utilisation imposés par les constructeurs de ces matériels.

Mais on peut évidemment choisir  $\alpha$  de telle sorte que:

$$F^0[x(\alpha)] + \sum_k \alpha_k T^0_k[x(\alpha)] + \sum_k H^0_k(\alpha)$$

soit minimale et cela en annulant les dérivées de cette expression par rapport aux composants de  $\alpha$ ; soit  $\hat{\alpha}$  le vecteur trouvé.

Ceci signifie que l'on a trouvé à quelles spécifications (relatives à l'insensibilisation aux fluctuations lentes de tension) devaient satisfaire les appareils d'utilisation.

Il reste bien entendu aux constructeurs à satisfaire à ces spécifications pour le moindre coût possible de leurs matériels.

L'on peut constater que, du fait même de l'optimisation effectuée dans l'intérêt de la «collectivité», il résulte que l'écart de tension en tout point  $i$  du réseau est défini par  $v_i[x(\hat{\alpha})]$  et que l'inconvénient résultant des fluctuations de tension sera

$$\hat{T}^0_i = \int_T e^{-\lambda t} \sum_k \alpha_k p_{ik}(t) v^2[x(\hat{\alpha})] dt,$$

le chapeau sur  $T^0_i$  signifiant que cet inconvénient est celui que doit subir l'usager  $i$  dans l'intérêt de la «collectivité».

Que signifie alors les limites imposées par le législateur dans les cahiers des charges de concession aux variations de la tension chez chaque usager?: que la fonction du temps  $v_i[x(\alpha)]$  ne peut être quelconque, en particulier en s'en tenant aux conceptions traditionnelles <sup>1)</sup> prendre de valeurs en dehors d'une certaine plage.

Ceci peut être en contradiction avec l'intérêt de la «collectivité», mais il n'y a là rien d'étonnant car en fait c'est bien cet arbitrage entre intérêt collectif et intérêt de l'individu qui est l'objet de la législation et donc, dans leur modeste domaine, des cahiers des charges.

Ainsi à l'intérieur des limites prévues par le législateur l'étude qui précède montre qu'il existe nécessairement des disparités entre les services offerts aux différents usagers. De la même façon, la démonstration faite de l'existence d'un optimum manifeste à l'évidence que cet optimum varie d'un réseau à l'autre et c'est encore le rôle du législateur d'exiger que certaines collectivités ne soient pas, par suite des circonstances locales, par trop défavorisées. L'on a cependant la possibilité de déterminer ce qu'il en coûte de vouloir s'écarter de l'optimum strict, et le législateur a les moyens d'exercer un rôle d'arbitre entre collectivités et ensemble des collectivités tout en appréciant objectivement le coût de son action politique.

En conclusion, les considérations que l'on vient de développer mettent en évidence l'interdépendance des usagers des réseaux de distribution de l'énergie électrique, des distributeurs et des constructeurs des appareils d'utilisation.

<sup>1)</sup> On pourrait en effet imaginer que le législateur n'impose que l'observation de conditions moyennes ou statistiques (valeur moyenne de la tension, écart type, etc.).

Elles nous ont permis de dégager dans le domaine technique le rôle du législateur, les devoirs du distributeur et des constructeurs de matériel ainsi que les limites des droits des usagers.

La règle générale que doit respecter le concessionnaire d'un service public est de satisfaire, dans les conditions prévues par le législateur, les besoins individuels des usagers en s'efforçant de minimiser ce qu'il en coûte à la «collectivité» (en attribuant suivant les cas à ce mot un sens plus ou moins large).

## Annexe

### 1. Voltmètre statistique

Le principe de cet appareil a déjà été présenté dans le rapport IV.1 du Congrès de 1955 à Londres.

Depuis, deux réalisations industrielles ont donné lieu à des constructions de série.

Rappelons que si l'on considère l'écart relatif de tension  $v(t)$  en un point donné d'un réseau comme une variable aléatoire continue possédant une loi de probabilité pendant une période  $T$ , on peut définir cette loi par ses différents moments, en particulier par ses deux premiers moments, moyenne et variance. Ceux-ci sont alors donnés par les formules:

$$\text{moyenne } m = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt$$

$$\text{variance } v = \frac{1}{T} \int_0^T (v(t) - m)^2 dt = \frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt - m^2$$

Le voltmètre statistique doit alors:

- mesurer à chaque instant  $v(t)$  (sous-ensemble mesure),
- intégrer sur 3 compteurs (sous-ensemble calcul):
  - l'écart réduit;
  - son carré;
  - le temps.

(voir schéma fonctionnel de l'appareil figure 2.)

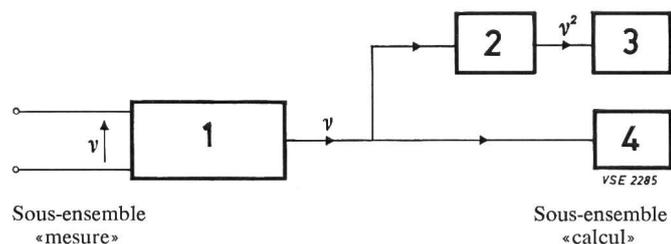


Fig. 2

#### Voltmètre statistique. Schéma fonctionnel

1. Elaboration de l'écart réduit  $v$
2. Calcul de  $v^2$
3. Intégration de  $v^2$
4. Intégration de  $v$

En raison des difficultés rencontrées:

- pour élever une grandeur analogique au carré, on a:
- intégré une telle grandeur sans dérive;

- quantifié la grandeur mesurée (écart de tension) et effectué l'élevation au carré par une méthode numérique (table de carrés câblée);

- remplacé dans les formules ci-dessus les intégrales par des sommes: l'écart de tension est échantillonné à fréquence fixe, et les résultats de la mesure et du calcul sont cumulés dans des compteurs numériques après chaque prise de mesure.

On a donc réalisé un appareil qui, toutes les minutes:

- mesure l'écart, par rapport à sa valeur nominale, de la tension du réseau sur lequel il est raccordé;
- transmet la valeur  $v$  de cet écart à un organe de calcul comprenant trois compteurs: compteur des *unités*, compteur des *carrés*, et compteur du *nombre de mesures*.

L'organe de calcul doit alors ajouter:

- $v$  au nombre  $M$  indiqué par le compteur des unités;
- $v^2$  au nombre  $C$  indiqué par le compteur des carrés;
- 1 au nombre  $N$  indiqué par le compteur du nombre de mesures

Une base de temps, constituée par un moteur synchrone assure l'enchaînement des opérations de mesure et de calcul. Les écarts de tension sont exprimés par l'appareil de mesure sous forme de nombres entiers et traités arithmétiquement dans le dispositif de calcul.

Deux cents appareils ont été fabriqués à ce jour.

Leur utilisation nous a permis d'aborder scientifiquement différents problèmes techniques d'exploitation, sans avoir besoin d'une infrastructure de calcul puisque l'appareil est par lui-même complet.

Parmi ces problèmes, citons le réglage de la tension des réseaux à moyenne tension avec correction en fonction de la charge; la connaissance précise et comparative de la tension des réseaux, en particulier à basse tension, ceci pour:

- d'une part, choisir au mieux la valeur des prises à vide des transformateurs MT/BT après réglage correct du réseau à moyenne tension,
- d'autre part, pour classer ces réseaux en fonction de leur irrégularité de tension et déterminer ainsi en connaissance de cause les programmes de travaux de renforcement ou d'extension.

\*

Un modèle simplifié de cet appareil est actuellement à l'étude (réduction de la plage de mesure, possibilité de n'effectuer qu'un pointé de mesures par 10 minutes au lieu de toutes les minutes, mesures sur une seule phase alors qu'actuellement l'appareil commute automatiquement la phase à chaque unité, etc.), de façon à le rendre moins onéreux, plus robuste et mieux adapté aux besoins de l'exploitation courante.

Dans le même ordre d'idée, un voltmètre à rayon  $\beta$  est également en cours d'expérimentation; le principe en est extrêmement simple: l'extrémité de l'aiguille d'un voltmètre

est munie d'une faible quantité de strontium radioactif émettant des rayons  $\beta$ .

L'aiguille se déplace devant une plaque photographique sensible. La plus ou moins grande opacité à un endroit donné obtenue lors du développement de cette plaque indique un temps plus ou moins long de séjour de l'aiguille à cet endroit. L'analyse de cette plaque sur un microdensitomètre optique

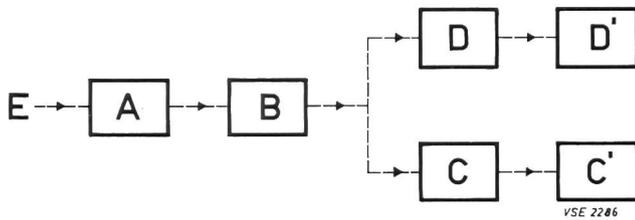


Fig. 3

Disposition schématique de la chaîne de mesure du flickermètre

- A Redresseur + filtre
- B Amplificateur
- C' Milliampèremètre
- D Dispositif quadratique
- D' Compteur OK
- E Entrée

permet de construire la courbe de répartition de la tension au point de mesure.

La connaissance de cette courbe, qui a pour avantage de «visualiser» parfaitement la répartition statistique de la tension au point de mesure, permet par des calculs simples de déterminer valeur moyenne et variance, tout comme le volt-mètre statistique.

Il est à remarquer que cet appareil, séduisant sur le plan de la simplicité, nécessite néanmoins pour son exploitation de disposer:

- d'un laboratoire pour développer le film exposé,
- d'un microdensitomètre optique,

ce qui l'élimine comme appareil d'exploitation instantanée.

D'autres appareils statistiques plus simples sont également en cours d'expérimentation: ce sont essentiellement des appareils à plages, permettant une première approche de l'analyse statistique d'une variable aléatoire.

## 2. Dispositif de mesure du flicker. Flickermètre

Le flicker, relatif à l'éclairage à incandescence, est caractérisé d'une part par l'amplitude des variations de la tension du réseau et d'autre part par la fréquence de ces variations.

L'étude expérimentale de ce phénomène a démontré que l'ensemble lampe à incandescence — système visuel de l'observateur moyen se comporte comme un filtre à l'égard des variations de tension et a permis de déterminer sa courbe de réponse en fonction de la fréquence. Le maximum de cette courbe de réponse est obtenu pour une fréquence de 10 Hz et il est toujours possible de substituer aux perturbations réelles, une modulation sinusoïdale de la tension à la fréquence de 10 Hz qui provoque, pendant le même temps, la même sensation de gêne que le flicker réel. On a constaté

d'autre part qu'il y a égalité de gêne à égalité de l'expression

$$G = \int_0^T a^2 dt,$$

dans laquelle  $a$  est l'amplitude de la modulation sinusoïdale à 10 Hz de la tension du réseau qui provoque un flicker équivalent au flicker réel, et  $T$  la durée de ce flicker. Cette expression  $G$ , appelée dose de flicker, caractérise l'importance du flicker existant. L'unité de dose choisie est le  $(\%)^2$  minute de fluctuation sinusoïdale équivalente de fréquence 10 Hz.

Ces données expérimentales ont conduit à la réalisation d'un dispositif de mesure ou flickermètre qui élabore la dose de flicker provoquée par une perturbation de tension de nature quelconque.

Cet appareil comprend essentiellement (fig. 3):

- un système redresseur à double alternance;
- un filtre qui élimine le 50 Hz et dont la courbe de réponse en très basse fréquence est identique à celle du système œil-lampe. Il subsiste à la sortie de ce filtre, une tension dont les variations d'amplitude représentent l'en-

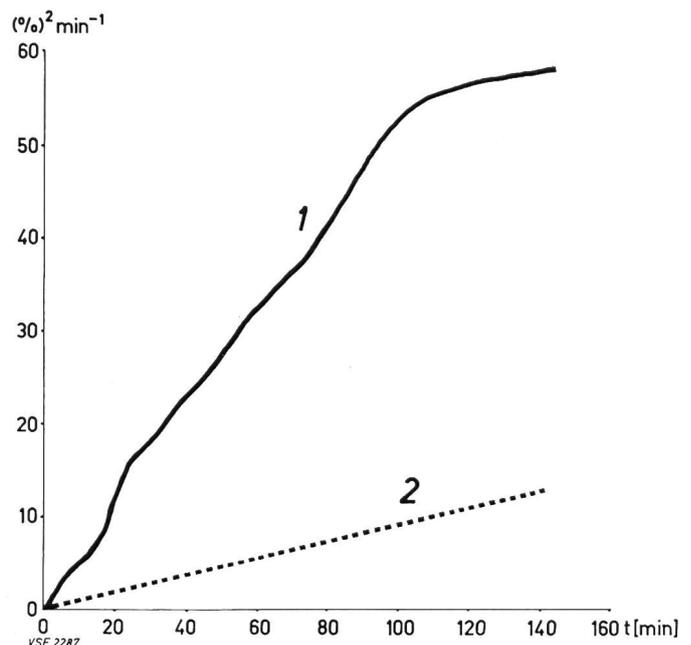


Fig. 4  
Doses de flicker

- 1 Mesure
- 2 Seuil

veloppe des crêtes de la tension du réseau, enveloppe corrigée par la courbe de réponse du filtre;

- un amplificateur sur l'étage de sortie duquel, sont branchés en parallèle;
- le dispositif donnant l'amplitude du flicker équivalent à 10 Hz, par lecture directe sur un milliampèremètre;

— le dispositif quadratique et intégrateur donnant la grandeur

$$\int_0^T a^2 dt,$$

L'appareil intégrateur est un compteur 0 K dont les indications sont données, d'une part, par lecture directe sur un cadran et d'autre part sous forme d'impulsions électriques qui sont transmises à un dispositif enregistreur de type «Maxiprint». Cet enregistreur donne chaque minute, la somme des impulsions reçues pendant la période de temps comprise entre deux minutes consécutives.

L'intérêt de l'utilisation d'un enregistreur de type «Maxiprint» est double:

- d'une part, on peut reconnaître la dose de flicker minute par minute et ainsi tracer sa courbe en fonction du temps, pendant la durée totale  $T$  de la perturbation. Il est alors possible d'apprécier l'influence des différentes phases du fonctionnement d'un appareil perturbateur, sur l'importance du flicker produit;
- d'autre part, la dose de flicker correspondant à un intervalle de temps d'une minute, est représentée sur la bande de papier de l'enregistreur par un nombre dont les chiffres sont imprimés en code et en clair. Les valeurs codées

peuvent être lues par une machine composée d'un lecteur à cellule photo-électrique associé à une machine à perforer, laquelle reproduit automatiquement l'information sur cartes perforées, constituant le support normal de données à introduire dans un calculateur arithmétique. On supprime ainsi presque complètement toute intervention manuelle entre l'information brute, issue du flickermètre et l'information définitivement élaborée constituée par la courbe de la dose de flicker en fonction du temps qui est directement tracée par le calculateur arithmétique.

On peut ainsi traiter très rapidement un grand nombre de données brutes fournies par le flickermètre, le calculateur pouvant tracer plusieurs courbes sur la même figure (voir fig. 4). Ceci s'avère être extrêmement utile lorsqu'on veut soit étudier la dose de flicker produite par un appareil perturbateur, d'un point de vue statistique par exemple, soit apprécier l'effet d'un appareil perturbateur en différents points d'un réseau ou encore comparer les doses de flicker produites par différentes machines perturbatrices en un point d'un réseau.

#### Adresses des auteurs:

Jean Pages, Directeur de la Distribution, Pierre Gaussens, Directeur adjoint de la Direction des Etudes et Recherches, Electricité de France, Paris.

## Construction d'usines

### Mise en service de la centrale nucléaire expérimentale de Lucens

L'expérimentation de la centrale nucléaire de Lucens qui, conformément au programme établi, s'est prolongée sur un peu plus d'un semestre, a maintenant trouvé sa conclusion dans un essai conduit de manière ininterrompue pendant dix jours. A cette occasion, la puissance thermique a été maintenue à 21 mégawatts et même élevée plusieurs fois, quoique brièvement, au-dessus de cette limite, jusqu'au maximum de 26,4 mégawatts. Ces chiffres représentent 95 % de la puissance prévue dans le projet de 1962.

Se fondant sur les résultats précités, la Communauté de travail de Lucens, qui a assumé la planification, la direction des travaux et l'expérimentation des installations, a proposé à la Société nationale pour l'encouragement de la technique atomique industrielle (SNA) de déclarer la centrale prête pour la mise en service. Sur la base d'un rapport d'expertise favorable établi par la Commission de reprise de Lucens, la centrale a pu être confiée à la S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse (EOS), entreprise chargée de son exploitation conformément à un contrat passé avec la SNA et approuvé dernièrement par le Conseil fédéral. SNA

## Congrès et sessions

### Le groupe de travail «Lac de Constance» à l'EDF

Le but du groupe de travail «Lac de Constance», composé d'un nombre restreint de spécialistes de la République Fédérale Allemande, de France, d'Autriche et de Suisse, est de traiter les problèmes d'actualité de l'économie électrique et d'échanger les expériences faites. L'impulsion pour la création de ce groupe de travail a été donnée lors d'une discussion entre des représentants de la Suisse et de l'Allemagne à l'occasion de la journée des chauffe-eau du 13 octobre 1965 à Zurich.

Après les réunions de Zurich, Ravensbourg, Bregenz, Lucerne et Karlsruhe, les membres se sont retrouvés les 25/26 avril 1968

à l'EDF à Paris. Cette journée était organisée afin de coordonner le programme de travail avec celui d'autres institutions internationales s'occupant de problèmes semblables et de recevoir une information étendue de la part de l'EDF sur ses recherches dans les domaines de la préparation électrique d'eau chaude et du chauffage électrique des locaux. Vu l'importance des essais et recherches entrepris, les lecteurs des «Pages de l'UCS» voudront certainement être renseignés sur ces travaux, d'autant plus que ces problèmes sont également analysés sérieusement en Suisse. Nous reviendrons à une date ultérieure sur divers points particuliers.

### Répartiteur de charge

Une brève visite du répartiteur national et du répartiteur régional dans le bâtiment de l'administration principale de l'EDF nous fit réaliser à quel point l'exploitation est déjà normalisée en Europe occidentale. Une différence dont on put par exemple s'apercevoir réside dans les moyens de télécommande et de télécommunication pour lesquels on a trouvé des solutions étonnamment simples. Les régions sont dans une forte mesure indépendantes et ne reçoivent de la part du répartiteur national que des «conseils» pour l'exploitation. Le problème principal (comme c'est d'ailleurs le cas en Suisse) est d'éviter le déversement pour les centrales hydroélectriques. La production de la France se répartit à parts à peu près égales en énergie d'origine thermique et d'origine hydraulique. La puissance des centrales avec bassins d'accumulation pouvant servir au réglage est relativement faible par rapport à la puissance totale; il en résulte que les centrales thermiques doivent également contribuer au réglage du réseau. Le calculateur numérique ne travaille pas encore «on line», mais cela est prévu pour 1968.

### Installation d'essai pour les chauffe-eau et immeubles chauffés à l'électricité de Fontenay

Dans ce centre, on a pu se rendre compte du sérieux avec lequel l'EDF s'attaque aux problèmes. Ainsi, pour étudier le chauffage électrique des locaux, un immeuble pour employés est équipé de toutes les variantes connues du chauffage électrique (chauffage du plancher avec ou sans radiateurs supplémentaires, chauffage à accumulation, chauffage direct, chauffage à air chaud pulsé); les données sont traitées automatiquement par un ordinateur électronique. Enfin, les locataires sont régulièrement interrogés. D'après les réponses que l'on a pu recueillir jusqu'à présent, le chauffage du plancher avec chauffage supplémentaire et le chauffage à l'air chaud pulsé semblent être, dans l'ordre mentionné, les modes de chauffage préférés. Quant au confort, toutes les sortes de chauffage donnent satisfaction. Ces essais durent déjà depuis un certain temps.

L'EDF procède depuis plusieurs années à des essais des revêtements pour chauffe-eau afin de déterminer leur résistivité à l'action de l'eau. On a constaté que les eaux des montagnes hercyniques (Vosges, Massif Central) sont les plus agressives. Au cours des essais, les chauffe-eau sont remplis d'eau froide qui est chauffée ensuite à 80 °C, puis évacuée; le cycle recommence automatiquement. Les chauffe-eau sont ouverts et contrôlés de temps en temps et, à l'aide de photographies en couleurs, les altérations du revêtement sont examinées. Ces essais n'ont pas un caractère officiel, ils servent seulement à des recherches internes de l'EDF.

### Le Climatron du centre de recherche «Les Renardières»

Le centre de recherche de plus récent de l'EDF, s'étendant sur 70 000 m<sup>2</sup>, est situé au Sud-Est de Paris, près de Montereau sur la Seine. Son équipement figure parmi les plus modernes. Actuellement on y procède à des essais de magnéto-hydro-dynamique (MHD), et un tronçon de ligne à des tensions de service de

1000 kV est au banc d'essai. Quatre portées d'une telle ligne et l'image électrique ont été montés. A l'avenir, la station voisine de couplage à 400 kV permettra de soutirer au réseau des puissances de pointes atteignant 11 000 MVA pour les essais du gros matériel. Le laboratoire prévu à cette fin aura la forme d'un cube de 45 m de côté. Les dimensions permettraient à 3 monuments de la taille de l'Arc de Triomphe de la Place de l'Etoile d'y trouver place.

Les laboratoires sont groupés autour des bâtiments administratifs dont un est construit dans la direction nord-sud et contient des bureaux servant à des expériences dans le domaine du chauffage électrique. Ainsi, les chercheurs sont devenus leurs propres sujets d'expérience! On s'est payé le luxe de surélever les étages d'un mètre afin d'isoler complètement les bureaux les uns des autres. En plus, les deux premiers étages sont aménagés de façon qu'ils puissent être transformés complètement (configuration géométrique des locaux, façades, etc.). En effet, cette installation doit permettre de mesurer les propriétés techniques du matériel dans les conditions météorologiques naturelles.

Les chercheurs responsables ne se sont cependant pas contentés de ces réalisations; ils ont construit le «Climatron» permettant de réaliser artificiellement toutes les conditions climatiques à l'extérieur de deux cellules d'essais dont les dimensions se rapprochent de celles de chambres d'habitation normales (5×4×3 m). On peut ainsi régler la température de -20 à +35 °C ( $\pm 1$  °C resp.  $\pm 0,3$  °C) et l'humidité relative de l'air de 30 à 100 % ( $\pm 6$  %). Les conditions anémométriques et d'ensoleillement sont également reproductibles dans de larges limites. Chaque cellule d'essai peut être équipée de divers modes de chauffage électrique. La puissance absorbée, la consommation, les températures, etc., sont enregistrées en permanence. Il n'est probablement pas possible d'améliorer encore la qualité de ces recherches. Un deuxième laboratoire sert à la mesure de la conductibilité thermique des éléments de façade. Ces essais exigent un appareillage adéquat afin que les valeurs de consigne puissent être respectées avec précision, et il en résulte que des données mesurées sont tout de suite disponibles. La salle de commande présentant une grande ressemblance avec le répartiteur national, contient plusieurs enregistreurs par points qui groupent toutes les informations. La visite du Climatron est impressionnante; il faut également noter que la plupart des chercheurs sont remarquablement jeunes.

Le vaste programme de visite a permis de tirer la conclusion que l'EDF étudie, scientifiquement, sous tous ses aspects et d'une façon approfondie le chauffage électrique. Il serait cependant faux d'en déduire que l'EDF aurait décidé de promouvoir énergiquement le chauffage électrique des locaux; elle demeure plutôt dans une attitude réservée, vu que les conditions pour l'introduction du chauffage électrique ne sont pas remplies en ce qui concerne tant le secteur de la production que de la distribution.

Les participants aux journées de Paris du groupe de travail «Lac de Constance» remercient vivement l'EDF et spécialement le D<sup>r</sup> Kleinpeter, guide et interprète inlassable, de leur aimable accueil.

AE/RO.

## Communications des organes de l'UCS

### 51<sup>e</sup> examen de contrôleur

Le 51<sup>e</sup> examen de contrôleur d'installations électriques intérieures a eu lieu à Zurich du 7 au 9 mai 1968. Des 12 candidats, 10 ont passé l'examen avec succès.

Ce sont:

Hasler Erwin, Schaffhouse  
Hungerbühler Walter, Schaffhouse  
Rymann Georg, Neuenhof

Gerber Fritz, Malters  
Burger Karl, Niederwil AG  
Déjardin Claude, Givisiez  
Ammann Jakob, Gossau  
Andrist Ernst, Wenslingen BL  
Bissig Walter, Erstfeld  
Bise Jean-Pierre, Ménières FR

Zurich, le 13 mai 1968

Inspection fédérale des installations à courant fort

# Communications de nature économique

## Données économiques suisses

(Extraits de «La Vie économique» et du  
«Bulletin mensuel de la Banque Nationale Suisse»)

N°		Décembre	
		1966	1967
1.	Importations . . . . . (janvier-déc.) . . . . . Exportations . . . . . (janvier-déc.) . . . . .	en 10 <sup>6</sup> fr. {	
		1 484,1 (17 004,5)	1 481,6 (17 733,0)
		1 338,2 (14 203,8)	1 453,0 (15 164,8)
2.	Marché du travail: demandes de places . . . . .	619	821
3.	Index du coût de la vie <sup>1)</sup> sept. 1966 = 100 (août 1939 = 100)	101,9 (230,2)	105,2 (237,6)
	Index du commerce de gros <sup>1)</sup> moyenne 1963 = 100	103,7	104,4
	Index de gros des porteurs d'énergie ci-après:		
	combustibles solides . . . . .	107,1	105,7
	gaz (pour l'industrie) . . . . .	102,4	102,4
	énergie électrique . . . . .	107,9	109,5
4.	Permis délivrés pour logements à construire dans 65 villes . . . . . (janvier-déc.) . . . . .	1 635 (21 060)	1 769 (21 573)
5.	Taux d'escompte officiel . . . . . %	3,5	3,0
6.	Banque Nationale (p. ultimo)		
	Billets en circulation . . . . . 10 <sup>6</sup> fr.	10 651,1	11 326,8
	Autres engagements à vue 10 <sup>6</sup> fr.	3 430,5	4 144,9
	Encaisse or et devises or 10 <sup>6</sup> fr.	12 297,4	13 369,7
	Couverture en or des billets en circulation et des autres engagements à vue . . . . . %	87,33	86,41
7.	Indices des bourses suisses	30.12.66	29.12.67
	Obligations . . . . .	91,59	93,28
	Actions . . . . .	448,7	556,6
	Actions industrielles . . . . .	572,0	739,4
8.	Faillites . . . . .	61	63
	(janvier-déc.) . . . . .	(705)	(741)
	Concordats . . . . .	11	6
	(janvier-déc.) . . . . .	(75)	(80)
9.	Statistique du tourisme occupation moyenne des lits existants, en % . . . . .	21	22
10.	Recettes d'exploitation des CFF seuls		
	Recettes de transport voyageurs et marchandises . . . . .	112,9 (1 319,8)	109,3 (1 367,4 <sup>2)</sup> )
	(janvier-déc.) . . . . .		
	Produit d'exploitation . . . . .	124,8	123,8
	(janvier-déc.) . . . . .	(1 454,9)	(1 512,4 <sup>2)</sup> )

<sup>1)</sup> Conformément au nouveau mode de calcul appliqué par le Département fédéral de l'économie publique pour déterminer l'index général la base août 1939 = 100 a été abandonnée et remplacée par la base sept. 1966 = 100, pour le commerce de gros par la base 1963 = 100.

<sup>2)</sup> Chiffres approximatifs.

## Prix moyens sans garantie

le 20 du mois

		Janv.	Mois précédent	Année précédente
Cuivre (fils, barres) <sup>1)</sup> . . . . .	fr./100 kg	627.—	625.—	539.—
Etain (Banka, Billiton) <sup>2)</sup> . . . . .	fr./100 kg	1372.—	1420.—	1467.—
Plomb <sup>1)</sup> . . . . .	fr./100 kg	104.—	106.—	106.—
Zinc <sup>1)</sup> . . . . .	fr./100 kg	118.—	117.—	127.—
Aluminium en lingot pour conducteurs électriques 99,5 % <sup>3)</sup> . . . . .	fr./100 kg	230.—	230.—	230.—
Fer barres, profilés <sup>4)</sup> . . . . .	fr./100 kg	58.80	58.80	58.80
Tôles de 5 mm <sup>4)</sup> . . . . .	fr./100 kg	48.—	48.—	48.—

<sup>1)</sup> Prix franco Bâle, marchandise dédouanée, chargée sur wagon, par quantité d'au moins 50 t.

<sup>2)</sup> Prix franco Bâle, marchandise dédouanée, chargée sur wagon, par quantité d'au moins 5 t.

<sup>3)</sup> Prix par 100 kg, franco gare destinataire, par quantité de 10 t et plus.

<sup>4)</sup> Prix franco frontière, marchandise dédouanée, par quantité d'au moins 20 t.

### Combustibles et carburants liquides

		Janv.	Mois précédent	Année précédente
Benzine pure/Benzine éthyliée . . . . .	fr./100 l	50.95 <sup>1)</sup>	50.95 <sup>1)</sup>	45.15 <sup>1)</sup>
Carburant Diesel pour véhicules à moteur . . . . .	fr./100 kg	61.85 <sup>2)</sup>	61.35 <sup>2)</sup>	55.65 <sup>2)</sup>
Huile combustible légère . . . . .	fr./100 kg	16.90 <sup>2)</sup>	16.40 <sup>2)</sup>	13.50 <sup>2)</sup>
Huile combustible moyenne (III) . . . . .	fr./100 kg	11.10 <sup>2)</sup>	11.10 <sup>2)</sup>	9.80 <sup>2)</sup>
Huile combustible lourde (V) . . . . .	fr./100 kg	8.10 <sup>2)</sup>	8.60 <sup>2)</sup>	8.40 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Prix citerne pour consommateurs, franco frontière suisse Bâle, dédouané, ICHA compris, par commande d'au moins 1 wagon-citerne d'environ 15 t.

<sup>2)</sup> Prix pour consommateurs franco Bâle-port, dédouané. ICHA non compris.

### Charbons

		Janv.	Mois précédent	Année précédente
Coke de la Ruhr I/II <sup>1)</sup> . . . . .	fr./t	126.—	126.—	126.—
Charbons gras belges pour l'industrie				
Noix II <sup>1)</sup> . . . . .	fr./t	84.50	84.50	94.50
Noix III <sup>1)</sup> . . . . .	fr./t	80.50	80.50	90.50
Fines flambantes de la Sarre <sup>1)</sup> . . . . .	fr./t	84.50	84.50	85.50
Coke français, nord (franco Genève) . . . . .	fr./t	145.40	145.40	145.40
Coke français, Loire (franco Genève) . . . . .	fr./t	132.40	132.40	132.40
Charbons flambants de la Lorraine				
Noix I/II <sup>1)</sup> . . . . .	fr./t	94.50	94.50	95.50
Noix III <sup>1)</sup> . . . . .	fr./t	94.50	94.50	93.50
Noix IV <sup>1)</sup> . . . . .	fr./t	90.50	94.50	93.50
Charbons flambants de la Pologne				
Noix III/IV <sup>2)</sup> . . . . .	fr./t	70.—	70.—	70.—
Fines flambantes <sup>2)</sup> . . . . .	fr./t	64.—	64.—	64.—

<sup>1)</sup> Tous les prix s'entendent franco Bâle, marchandise dédouanée, pour livraison par wagons entiers à l'industrie.

<sup>2)</sup> Prix moyens contractés à l'industrie, wagon franco Bâle.

**Prix moyens sans garantie**

le 20 du mois

*Métaux*

		Févr.	Mois précédent	Année précédente
Cuivre (fils, barres) <sup>1)</sup>	fr./100 kg	627.—	625.—	539.—
Etain (Banka, Billiton) <sup>2)</sup>	fr./100 kg	1372.—	1420.—	1467.—
Plomb <sup>1)</sup>	fr./100 kg	104.—	106.—	106.—
Zinc <sup>1)</sup>	fr./100 kg	118.—	117.—	127.—
Aluminium en lingot pour conducteurs électriques 99,5 % <sup>3)</sup>	fr./100 kg	230.—	230.—	230.—
Fer barres, profilés <sup>4)</sup>	fr./100 kg	58.80	58.80	58.80
Tôles de 5 mm <sup>4)</sup>	fr./100 kg	48.—	48.—	48.—

<sup>1)</sup> Prix franco Bâle, marchandise dédouanée, chargée sur wagon, par quantité d'au moins 50 t.  
<sup>2)</sup> Prix franco Bâle, marchandise dédouanée, chargée sur wagon, par quantité d'au moins 5 t.  
<sup>3)</sup> Prix par 100 kg, franco gare destinataire, par quantité de 10 t et plus.  
<sup>4)</sup> Prix franco frontière, marchandise dédouanée, par quantité d'au moins 20 t.

*Métaux*

		Mars	Mois précédent	Année précédente
Cuivre (fils, barres) <sup>1)</sup>	fr./100 kg	710.—	850.—	492.—
Etain (Banka, Billiton) <sup>2)</sup>	fr./100 kg	1380.—	1366.—	1467.—
Plomb <sup>1)</sup>	fr./100 kg	108.—	110.—	108.—
Zinc <sup>1)</sup>	fr./100 kg	117.—	117.—	127.—
Aluminium en lingot pour conducteurs électriques 99,5 % <sup>3)</sup>	fr./100 kg	230.—	230.—	230.—
Fer barres, profilés <sup>4)</sup>	fr./100 kg	58.80	58.80	58.80
Tôles de 5 mm <sup>4)</sup>	fr./100 kg	48.—	48.—	48.—

<sup>1)</sup> Prix franco Bâle, marchandise dédouanée, chargée sur wagon, par quantité d'au moins 50 t.  
<sup>2)</sup> Prix franco Bâle, marchandise dédouanée, chargée sur wagon, par quantité d'au moins 5 t.  
<sup>3)</sup> Prix par 100 kg, franco gare destinataire, par quantité de 10 t et plus.  
<sup>4)</sup> Prix franco frontière, marchandise dédouanée, par quantité d'au moins 20 t.

*Combustibles et carburants liquides*

		Févr.	Mois précédent	Année précédente
Benzine pure/Benzine éthylée	fr./100 l	50.95 <sup>1)</sup>	50.95 <sup>1)</sup>	45.15 <sup>1)</sup>
Carburant Diesel pour véhicules à moteur	fr./100 kg	61.85 <sup>2)</sup>	61.85 <sup>2)</sup>	55.65 <sup>2)</sup>
Huile combustible légère	fr./100 kg	16.40 <sup>2)</sup>	16.90 <sup>2)</sup>	13.50 <sup>2)</sup>
Huile combustible moyenne (III)	fr./100 kg	11.10 <sup>2)</sup>	11.10 <sup>2)</sup>	9.80 <sup>2)</sup>
Huile combustible lourde (V)	fr./100 kg	8.10 <sup>2)</sup>	8.10 <sup>2)</sup>	8.40 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Prix citerne pour consommateurs, franco frontière suisse Bâle, dédouané, ICHA compris, par commande d'au moins 1 wagon-citerne d'environ 15 t.  
<sup>2)</sup> Prix pour consommateurs franco Bâle-port, dédouané. ICHA non compris.

*Combustibles et carburants liquides*

		Mars	Mois précédent	Année précédente
Benzine pure/Benzine éthylée	fr./100 l	50.95 <sup>1)</sup>	50.95 <sup>1)</sup>	45.15 <sup>1)</sup>
Carburant Diesel pour véhicules à moteur	fr./100 kg	61.05 <sup>2)</sup>	61.85 <sup>2)</sup>	55.15 <sup>2)</sup>
Huile combustible légère	fr./100 kg	15.50 <sup>2)</sup>	16.40 <sup>2)</sup>	12.70 <sup>2)</sup>
Huile combustible moyenne (III)	fr./100 kg	10.60 <sup>2)</sup>	11.10 <sup>2)</sup>	9.50 <sup>2)</sup>
Huile combustible lourde (V)	fr./100 kg	7.— <sup>2)</sup>	8.10 <sup>2)</sup>	8.10 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Prix citerne pour consommateurs, franco frontière suisse Bâle, dédouané, ICHA compris, par commande d'au moins 1 wagon-citerne d'environ 15 t.  
<sup>2)</sup> Prix pour consommateurs franco Bâle-port, dédouané. ICHA non compris.

*Charbons*

		Févr.	Mois précédent	Année précédente
Coke de la Ruhr I/II <sup>1)</sup>	fr./t	126.—	126.—	126.—
Charbons gras belges pour l'industrie				
Noix II <sup>1)</sup>	fr./t	84.50	84.50	94.50
Noix III <sup>1)</sup>	fr./t	80.50	80.50	90.50
Fines flambantes de la Sarre <sup>1)</sup>	fr./t	84.50	84.50	85.50
Coke français, nord (franco Genève)	fr./t	145.40	145.40	145.40
Coke français, Loire (franco Genève)	fr./t	132.40	132.40	132.40
Charbons flambants de la Lorraine				
Noix I/II <sup>1)</sup>	fr./t	94.50	94.50	95.50
Noix III <sup>1)</sup>	fr./t	94.50	94.50	93.50
Noix IV <sup>1)</sup>	fr./t	90.50	94.50	93.50
Charbons flambants de la Pologne				
Noix III/IV <sup>2)</sup>	fr./t	70.—	70.—	70.—
Fines flambantes <sup>2)</sup>	fr./t	64.—	64.—	64.—

<sup>1)</sup> Tous les prix s'entendent franco Bâle, marchandise dédouanée, pour livraison par wagons entiers à l'industrie.  
<sup>2)</sup> Prix moyens contractés à l'industrie, wagon franco Bâle.

*Charbons*

		Mars	Mois précédent	Année précédente
Coke de la Ruhr I/II <sup>1)</sup>	fr./t	126.—	126.—	126.—
Charbons gras belges pour l'industrie				
Noix II <sup>1)</sup>	fr./t	84.50	84.50	94.50
Noix III <sup>1)</sup>	fr./t	80.50	80.50	90.50
Fines flambantes de la Sarre <sup>1)</sup>	fr./t	84.50	84.50	85.50
Coke français, nord (franco Genève)	fr./t	145.40	145.40	145.40
Coke français, Loire (franco Genève)	fr./t	132.40	132.40	132.40
Charbons flambants de la Lorraine				
Noix I/II <sup>1)</sup>	fr./t	94.50	94.50	95.50
Noix III <sup>1)</sup>	fr./t	94.50	94.50	93.50
Noix IV <sup>1)</sup>	fr./t	90.50	94.50	93.50
Charbons flambants de la Pologne				
Noix III/IV <sup>2)</sup>	fr./t	70.—	70.—	70.—
Fines flambantes <sup>2)</sup>	fr./t	64.—	64.—	64.—

<sup>1)</sup> Tous les prix s'entendent franco Bâle, marchandise dédouanée, pour livraison par wagons entiers à l'industrie.  
<sup>2)</sup> Prix moyens contractés à l'industrie, wagon franco Bâle.

## Production et distribution d'énergie électrique par les entreprises suisses d'électricité livrant de l'énergie à des tiers

Communiqué par l'Office fédéral de l'économie énergétique et l'Union des Centrales Suisses d'électricité

La présente statistique concerne uniquement les entreprises d'électricité livrant de l'énergie à des tiers. Elle ne comprend donc pas la part de l'énergie produite par les entreprises ferroviaires et industrielles (autoproducteurs) qui est consommée directement par ces entreprises.

Mois	Production et achat d'énergie											Accumulation d'énergie				Exportation d'énergie		
	Production hydraulique		Production thermique		Energie achetée aux entreprises ferroviaires et industrielles		Energie importée		Energie fournie aux réseaux		Différence par rapport à l'année précédente	Energie emmagasinée dans les bassins d'accumulation à la fin du mois		Variations mensuelles - vidange + remplissage				
	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68		1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	
1	en millions de kWh											%	en millions de kWh				17	18
Octobre . . . . .	1863	1976	10	15	67	67	172	266	2112	2324	+10,0	5901	5918	- 109	- 344	366	486	
Novembre . . . . .	1767	1818	62	117	64	67	254	432	2147	2434	+13,4	5245	5281	- 656	- 637	265	462	
Décembre . . . . .	1782	1801	152	165	80	50	256	487	2270	2503	+10,3	4491	4326	- 754	- 955	308	476	
Janvier . . . . .	1886	1924	124	202	74	47	262	364	2346	2537	+ 8,1	3511	3297	- 980	-1029	370	470	
Février . . . . .	1818	1876	77	158	76	50	216	226	2187	2310	+ 5,6	2503	2220	-1008	-1077	406	384	
Mars . . . . .	1945	1913	58	115	92	51	101	225	2196	2304	+ 4,9	1735	1222	- 768	- 998	346	347	
Avril . . . . .	2149		2		83		56		2290			898		- 837			507	
Mai . . . . .	2253		1		66		54		2374			1460		+ 562			603	
Juin . . . . .	2515		1		70		41		2627			2716		+1256			792	
Juillet . . . . .	2813		1		100		26		2940			5225		+2509			1071	
Août . . . . .	2894		2		95		23		3014			6209		+ 984			1151	
Septembre . . . . .	2402		1		71		70		2544			6262 <sup>1)</sup>		+ 53			729	
Année . . . . .	26087		491		938		1531		29047								6914	
Oct. ... mars . . .	11061	11308	483	772	453	332	1261	2000	13258	14412	+ 8,7			-4275	-5040	2061	2625	

Mois	Répartition des fournitures dans le pays											Fournitures dans le pays y compris les pertes					
	Usages domestiques, artisanat et agriculture		Industrie en général		Electro-chimie, -métallurgie et -thermie		Chaudières électriques <sup>1)</sup>		Chemins de fer		Pertes et énergie de pompage <sup>2)</sup>		sans les chaudières et le pompage		Différence % <sup>3)</sup>	avec les chaudières et le pompage	
	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68		1966/67	1967/68
1	en millions de kWh											13	14	15	16	17	18
Octobre . . . . .	863	889	349	389	242	269	3	4	93	98	196	189	1720	1823	+ 6,0	1746	1838
Novembre . . . . .	924	944	366	406	289	312	3	3	108	111	192	196	1877	1962	+ 4,5	1882	1972
Décembre . . . . .	956	1028	364	388	295	292	5	2	139	121	203	196	1954	2021	+ 3,4	1962	2027
Janvier . . . . .	972	1031	384	401	298	286	6	5	122	130	194	214	1967	2056	+ 4,5	1976	2067
Février . . . . .	861	952	347	387	282	275	5	5	103	114	183	193	1773	1915	+ 8,0	1781	1926
Mars . . . . .	895	959	362	399	294	301	7	3	106	111	186	184 <sup>(4)</sup>	1839	1951	+ 6,1	1850	1957
Avril . . . . .	834		360		312		8		98		171		1772				1783
Mai . . . . .	804		358		244		23		93		249		1689				1771
Juin . . . . .	799		364		227		38		105		302		1690				1835
Juillet . . . . .	753		335		235		42		103		401		1622				1869
Août . . . . .	793		342		232		51		118		327		1689				1863
Septembre . . . . .	840		366		258		29		105		217		1753				1815
Année . . . . .	10294		4297		3208		220		1293		2821 <sup>(568)</sup>		21345				22133
Oct. ... mars . . .	5471	5803	2172	2370	1700	1735	29	22	671	685	1154 <sup>(38)</sup>	1172 <sup>(37)</sup>	11130	11728	+ 5,4	11197	11787

1) D'une puissance de 250 kW et plus et doublées d'une chaudière à combustible.

2) Les chiffres entre parenthèses représentent l'énergie employée au remplissage des bassins d'accumulation par pompage

3) Colonne 15 par rapport à la colonne 14.

4) Capacité des réservoirs à fin septembre 1967: 6560 millions de kWh.

## Production et consommation totales d'énergie électrique en Suisse

Communiqué par l'Office fédéral de l'économie énergétique

Les chiffres ci-dessous concernent à la fois les entreprises d'électricité livrant de l'énergie à des tiers et les entreprises ferroviaires et industrielles (autoproducteurs).

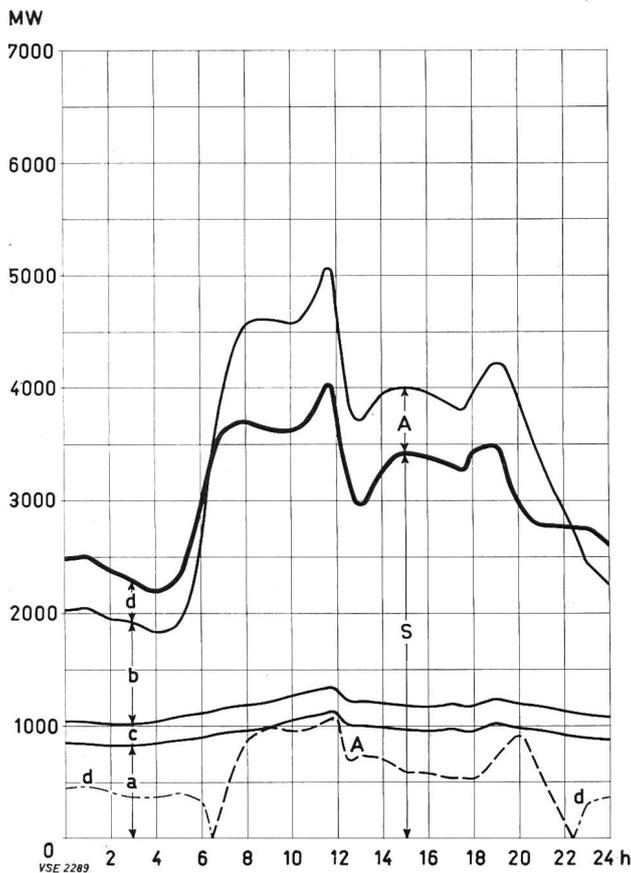
Mois	Production et importation d'énergie									Accumulation d'énergie				Exportation d'énergie		Consommation totale du pays	
	Production hydraulique		Production thermique		Energie importée		Total production et importation		Différence par rapport à l'année précédente	Energie emmagasinée dans les bassins d'accumulation à la fin du mois		Variations mensuelles - vidange + remplissage					
	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68		%	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67
en millions de kWh										en millions de kWh							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Octobre . . . . .	2185	2290	41	47	172	266	2398	2603	+ 8,5	6291	6310	- 115	- 353	417	552	1981	2051
Novembre . . . . .	1986	2039	98	152	254	432	2338	2623	+12,2	5600	5635	- 691	- 675	284	519	2054	2104
Décembre . . . . .	1989	1999	185	199	256	487	2430	2685	+10,5	4792	4614	- 808	-1021	328	520	2102	2165
Janvier . . . . .	2073	2115	158	236	262	364	2493	2715	+ 8,9	3751	3516	-1041	-1098	392	510	2101	2205
Février . . . . .	1997	2055	107	191	216	226	2320	2472	+ 6,6	2677	2368	-1074	-1148	428	414	1892	2058
Mars . . . . .	2170	2105	88	149	101	225	2359	2479	+ 5,1	1855	1297	- 822	-1071	376	377	1983	2102
Avril . . . . .	2408		31		56		2495			947		- 908		582		1913	
Mai . . . . .	2630		22		54		2706			1547		+ 600		700		2006	
Juin . . . . .	2935		27		41		3003			2902		+1355		895		2108	
Juillet . . . . .	3268		24		26		3318			5581		+2679		1179		2139	
Août . . . . .	3322		20		24		3366			6607		+1026		1258		2108	
Septembre . . . . .	2767		22		70		2859			6663 <sup>2)</sup>		+ 56		808		2051	
Année . . . . .	29730		823		1532		32085							7647		24438	
Oct. ... mars . . .	12400	12603	677	974	1261	2000	14338	15577	+ 8,6			-4551	-5366	2225	2892	12113	12685

Mois	Répartition de la consommation totale du pays														Consommation du pays sans les chaudières et le pompage	Différence par rapport à l'année précédente	
	Usages domestiques, artisanat et agriculture		Industrie en général		Electro-chimie, -métallurgie et -thermie		Chaudières électriques <sup>1)</sup>		Chemins de fer		Pertes		Energie de pompage				
	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	1966/67	1967/68	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Octobre . . . . .	880	906	395	425	345	359	5	5	140	145	193	199	23	12	1953	2034	+ 4,1
Novembre . . . . .	941	960	418	444	329	330	4	4	148	149	211	210	3	7	2047	2093	+ 2,2
Décembre . . . . .	974	1047	415	421	319	310	6	3	162	166	222	214	4	4	2092	2158	+ 3,2
Janvier . . . . .	992	1052	421	439	308	303	6	6	157	169	213	230	4	6	2091	2193	+ 4,9
Février . . . . .	878	971	381	424	285	291	6	6	138	152	200	208	4	6	1882	2046	+ 8,7
Mars . . . . .	915	979	398	437	306	320	7	4	149	157	203	202	5	3	1971	2095	+ 6,3
Avril . . . . .	850		397		325		9		138		190		4		1900		
Mai . . . . .	818		390		359		28		139		212		60		1918		
Juin . . . . .	814		402		375		43		146		219		109		1956		
Juillet . . . . .	769		366		376		51		147		220		210		1878		
Août . . . . .	810		369		366		64		145		229		125		1919		
Septembre . . . . .	856		399		372		37		146		207		34		1980		
Année . . . . .	10497		4751		4065		266		1755		2519		585		23587		
Oct. ... mars . . .	5580	5915	2428	2590	1892	1913	34	28	894	938	1242	1263	43	38	12036	12619	+ 4,8

<sup>1)</sup> D'une puissance de 250 kW et plus et doublées d'une chaudière à combustible.

<sup>2)</sup> Capacité des réservoirs à fin septembre 1967: 6950 millions de kWh.

## Production et consommation totales d'énergie électrique en Suisse



### 1. Puissance disponible le mercredi 20 mars 1968

	MW
Usines au fil de l'eau, moyenne des apports naturels . . . . .	950
Usines à accumulation saisonnière, 95 % de la puissance maximum possible . . . . .	5840
Usines thermiques, puissance installée . . . . .	530
Excédent d'importation au moment de la pointe . . . . .	—
<b>Total de la puissance disponible . . . . .</b>	<b>7320</b>

### 2. Puissances maxima effectives du mercredi 20 mars 1968

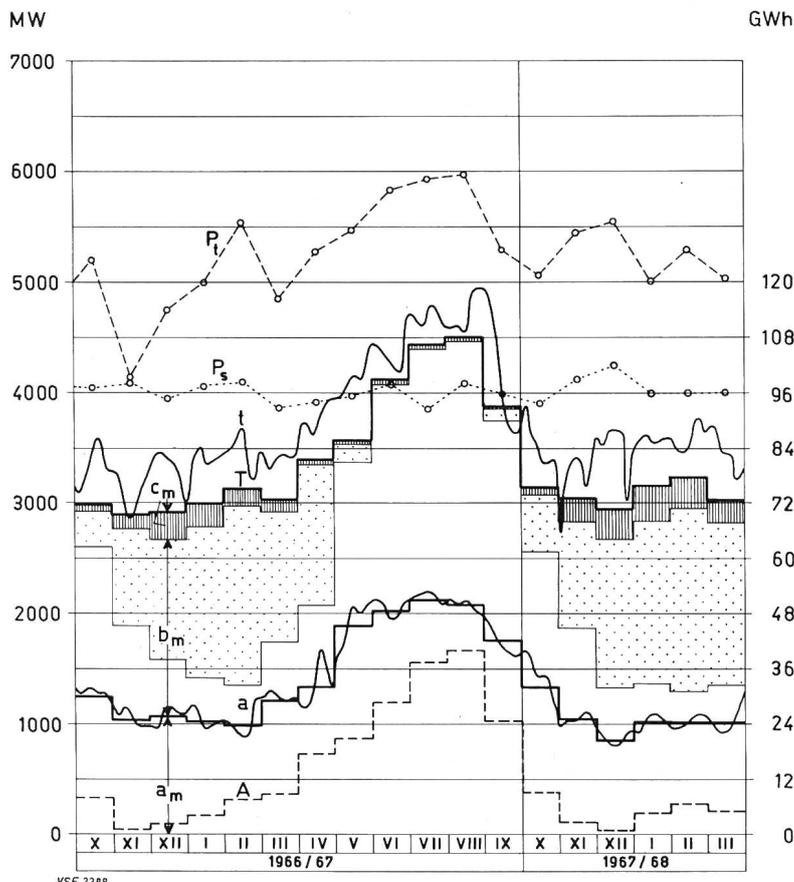
Fourniture totale . . . . .	5040
Consommation du pays . . . . .	3990
Excédent d'exportation . . . . .	1050

### 3. Diagramme de charge du mercredi 20 mars 1968

- (voir figure ci-contre)
- a Usines au fil de l'eau (y compris usines à accumulation journalière et hebdomadaire)
  - b Usines à accumulation saisonnière
  - c Usines thermiques
  - d Excédent d'importation
  - S + A Fourniture totale
  - S Consommation du pays
  - A Excédent d'exportation

### 4. Production et consommation

	Mercredi 20 mars	Samedi 23 mars	Dimanche 24 mars
	GWh (millions de kWh)		
Usines au fil de l'eau . . . . .	22,7	22,5	22,4
Usines à accumulation . . . . .	54,3	32,1	14,2
Usines thermiques . . . . .	5,1	4,5	3,6
Excédent d'importation . . . . .	—	1,9	7,1
<b>Fourniture totale . . . . .</b>	<b>82,1</b>	<b>61,0</b>	<b>47,3</b>
<b>Consommation du pays . . . . .</b>	<b>74,1</b>	<b>61,0</b>	<b>47,3</b>
<b>Excédent d'exportation . . . . .</b>	<b>8,0</b>	<b>—</b>	<b>—</b>



### 1. Production des mercredis

- a Usines au fil de l'eau
- t Production totale et excédent d'importation

### 2. Moyenne journalière de la production mensuelle

- a<sub>m</sub> Usines au fil de l'eau
- b<sub>m</sub> Usines à accumulation, partie pointillée provenant d'accumulation saisonnière
- c<sub>m</sub> Production des usines thermiques
- d<sub>m</sub> Excédent d'importation (aucun)

### 3. Moyenne journalière de la consommation mensuelle

- T Fourniture totale
- A Excédent d'exportation
- T-A Consommation du pays

### 4. Puissances maxima le troisième mercredi de chaque mois

- P<sub>s</sub> Consommation du pays
- P<sub>t</sub> Charge totale

**Rédaction des «Pages de l'UCS»:** Secrétariat de l'Union des Centrales Suisses d'électricité, Bahnhofplatz 3, Zurich 1;  
 adresse postale: Case postale 8023 Zurich; téléphone (051) 27 51 91; compte de chèques postaux 80 - 4355;  
 adresse télégraphique: Electrunion Zurich. **Rédacteur:** Ch. Morel, ingénieur.

Des tirés à part de ces pages sont en vente au secrétariat de l'UCS, au numéro ou à l'abonnement.