

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 92 (1966)
Heft: 21

Artikel: Metragyr, un système de relevé à distance des compteurs par l'intermédiaire du réseau de distribution
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-68389>

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: 04.05.2025

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

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (SVIA)
de la Section genevoise de la SIA
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique
de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'EPF (Ecole poly-
technique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE

Président: E. Martin, arch. à Genève
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève
Membres:
Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Groscurin, arch.; J.-C. Ott, ing.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; M. Chevalier, ing.
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.;
M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION

de la Société anonyme du « Bulletin technique »
Président: D. Bonnard, ing.
Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; J. Favre,
arch.; A. Robert, ing.; J.-P. Stucky, ing.
Adresse: Avenue de la Gare 10, 1000 Lausanne

RÉDACTION

D. Bonnard, E. Schnitzler, S. Rieben, ingénieurs; M. Bevilacqua,
architecte
Rédaction et Editions de la S.A. du « Bulletin technique »
Tirés à part, renseignements
Avenue de Cour 27, 1000 Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 40.—	Etranger	Fr. 44.—
Sociétaires	»	» 33.—	»	»
Prix du numéro	»	» 2.—	»	» 2.50

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,
N° 10 - 5775, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au
numéro, changement d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie
La Concorde, Terreaux 29, 1000 Lausanne

ANNONCES

Tarif des annonces:
1/1 page Fr. 423.—
1/2 » » 220.—
1/4 » » 112.—
1/8 » » 57.—

Adresse: Annonces Suisses S.A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26, 1000 Lausanne et succursales



SOMMAIRE

METRAGYR, un système de relevé à distance des compteurs par l'intermédiaire du réseau de distribution.
Bibliographie. — Les congrès. — Carnet des concours.
Documentation générale. — Informations diverses.

METRAGYR,

UN SYSTÈME DE RELEVÉ À DISTANCE DES COMPTEURS PAR L'INTERMÉDIAIRE DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION ¹

Résumé

Les expériences faites en matière de télécommande centralisée ont servi de point de départ pour la réalisation d'un système de relevé à distance des compteurs. En télécommande, on transmet des impulsions sur le réseau de distribution à partir d'un émetteur central; ces impulsions sont traduites en ordres par des récepteurs répartis dans le réseau.

La présente étude pose les premières bases d'un système de transmission d'informations partant de divers points du réseau vers un centre où elles seront traitées automatiquement. On démontre que cette transmission d'informations est possible non seulement au point de vue technique, mais que les moyens mis en œuvre peuvent être justifiés économiquement lorsqu'on se limite à des secteurs du réseau ne dépassant pas une certaine puissance. L'étude définit les conditions à réaliser par les équipements d'émission et de réception et décrit les appareils qui en découlent. Le système

présenté se prête à la lecture à distance des compteurs d'électricité, de gaz et d'eau et permet un traitement automatique des données par une calculatrice. Les appareils nécessaires à la réalisation pratique d'un tel système sont des prototypes avec lesquels de nombreux essais ont été réalisés sous conditions de service normales.

1. Introduction

Vu les progrès rapides réalisés ces dernières années dans le domaine de l'« informatique » (mesure, transmission et traitement des informations), il ne semble plus logique d'appliquer au relevé des compteurs d'élec-

¹ Conférence donnée à l'Institut d'électrotechnique de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne le 7 juillet 1966. Le conférencier, M. K. Cogliatti, ingénieur diplômé EPUL, se faisait en quelque sorte le porte-parole de M. Spälti, Dr ès sciences EPF, qui est l'initiateur de ce nouveau développement. Ces messieurs sont directeurs chez Landis & Gyr S.A., Zoug.

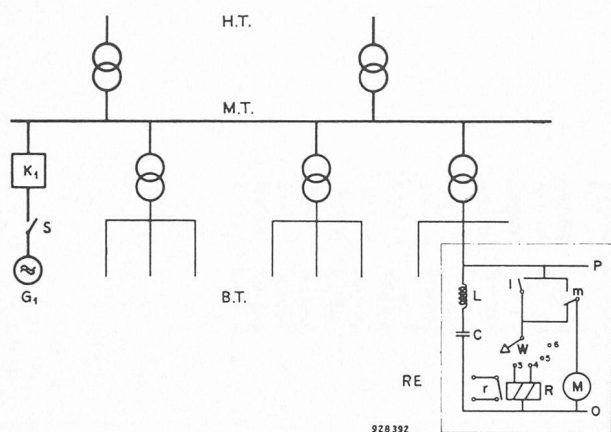


Fig. 1 — Installation de télécommande centralisée avec injection triphasée dans le réseau moyenne tension

HT	Réseau haute tension
MT	Réseau moyenne tension
BT	Réseau basse tension
G ₁	Générateur de fréquence audible
S	Contacteur
K ₁	Circuit d'injection
RE	Récepteur de télécommande
L	Relais avec contact l
C	Condensateur
M	Moteur synchrone avec contact de maintien m
W	Sélecteur
R	Relais culbuteur
P	Phase
O	Neutre

tricité, gaz et eau, les méthodes traditionnelles, vieilles de quelques dizaines d'années. De nombreux essais d'automatisation des lectures, appliqués à une grande échelle, ont bien été entrepris aux USA, mais la difficulté majeure réside du côté économique, car le nouveau système devrait être au moins comparable à la méthode manuelle conventionnelle. Techniquement parlant, de nombreuses voies sont ouvertes pour transmettre l'information que donne une minuterie vers un point central. Le choix du canal de transmission entre le compteur et la centrale définit également, dans une très large mesure, la rentabilité du système adopté. Les essais américains ont porté sur la transmission par lignes spécialement posées à cet effet ou par réseaux téléphoniques, tandis que *Landis & Gyr* — après de nombreux essais dans le même sens — a concentré ses efforts sur la possibilité qu'offre le réseau de distribution d'électricité lui-même. Un système utilisant au moins partiellement le réseau de distribution présente, par rapport à toutes les méthodes envisagées jusqu'ici, des avantages très nets au point de vue exploitation et surtout au point de vue économique.

2. Utilisation du réseau BT pour transmettre des informations

L'idée d'utiliser le réseau BT pour transmettre des informations n'est pas neuve en soi. De nombreux distributeurs d'électricité emploient depuis plusieurs années des installations de télécommande centralisée pour la commande de l'éclairage public, des chauffe-eau, des dispositifs de tarification et pour d'autres applications.

Il s'agit donc, tout d'abord, de définir les critères techniques fondamentaux de la télécommande et d'étudier ensuite les données qui doivent être reprises

pour trouver une solution au problème de la centralisation des lectures de compteurs.

2.1 La télécommande centralisée conventionnelle

La figure 1 illustre le fonctionnement d'une telle installation.

Un générateur à fréquence audible G₁ est connecté par l'intermédiaire du contact S et du filtre K₁ au réseau MT ou HT. Des impulsions à fréquence audible sont ainsi superposées au réseau. Un circuit résonnant série LC dans le récepteur est accordé à cette fréquence. Le contact l se ferme pendant les impulsions à fréquence audible d'une durée dépassant un certain minimum et enclenche ainsi le moteur synchrone M. Ce dernier se maintient pour un cycle d'émission à l'aide du contact m et entraîne le sélecteur W. Si, après l'impulsion de démarrage, une autre impulsion à fréquence audible arrive au récepteur, au moment où le contact 3 du sélecteur est fermé, le relais culbuteur R est excité et ferme son contact de travail r. L'information ou le message est donc contenu dans l'intervalle de temps séparant deux impulsions à fréquence audible. On parle de système à intervalle d'impulsions.

Il s'agit dans ces installations d'un flux d'informations partant d'une centrale vers de nombreux récepteurs. Un seul émetteur est donc nécessaire, son prix peut être relativement élevé, tandis que les récepteurs doivent être bon marché.

Lors du choix de la fréquence audible, il faut considérer que le réseau a été conçu pour transmettre le 50 Hz de façon optimale. Les fréquences audibles utilisées en télécommande sont généralement situées entre 175 et 1600 Hz. Les fréquences peu élevées ne posent pas de problèmes au point de vue transmission et propagation, mais renchérrissent un peu les émetteurs et récepteurs. Les fréquences plus élevées amènent des équipements d'émission et des récepteurs meilleur marché, en revanche la propagation des signaux pose des problèmes plus sérieux, car les inductances de transformateurs et de lignes peuvent former avec des charges capacitives des phénomènes de résonance qui exigent un blocage de ces charges à la fréquence audible choisie.

Les deux problèmes de principe suivants se posent pour toute transmission d'informations :

- L'énergie de signal doit pouvoir être distinguée avec sécurité à la réception de l'énergie perturbatrice. Il s'agit du problème de la sélectivité.
- L'énergie de signal doit être suffisamment grande pour actionner les éléments de réception. Il s'agit du problème d'amplification de signal réalisé souvent par accumulation d'énergie.

Dans le domaine des fréquences audibles, ce sont surtout les harmoniques de la fréquence du réseau qui peuvent apparaître au récepteur sous forme d'énergie perturbatrice ou parasite. Des raisons économiques incitent à utiliser des filtres à une ou deux cellules dont la courbe de sélectivité est représentée à la figure 2.

Afin d'éviter des réponses fortuites des récepteurs, la tension à fréquence audible doit s'élever à l'émission à environ 3 % de la tension du réseau. A ce niveau de tension, l'énergie à disposition à la réception est suffisamment grande pour actionner les relais récepteurs directement. La commande peut donc avoir lieu à un moment exactement défini. L'injection des impulsions à fréquence audible est généralement réalisée à l'aide de circuits de couplage parallèle (voir figure 1), ou à l'aide de circuits de couplage série placés sur les départs 50 Hz comme des transformateurs de courant.

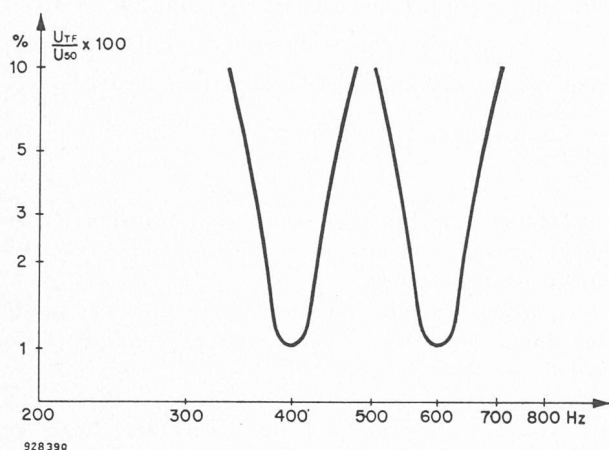


Fig. 2 — Courbes de sélectivité de récepteurs de télécommande centralisée

U_{TF} Tension à fréquence audible
 U_{50} Tension 50 Hz

Comme base pour les considérations suivantes sur la puissance d'injection, nous ne prendrons pas ces deux cas normaux, mais plutôt le cas particulier de l'injection BT. Les installations de télécommande de ce genre n'alimentent en fréquence audible que le réseau placé derrière un transformateur de distribution. Les impulsions à fréquence audible sont injectées, selon la figure 3, en série sur le neutre de ce transformateur.

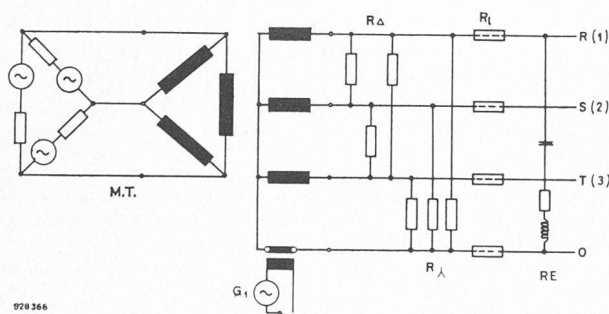


Fig. 3 — Installation de télécommande centralisée avec injection monophasée au secondaire d'un transformateur de distribution

MT Réseau moyenne tension
 G_1 Générateur de fréquence audible
 R_A Charge entre phases
 R_L Charge entre phases et neutre
 R_l Impédance des lignes
RE Récepteur de télécommande

Nous nous bornerons à examiner ce cas particulier, car des études approfondies ont démontré que la transmission d'un signal dans le sens contraire à celui de l'énergie de consommation ne pouvait être envisagée

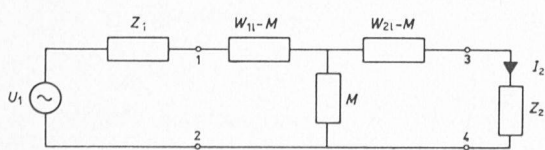


Fig. 4 — Schéma représentatif de la liaison entre l'émetteur et les récepteurs

que dans des secteurs de réseau présentant environ la puissance disponible à de tels transformateurs.

Le quadripôle situé entre les bornes d'émission et de réception peut être représenté par le circuit simplifié asymétrique de la figure 4.

Les symboles suivants signifient :

U_1 = Tension d'émission au secondaire ;
 Z_1 = Impédance de l'émetteur au secondaire (doit rester faible pour des raisons de rendement) ;
 Z_2 = Impédance du récepteur.

Pour simplifier, admettons une charge symétrique et nous obtiendrons les expressions approximatives suivantes :

$W_{1l} - M$ = Réactance de court-circuit du transformateur plus les impédances transformées du générateur et de la ligne ;

M = Impédances R_A branchées en parallèle ;

$W_{2l} - M$ = Impédance de ligne (phase — neutre).

Ces impédances présentent entre elles les rapports approximatifs suivants :

$$Z_1 \approx W_{1l} - M < W_{2l} - M < M < Z_2 \quad (1)$$

Le courant de sortie I_2 se calcule d'après les règles de la théorie des quadripôles :

$$I_2 = U_1 \frac{M}{(W_{1l} + Z_1)(W_{2l} + Z_2) - M^2} \quad (2)$$

En utilisant l'inégalité (1), on obtient approximativement :

$$I_2 U \approx \frac{U_1 U}{Z_2} \quad (3)$$

L'indice U signifie qu'il s'agit d'un signal utile.

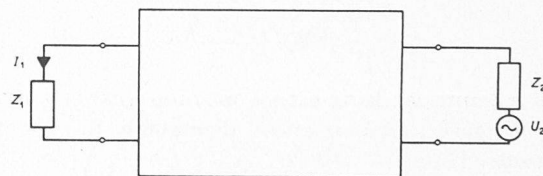


Fig. 5 — Transmission d'un émetteur de télélecture vers la centrale

Des courants perturbateurs I_{2P} , provenant d'une source U_{1P} que nous imaginerons à l'entrée du schéma représentatif, prennent naissance lors de phénomènes d'enclenchement et de déclenchement ou résultent d'une charge non linéaire du réseau. De toutes les tensions perturbatrices présentes dans le réseau, seules celles entrant en considération d'après la courbe de sélectivité du récepteur contribuent à former U_{1P} .

$$I_{2P} = \frac{U_{1P}}{Z_2} \quad (4)$$

$$\frac{I_2 U}{I_{2P}} = \frac{U_1 U}{U_{1P}} = P_{12} \quad (5)$$

Pour des raisons de sécurité de transmission, ce rapport ne doit pas descendre au-dessous d'une certaine valeur.

La puissance que doit développer l'émetteur s'élève à :

$$P_1 \approx \frac{U_1 U^2}{M} = \frac{P_{12}^2 \cdot U_{1P}^2}{M} \quad (6)$$

2.2 Cas de la transmission d'un émetteur de télélecture vers la centrale

Les considérations précédentes n'ont pas été basées sur des hypothèses restrictives. Si nous imaginons donc, selon la figure 5, la tension d'émission U_{2U} en série avec Z_2 et demandons quel sera le courant I_1 à travers Z_1 qui représente maintenant un récepteur, le théorème d'inversion de la théorie du quadripôle peut

être appliqué en échangeant dans l'équation (2) les valeurs d'entrée avec les valeurs de sortie et vice versa :

$$I_{1U} = U_{2U} \cdot \frac{M}{(W_{1l} + Z_1)(W_{2l} + Z_2) - M^2} \quad (7)$$

Avec les mêmes approximations que pour l'équation (3), on obtient :

$$I_{1U} \approx \frac{U_{2U}}{Z_2} \quad (8)$$

Un courant perturbateur I_{1P} passe aussi par la résistance Z_1 . Nous imaginerons que le courant découle d'une source de tension perturbatrice U'_{1P} placée entre le neutre et l'étoile du transformateur. Cette source U'_{1P} est différente de U_{1P} (équation 4), si le récepteur Z_1 présente d'autres caractéristiques de sélectivité que le récepteur Z_2 .

$$I_{1P} \approx \frac{U'_{1P}}{M} \quad (9)$$

Le facteur p a la même signification que dans l'équation (5) :

$$p_{21} = \frac{I_{1U}}{I_{1P}} = \frac{U_{2U} \cdot M}{Z_2 \cdot U'_{1P}} \quad (10)$$

La puissance qui doit développer l'émetteur U_{2U} est égale approximativement à :

$$P_2 \approx \frac{U_{2U}^2}{Z_2} \quad \text{ou} \quad P_2 \approx \frac{p_{21}^2 \cdot U'_{1P}^2 \cdot Z_2}{M^2} \quad (11)$$

2.3 Comparaison des deux cas de transmission

Le rapport des puissances d'émission ressort des équations (11) et (6) :

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{p_{21}^2 \cdot U'_{1P}^2 \cdot Z_2}{p_{12}^2 \cdot U_{1P}^2 \cdot M} \quad (12)$$

En introduisant pour M les valeurs U_{50} , c'est-à-dire la tension entre phase et neutre et P_{50} , c'est-à-dire la puissance consommée entre phase et neutre, on obtient :

$$M = \frac{U_{50}^2}{P_{50}} \quad \text{et l'équation (12) devient :}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{p_{21}^2 \cdot U'_{1P}^2 \cdot Z_2 \cdot P_{50}}{p_{12}^2 \cdot U_{1P}^2 \cdot U_{50}^2} \quad (13)$$

Si l'on admettait pour les deux cas de transmission la même sécurité ($p_{12} = p_{21}$) et des appareils de même sélectivité ($U_{1P} = U'_{1P}$), on obtiendrait pour le rapport des puissances :

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{Z_2 \cdot P_{50}}{U_{50}^2}$$

Prenons les valeurs pratiques suivantes :

$Z_2 = 50 \, \Omega$ impédance du récepteur de télécommande, resp. de l'émetteur de télélecture

$P_{50} = 250\,000 \, \text{VA}$ puissance entre phase et neutre

$U_{50} = 220 \, \text{V}$ tension du réseau

$U_{1U} = 0,03 \cdot U_{50}$ tension du signal de télécommande.

La puissance de l'émetteur de télécommande devient :

$$P_1 = 0,03^2 \cdot P_{50} \approx 10^{-3} \cdot P_{50} = 250 \, \text{VA} \quad (14)$$

Par contre, la puissance de l'émetteur de télélecture devrait être pour $\frac{P_2}{P_1} = 250$
 $P_2 = 62,5 \, \text{kW}$!

Il est donc impossible de réaliser une transmission de l'émetteur de télélecture vers la centrale avec les moyens conventionnels.

L'équation (13) qui indique déjà cette impossibilité nous donne aussi les moyens pouvant conduire à un meilleur résultat.

Posons d'abord que la sécurité de transmission ne doit pas être inférieure à l'état actuel des choses en télécommande, donc :

$$p_{12} = p_{21}$$

Les valeurs à admettre pour les tensions perturbatrices U_{1P} et U'_{1P} sont cependant des plus importantes. Si nous mesurons par exemple le spectre des fréquences sur le neutre d'un transformateur à pleine charge, à l'aide d'un récepteur de 1 Hz de largeur de bande, nous obtiendrons le diagramme de la figure 6.

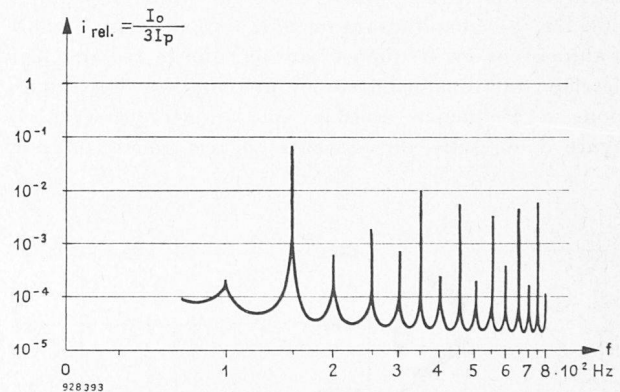


Fig. 6 — Courant relatif dans le neutre en fonction de la fréquence, le courant étant rapporté à la somme des courants 50 Hz de phase

I_o Courant dans le neutre
 I_p Courant 50 Hz de phase

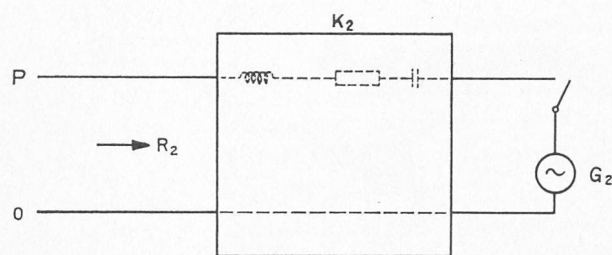
Un récepteur présentant les caractéristiques de sélectivité d'un récepteur de télécommande (fig. 2) est mis en danger par les harmoniques du réseau en premier lieu, car un appareil syntonisé à 600 Hz sera déjà déclenché à 550 Hz et 650 Hz pour quelques pour-cent d'harmoniques. En pratique, ces fréquences ne se présentent cependant guère avec une amplitude supérieure à 1 % de l'oscillation de base. On peut donc poser :

$$U_{1P} = 10^{-2} \cdot U_{50} \quad (15)$$

S'il était possible de construire un récepteur présentant une haute sélectivité et une largeur de bande d'environ 1 Hz, on pourrait s'attendre, en transposant la figure 6 qui représente des courants, à une tension perturbatrice U'_{1P} entre deux harmoniques du réseau de :

$$U'_{1P} \approx 2 \cdot 10^{-5} \cdot U_{50} \quad (16)$$

Selon l'équation (13), il faut maintenir l'impédance Z_2 le plus faible possible pour que la puissance d'émission P_2 ne soit pas trop élevée. Cette impédance Z_2 est formée par le générateur et le filtre de couplage (fig. 7).



928 386

Fig. 7 — Eléments de l'émetteur de télélecteur

K_2 Filtre de couplage
 R_2 Résistance de perte du circuit LC
 G_2 Générateur de fréquence audible
 P Phase
 O Neutre

Le filtre doit laisser passer le courant d'émission et réduire le courant 50 Hz sur le contact et le générateur le plus possible. L'élément le plus simple entrant en ligne de compte est un circuit résonnant série, syntonisé à la fréquence d'émission. Il y a cependant plusieurs raisons qui empêchent de choisir une impédance extrêmement faible pour ce circuit, par exemple : la fréquence de résonance pourrait être déplacée par l'inductivité de la ligne ou le courant 50 Hz, qui augmente pour une impédance Z_2 devenant plus faible, pourrait charger le contact de façon inadmissible. Nous avons

trouvé que la valeur $\sqrt{\frac{L}{C}} = 250 \Omega$ représentait un optimum pour le domaine de fréquence autour de 500 Hz. On obtient une résistance de perte de

$$R_2 = \frac{\sqrt{\frac{L}{C}}}{Q} = 10 \Omega \quad (17)$$

pour un facteur $Q = 25$ qui peut être réalisé avec des éléments bon marché pour ce domaine de fréquence.

Si nous prenons les valeurs des équations (14), (15), (16) et (17) et les introduisons dans l'équation (13), nous obtiendrons :

$$P_2 (\text{VA}) \approx 10^{-12} \cdot P_{50}^2 \quad \text{ou} \\ P_2 (\text{VA}) \approx 10^{-6} \cdot P_{50}^2 \quad \text{si } P_{50}^2 \text{ est exprimé en kVA} \quad (18)$$

Pour une puissance du transformateur de par exemple 300 kVA (il s'agit ici uniquement de la puissance entre phase et neutre), nous obtenons une puissance de l'émetteur de télélecteur d'environ 0,1 W ce qui offre plus de possibilités pour une réalisation économiquement valable.

Ce résultat forme les bases de réalisation d'un système de lecture à distance des compteurs. Deux points importants sont cependant liés à ce résultat :

- Les vitesses télégraphiques possibles sont de l'ordre de 1 bit/s à cause de la largeur de bande de 1 Hz. Si l'on veut éviter des temps de transmission trop longs, il est nécessaire de réduire les informations à transmettre à un minimum.
- La puissance d'émission augmente avec le carré de la puissance 50 Hz du réseau considéré. Par contre, il est évident que l'on voudra maintenir la puissance de cet émetteur assez faible pour des raisons économiques. Il faudra donc diviser le réseau en secteurs de puissance adéquate. La puissance des réseaux desservis par les transformateurs de distribution de 200 ... 500 kVA représente l'optimum en ce sens.

La tendance actuelle est de réduire la puissance unitaire ; il est donc important de savoir qu'on peut réunir plusieurs transformateurs en un groupe de lecture. Une des conditions à respecter pour ces groupes — comme pour le réseau BT lui-même — est que ce groupe ne doit être relié au reste du réseau que par un seul point. Les réseaux en étoile répondent à cette condition ; les réseaux maillés posent un problème plus difficile à résoudre.

3. Construction des appareils

3.1 Capteur d'information dans le compteur

Si l'on veut coder en binaire l'état d'une minuterie à six chiffres, 20 bits au moins sont nécessaires. De cette façon, les frais pour le codage seraient élevés et le nombre des informations à transmettre sortirait des limites posées précédemment. Le critère de transmission à utiliser ne peut donc être la valeur absolue indiquée par la minuterie, mais plutôt le fait qu'une certaine quantité d'énergie a été consommée ou non depuis la lecture ou l'exploration précédente. Cette méthode présente l'avantage de n'utiliser qu'une information « oui ou non », donc formée par un seul bit.

La réalisation la plus simple de cette condition est donnée par un contact qui se ferme après le passage d'une certaine quantité d'énergie et qui se rouvre après le passage de cette même quantité. Puisque la position ouverte d'un contact ne peut être différenciée d'une panne (coupure de la ligne, par exemple), il est nécessaire de réaliser ce contact en commutateur. Un contrôle est ainsi rendu possible (figure 8). Cependant, pour transmettre la position d'un commutateur, deux bits sont indispensables.

Il faudra donc choisir la quantité fixe d'énergie de telle façon qu'il soit impossible qu'entre deux explorations ou lectures, un nombre plus grand de kWh ait été consommé. Si tel n'était pas le cas, il pourrait arriver que le commutateur se trouve deux fois de suite dans la même position et qu'ainsi une quantité fixe d'énergie soit perdue pour la facturation.

Une façon de se protéger contre cette éventualité serait de transmettre en plus, à partir du compteur, un multiple entier de la quantité fixe (qui ne pourrait alors en aucun cas être dépassé pour des raisons de fusibles ou de disjoncteur). Au poste de traitement central des informations, il serait alors possible de vérifier automatiquement que pour un multiple de la quantité fixe le nombre correct d'informations a bien été transmis et enregistré.

3.2 Emetteur

Les émetteurs se présentant en grand nombre dans le réseau, leur coût devrait être le plus faible possible. Cette condition semble difficile à remplir à cause de la haute stabilité de la fréquence, dictée par la largeur de bande de 1 Hz des récepteurs.

La solution de principe de ce problème est esquissée à la figure 9. Il y est indiqué symboliquement que la fréquence d'émission et la fréquence de syntonisation du récepteur sont définies par la fréquence du réseau.

Les fonctions principales de l'émetteur sont indiquées à la figure 7 :

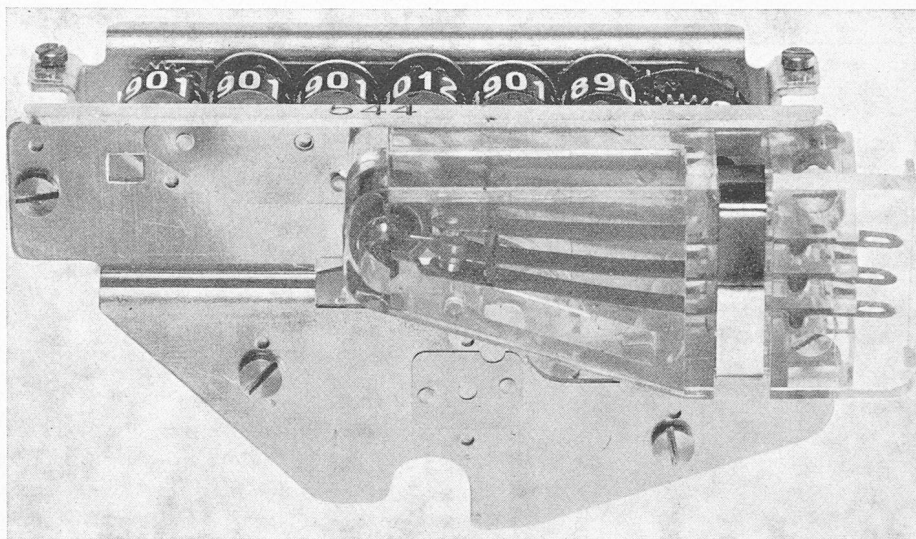


Fig. 8 — Minuterie à tambours avec contact commutateur

- Bloquer la tension 50 Hz par un filtre.
- Déconnecter le circuit d'émission pendant les pauses à l'aide d'un contact. Ce contact empêche ainsi que le signal soit absorbé par les nombreux autres émetteurs branchés en parallèle au réseau.
- Produire la puissance d'émission nécessaire par l'intermédiaire d'un générateur dont la fréquence est réglée par la fréquence du réseau.

Compte tenu du spectre des harmoniques (fig. 6), la fréquence d'émission est choisie entre deux harmoniques. Nos installations d'essais travaillent par exemple à la fréquence de 575 Hz.

Le filtre et le contact ne posent pas de problème et n'exigent aucun commentaire. Il n'en va pas de même du générateur.

Une différence de potentiel donnée par la tension du réseau est présente au contact ouvert. Au moment de la fermeture de ce contact, un courant transitoire amorti s'établit, dont la fréquence propre est donnée par la fréquence de résonance du circuit série. Cet état de choses sert de base à la réalisation d'un émetteur très simple. En effet, le générateur indiqué à la figure 7 ne devrait même pas y trouver place sous une forme aussi explicite.

Si les moments de fermeture et d'ouverture du contact tombent toujours sur des valeurs momentanées homologues de la tension du réseau, on obtient à chaque fermeture une oscillation amortie à fréquence audible.

On pourrait en déduire que la fréquence audible ainsi formée dépend de la fréquence de résonance du circuit série ; il n'en est cependant rien pour les raisons suivantes :

Puisqu'il s'agit d'un rythme absolument périodique, on calcule le spectre des fréquences d'après la méthode de Fourier appliquée à la tension présente aux bornes du circuit série, comme l'indique la figure 10, diagramme *d*.

$$\hat{U}_n = \frac{U_o}{\pi \cdot n} \quad (19)$$

$\hat{U}_n$ = Amplitude de la tension à fréquence audible

U_o = Différence de potentiel provoquée par le contact

$$n = \frac{f_n}{f_T} = \text{Fréquence audible/rythme de fonctionnement du contact}$$

Si l'on fixe le rythme de fonctionnement du contact selon la figure 10, on obtient :

$$U_o = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot U_{50} = 620 \text{ V}$$

Le rythme de fonctionnement du contact est égal à 25 Hz ; l'équation (19) donne donc :

$$U_n = \frac{620 \cdot 25}{\pi \cdot 575} = 8,6 \text{ V}$$

On obtient le courant effectif d'émission à partir de (17) :

$$I_n = \frac{8,6}{10 \cdot \sqrt{2}} = 0,6 \text{ A, courant qui s'écoule de façon continue pendant l'émission.}$$

Le résultat le plus important est donné par le fait que la fréquence de ce courant est une harmonique de la fréquence de fonctionnement du contact. Cette dernière peut être amenée à un rapport fixe de la fréquence du réseau par l'intermédiaire du contact synchrone. Ainsi, l'une des conditions posées plus haut est remplie, c'est-à-dire : fréquence audible réglée par la fréquence du réseau.

La réalisation simple et robuste du contact synchrone est représentée à la figure 11.

Une lame vibrante syntonisée à 25 Hz agit directement sur le contact. L'excitation est provoquée par un

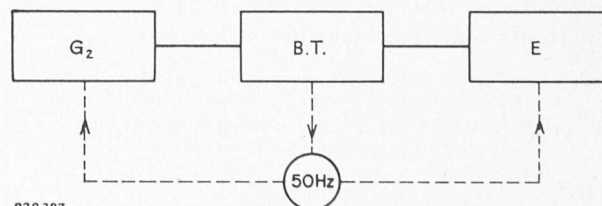


Fig. 9 — Les fréquences d'émission et de syntonisation du récepteur varient en fonction de la fréquence du réseau

G_2 Générateur de fréquence audible de l'émetteur de télélecture
 $B.T.$ Réseau basse tension
 E Récepteur de télélecture

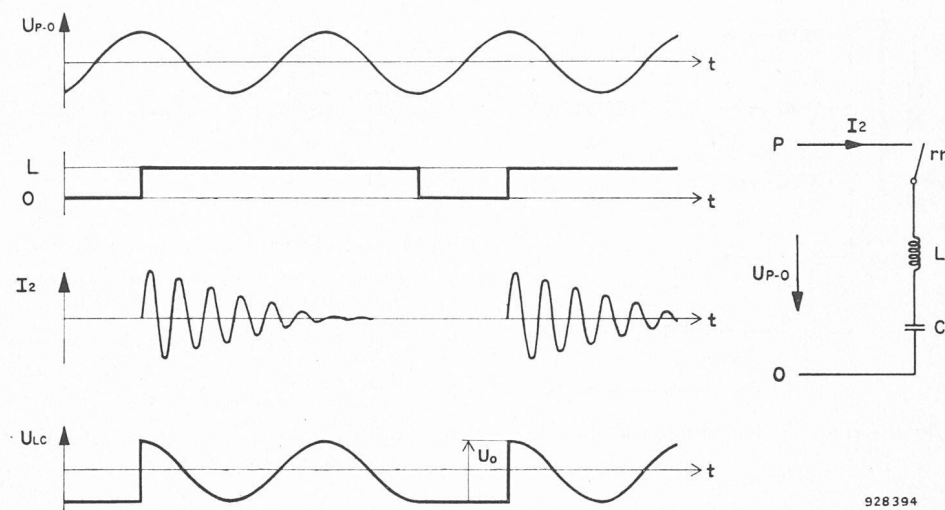


Fig. 10 — Formation d'une oscillation amortie à fréquence audible par enclenchement sur le réseau d'un circuit série

a) Tension phase-neutre b) Positions du contact synchrone rr L = contact fermé (30 ms)
O = contact ouvert (10 ms) c) Courant d'enclenchement d) Tension sur LC

champ magnétique à partir de la fréquence du réseau 50 Hz. La fonction non linéaire entre le déplacement de la lame et la force d'attraction de l'électro-aimant a pour suite que la lame peut vibrer sur une subharmonique de la fréquence du réseau.

3.2 Récepteur

Comme nous le verrons par la suite, un *seul* récepteur est nécessaire par transformateur de distribution, ce qui permet d'y investir des moyens relativement plus importants. Un récepteur conventionnel du type hétérodyne peut être prévu. Il s'agit tout d'abord de filtrer les signaux présents sur le neutre du transformateur de distribution.

Le circuit parallèle Z_1 a pour but de réduire l'impédance du transformateur pour 50 Hz. Grâce au circuit Z_2 , l'impédance du filtre est élevée pour les fréquences autres que celle du signal. Ainsi, un multiplex de fréquences peut être prévu sur la liaison galvanique entre le filtre proprement dit et le récepteur qui se trouvera en un point central du réseau local.

La conception du récepteur est illustrée à la figure 13.

Le fonctionnement est le suivant :

Les signaux sont transmis à l'étage mélangeur M par l'intermédiaire d'un filtre passe-bande F_1 , dont le circuit d'entrée comprend un filtre en T pour des raisons d'impédance. Ce filtre est syntonisé à 575 Hz par exemple et présente déjà aux fréquences de 550 et 600 Hz un amortissement relativement important. L'oscillateur, réglé par la fréquence du réseau 50 Hz, fournit 500 Hz. La tension de sortie de l'étage mélangeur est appliquée à un filtre passe-bande F_2 , syntonisé à 75 Hz, et présentant une largeur de bande d'environ 1 Hz. En raison de la constante de temps du filtre, la durée d'un bit doit être suffisamment longue, 3 s en l'occurrence. La tension de sortie de ce filtre passe-bande est redressée en G1 et appliquée au flip-flop à seuil réglable FF. Lorsqu'il a été basculé, ce flip-flop relie un générateur de courant constant au circuit d'intégration C. Le contact m, entraîné par le moteur synchrone M au rythme des émissions, c'est-à-dire 3 s, se ferme pendant un temps court et permet à la charge de C de passer sur le relais R.

Si, pendant les 3 s considérées, un signal était présent aux bornes du récepteur, la charge C est suffisante pour actionner le relais R qui se maintient pendant les 3 s suivantes (le circuit de maintien n'est pas représenté). Ainsi, l'informa-

tion « O » ou « L » est à disposition au contact r pendant le temps requis.

Le seuil du flip-flop FF est réglé à l'intensité la plus faible du signal ; ainsi le système reste insensible aux perturbations. Par ailleurs, il faut encore que ce flip-flop reste en position basculée pendant toute la durée d'un bit pour que la charge accumulée en C soit suffisante pour actionner le relais R. En admettant que le flip-flop ait été basculé par une perturbation lorsque l'information effective était « O », la charge accumulée passagèrement en C ne se conserve pas indéfiniment et ne peut contribuer à actionner le relais R avec le temps (accumulation d'impulsions perturbatrices), puisque le contact m annule cette charge à intervalles réguliers. Les critères de sécurité du récepteur sont donc la fréquence, l'amplitude et la durée du signal.

4. Système de lecture à distance des compteurs dans son ensemble

Après avoir défini les appareils et les caractéristiques du canal de transmission « émetteur de télélecture — centrale », il nous reste à décrire le système de lecture à distance dans son ensemble.

Comment peut-on enregistrer dans une centrale un grand nombre de positions de capteurs (fig. 8), répartis dans un réseau relativement étendu ?

L'arrivée des informations à la centrale ne peut être laissée au hasard ; au contraire, un ordre défini doit être

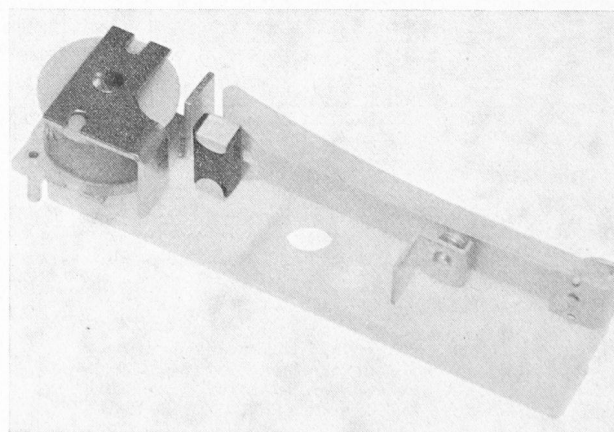
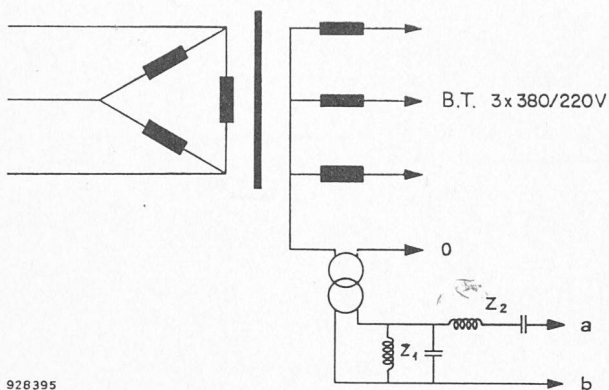


Fig. 11 — Contact synchrone 25 Hz



928395

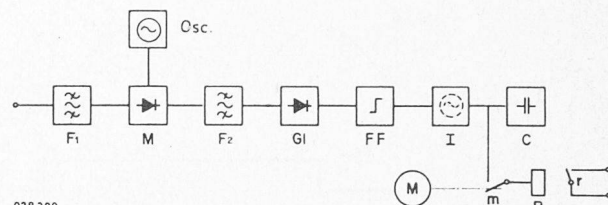
Fig. 12 — Filtrage du signal sur le neutre par transformateur et filtre

BT Réseau basse tension
O Neutre
 Z_1, Z_2 Filtres (à la fréquence du signal)
a b Ligne de transmission vers le récepteur

établi pour permettre une identification sans ambiguïté des informations recueillies. Autrement dit, il faut interroger les capteurs selon un cycle prédéterminé.

La figure 14 illustre de quelle façon un cycle ordonné d'interrogations et portant une identification des contacts (compteurs) peut être obtenue. Etant donné que ce point est essentiel pour donner une idée précise du principe appliqué dans le système METRAGYR, nous nous permettons de l'expliquer en détail.

Les interrogations sont déclenchées par un ordre de télécommande centralisée. Tous les récepteurs de télécommande RE_1 des abonnés et RE_z dans la centrale répondent à cet ordre de télécommande déterminé. Les moteurs M_1 et M_z démarrent et se maintiennent pour un cycle de scrui-



928389

Fig. 13 — Schéma de principe du récepteur

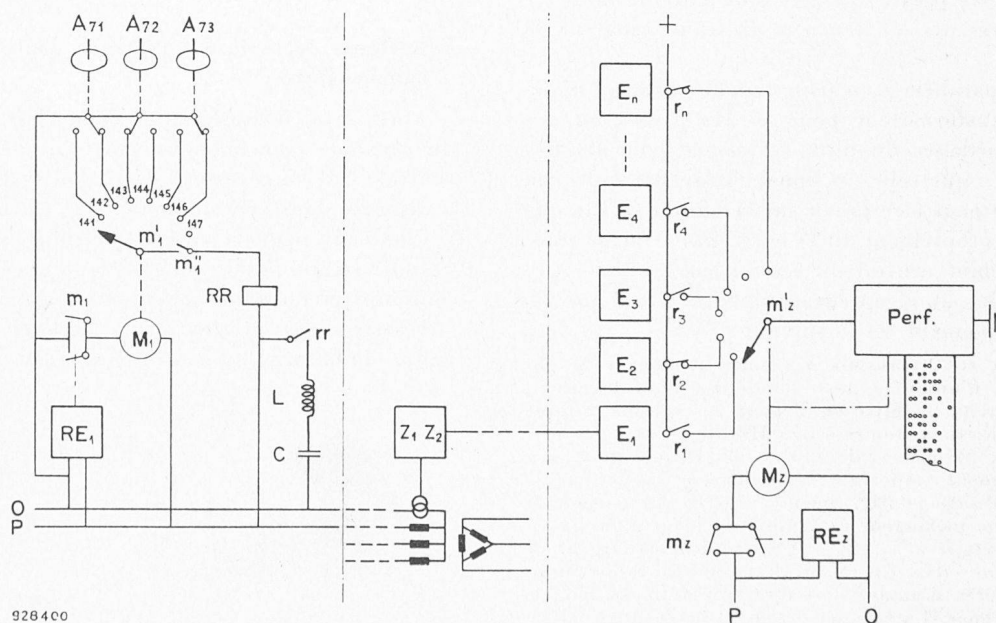
Osc Oscillateur 500 Hz, réglé par la fréquence du réseau
F₁ Filtre d'entrée 575 Hz, Δf env. 20 Hz
M Etage mélangeur
F₂ Filtre de moyenne fréquence 75 Hz, Δf env. 1 Hz
GI Redresseur
FF Etage flip-flop
I Générateur de courant constant
C Circuit d'intégration
M Moteur synchrone avec contact m
R Relais avec contact r

tation à la tension du réseau par les contacts m_1 et m_z . Les moteurs M_1 actionnent les sélecteurs m'_1 de telle façon que le curseur reste pendant 3 s sur chaque contact (Pos. 141, 142, etc.).

Théoriquement parlant, un grand nombre de contacts pourraient être explorés par le sélecteur m'_1 . Pour des raisons pratiques (importance de la boîte à bornes de l'émetteur), le nombre de contacts du sélecteur a été ramené à 20, ce qui permet d'y raccorder 10 compteurs. L'émetteur de la figure 14 ne comprend, pour des raisons de clarté, que 7 contacts, qui portent les numéros 141, 142 ... 147.

Puisque le sélecteur n'avance que toutes les 3 s et puisque 20 contacts par émetteur sont prévus, il faudra $20 \times 3 = 60$ s pour l'interrogation de 10 compteurs.

Il faut cependant noter qu'un cycle de lecture comportera plusieurs tours (à 60 s) du sélecteur. Si, par exemple, un tel cycle comporte 20 tours de sélecteur, nous obtenons une durée d'interrogation totale de 20 minutes, pendant lesquelles chaque bras de sélecteur m'_1 passe 20 fois sur les 20 contacts. Ceci ne signifie pas que le même contact est interrogé 20 fois pendant un cycle. Bien au contraire, à



928400

Fig. 14 — Schéma de principe du système METRAGYR

Chez l'abonné :

A_{71}, A_{72}, A_{73} Compteurs
 RE_1 Récepteur de télécommande
 M_1 Moteur synchrone avec contact de maintien m_1 , sélecteur m'_1 et contact de groupe m''_1
L Inductivité
C Capacité

Dans le poste de transformation MT/BT :

Z_1, Z_2 Filtre

Dans la centrale :

$E_1 \dots E_n$ Récepteurs de télélecture avec contacts $r_1 \dots r_n$

RE_z Récepteur de télécommande

M_z Moteur synchrone avec contact de maintien m_z et sélecteur m'_z

Perf. Perforateur de ruban

l'aide d'un dispositif de réglage agissant sur le contact de groupe m''_1 , on obtient que ce dernier ne se ferme que pendant un seul tour des 20 révolutions du sélecteur. Les contacts d'un émetteur portant les numéros d'ordre 141 - - - 160 ne deviendront donc « actifs » qu'au huitième tour de sélecteur. Le contact 142 par exemple ne peut provoquer une émission que pendant le huitième tour de sélecteur, de la quatrième à la sixième seconde de ce tour. Pendant ces 3 s, la bobine RR est excitée (contact synchrone), ce qui a pour effet de faire battre son contact rr au rythme de 30 ms « en » et 10 ms « hors » (selon figure 10). Les courants à fréquence audible émis de cette façon s'écoulent par LC et le neutre vers le transformateur de courant et le filtre Z_1Z_2 pour être transmis par une ligne vers la centrale de traitement comportant pour cette ligne, donc pour ce secteur du réseau, un récepteur E_1 .

Avant d'examiner ce qui se passe en E_1 , il convient de relever que la position 142 est la deuxième position du commutateur du compteur Z_{71} . Lorsque la quantité fixe d'énergie en cours aura été consommée, le commutateur du compteur Z_{71} passera dans l'autre position (contact 141 du sélecteur) et lors d'un prochain cycle d'interrogation, l'émission aura lieu 3 s plus tôt, par l'intermédiaire des contacts 141 et m''_1 . Etant donné que le commutateur doit se trouver dans l'une ou l'autre des deux positions, une seule information en provenance du compteur Z_{71} doit parvenir au récepteur E_1 par cycle d'interrogation.

Si, par exemple, un signal arrive au récepteur E_1 , pendant que le sélecteur d'émission se trouve sur le contact 142, le contact r_1 du récepteur se ferme après 3 s d'émission. Ce contact r_1 est ensuite maintenu pendant 3 s dans la position acquise.

La figure 14 indique que la centrale comprend autant de récepteurs que le réseau compte de transformateurs (ou de lignes en provenance de transformateurs).

Tous les récepteurs sont interrogés à la centrale dans un ordre défini par le sélecteur m'_2 , entraîné par le moteur synchrone M_2 . Il faut préciser ici qu'il n'existe aucune relation entre la vitesse télégraphique de $1/3$ bit par seconde et la vitesse d'exploration de ce sélecteur. Au contraire, de nombreux récepteurs resp. de nombreux contacts $r_1 \dots r_n$ peuvent être explorés pendant les 3 s durant lesquelles tous ces contacts sont maintenus dans la position correspondant au signal transmis (par exemple position fermée pour la position 142 du sélecteur d'émission).

A chaque interrogation resp. exploration des contacts $r_1 \dots r_n$, la présence d'un signal (contact fermé) est transposée par un perforateur sous forme de trou sur un ruban de papier, dont la position permet d'identifier l'abonné en question. (Un ruban magnétique peut également être utilisé à cet effet.)

Il convient d'ajouter pour résumer :

Si l'on explore toutes les 3 s la position de par exemple 30 récepteurs dans une centrale de lecture et si le cycle total d'interrogation dure 20 minutes, on aura traité en un cycle $30 \times 20 \times 20 = 12\,000$ positions (6000 commutateurs, donc 6000 compteurs).

Par suite de la synchronisation donnée par le moteur M_2 , toutes ces informations peuvent être identifiées automatiquement. La figure 15 illustre le mode d'identification sur l'exemple d'un ruban perforé.

Le ruban perforé comporte six pistes d'information et deux pistes de commande. Un signe de début de cycle est perforé tout d'abord. La position des 30 récepteurs que peut comporter une installation est ensuite explorée pendant les trois premières secondes. L'information correspondant à un côté du commutateur de tous les abonnés n° 1 (les sélecteurs de tous les émetteurs se trouvent sur le contact 1) se présente alors sous forme de perforation si le circuit formé par le commutateur du compteur, le sélecteur sur le plot 1 et le contact de groupe m''_1 est fermé. Les récepteurs sont groupés de telle façon que les informations résultant de six récepteurs soient transposées simultanément (récepteurs n°s 1, 6, 11, 16, 21 et 26). Ainsi, un sélecteur m'_2 à six bras peut transposer en l'espace de 3 s sur six pistes les informations de 30 récepteurs (sur un ruban à six pistes, il faudrait simplement plus de cinq lignes si le nombre de récepteurs dépassait 30). Les informations concernant 30 récepteurs à chacun 200 abonnés, donc 6000 abonnés au total, trouvent place sur 5 m de ruban.

Lors du traitement des données sur la base du ruban perforé (ou d'une bande magnétique), on compte combien de fois le commutateur de chaque abonné a changé de position au cours de la période de facturation (qui peut comporter un grand nombre de cycles d'interrogation). Le nombre d'inversions du commutateur correspond à la somme des quantités fixes d'énergie consommée. Une calculatrice électronique résout ce simple problème de comptage et attribue automatiquement à chaque inversion la valeur en kWh qui leur revient selon les abonnés. Il est possible de supprimer le perforateur de ruban si l'on dispose d'un calculateur permettant l'introduction des données en service « on line ».

* * *

Pour compléter cette description technique, il est utile de considérer la situation pratique, car une réalisation technique ne peut s'imposer que si les conditions économiques sont remplies. En nous basant sur les publications des entreprises électriques suisses en particulier, nous allons chercher à démontrer dans quelle mesure le système METRAGYR peut contribuer à résoudre en partie les sérieux problèmes posés à l'économie énergétique.

5. Remarques concernant la structure de la consommation d'énergie

La consommation d'énergie électrique a fortement augmenté au cours des dernières décennies dans toutes les nations industrielles. Ceci est bien sûr aussi valable pour la Suisse, où nous constatons une augmentation du simple au double en dix ans environ. La consommation par ménage a augmenté également dans de très fortes proportions mais à un rythme plus lent.

Les entreprises électriques s'attendent dans leurs pronostics publiés à un développement similaire. Cette hypothèse peut certes encore être admise comme base de discussion même s'il est difficile de préjuger de l'influence future d'une concurrence du gaz et du mazout ou encore de la mise en service de centrales atomiques. Il y a cependant lieu de se demander si l'on *peut* ou si l'on *doit* impérativement tenir compte d'un tel développement. En effet, celui-ci ne présente pas seulement des aspects agréables mais promet également de sérieuses préoccupations.

On peut prévoir avec certitude que si la consommation d'énergie électrique double tous les sept ans — cela est considéré comme pratiquement certain aux USA — les entreprises électriques devront pourvoir à des investissements et par suite à des besoins de capitaux énormes. Ce financement ne pouvant en aucun cas être considéré comme assuré, le problème résultant du fait que les installations doivent être conçues pour la pointe maximale acquiert une importance prépondérante. Même aux USA où, jusqu'à ce jour, toutes mesures permettant d'influencer la répartition de la consommation par exemple par des tarifications ont été repoussées, l'intérêt s'éveille pour des mesures directes ou indirectes visant à une utilisation plus rationnelle de la capacité de production. En Suisse, ce problème a été considéré avec attention depuis longtemps mais les résultats obtenus ne sont guère idéaux puisque —

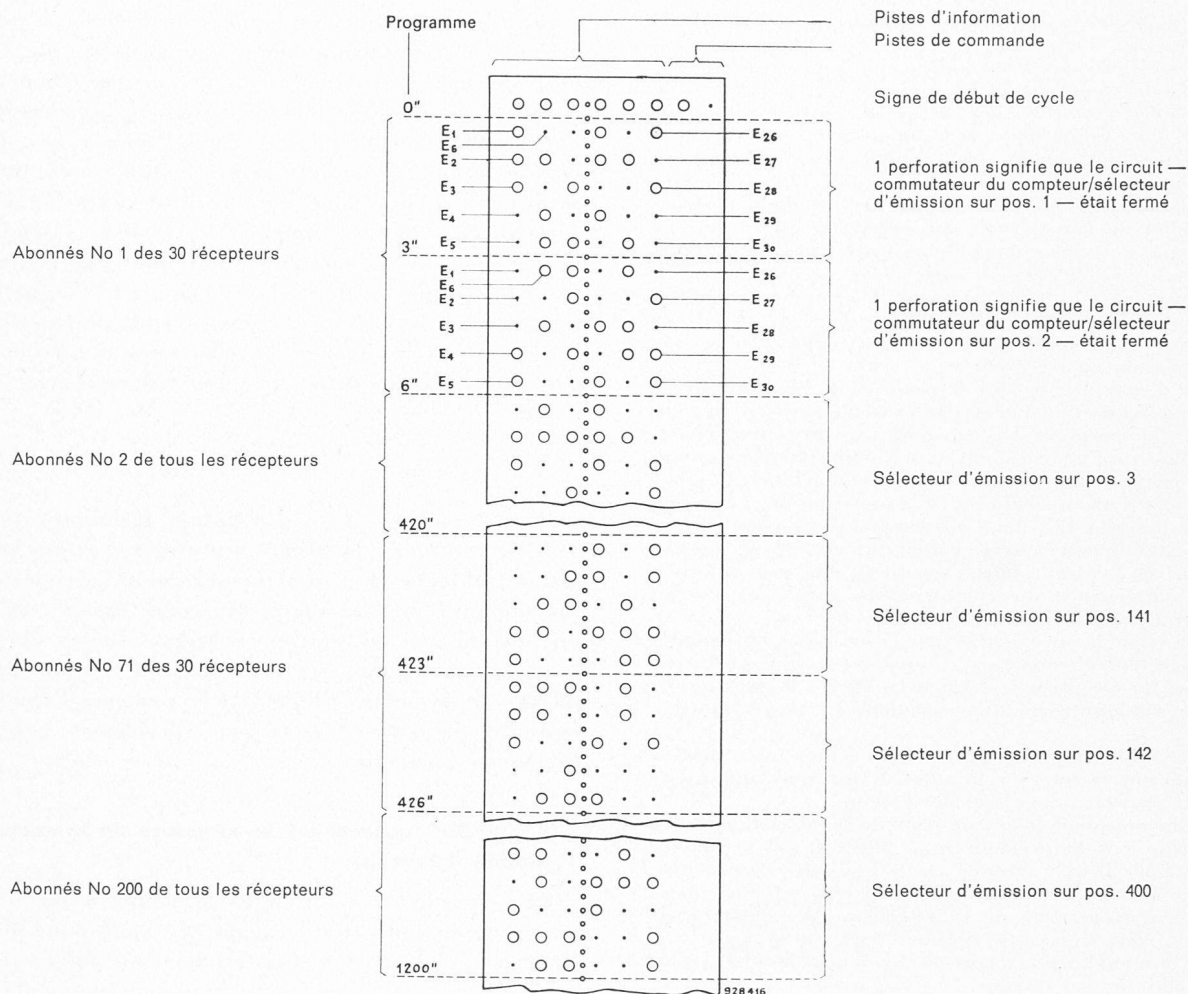


Fig. 15 — Exemple d'un ruban perforé pour une installation METRAGYR comportant 30 récepteurs

comme le montre la figure 17 — le rapport entre la puissance moyenne nocturne et diurne a légèrement fléchi.

De nouveaux problèmes dans cet ordre d'idées se présenteront lors de la mise en service de centrales atomiques puisque ces dernières ne peuvent fournir économiquement parlant que l'énergie de base. Il est donc évident que toutes mesures apportant un équilibre de la charge gagneront en importance. Par conséquent la politique de tarification conduisant à influencer la répartition de la consommation jouera un rôle décisif puisque seul l'optimum d'utilisation de la capacité installée permettra une récupération des capitaux énormes investis.

La figure 18 permet de se faire une idée de ce que sera le développement probable. Actuellement la consommation moyenne par ménage est de 3300 kWh par an en Suisse. Une étude de « l'Edison Electric Institute » concernant le développement de la consommation ménagère montre que le chauffage électrique à lui tout seul peut apporter une consommation annuelle de l'ordre de 16 000 kWh par appartement. La consommation d'un ménage hautement électrifié pourrait donc atteindre quelque 25 000 kWh par an. Pour autant que l'énergie électrique puisse être livrée à des prix compétitifs par rapport à ceux d'autres formes d'énergie, nous nous trouvons donc encore loin d'une saturation de la demande.

Partant de ces considérations générales, nous pensons que les entreprises s'attacheront encore bien plus que par le passé à trouver une solution — même nouvelle — aux problèmes suivants :

a) *Amélioration de la répartition de la charge par écrasement des pointes*

Atteindre ce but signifie une diminution directe des frais d'investissement et besoins de capitaux. La télécommande centralisée peut jouer un rôle prépondérant à cet effet. L'importance de ce problème peut être illustré par l'exemple d'une entreprise américaine qui dispose d'une puissance installée d'environ 4000 MW. La direction de cette entreprise est persuadée qu'un système même partiellement efficace permettant de réduire la charge de pointe lui permettrait d'économiser la construction d'une centrale de 300 MW.

b) *Amélioration du facteur d'utilisation par augmentation de la consommation en heures creuses*

Dans cet ordre d'idées, la Suisse est un des pays ayant — par des politiques de tarification appropriées — fait œuvre de pionnier. Comme l'a démontré la figure 17, le succès de ces mesures est cependant mis en question par des développements techniques récents comme par exemple les chaudières combinées avec chauffe-eau. Pour cette raison précise la société américaine déjà mentionnée ainsi que certaines grandes entreprises électriques européennes poussent intensivement le développement du chauffage à accumulation. L'énergie consommée à cet effet, même vendue à des prix extrêmement bas, contribue pour une bonne part à la couverture des frais fixes.

c) *Flexibilité dans la tarification*

Dans le but d'obtenir un facteur d'utilisation optimal, partant de réduire les frais d'investissement, une politique tarifaire permettant d'influencer la répartition de la charge est en principe désirable.

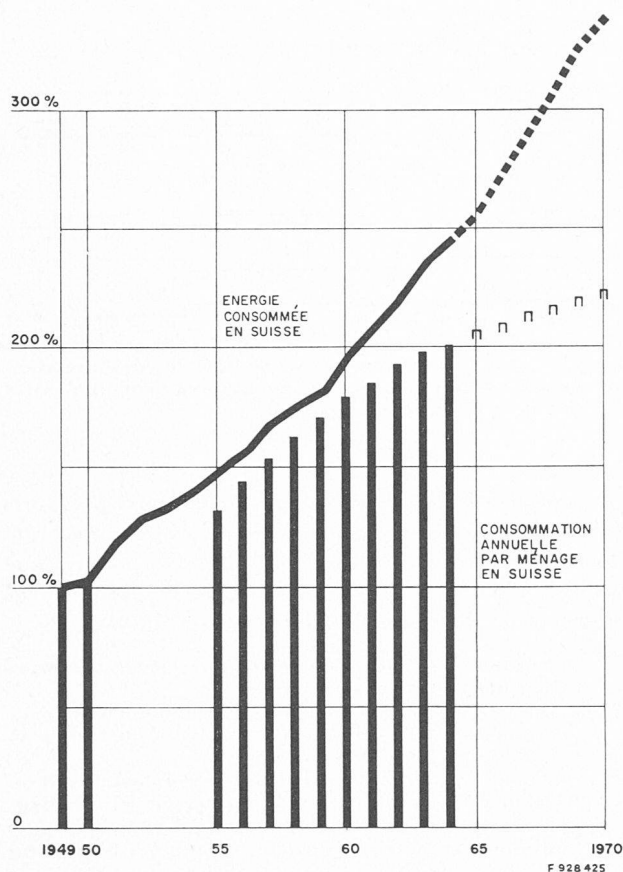


Fig. 16 — Développement de la consommation d'énergie en Suisse comparée au développement de la consommation moyenne par ménage

d) *Meilleures bases pour la planification des investissements*

Le contrôle statistique de la consommation ainsi que le dépouillement systématique des valeurs disponibles représenteront, pour la planification des investissements, des moyens de gestion toujours plus importants.

e) *Réduction des frais administratifs*

Par l'automatisation du relevé des compteurs et simplification des problèmes consécutifs aux mutations chez les abonnés.

6. Possibilités de simplification du relevé des compteurs et de la facturation

On peut concevoir, entre autres, pour la simplification des lectures et facturation, les méthodes suivantes :

6.1 Facturation à forfait

En poussant la chose à l'extrême, on pourrait envisager de renoncer à la mesure individuelle de la consommation par abonné et de livrer l'énergie contre un montant forfaitaire. Ce procédé a d'ailleurs été employé aux débuts de l'électrification. Il s'est cependant révélé comme trop arbitraire dès que la consommation individuelle a augmenté et s'est différenciée. Un retour à cette méthode ne peut pas être pris sérieusement en considération, car il fomenterait le gaspillage d'énergie. Il en résulterait des difficultés similaires à celles rencontrées par la société de distribution d'eau potable de New York, qui a renoncé jusqu'à ce jour à la mesure des débits individuels. La consommation d'énergie pouvant croître de façon démesurée si elle n'était pas contrôlée individuellement, il y aurait lieu — afin d'éviter le chaos — de faire appel à de nouvelles mesures

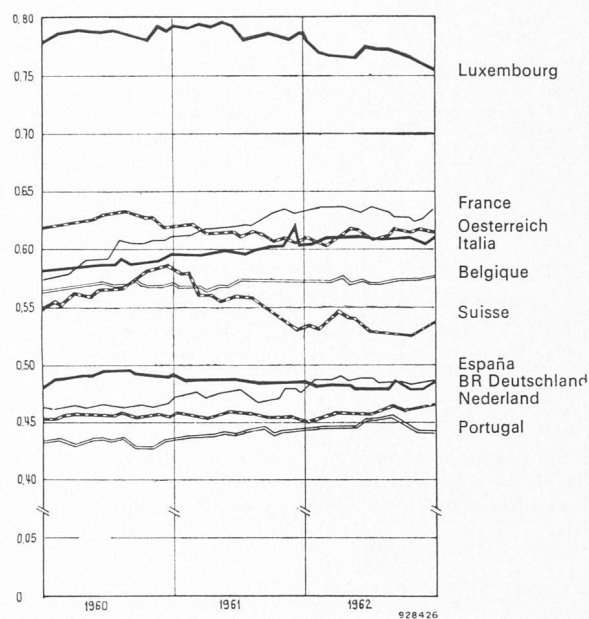


Fig. 17 — Développement du rapport de la puissance moyenne nocturne et diurne $\frac{N}{J}$

Appareils domestiques	Consommation moyenne en kWh/an
Chauffage	16 000-18 000
Thermopompe (chauffage et climatisation)	16 000
Chauffe-eau	4 000
Conditionnement d'air (été)	1 450
Cuisinière	1 200
Congélateur	965
Sèche-linge	960
Machine à laver sans chauffage électrique	70
Machine à laver avec chauffage électrique	960
Incinérateur d'ordures	660
Réfrigérateur	485
Télévision en couleurs	460
Télévision noir/blanc	360
Déshumidificateur	400
Machine à laver la vaisselle	350
Ventilateur	175-385
Radiateur portatif	170
Consommation potentielle en Europe pour un ménage hautement électrifié	25 000

Fig. 18 — Consommation probable de divers appareils domestiques selon « Edison Electric Institute »

restrictives dont on peut prévoir qu'elles seraient moins avantageuses pour le consommateur. Il est peut-être intéressant aussi de mentionner ici que notre société rencontre un problème semblable sur le marché thermique. La demande pour un compteur de calories, permettant une répartition équitable des frais de chauffage dans les blocs locatifs, en lieu et place du forfait usuel, devient de plus en plus pressante.

6.2 Relevés plus espacés, facturation selon consommation estimée

Comme le relevé des compteurs entraîne un appareil assez important et est considéré fréquemment comme

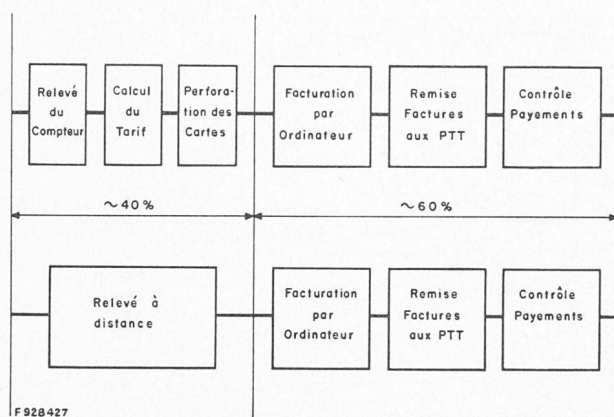


Fig. 19 — Comparaison schématique de la lecture traditionnelle et de celle à distance de compteurs. Les pour-cent indiquent la répartition des frais selon les groupes d'opérations

une tâche improductive, des nombreuses entreprises électriques ont décidé ces dernières années, sous l'effet de la pénurie de main-d'œuvre, d'espacer les relevés. La facturation a néanmoins presque toujours — quoique selon des modes différents — lieu tous les mois. Le désavantage de ce mode de rationalisation est que le problème des mutations devient immédiatement bien plus complexe. De plus, cette méthode permet mal d'appliquer des tarifs à tranches ou différents selon les saisons.

6.3 Automatisation du relevé des compteurs

Nous ne doutons pas que chaque chef d'entreprise électrique s'est penché sur le problème de l'automatisation du relevé des compteurs. Il faut néanmoins constater que jusque fort récemment et pour des raisons compréhensibles, le problème n'a pas été pris sérieusement en main.

Au cours des dernières années, et cela surtout aux USA, des études plus concrètes ont été entreprises. Tous les systèmes connus à cette heure nous viennent de là et se basent sur l'emploi soit de fils pilotes soit du réseau téléphonique qui aboutissent à des frais d'installation prohibitifs.

Le système METRAGYR dont on peut espérer que les frais d'investissement seront raisonnables présente les caractéristiques principales suivantes :

- La lecture, la transmission et le dépouillement de l'information s'effectuent automatiquement.*
- Le traitement automatique de l'information écarte de façon optimale les erreurs humaines.*
- La facturation mensuelle sans retards entre relevé et facture.*
- Information chronologique complète sur la consommation de chaque abonné.*
- Dépistage des changements dans l'installation de l'abonné.*
- Statistiques de consommation représentatives*

Les méthodes actuellement appliquées pour le relevé des compteurs permettent seulement d'établir des statistiques générales car, pour le grand nombre des consommateurs, elles ne donnent aucun renseignement sur la répartition de la consommation dans le temps.

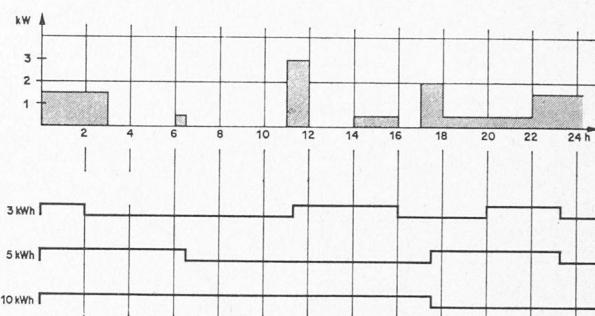


Fig. 20 — Représentation d'une courbe de consommation moyenne avec la position du commutateur pour différentes valeurs de la quantité fixe choisie

Le système METRAGYR ouvre là de nouveaux horizons et permet de consigner les quantités fixes d'énergie (blocs) pour chaque abonné au fur et à mesure sur bande perforée. On peut donc envisager, à partir de ces informations individuelles, les analyses suivantes :

- consommation journalière pour certains groupes d'abonnés ou secteurs du réseau ;
- répartition dans le temps de la consommation pour certains groupes d'abonnés ou secteurs du réseau au cours d'une journée ;
- influences externes (conditions météorologiques, programmes de radio et télévision, jours fériés, etc.) sur la consommation de certains groupes d'abonnés ;
- influence de la télécommande centralisée sur certains groupes d'abonnés ou secteurs du réseau ;
- influence des mesures tarifaires sur certains groupes d'abonnés.

g) Tarification

La première partie de l'exposé a démontré que le système METRAGYR permet également le relevé à distance des compteurs double, triple tarif et à dépassement, puisque chaque minuterie peut être équipée d'un contact. La lecture de compteurs à maximum, avec un codeur additionnel, bien que possible, entraînerait la mise en œuvre de moyens plus importants.

Il est par contre *essentiel* de souligner que le système METRAGYR rend les minuteriers de tarification — toujours compliquées et relativement coûteuses — superflues parce que l'ordinateur peut traiter les données selon des critères de tarification.

Dans la figure 20, nous avons représenté une courbe de la puissance appelée par un ménage moyen équipé d'un chauffe-eau à accumulation. Au-dessous, nous avons indiqué la position du commutateur pour différentes valeurs du bloc : 3, 5 et 10 kWh. Cette représentation laisse entendre que plus le bloc est petit, plus la fréquence de changement de position du commutateur suivra fidèlement la courbe de charge. Si nous imaginons un bloc minuscule de par exemple 0,01 kWh, la fréquence de changement reproduirait presque exactement la courbe réelle, mais un bloc aussi minuscule, pour pouvoir être enregistré avec sécurité, impliquerait une lecture toutes les cinq secondes.

De par la technique mise en œuvre, une fréquence de lecture aussi élevée est impossible. Par ailleurs, un bloc inférieur à 3 kWh en relation avec un compteur triphasé 10/40 A 220/380 V implique un coût sensiblement plus élevé pour le contact. Pour d'autres types de compteurs cette valeur économique est bien entendu différente mais toujours d'un même ordre de grandeur.

Admettons même que l'énergie consommée par l'abonné, dont la courbe de charge est représentée à la figure 20, soit facturée en double tarif et que, pour le relevé à distance, nous lui attribuons un bloc de 3 kWh. Nous pourrions constater qu'entre le système METRAGYR et la méthode conventionnelle, une différence dans les nombres de kWh enregistrés en haut et bas tarif existe puisque le début des blocs ne tombe pas précisément sur le début des périodes tarifaires. Si nous examinons toutefois les résultats sur une période d'un mois, nous constaterons que, grâce à la répartition statistique, les divergences tendent vers zéro.

Une étude mathématique a démontré qu'avec douze lectures journalières, la différence probable sur un an entre décompte par le système METRAGYR et décompte conventionnel serait de l'ordre de grandeur de fr. s. 5.—, soit environ 1 % de la facture annuelle de l'abonné en question. Il convient de relever que des différences de cet ordre de grandeur peuvent également s'établir avec les méthodes actuelles. En effet, si par exemple l'horloge qui commande le tarif retarde ou avance de 15 mn, une erreur du même ordre se produit, mais elle est alors systématique.

La réalisation pratique de la tarification par un ordinateur est aujourd'hui encore une solution trop peu étudiée pour qu'il nous soit possible, et cela de notre seul point de vue, d'en exposer toutes les faces et possibilités. Seule l'expérience en commun avec les entreprises électriques permettra de préciser les méthodes. Nous trouvons utile et important que les entreprises

électriques collaborent à l'élaboration de ces principes statistiques afin d'établir la confiance en leur application. Le système METRAGYR entrouvre une porte sur des possibilités de tarification nouvelles qui peuvent aider les entreprises à affronter la concurrence — fait qui peut devenir vital — des autres sources d'énergie. Les possibilités que l'on peut entrevoir dans cet ordre d'idées sont très variées. Nous sommes persuadés que les problèmes posés par des changements dans la politique tarifaire — modifications toujours délicates et demandant du temps — seront simplifiés si des statistiques complètes et dignes de confiance sont à disposition. Il sera certainement alors plus aisé d'expliquer que l'introduction de tarifs multiples (prix unitaires plus élevés aux heures de pointe, bas en heure creuse et moyens en heures de charge normale) est non seulement dans l'intérêt du producteur mais aussi dans celui du consommateur.

h) Relevé des compteurs de gaz et d'eau

En équipant les compteurs de gaz et d'eau des commutateurs correspondants, ceux-ci peuvent automatiquement être incorporés dans le circuit de lecture à distance.

* * *

En conclusion, nous croyons pouvoir avancer que les avantages directs et indirects du système METRAGYR en feront avec le temps un investissement rentable et intéressant pour les entreprises électriques.

BIBLIOGRAPHIE

Machines dangereuses, par la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents, 6002 Lucerne.

Les machines à mouler les matières plastiques par injection dont les dispositifs de protection sont insuffisants présentent de grands risques pour les opérateurs et entraînent souvent de graves mutilations des mains. Aussi, en collaboration avec les associations professionnelles intéressées, la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (CNA) a élaboré des règles relatives à la prévention des accidents aux machines à moulage par injection. Ces règles (formule 1652) peuvent être obtenues gratuitement auprès de la CNA, case postale, 6002 Lucerne.

Pratique de l'assainissement des agglomérations urbaines et rurales, par Henri Guerrée. Préface de Louis Coin. Troisième édition revue et corrigée. Editions Eyrolles, Paris, 1965. — Un volume 16×25 cm, 272 pages, 88 figures, 55 tableaux et 7 dépliants sous pochette. Prix : 40.07 F.

Si l'assainissement est un art ancien, il est, en effet, une science jeune en perpétuelle évolution et il a paru opportun qu'une nouvelle édition complètement remaniée de l'ouvrage précédent fasse le point des techniques actuelles.

Le processus de fonctionnement des stations d'épuration par boues activées est approfondi, tandis que sont décrites des techniques relativement récentes comme les procédés d'oxydation totale qui, dans certains cas, évitent la décantation primaire et terminale en supprimant la digestion des boues. Il y est également fait mention des étangs de stabilisation, qui peuvent constituer une solution valable pour les communes aux faibles ressources ou dépourvues de personnel qualifié, des plateaux bactériens, dont l'utilisation, à l'issue des fosses

septiques, est un moyen sûr de mener à bien l'épuration.

Enfin, une place a été réservée à l'entretien et à l'exploitation des stations, point important s'il en fût, compte tenu de constatations de pratique courante.

Extrait de la table des matières :

Etude des divers effluents : eaux de ruissellement, eaux usées, eaux industrielles. L'équipement sanitaire des immeubles. Les réseaux d'égout : conception et tracé, tuyaux, égouts ovoïdes, ouvrages visitables de profils particuliers. Calcul des ouvrages d'évacuation. Les ouvrages annexes. Exploitation des réseaux d'égout. L'épuration des eaux usées. Modes généraux de traitement. Analyses. Le rejet, le pouvoir autoépuration des milieux récepteurs. Les traitements physiques. L'épuration biologique. Le traitement des résidus des stations d'épuration. Les stations de traitement. Les installations domestiques d'épuration. L'épuration des eaux industrielles. Exemple de calcul d'un réseau d'assainissement. Exemple de station d'épuration par boues activées. Appendice : Textes réglementaires.

Le traitement de l'information dans l'entreprise (2 volumes), par R. H. Gregory et R. L. Van Horn. Paris, Dunod, 1966.

— *Tome I* : Principes et méthodes. — Un volume 16×25 cm, 336 pages, 44 figures. Prix : relié, 58 F.

— *Tome II* : Programmation. — Un volume 16×25 cm, 436 pages, 79 figures. Prix : relié, 78 F.

La gestion des entreprises est une science moderne et actuelle qui oblige les dirigeants à se mettre sans cesse au courant des méthodes nouvelles pour rester bien « au fait ».

L'ouvrage cité est divisé en deux tomes qui se proposent d'étudier les principes et les méthodes du traitement de l'information dans l'entreprise afin de prouver, d'une part, la capacité des appareils automatiques et leur implication économique dans l'entreprise et de dégager, d'autre part, les conditions d'amortissement d'un tel système.