

# L'éclairage public

Autor(en): **Burger, D.**

Objektyp: **Article**

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

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

Heft 13

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-55135>

## **Nutzungsbedingungen**

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

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

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

## **Haftungsausschluss**

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

# BULLETIN TECHNIQUE

## DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

## ABONNEMENTS :

Suisse : 1 an, 20 francs

Etranger : 25 francs

Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 17 francs

Etranger : 22 francs

Prix du numéro :

1 Fr. 25

Pour les abonnements  
s'adresser à la librairieF. Rouge & C<sup>ie</sup>, à Lausanne.

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

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

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

Publicité :  
TARIF DES ANNONCESLe millimètre  
(larg. 47 mm.) 20 cts.Réclames : 60 cts. le mm.  
(largeur 95 mm.)Rabais pour annonces  
répétées.

ANNONCES-SUISSES s.a.  
5, rue Centrale Tél. 2.33.26  
LAUSANNE  
& Succursales.

## CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE

A. STUCKY, ingénieur, président ; M. BRIDEL ; G. EPITAUX, architecte ; R. NEESER, ingénieur.

SOMMAIRE : *L'éclairage public* (suite et fin), par D. BURGER. — Association amicale des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne : *Rapport du comité sur l'exercice 1946*. — LES CONGRÈS : *Conférence technique mondiale (C. T. M.)*. — *Association internationale des ponts et charpentes : Congrès 1948 de l'AIPC à Liège*. — BIBLIOGRAPHIE. — CARNET DES CONCOURS. — INFORMATIONS DIVERSES.

## L'éclairage public

par D. BURGER

628. 971. 6

(Suite et fin).<sup>1</sup>

### Distribution.

La distribution de l'énergie électrique à tous les luminaires d'une cité ou d'une région en général, se réalise de différentes façons.

Théoriquement, la solution idéale serait de construire un réseau particulier, entièrement distinct de celui existant pour la distribution privée, et d'y raccorder tous les foyers lumineux (fig. 8-1). Questions de puissance totale et de technique d'enclenchement réservées, l'allumage et l'extinction pourrait être exécuté d'un seul coup par le personnel de l'usine génératrice ou par celui du centre d'exploitation. Mais cette solution a le grave défaut d'exiger un investissement considérable de capitaux difficilement rentables et qui se superposent aux capitaux déjà investis dans le réseau privé. Elle est à écarter pour tout réseau urbain composé en majeure partie de canalisations souterraines et ne peut se concevoir que dans de petites agglomérations desservies par une distribution aérienne. Dans ce cas, les facteurs simplicité, commodité, régularité et simultanéité du service peuvent être pris en considération pour compenser en partie les frais d'installation.

Le plus souvent, l'alimentation de l'éclairage public est dérivée du réseau général constamment sous tension. Les frais de réseau sont réduits à leur plus simple expression. Mais cette méthode implique, en théorie, autant de dérivations qu'il y a de luminaires et autant d'interrupteurs que de luminaires afin d'en assurer l'allumage et l'extinction (fig. 8-2). Cette exigence conduit aux pratiques suivantes. En ville, s'il s'agit de candélabres, un interrupteur est placé dans le socle et com-

mande les lampes. Si l'on a affaire à une série de candélabres, un câble affecté à leur alimentation commune sera coupé par un interrupteur placé dans l'un deux. Enfin, les lampes suspendues sont raccordées aux « prises » d'immeuble à travers un interrupteur placé au sous-sol. De cet appareil, une ligne sous tube acier s'élève en façade à la hauteur d'amarrage, se mue en câble sous plomb suspendu au câble porteur pour gagner la lampe. Dans les villages, le réseau aérien rend facile le montage d'un fil supplémentaire sur les poteaux. Toutes les lampes se raccordent à ce conducteur spécial et, si l'agglomération est petite, un seul interrupteur assurera le service. Pour peu que le village soit étendu, la distance intervenant à l'égard des chutes de tension admissibles, il faudra faire 3 ou 4 dérivations d'éclairage public et placer le même nombre d'interrupteur. Enfin, des questions de couplage de réseaux peuvent intervenir en augmentant le nombre des points d'allumage.

La combinaison de ces divers procédés conduit au résultat moyen d'un interrupteur pour trois ou quatre lampes. On a donc évité l'engagement massif de capitaux pour un réseau supplémentaire, mais on a multiplié joliment le nombre des interrupteurs nécessaires. Or, ces appareils automatiques que nous étudierons plus loin, sont assez coûteux et occasionnent des dépenses permanentes de réglage et d'entretien. De plus, l'allumage et l'extinction des lampes est d'une non-simultanéité remarquable et toujours croissante. Cette deuxième solution est en résumé moins chère que la première (l'économie réalisée l'est toutefois au détriment de la qualité du service), mais encore assez coûteuse. La somme à investir est moins grande, mais l'investissement dure plus longtemps.

Aussi, le besoin se fait-il sentir de réduire les points d'allumage et le nombre de dérivations. Suivant les conditions locales il se traduit de diverses manières. Certaines entreprises ont établi le réseau d'éclairage public à partir de leurs stations transformatrices à basse tension. Elles économisent de la sorte

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* du 7 juin 1947.

la doublure du réseau haute tension et les transformateurs indispensables. Le nombre d'interrupteurs automatiques se réduit à un appareil par poste de transformation. D'autres entreprises sont allées plus loin encore car, possédant un câble-pilote entre chaque station, elles ont pu synchroniser par commande à distance les divers interrupteurs nécessaires et réaliser un circuit bouclé. Ces conditions heureuses sont d'ailleurs très rares.

Cependant, en l'absence de fils-pilotes existants — car il ne saurait être question d'en poser un après coup dans les réseaux souterrains — on peut rechercher les solutions propres à augmenter le rapport lampes-interrupteur.

La première consiste à grouper le plus grand nombre de lampes possible sur un interrupteur. On est cependant très vite limité dans cette voie par la topographie des lieux, par l'importance des rues, par la chute de tension admissible. Celle-ci est le produit de l'intensité par la résistance des conducteurs qui est, elle-même, proportionnelle à leur longueur et inversement proportionnelle à leur section. Il en résulte que pour une chute de tension donnée et pour une section constante, tout accroissement de l'intensité raccourcit la longueur du groupe de lampes. Pratiquement, la chute de tension admissible ne doit pas dépasser 5 % de la tension nominale.

Or, nous avons vu plus haut qu'à toute variation de  $u$  volt correspond une variation du flux lumineux à la puissance quatrième. Etant donné un groupe de  $n$  lampes, si la chute de tension à la  $n$ ème lampe dépasse 5 %, la diminution de flux lumineux dépassera 20 % et la condition d'uniformité d'éclairage au sol sera loin d'être remplie.

Cependant, le groupement des lampes en tronçons plus ou moins longs suivant leur puissance permet une première amélioration du rapport lampes/interrupteur sans créer beaucoup de frais. Nous dirons que cette méthode peut réduire de 50 % le nombre d'appareils nécessaires.

Le progrès suivant a été accompli par l'introduction du système dit « en cascade » (fig. 8-3). Un premier groupe de lampes est alimenté au point  $A$  par l'intermédiaire d'un interrupteur-horaire ou appareil similaire. A la limite de la chute de tension (éventuellement à la limite topographique) de ce premier groupe, un fil-pilote est dérivé de la dernière lampe et raccordé à l'interrupteur à distance situé au point d'alimentation  $B$  du deuxième groupe. A la limite de ce second tronçon, un deuxième fil-pilote est dérivé de la dernière lampe et raccordé à l'interrupteur à distance situé au point d'alimentation  $C$  du troisième groupe de lampes, etc. Lorsque l'interrupteur-horaire de la « tête » de commande enclenche le premier tronçon, le fil-pilote est mis sous tension. Il actionne l'interrupteur à distance de  $B$  qui allume les lampes du deuxième groupe et met à son tour le deuxième fil-pilote sous tension. Celui-ci actionne l'interrupteur à distance de  $C$  qui allume..., etc. Les différents tronçons de lampes s'allument

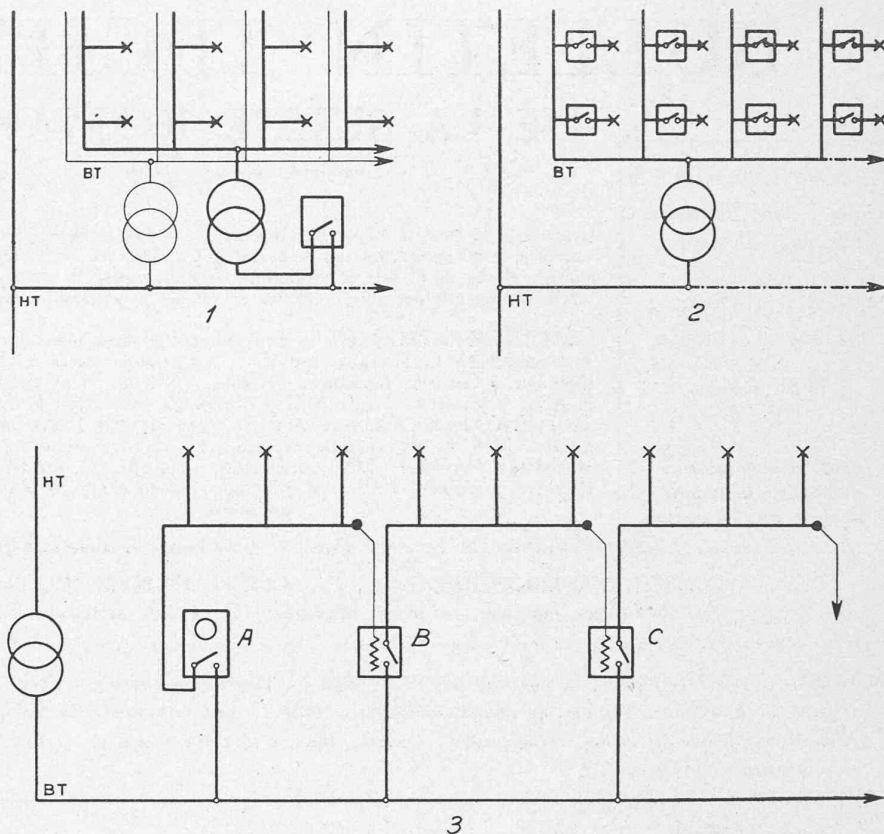


Fig. 8. — Schémas de distribution.

1. Réseau d'éclairage public (traits forts) et réseau privé (traits fins) complètement séparés.
2. Eclairage public dérivé du réseau général (1 lampe, 1 interrupteur).
3. Système en cascade dérivé du réseau général.

et s'éteignent ainsi l'un après l'autre, « en cascade », d'où le nom du système.

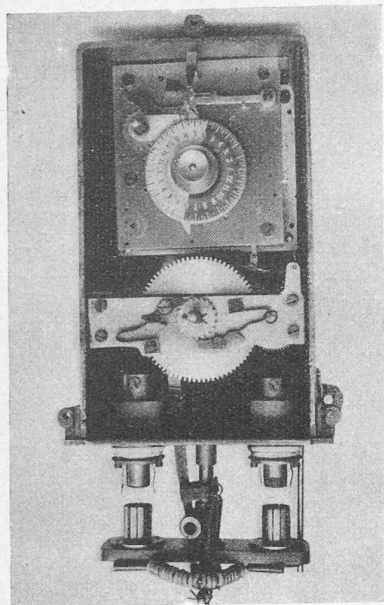
Celui-ci permet théoriquement une ramification à l'infini. Pratiquement, il est limité par la configuration des rues, par certaines conditions techniques d'exploitation et par des raisons toutes pratiques : en cas de pannes, toujours possible avec de l'appareillage automatique si robuste soit-il, en cas de simple fusion d'un fusible, il ne faut pas plonger un trop grand secteur dans l'obscurité. Imaginons au point  $A$  une alimentation en courant triphasé permettant l'équipement de trois premiers tronçons monophasés en trois directions différentes. Ajoutons à ces premiers éléments trois cascades dans chaque direction à raison de 10 lampes par tronçon, nous obtenons un secteur total de 120 lampes. Avec des intervalles de 25 mètres entre chaque foyer cela couvre une longueur de rues de 3 km, résultat intéressant et suffisant. A ce premier et très réel avantage s'ajoute celui de la quasi-simultanéité des fonctions d'allumage et d'extinction, attendu que chaque interrupteur de cascade fonctionne en deux à trois secondes. Enfin, l'interrupteur à distance est 50 % meilleur marché qu'un interrupteur-horaire et ses frais d'entretien sont presque nuls.

La commande en cascade a été appliquée à Genève pour la première fois en 1937 à titre d'essai, puis d'une manière progressive et systématique à partir de 1938. Avant cette modernisation, les 4400 lampes de l'agglomération urbaine étaient alimentées par 1960 dérivations et commandées par 1960 interrupteurs-horaires. Le rapport lampes/interrupteur était de 2,25. Actuellement ce rapport a passé à 45, le nombre de



Fig. 9. — Ancien interrupteur-horaire à remontage manuel.

On distingue parfaitement, le mouvement d'horlogerie, le cadran-horaire, le barillet spécial pour la manœuvre des contacts par tringlerie. Contacts à tulipes avec pare-étincelle, à bain d'huile.



points d'allumage s'étant réduit à 99. Cette adaptation a naturellement demandé pas mal de travail mais les chiffres montrent éloquentement la simplification qui en est résultée et l'économie réalisée sur les frais d'entretien.

#### *La commande automatique.*

Une tâche reste à accomplir à l'entreprise qui s'est chargée d'assurer l'éclairage d'une cité : celle d'exécuter chaque jour les manœuvres d'enclenchement et de déclenchement des luminaires.

A l'origine, ce travail était confié aux équipes d'entretien des appareils d'éclairage, la lampe à arc nécessitant chaque jour un remplacement des charbons. Soir et matin un certain nombre « d'allumeurs » parcouraient les rues de la ville pour allumer et éteindre les luminaires. Cette pratique n'était en somme que la continuation d'une coutume en vigueur : il fallait bien, précédemment, allumer et souffler les chandelles ou les lampes à pétrole. La simultanéité bien relative du procédé était compatible avec la quiétude de l'époque.

Du point de vue de l'évolution générale de la technique et des exigences de précision et de rapidité toujours plus grandes qui poussent à substituer au travail de l'homme celui de la machine, il était tout naturel de chercher à confier ce travail à un appareil automatique. Et comme les fonctions d'allumage et d'extinction sont étroitement liées au temps, le mécanisme de base ne pouvait être qu'une horloge adaptée à ce besoin particulier.

C'est ainsi que « l'allumeur de réverbères » disparut pour faire place aux allumeurs-extincteurs automatiques appliqués tout d'abord à l'éclairage au gaz. Ce passé n'est pas si vieux, puisque voici quinze ans, le Service du gaz, utilisait encore de tels appareils.

Dans le domaine électrique, l'allumeur-extincteur a pris le nom d'interrupteur-horaire. D'une conception assez rudimentaire à son origine qui remonte vers 1905,

il s'est constamment perfectionné et il faut rendre cette justice aux constructeurs suisses que, par un labeur méthodique, par le souci de la précision dans l'exécution, par la recherche du mieux, ils sont arrivés à une bienfaisance irréprochable et probablement inégalée à l'étranger.

Le rôle confié à l'interrupteur-horaire pour l'éclairage public consiste à allumer les lampes le soir et à les éteindre le matin. Suivant les mœurs et les ressources locales en énergie électrique, ce programme très simple peut se compliquer d'une extinction au milieu de la nuit suivie d'un réallumage au petit jour, d'une extinction partielle à minuit, d'une commutation sur tension réduite, etc. De toute manière et quelles que soient les exigences, l'interrupteur-horaire actuel peut toutes les satisfaire dans les limites d'un programme prédéterminé.

Au début, l'interrupteur est composé d'un robuste mouvement d'horlogerie (grandeur pendulette) avec un barillet prévu pour une durée de marche de cinq semaines environ. L'échappement est à pendule. Un cadran-horaire, accomplissant une révolution par vingt-quatre heures, porte à sa périphérie des leviers ou des chevilles chargés d'actionner un dispositif à contact. Le contact se compose d'un interrupteur pour 5 ou 6 ampères mû au moyen d'un déclic armé par la rotation du cadran. Si l'interrupteur est prévu pour des intensités supérieures ou pour des manœuvres bipolaires, le contact possède son propre barillet comme source d'énergie (fig. 9). Le tout est enfermé dans un boîtier de fonte peinte au goût du jour. Tel quel, ce simple appareil rend déjà bien des services : il est solide, l'échappement à pendule est pratiquement indépendant des variations de température et des variations du couple-moteur, sa régularité de marche est satisfaisante. Cependant, il faut le manipuler avec délicatesse sous peine d'abîmer la suspension du pendule, il faut le fixer bien verticalement sur des murs exempts de vibrations, sous peine d'arrêt. Il faut le remonter périodiquement et ce sera en général la tâche du releveur d'index à son passage mensuel. Enfin, il faut très souvent le visiter pour modifier les heures d'allumage et d'extinction qui varient tout au long de l'année en fonction de la durée du jour.

Ces défauts gênent l'usager et n'échappent pas aux constructeurs. Pour que le développement de ce nouvel appareil ne soit pas entravé, il faut se libérer :

de la contrainte du transport délicat et de la fixation d'aplomb,

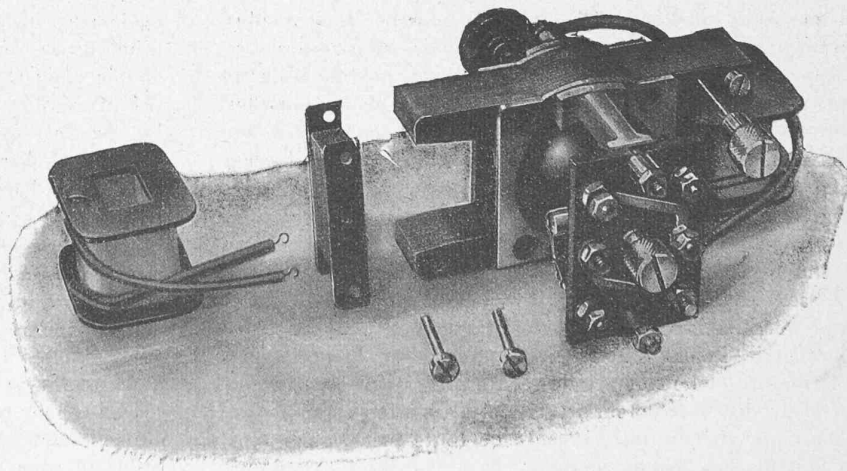
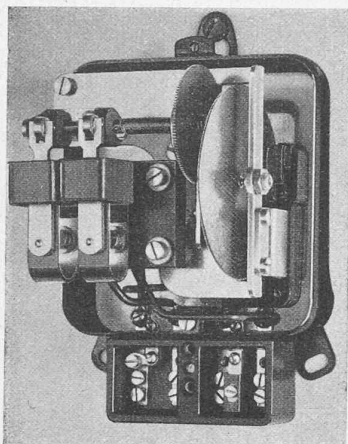


Fig. 10. — Servo-moteur à collecteur.

Au premier plan, barrettes pour mise en série ou en parallèle des deux bobines de champ. (Cliché Fr. Sauter S. A. Bâle.)



86-380

Fig. 11. — Servo-moteur Ferraris appliqué à un interrupteur à distance.

Couple-moteur 8 cm gr, consommation 2,6 W, intensité 15 A par pôle.  
(Cliché Landis & Gyr, Zoug.)

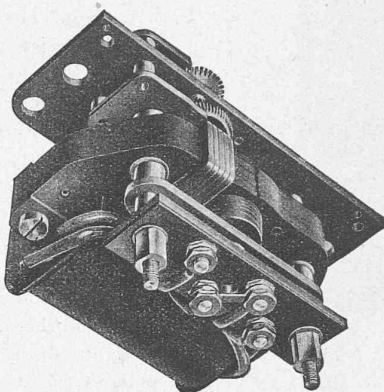


Fig. 12. — Moteur asynchrone à rotor en court-circuit.

La bobine de champ est subdivisée en deux moitiés que l'on peut brancher en série ou en parallèle.

(Cliché Fr. Sauter S. A. Bâle.)

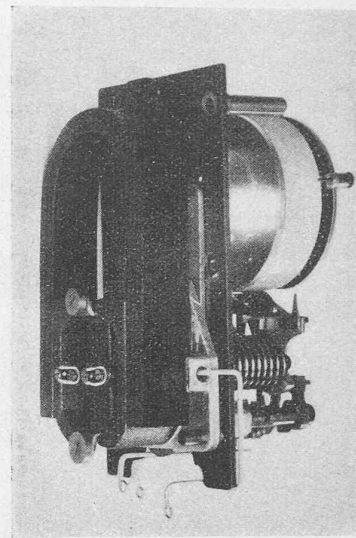


Fig. 13. — Un des premiers servo-moteur oscillant.

Système SAIA, Berne. On remarque l'aimant permanent fixe, la bobine mobile avec ses masselottes et ses connexions souples, le ressort calibré et le dispositif d'encliquetage.

de la contrainte du remontage périodique, de la contrainte des corrections d'horaires.

Les solutions proposées sont les suivantes : remplacement du pendule par un échappement à balancier, introduction dans l'appareil d'un servo-moteur, création du cadran à correction astronomique.

Dès lors, l'interrupteur-horaire est au point, il va se développer d'une façon insoupçonnée pour les applications les plus diverses et contenir quelques merveilles de petite mécanique appliquée. L'appareil moderne peut se décomposer en quatre éléments essentiels à savoir :

- le mouvement d'horlogerie mécanique,
- le servo-moteur électrique,
- le dispositif à contacts uni ou multipolaire,
- le cadran simple ou à correction astronomique.

Le mouvement bénéficie des progrès réalisés dans l'industrie horlogère. Pour le même usage, il devient plus petit, s'affine, porte quinze ou dix-sept rubis comme les mouvements de qualité. L'introduction de l'échappement à balancier ne va pas sans quelques difficultés : la marche devient plus capricieuse, plus sensible aux variations de température. Les spiraux d'acier, ceux qui ont le plus grand module d'élasticité, rouillent car les appareils sont souvent placés dans des endroits équivalents au plein air. Il faut appliquer à ces mouvements tous les progrès de la technique horlogère, balancier en invar, spiraux inoxydables et compensés, élinvar, nivarox, etc. Enfin la régularité de marche devient admissible sans pour autant atteindre la stabilité des échappements à pendule. Une fois encore, le mieux est l'ennemi du bien !

Le servo-moteur électrique est un organe à double fonction. Sa première tâche est de remonter chaque jour le mouvement d'horlogerie et, cas échéant, sa deuxième est de provoquer la fermeture et l'ouverture des contacts principaux. Suivant son génie, le constructeur fait appel à un type classique de moteur ou, au contraire, invente de toute pièce. Mais tous ces moteurs ont ceci de commun : ils sont utilisables sur une large gamme de tension. En effet, l'introduction de ce nouvel organe dans l'interrupteur-horaire va limiter son emploi à une tension de service donnée. Or, avant la normalisation

en cours à 380/220 volts on trouvait facilement en Suisse six tensions de distribution différentes, échelonnées entre 110 et 250 volts. Il fallait tenir compte de cet état de choses dans la construction du servo-moteur afin de conserver à l'interrupteur-horaire son caractère universel.

Le servo-moteur à collecteur, type série universel, est trop connu pour que nous nous y arrêtions (fig. 10). S'il est d'un prix relativement élevé à cause de la présence du collecteur, il possède un fort couple, fonctionne aussi bien sur courant continu que sur courant alternatif et s'accommode des conditions les plus dures. Il crée bien quelques parasites radiophoniques mais comme sa marche est de courte durée, vingt à vingt-cinq secondes par opération, le mal n'est pas grand. Ses bobines d'excitation peuvent se coupler en série ou en parallèle et un tel moteur, donné pour 110 et 220 V. peut fonctionner en réalité de 90 à 145 V. en parallèle et de 180 à 270 V. en série. Ces écarts de 25 % sur la tension nominale sont ainsi suffisants pour remplir la condition énoncée ci-dessus.

Le moteur d'induction ou moteur Ferraris (fig. 11), est également utilisé soit pour le remontage du mouvement d'horlogerie, soit pour la manœuvre des contacts. Son faible couple oblige à démultiplier fortement l'attaque du barillet, il faut sacrifier en chemin parcouru la faible puissance développée. Ce moteur fonctionnera de seize à vingt heures par jour pour obtenir une énergie mécanique de vingt-quatre heures au barillet. Sa marche absolument silencieuse et exempte de « parasites » sont deux facteurs à son actif.

Le moteur asynchrone à rotor en court-circuit (fig. 12), a aussi l'avantage d'être silencieux et de ne pas créer de perturbations radiophoniques. Il tourne en général aux environs de 3000 tours/minute et nécessite un lubrifiage et des paliers parfaits. Mais il a peu de couple et pour la moindre surcharge il accomplit sa tâche de justesse.

Enfin, pour rompre avec des principes de moteurs connus, citons le moteur oscillant (fig. 13). Il est basé sur la vibration résultant d'un champ magnétique alternatif placé dans un champ continu. Ce moteur se compose en essence d'un aimant permanent entre les pôles duquel se trouve un bobinage mobile. Un ressort dûment calibré maintient l'axe du bobin-



nage dans l'axe de symétrie du système. Toute la partie mobile, ressort et masselotes éventuelles comprises, ont une fréquence propre d'oscillation égale à la fréquence du réseau. Dès que la bobine est parcourue par un courant alternatif, ses pôles mobiles sont soumis à un champ alternatif en présence du champ continu. Sous l'influence des attractions et des répulsions l'axe prend un mouvement vibratoire en synchronisme avec la fréquence du réseau. Par le jeu d'un cliquet et d'une roue à rochet, le mouvement de va-et-vient est transformé en mouvement circulaire pour être transmis ensuite par engrenages.

Le moteur oscillant peut ainsi se classer dans la catégorie des moteurs synchrones à auto-démarrage. Il s'est perfectionné et s'exécute à deux ou quatre pôles. Le bobinage de champ est désormais fixe et subdivisé en deux moitiés que l'on peut coupler en série ou en parallèle. Du fait que le principe même de ce moteur repose sur la fréquence, il est pratiquement indépendant de la tension et supporte de larges écarts sur sa valeur nominale. Il fonctionne encore avec des écarts de fréquence de 5 %, bien supérieurs à ceux tolérés dans les réseaux de distribution. En fait, c'est un moteur simple, robuste, à fort couple, sans production de « parasites ». Sa vibration peut être parfois gênante lorsque l'interrupteur-horaire est placé sur une paroi mince qui entre en résonance ou qui amplifie du moins la vibration. Mais son fonctionnement étant de quelques secondes pour une manœuvre, l'inconvénient n'est pas bien grave.

La démultiplication indispensable de la vitesse élevée du moteur et la différenciation des fonctions de remontage et d'actionnement des contacts est réalisée, soit par des trains d'engrenages avec ou sans vis sans fin, soit par des excentriques avec embellage sur système à rochet (très forte démultiplication), soit par engrenages différentiels montés en train hypocycloïdal et épicycloïdal. Là encore, les constructeurs ont laissé courir leur imagination en puisant largement dans les principes de la cinématique.

Dans les interrupteurs-horaires de faible puissance, les contacts principaux destinés à la fermeture et à l'ouverture du circuit extérieur sont actionnés directement par la rotation du cadran. Mais on est limité dans cette voie par l'effort à fournir qui se traduit par un effet de freinage sur le mouvement d'horlogerie. Si l'effort demandé dépasse une certaine valeur, l'échappement risque de s'arrêter. Si au contraire la puissance du barillet est augmentée pour vaincre la contrainte momentanée inhérente à l'exécution d'une fonction, cette puissance sera trop grande dans l'intervalle de temps qui sépare deux opérations. L'échappement accélère alors son rythme, il « rebat », d'où marche capricieuse en forte avance. L'effort compatible à la bonne marche étant ainsi limité, la puissance d'enclenchement ou de rupture du contact l'est aussi.

Le servo-moteur a permis de tourner la difficulté en l'utilisant également pour la manœuvre des contacts. Dès lors ce mécanisme peut prendre toute l'extension désirable, il devient multipolaire avec des intensités atteignant, s'il le faut, 100 A et plus sans influencer d'aucune manière la marche de l'horloge. La technique elle-même du contact évolue : du contact

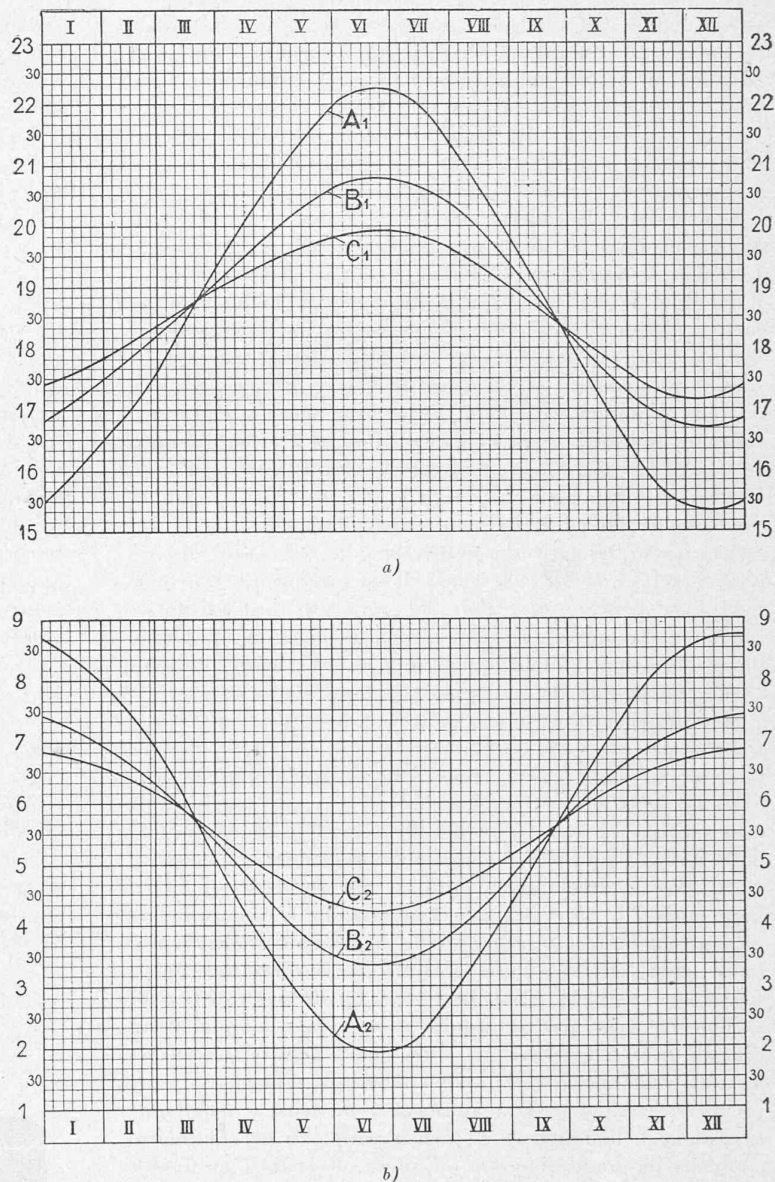


Fig. 14. — Courbes astronomiques pour 3 latitudes différentes.

a) coucher du soleil et heures d'enclenchement.  
 b) lever du soleil et heures d'extinctions.  
 (Clichés Fr. Sauter S. A. Bâle.)

à balais de cuivre on passe au contact tournant à rupture brusque inspiré du courant continu pour aboutir au contact à touche, constitué par des plots d'argent massif pur, à rupture et enclenchement lents. Contrairement à une opinion encore répandue, ces derniers ont très bien supporté l'épreuve pratique, la lenteur même de la rupture permettant l'extinction de l'arc au moment où la sinusoïde de l'intensité du courant passe à zéro.

Le cadran-horaire est un dispositif très simple, chargé d'actionner directement le contact ou de déclencher la manœuvre du servo-moteur. Constitué par un disque plus ou moins grand calé sur l'axe principal du mouvement d'horlogerie, il est gradué en vingt-quatre heures de dix en dix minutes ou de quart en quart d'heures. Il porte à sa périphérie des leviers mobiles réglables à la main aux heures choisies pour exécuter une opération. A ces leviers on peut substituer des chevilles filetées qu'il est possible de visser dans l'un ou l'autre des quarante-huit trous équidistants d'une demi-heure

prévus sur le cadran. Enfin, on trouve aussi un système où le cadran est fixe tandis que le mouvement d'horlogerie entraîne un archet qui accomplit une révolution par jour. L'archet est alors sous tension, il établit un contact électrique sur des chevilles ou des bagues collectrices isolées, celles-ci étant reliées soit directement à un circuit-pilote, soit au mécanisme de commande du servo-moteur.

Ces modèles de cadran sont dits à réglage manuel. Nous avons vu plus haut qu'ils ne conviennent pas à un interrupteur pour éclairage public. Celui-ci doit posséder un cadran muni d'un mécanisme capable de modifier chaque jour les heures d'allumage et d'extinction en fonction de la durée du jour. Or, cette durée est essentiellement variable — sauf sous l'équateur — au cours de l'année et varie selon la latitude d'un lieu considéré. Cette exigence a donné naissance au cadran à correction astronomique à la base duquel se trouve la courbe astronomique des levers et couchers du soleil à l'horizon pour une latitude donnée.

Les figures 14 a) et b) montrent précisément trois de ces courbes pour les latitudes respectives de 60° (Oslo), de 47° (Neuchâtel) et de 37° (Syracuse). Il est intéressant de remarquer que, pour notre région, les longueurs respectives du jour et de la nuit passent approximativement du simple au double. En juin, huit heures de nuit et seize heures de jour, en décembre seize heures de nuit et huit heures de jour.

Mécaniquement, les deux courbes théoriques sont matérialisées par une came à double profil qui accomplit un tour par an (fig. 15). La came montée derrière le cadran horaire entraîne deux leviers mobiles 5 et 8 par un dispositif de bras articulé. Le levier 5 avance de 16 h. 40 le 21 décembre à 20 h. 45 le 21 juin puis rétrograde pour atteindre à nouveau 16 h. 40 le 21 décembre suivant. De son côté le levier 8 chemine entre 7 h. 25 et 3 h. 20. Bien entendu, ces mouvements ne sont pas uniformes, leurs pentes successives devant reproduire aussi fidèlement que possible les courbes théoriques. Le taillage des deux profils doit être exécuté très exactement si l'on ne veut pas introduire des erreurs inadmissibles, celles-ci ne seraient-elles que d'un quart d'heure. Là encore les constructeurs ont eu un souci constant d'améliorer leurs premières créations. C'est ainsi que l'un d'eux a abandonné le système de la double came pour le remplacer par un anneau circulaire de grand diamètre qui porte, de champ, un double

taillage hélicoïdal à pas variable. Les courbes théoriques sont ainsi décomposées en un certain nombre d'éléments hélicoïdaux dont les pentes respectives peuvent être usinées mécaniquement d'une manière très précise (fig. 16).

Le cadran à correction astronomique rend ainsi un immense service aux usagers de l'interrupteur-horaire. Il supprime les modifications continuelles des heures d'allumage et d'extinction qu'il faudrait exécuter manuellement sans lui et n'exige aucune surveillance. Il s'adapte facilement aux conditions géographiques locales — sites encaissés ou dégagés — les deux courbes de base pouvant se déplacer parallèlement à elles-mêmes afin d'avancer ou de retarder le cycle des opérations. Toutefois il ne tient pas compte des conditions atmosphériques variables, temps clair ou journée sombre, lumière diffuse ou orage vespéral.

C'est pourquoi on a essayé de substituer au cadran astronomique la cellule photo-électrique qui, par définition, est sensible à l'éclairement. Mais les essais entrepris n'ont pas donné en pratique les résultats espérés. Il semble que le fonctionnement capricieux de la cellule photo-électrique appliquée à la mesure de l'éclairement diurne provient de contrastes insuffisants à la chute et au lever du jour. Les variations d'éclairement et les courants qui en résultent sont trop faibles pour actionner avec sûreté un mécanisme. De plus, le niveau d'éclairement diurne minimum étant fixé à une valeur de *n* lux, ce seuil de fonctionnement est constant aussi bien en été qu'en hiver. Or, notre œil humain réclame un éclairage plus hâtif lorsqu'il a été ébloui par une lumineuse journée de juin que lorsqu'il n'a été impressionné que par la grisaille d'un jour de décembre.

Quoiqu'il ne soit pas parfait, l'interrupteur-horaire rend de précieux services aux entreprises de distribution d'énergie électrique (fig. 17 et 18).

Néanmoins tout mouvement d'horlogerie présente deux

Fig. 15. — Cadran à correction astronomique.  
5 et 8. Leviers corrigés chaque jour.  
6 et 7. Leviers à heure fixe pour extinction et réalumage dans la nuit.  
9. Cadran annuel.  
10. Etoile à cinq branches commandant la rotation de 9 et le décalage de 5 et 8.  
(Cliché Fr. Sauter S. A. Bâle.)

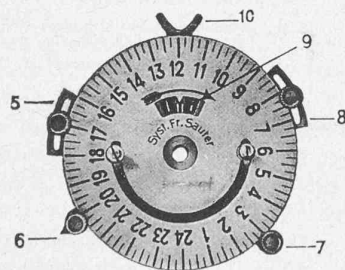


Fig. 16. — Cadran à correction astronomique.  
7 et 8. Couronnes à taillages hélicoïdaux faisant une révolution par année.  
9 et 10. Pignons corrigeant chaque jour les heures d'allumage et d'extinction.  
(Cliché Fr. Ghilmetti S. A., Soleure.)

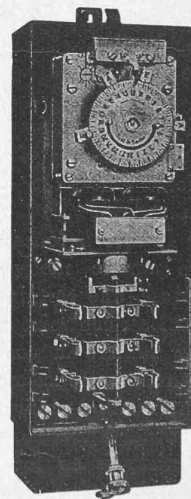
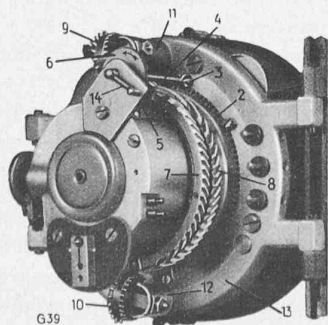


Fig. 17. — Interrupteur-horaire Fr. Sauter, Bâle.

De haut en bas : le mouvement d'horlogerie avec le cadran horaire, le servo-moteur asynchrone, le dispositif de contact tournant tripolaire.

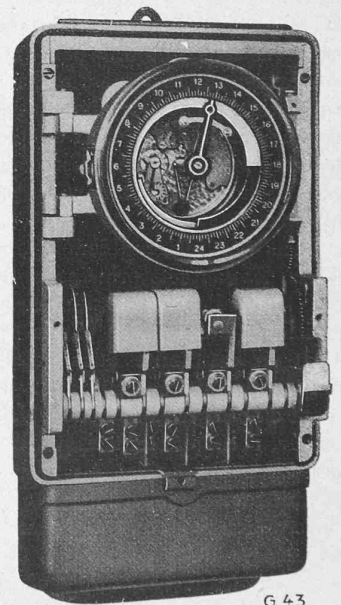


Fig. 18. — Interrupteur-horaire Fr. Ghilmetti & C<sup>ie</sup>, Soleure.

En haut : le grand cadran fixe avec ses bagues de commande et l'archet rotatif, au fond le mouvement d'horlogerie. En dessous : le dispositif de contact tétrapolaire (contact à touche en argent) avec pare-étincelle. A l'intérieur du cylindre se trouve le servo-moteur relié aux engrenages visibles à droite.



défauts au point de vue de l'exploitation. Nul mouvement n'échappe à ses ennemis de toujours, les variations de température et de pression, la poussière, l'humidité. A plus forte raison ces facteurs sont-ils nocifs pour des appareils placés dans des conditions locales le plus souvent mauvaises. Puis, l'horloge est individualiste par définition. Deux appareils de série réglés minutieusement n'auront jamais la même marche en pratique. Les manœuvres qu'ils seront chargés d'accomplir à la même heure, se produiront avec des écarts relatifs augmentant progressivement avec le temps. Cet inconvénient est inadmissible pour les opérations d'éclairage, l'allumage et l'extinction provoqués selon la fantaisie des retardés et des avances donnent, non seulement une impression de désordre voire de gaspillage, mais suscitent de nombreuses réclamations de la part du public. Le système de commande par interrupteur-horaire requiert une surveillance constante et des mises à l'heure continuelles. Au surplus, si des facteurs imprévus viennent troubler le programme habituel (obscurcissement, heure d'été), il faut procéder à un réglage de tous les appareils répandus sur le réseau. Pour peu que celui-ci soit étendu l'entretien du parc des interrupteurs-horaires d'éclairage public représente une grosse somme de travail sans donner en contrepartie, un résultat pleinement satisfaisant.

Afin de neutraliser les écarts de marche on pourrait imaginer de recourir aux horloges synchrones dont le mouvement d'horlogerie est remplacé par un moteur synchrone jouant le double rôle d'organe moteur et de régulateur. Toutefois cette conception est toute théorique car elle implique une fréquence constante — ce qui n'est pas toujours le cas — et n'admet aucune interruption de fourniture, qu'elle soit accidentelle ou motivée par des travaux. Certains constructeurs ont créé une horloge mixte qui fonctionne en temps normal par moteur synchrone et en cas de panne par mouvement d'horlogerie avec réserve de marche de quelques heures. Cette solution est plus ingénieuse qu'efficace, elle consiste surtout à mettre deux inconvénients dans un seul boîtier, car l'échappement mis trop peu souvent à contribution reste « collé » au moment où il devrait se mettre en marche.

Tous ces éléments défavorables, rigidité du cadran astronomique, réglages et mise à l'heure des appareils, changement de programme, devait conduire à la recherche de solutions plus satisfaisantes. L'idéal étant de pouvoir agir à partir d'un point central sur l'ensemble des appareils installés. Différentes solutions existent actuellement, elles sont plus ou moins coûteuses et plus ou moins compliquées. Leur étude dépasserait le cadre de cet article, nous nous arrêterons au système de télécommande installé sur le réseau des Services industriels de Genève.

*Télécommande par système Actadis,*

Ce système créé et mis au point par la Compagnie des compteurs à Montrouge près Paris est exploité depuis une quinzaine d'années sous le nom d'Action à distance, en

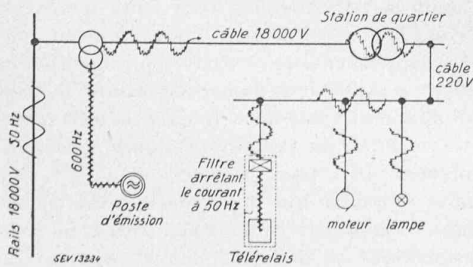


Fig. 19. — Principe du système Actadis.

abrégé Actadis. Il consiste à injecter dans les canalisations existantes des courants à fréquence musicale. Ces courants se superposent au courant industriel à 50 Hz et sont recueillis par des récepteurs adéquats.

Soulignons trois caractéristiques essentielles du procédé : il utilise les conducteurs du réseau pour y véhiculer ses émissions et se passe par conséquent de prises de terre ou de conducteur spécial ; l'émission traverse les transformateurs existants, elle peut donc avoir lieu directement du centre d'exploitation sur les lignes à haute tension ; l'injection du courant musical se fait « en série » ce qui supprime tout affaiblissement dans l'espace et tout appareillage de blocage électrique même dans les cas d'interconnexions avec des réseaux voisins.

L'installation comporte en substance une source d'énergie à fréquences musicales, un ou plusieurs organes de liaison entre cette source et le réseau principal, puis un certain nombre d'appareils récepteurs. Le schéma de principe est donné par la figure 19, sur laquelle on a représenté les barres 18 kV du centre de répartition, un départ par câble aboutissant à un transformateur de quartier qui abaisse la tension à 220 V, le réseau basse tension alimentant lampes, moteurs, etc. Le poste d'émission fournit, dans l'exemple choisi, un courant à 600 Hz. Il attaque par un transformateur série le câble 18 kV, traverse le transformateur de quartier et pénètre dans le réseau basse tension où il atteint un relais récepteur. La figure 20 montre en détail la superposition des deux courants relevée à l'oscillographe.

Le poste d'émission comprend deux jeux de quatre machines accouplées deux à deux (fig. 21), l'un des jeux servant de

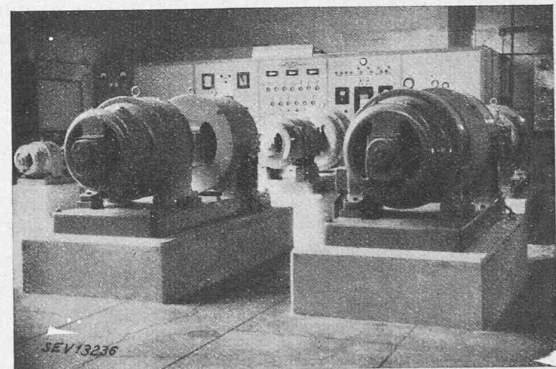


Fig. 21. — Poste d'émission.

Au premier plan groupes convertisseurs ; à l'arrière-plan tableau de commande.

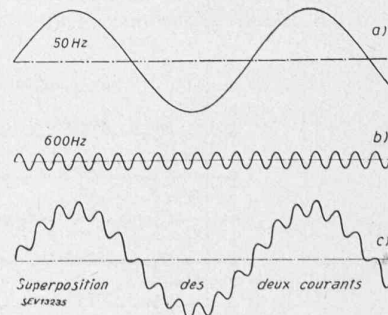


Fig. 20. — Superposition du courant industriel et du courant musical.

- a) courant à 50 Hz,
- b) courant de commande à 600 Hz,
- c) superposition des deux courants.



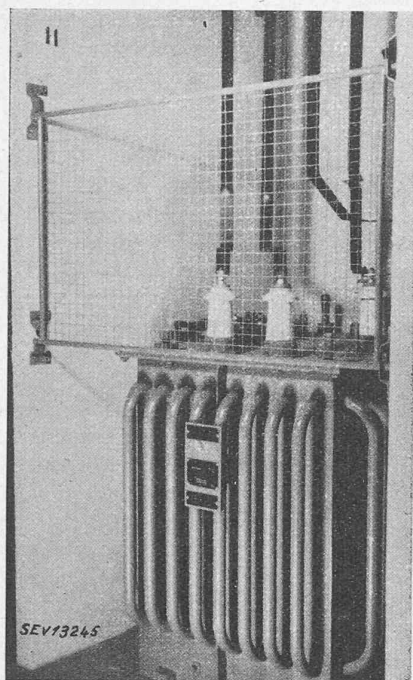


Fig. 22. — Transformateur d'injection.

réserve. Un groupe convertisseur moteur triphasé-dynamo shunt alimente à tension constante le moteur shunt du deuxième groupe. Celui-ci peut fournir la puissance nécessaire quel que soit le régime des vitesses imposées entre 1200 et 2730 tours/minute. Il entraîne l'alternateur triphasé 50 kW, 1000 V, 40 pôles, générateur d'énergie à fréquences musicales comprises entre 400 et 910 Hz.

Le poste d'émission se complète par un tableau de commande visible à l'arrière-plan de la figure 21. Il comporte la mise en marche — sous forme de treize boutons-poussoirs correspondant aux treize fréquences qu'il est possible d'émettre — des appareils de mesure, voltmètre, ampèremètres, des appareils de contrôle et d'asservissement, relais de fréquence et de tension d'émission, etc. Un distributeur motorisé à dix cames répartit successivement l'émission sur dix secteurs correspondant aux départs haute tension, pris isolément ou deux à deux.

La superposition du courant musical au courant industriel à 50 Hz s'accomplit dans un transformateur d'injection dont le primaire est monté en série sur la ligne à haute tension et le secondaire raccordé à l'alternateur. La figure 22 montre trois transformateurs monophasés placés dans une cuve commune pour en réduire l'encombrement ; la figure 23

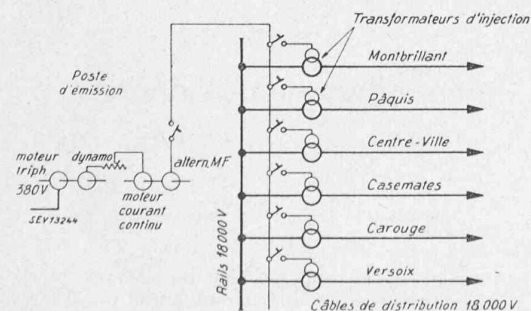


Fig. 23. — Schéma de principe de l'injection successive sur les différents départs.

représente schématiquement l'injection successive sur différents départs. Des condensateurs de filtrage et de compensation sont branchés entre alternateur et transformateur, la mise « en » et « hors circuit » de tout cet appareillage étant assurée par des contacteurs commandés par le tableau.

L'appareil récepteur ou télérelais se raccorde au réseau basse tension au point d'utilisation. Sa caractéristique essentielle est d'être indifférent au courant industriel et sensible à deux des fréquences musicales émises. Son rôle est de transformer l'énergie musicale qu'il reçoit en énergie mécanique capable d'actionner un contact. Il se compose de trois organes distincts : le circuit électrique, les lames vibrantes et le mécanisme démultiplicateur (fig. 24).

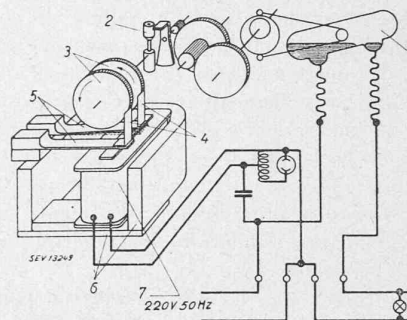


Fig. 24. — Schéma du télérelais récepteur.

- 1. Interrupteur à mercure.
- 2. Dispositif centrifuge.
- 3 et 4. Rochets et cliquets.
- 5. Lames vibrantes.
- 6. Aimant permanent.
- 7. Bobine d'excitation.

Le circuit électrique comprend un condensateur monté en série avec un électro-aimant à fer lamellé, le tout étant branché aux bornes du réseau 220 V, 50 Hz. En parallèle sur l'électro-aimant, un autotransformateur alimente une lampe au néon.

Les lames vibrantes, au nombre de deux par appareil, sont constituées par des lames d'acier spécial, de longueur et de section déterminées. Elles ont une fréquence propre correspondant à l'une des fréquences et sont polarisées par le champ d'un aimant permanent. A leur extrémité est fixé une lamelle d'acier à ressort qui, jouant le rôle de cliquet, s'appuie légèrement sur une roue à rochet. Le mouvement alternatif de la lame vibrante est ainsi transformé en mouvement circulaire. La rotation est transmise à travers un dispositif centrifuge à des rouages démultiplicateurs dont le dernier provoque la fermeture ou l'ouverture du circuit principal au moyen d'un tube à mercure.

Chaque télérelais possède ainsi deux lampes vibrantes — et deux roues à rochet — répondant à deux fréquences distinctes, l'une étant chargée d'accomplir une opération, l'autre de la défaire. Ces deux fonctions agissent par un mécanisme commun capable de les différencier.

En l'absence d'émission, le télérelais absorbe à 50 Hz un courant capacitif déterminé par la capacité du condensateur, courant dont la pulsation est trop lente pour agir sur la résonance des lames. Au moment d'une émission, une tension « musicale » supplémentaire se trouve en présence d'un circuit accordé flou, à faible impédance, favorisant le passage des courants « musicaux » aux deux fréquences affectées à l'appareil. Cette variation du rapport réactance/capacitance constitue le premier filtre, assez grossier.

Les lames vibrantes qui fonctionnent exactement comme un diapason constituent le deuxième filtre. Soumises à un champ magnétique de fréquence donnée, dès que la modulation correspondra à sa fréquence propre, une des lames entrera

en résonance tandis que sa voisine restera parfaitement indifférente. Un deuxième accord plus aigu est réalisé : les lames sélectionnant les différentes fréquences émises.

Cependant si la syntonie d'une lame est quelque chose de très pointu, il n'est pas moins vrai qu'elle sera sollicitée déjà par des fréquences voisines. L'amplitude de vibration sera plus faible mais elle peut être suffisante pour entraîner la roue à rochet. C'est ici qu'intervient l'ingénieux dispositif à action centrifuge. Pour qu'il joue son rôle d'embrayage il faut que la roue à rochet tourne à une vitesse suffisante. Cela implique une amplitude suffisante de la lame, c'est-à-dire une vibration sinon syntonisée du moins très proche de la résonance exacte. Ce troisième filtre fixe ainsi les limites de sélectivité ou, en définitive, d'action de chaque lame.

La lampe au néon dont le rôle est de s'amorcer à une certaine tension musicale absorbe les excédents d'énergie pour ne pas fatiguer le mécanisme par une vibration exagérée. Le télérelais ainsi constitué forme un tout, un bloc, monté sur un socle en matière moulée. Ce bloc se place dans un boîtier de même matière pour former un appareil complet (fig. 25).

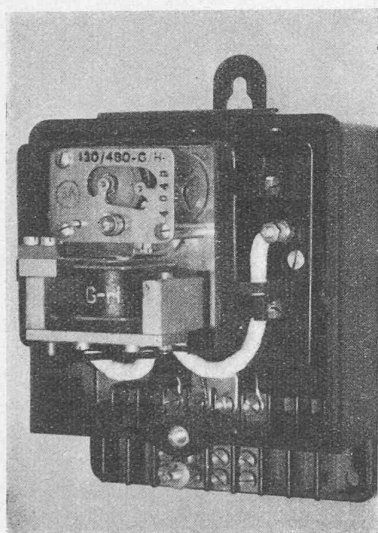


Fig. 25. — Télérelais monté dans son boîtier.

Pour obtenir la sécurité de fonctionnement indispensable sur l'ensemble du réseau, il faut observer les conditions suivantes :

La puissance d'émission doit être de l'ordre de 3<sup>0</sup>/<sub>100</sub> de la puissance industrielle. Mais comme l'ensemble du réseau est divisé en dix secteurs actionnés successivement, la puissance d'injection se ramène à 3<sup>0</sup>/<sub>100</sub> de la puissance d'un secteur. D'où il résulte qu'une machine de 50 kW suffit tout en assurant largement l'avenir.

L'émission n'a pas lieu à une fréquence constante mais avec un balayage de  $\pm 0,5\%$  autour de la fréquence nominale afin de tenir compte des petites tolérances de fabrication et du vieillissement des appareils récepteurs ou régulateurs.

La tension musicale recueillie sur le réseau basse tension est alors de l'ordre de 3% de la tension nominale, soit 6,5 à 7 V sur un réseau à 220 V, mais le télérelais fonctionne encore parfaitement avec le 50% de cette valeur.

Il va de soi que l'installation de télécommande n'a pas été édifiée uniquement pour commander l'éclairage public. Elle se charge aussi des manœuvres d'enclenchement et de déclenchement des chauffe-eau ainsi que de la commutation quoti-

dienne des tarifs. Mise en service le 3 avril 1944, elle fonctionne à satisfaction depuis bientôt trois ans.

En ce qui concerne l'éclairage public, les interrupteurs-horaires ont été remplacés systématiquement par des télérelais. Actuellement, à l'exception de petits secteurs encore alimentés à 125 V tout l'éclairage public de la ville et du canton de Genève est télécommandé. Les télérelais enclenchent ou coupent leur groupe de lampes tandis que les interrupteurs à distance achèvent l'opération en cascade dans leurs tronçons respectifs. L'interrupteur à distance (fig. 11) est un simple contacteur motorisé à faible consommation par opposition aux contacteurs électro-magnétiques. A côté de son fonctionnement automatique il peut être manœuvré à la main dans le but de permettre le contrôle des lampes pendant la journée.

L'appareillage étant complètement automatique il suffit, pour faire une émission, d'appuyer sur le bouton correspondant à la fréquence désirée. L'injection par câbles dure 25 secondes si bien qu'une émission complète est transmise en 5 minutes. Il est donc possible en ce court laps de temps d'allumer ou d'éteindre tout l'éclairage public à l'heure qui convient, cette convenance pouvant tenir compte des facteurs astronomiques, atmosphériques, voire économiques (restrictions) ou militaires (obscurcissement). Inutile de souligner la souplesse et l'élégance du procédé.

\* \* \*

Arrivé au terme de cet exposé, le lecteur sera convaincu, du moins nous l'espérons, que l'éclairage des voies publiques, conçu et réalisé selon les exigences actuelles, fait appel aux plus récentes applications de la technique, qu'il s'agisse de construction, de photométrie ou d'exploitation. Or ces installations très exposées aux intempéries, sont soumises à une fatigue rapide. De temps en temps un fusible saute, un luminaire rompt son fil d'alimentation, un appareil reste bloqué par le froid... Il faut beaucoup de soins pour assurer un service qui doit tendre à la perfection.

La nuit tombe...

Une lampe reste éteinte...

Protestations !

Grandeur et servitude de l'éclairage public.

Genève, le 27 mars 1947.

P.-S. — Nous remercions ici : Lampes Philips S. A., à Genève ; Fr. Sauter, Bâle, Bureau technique de Genève ; Fr. Ghelmetti & C<sup>ie</sup>, Soleure ; Landis & Gyr, Zoug, qui nous ont autorisé à reproduire leurs documents ou qui nous ont obligeamment prêté leurs clichés.

D. B.

## ASSOCIATION AMICALE DES ANCIENS ÈLÈVES DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE LAUSANNE

### Rapport du comité sur l'exercice 1946

présenté à l'Assemblée générale du 7 juin à Lausanne  
par M. A. Robert, ingénieur, président.

L'exercice écoulé a été marqué par diverses manifestations et en particulier par des rencontres avec nos camarades de France. Nous sommes donc revenus aux temps d'autrefois ; les années terribles sont déjà du passé et si l'avenir n'est point encore très rassurant, nous espérons que les hommes