

figure 35 qui a trait à un brevet français pris récemment par M. A. Buck.

Le courant passant par l'appareil lorsque le circuit est fermé doit être assez faible pour ne pas échauffer sensiblement les lames qui sans cela ne se sépareraient à nouveau que pour une température de la masse accumulante bien inférieure à celle pour laquelle l'appareil aurait été réglé.

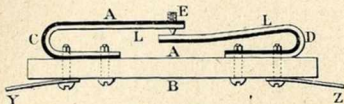


FIGURE 35.

Thermostat à sensibilité renforcée système A. Buck.

Un système de fermeture brusque, rigoureuse, du circuit par thermostat a été donnée par M. J. Harvey qui compose son appareil de deux thermostats en série. Le premier prend la température de la masse, et, par un système de leviers transmet sa dilatation à un contact électrique qui envoie le courant dans un thermostat dit secondaire dont la dilatation fait déclencher l'interrupteur automatique. Grâce à cette disposition, le premier thermostat peut se trouver à une température très voisine de la température limite sans que le thermostat secondaire entre lui-même en action ; quand le circuit se ferme sur le thermostat secondaire, celui-ci se trouve élevé en quelques secondes à une température bien supérieure à la température du thermostat primaire, le déclenchement de l'automatique sera bien plus immédiat et d'autre part toute fermeture prématurée ou accidentelle est évitée.

Ces appareils servent donc pour le réglage des accumulateurs en fonction de la température intérieure. En fonction du temps le réglage se fait naturellement au moyen de mouvements d'horlogerie. La Compagnie des Compteurs, les Maisons Sauter, Ghilmetti, Mascarini et autres ont donné des solutions intéressantes du problème.

L'allumeur-extincteur de la Compagnie des Compteurs est bien connu. Il se compose d'une horloge qui commande au moyen de deux cames C (fig. 36) faisant un tour en 24 heures, l'enclenchement et le déclenchement d'un interrupteur. Ces cames sont munies d'une encoche

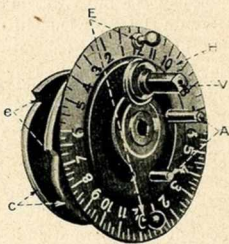
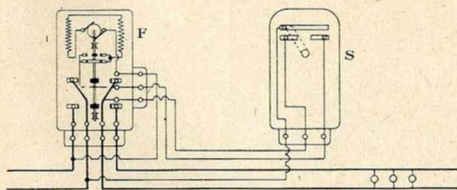
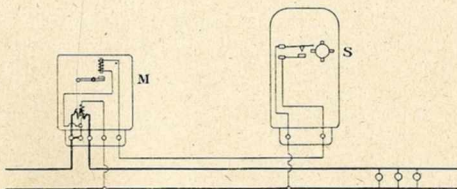
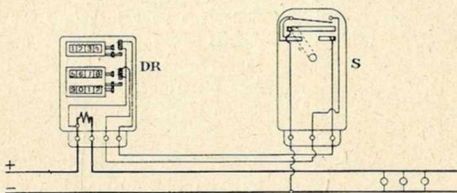
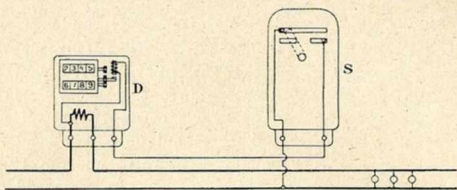


FIGURE 36.

Allumeur-extincteur automatique.
Détails du mécanisme.

CHAUFFAGE DES IMMEUBLES



FIGURES 37, 38, 39, 40.

Interrupteur commutateur horaire pour compteur à tarif double.

Interrupteur commutateur horaire pour compteur à tarif triple.

Interrupteur commutateur horaire pour compteur à maximum.

Interrupteur commutateur horaire pour commande de coupleur à distance.

et de deux index A qui permettent de les manœuvrer indépendamment du cadran. Sur leurs tranches appuient deux leviers L pivotant sur axe

et rappelés par ressort à boudin. Les encoches sont décalées à la main de l'angle correspondant au nombre d'heures qui doivent s'écouler entre une fermeture et une ouverture. Le fonctionnement se comprend de lui-même.

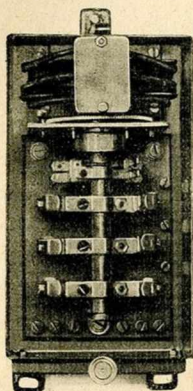


FIGURE 41.
Vue d'un coupleur à stance système Sauter.

Ces appareils sont construits normalement pour jusqu'à 1.250 watts, ce qui est bien inférieur aux puissances normalement usitées en chauffage électrique. Leur champ d'application est donc très limité.

La Maison Sauter construit toute une série d'appareils répondant à des buts les plus divers, par exemple : interrupteurs, commutateurs horaires, à échappement, à pendule ou à balancier, remontage à main ou automatique par moteur, pour commande de compteurs double, triple tarif,

compteurs à maxima, coupleurs à distance actionnés par moteur.

Les figures 37 à 40 reproduisent les schémas de connexions entre un interrupteur commutateur horaire à pendule S et respectivement un compteur à tarif double, un compteur à tarif triple, un compteur à indication de maximum, un coupleur à distance. On obtient avec cet appareil, 2, 3, 4 commutations par vingt-quatre heures suivant le cas, pour les deux premiers compteurs et le coupleur, et de 1 à 6 commutations par heure pour l'indicateur de maximum.

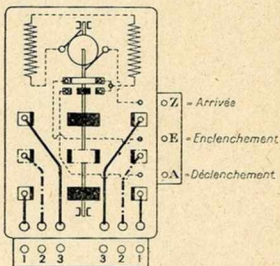


FIGURE 42.
Coupleur à distance. Schéma des connexions.

Une seconde série d'interrupteurs horaires permet d'actionner à la fois deux appareils différents tels que ci-dessus.

Le coupleur à distance est représenté séparément (fig. 41). Le

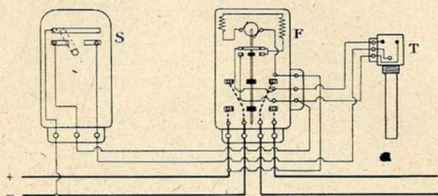


FIGURE 43.

Coupleur F commandé par un commutateur horaire S servant comme limiteur de courant pour une installation d'eau chaude et par un régulateur de température T monté sur l'accumulateur.

schéma de ses connexions est donné (fig. 42). La figure 43 représente enfin cet appareil en circuit avec un commutateur horaire servant à faire passer le courant uniquement de telle heure à telle heure et avec un thermostat régulateur de température monté sur un accu-

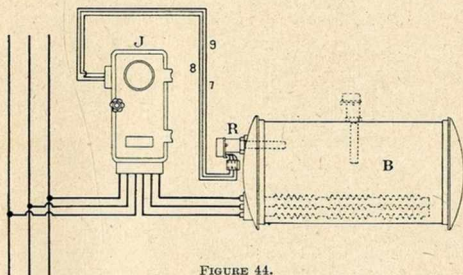


FIGURE 44.

Montage d'un Thermostat et d'un Interrupteur horaire automatique, système Ghielemett.

mulateur à eau chaude par exemple. Tant que l'énergie à prix réduit est mise à la disposition de l'abonné, le courant passe si le régulateur de température le demande, et au contraire ne passe pas si le réservoir est plein d'eau à la température voulue.

La Maison Ghilmetti fabrique des appareils analogues, soit l'inter-rupteur automatique à réglage de température seul, soit l'interupteur automatique de réglage complexe, temps et température. La figure 44

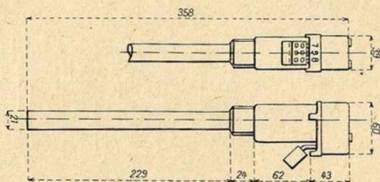


FIGURE 45.

Croquis d'encombrement du Thermostat.

représente le schéma de montage de ces appareils sur une installation à eau chaude. R est le thermostat qui commande l'ouverture de

l'automatique I par la fermeture du circuit 8-9 et la fermeture de I par la fermeture de 7-9, pour une variation de 1,5 degré seulement. Les figures 45 et 46 donnent les dimensions principales de l'interupteur et du thermostat.

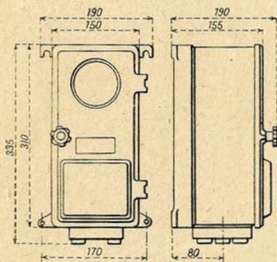


FIGURE 46.

Croquis d'encombrement de l'Interupteur.

nements très détaillés et auquel nous renvoyons le lecteur que cette question intéresserait.

Chauffages mixtes, électriques, — eau chaude, vapeur. — Ces nouvelles installations, spéciales aux immeubles ayant déjà le chauffage central forment la transition entre les installations de chauffage domestique par accumulation et les grosses installations industrielles dont nous nous occuperons au chapitre suivant.

Les chaufferies, tuyauteries, radiateurs d'une installation à eau chaude ou vapeur moderne représentent actuellement une telle immobilisation qu'il ne peut être question de les abandonner purement et simplement pour les remplacer par le chauffage électrique direct. Chaque cas est une espèce et demande à être examiné séparément en tenant compte de la valeur non amortie de l'installation, des frais annuels d'entretien, d'achat et manutention des combustibles et autres matières consommables, main-d'œuvre, du rendement colorique actuel de l'installation, et d'autre part des frais à prévoir d'installation, entretien, achat de courant pour l'installation électrique projetée. L'ingénieur prouverait-il surabondamment au propriétaire que l'installation eau chaude ou vapeur sera plus onéreuse au bout de quelque temps que de la remplacer de suite par une autre purement électrique, il aura beaucoup plus de chances de lui faire accepter une solution mixte qu'une solution radicale comportant un renouvellement complet d'installation. C'est de cette idée que sont partis tous les constructeurs d'appareils mixtes, ingénieux mais bien compliqués souvent, où l'énergie électrique : ou bien est substituée purement et simplement au chauffage au charbon, ou bien ne se substitue au chauffage au charbon qu'aux heures où le courant est bon marché, mais peut également lui venir en aide aux heures à tarif fort, en cas de besoin, automatiquement ou non.

Plusieurs procédés sont applicables :

On peut électrifier directement la chaudière à charbon actuelle en remplaçant la grille par une plaque supportant un corps de chauffe résistant en fonte et en bouchant tous orifices d'air.

On peut, si l'on dispose de plusieurs chaudières en parallèle, électrifier de cette façon un certain nombre, les autres restant au charbon. Dans ce cas le partage sera fait, en tenant compte de ce que toute l'eau de la circulation devra être portée à température limite maxima, au cours des heures de fonctionnement à l'électricité. Il pourra donc être

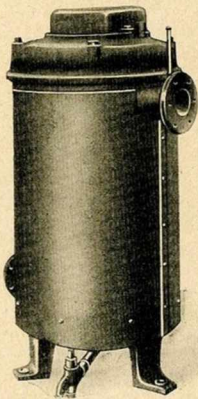


FIGURE 47.
 Vue d'une chaudière Oerlikon à circulation d'eau.

nécessaire d'ajouter quelques ballons réservoirs à eau chaude qui mettront en réserve les calories et ne les restitueront qu'au fur et à mesure des besoins, l'eau chaude se mélangeant petit à petit avec l'eau de circulation qui rentre peu à peu dans les ballons par le fond.

Les chaudières maintenues au charbon ne serviront alors qu'à compenser les pertes par 24 heures, supérieures à la limite que représentent précisément les calories emmagasinées électriquement.

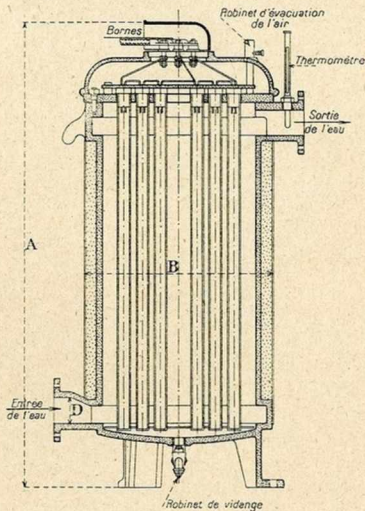


FIGURE 48.

Coupe d'une chaudière Oerlikon à circulation d'eau, type 100 K. W.

Les grandes maisons suisses et américaines ont donné diverses solutions du problème que nous citerons rapidement.

La Société Oerlikon construit des chaudières électriques à corps de chauffe plongeant dans l'eau dont il est isolé électriquement. La puissance varie de 10 à 300 K.W. sous 500 volts au maximum. Cela correspond à une capacité de 15 à 500 litres. La quantité d'eau portée de 20° à 80° centigrades par heure est d'environ 13 litres par K.W. de puissance. La figure 47 donne une vue d'une telle chaudière ; la

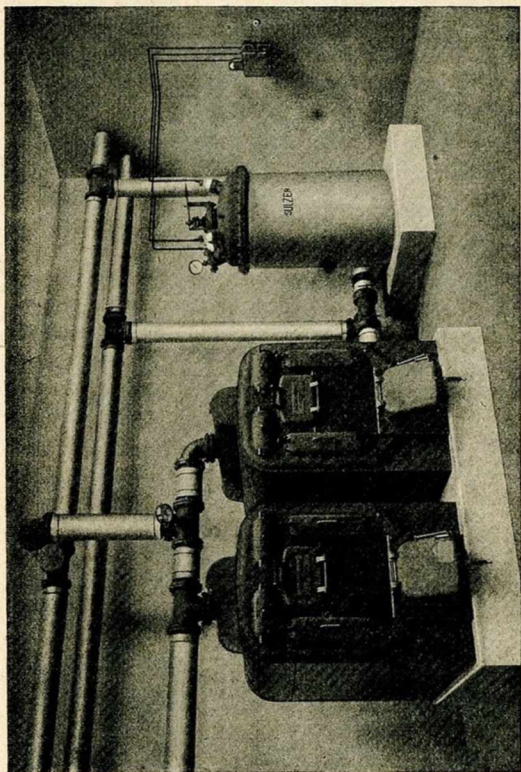


FIGURE 48 bis.

Chaudière électrique à électrodes en parallèle avec 2 chaudières au charbon pour chauffage central type Sulzer.

figure 48, une coupe verticale du type 100 K.W. dont les dimensions principales sont : $A = 1,78$; $B = 0,534$; contenant 124 litres et pouvant en échauffer 1.350 à l'heure, de 20° à 80° .

Ces chaudières peuvent donc remplacer des chaudières de chauffage central au charbon, et elles peuvent être mises également en parallèle avec elles. Dans ce cas un ballon supplémentaire ou « boiler » est ajouté pour servir d'accumulateur comme expliqué plus haut. La figure 49

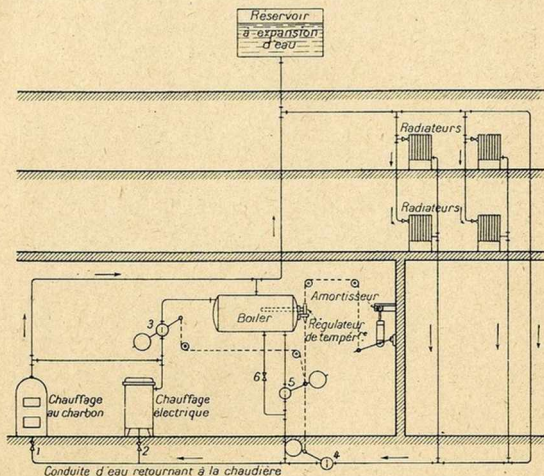


FIGURE 49.

Chauffage central mixte avec chaudière à charbon, chaudière électrique à circulation et boiler séparé (Oerlikon).

représente un schéma d'installation type figurant sur les catalogues de cette firme, accompagné de la notice suivante :

Pendant la première moitié de la nuit l'eau du boiler est chauffée; dans les radiateurs on laisse circuler seulement un peu d'eau chaude pour empêcher qu'ils gèlent (2, 3, 5 ouverts, 4 partiellement ouvert).

Aussitôt que vers le matin la température du boiler s'est élevée à 90° C, la circulation change automatiquement, de façon que l'eau chaude coule directement dans les radiateurs et non dans le boiler (3, 5 fermés, 2, 4 ouverts).

CHAUFFAGE DES IMMEUBLES

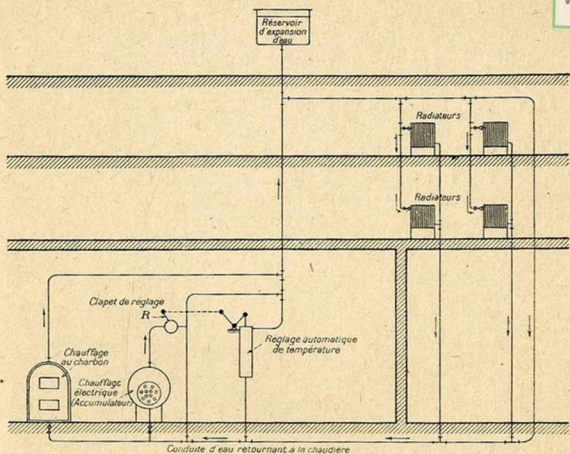
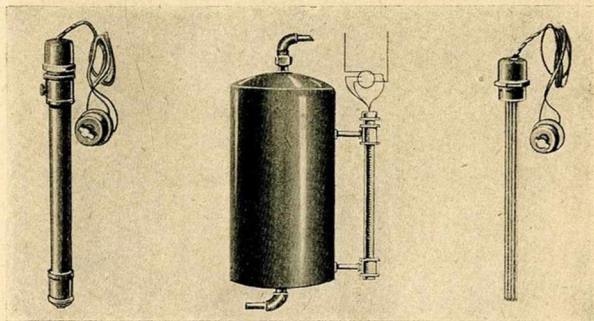


FIGURE 50.

Chauffage central mixte avec chaudière à charbon et chaudière électrique à accumulation (Oerlikon).



FIGURES 51, 52, 53.

Générateur d'eau chaude à circulation, type Westinghouse. Vues du générateur monté, du générateur démonté, du générateur installé sur un réservoir à eau chaude.

LE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE ACTUEL

Pendant la matinée le chauffage se fait par l'eau chaude accumulée dans le boiler, le courant électrique étant interrompu (en ouvrant n° 6 et fermant n° 2).

La commutation du chauffage du boiler en chauffage direct pendant la nuit se fait tout à fait automatiquement.

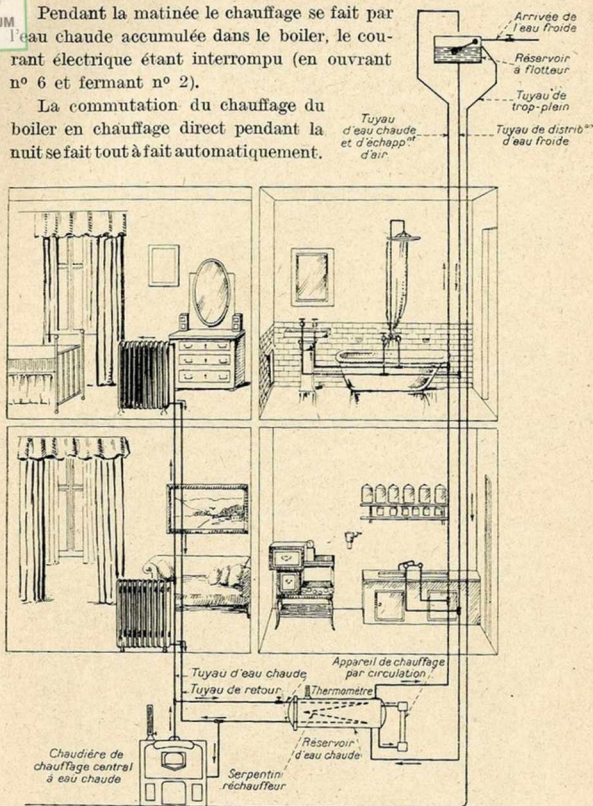


FIGURE 51.

Shéma d'une installation-type, mixte électrique et charbon pour eau chaude. Système Westinghouse

Un autre système consiste à mettre en parallèle avec la chaudière au charbon un ballon réservoir aménagé lui-même en chaudière électrique. La figure 50 représente une installation de ce genre. En ouvrant

ou en fermant le clapet automatique de réglage R, la circulation d'eau chaude est réglée de façon à ce que par le mélange de l'eau chaude du

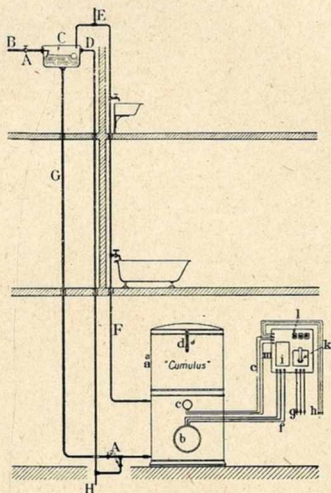


FIGURE 55.

Installation d'un accumulateur à eau chaude Cumulus avec réservoir à flotteur — Sauter.

TUYAUTERIE:

- A = Robinet
B = Conduite d'amenée
C = Réservoir à moteur
D = Tuyau de trop plein
E = Tuyau d'expansion
F = Conduite à eau chaude
G = Conduite à eau froide
H = Tuyau de vidange.

APPAREILS ÉLECTRIQUES:

- a = Accumulateur à eau chaude « CUMULUS »
b = Corps de chauffe
c = Régulateur de température
d = Thermomètre de contrôle
e = Conduite électrique pour l'interrupteur automatique
f = " " " l'alimentation du corps de chauffe
g = " " " venant du compteur
h = " " " de l'interrupteur horaire
i = Interrupteur automatique
k = Interrupteur à main
l = Coupe-circuits
m = Tableau.

boiler avec l'eau refroidie retournant des radiateurs on obtienne dans ceux-ci une température constante.

La Maison Sulzer construit également des chaudières électriques verticales à circulation du type à électrodes fixes et diaphragmes

mobiles (voir page 33). La figure 48 *bis* représente une de ces chaudières en parallèle avec deux chaudières de chauffage central au charbon.

La Maison Westinghouse construit des générateurs d'eau chaude de forme tubulaire qu'on peut adapter sur une chaudière existante ou sur un réservoir accumulateur quelconque.

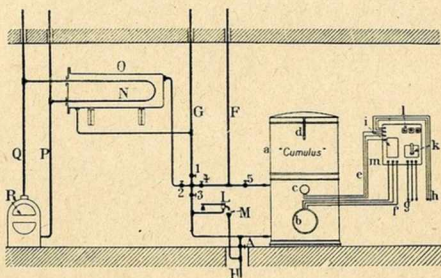


FIGURE 56.

Installation d'un accumulateur combiné avec chauffage central — Sauter.

TUYAUTERIE

- A = Robinet
- F = Conduite à eau chaude
- G = Conduite à eau froide
- H = Tuyau de vidange
- L = Soupape de sûreté
- M = Entonnoir d'égoutement
- N = Serpentins
- O = Réchauffeur
- P = Conduite de retour
- Q = Conduite allant aux radiateurs
- R = Chaudière de chauffage central

APPAREILS ÉLECTRIQUES

- a = Accumulateur à eau chaude « CUMULUS »
- b = Corps de chauffe
- c = Régulateur de température
- d = Thermomètre de contrôle
- e = Conduite électrique pour l'interrupteur automatique
- f = " " " l'alimentation du corps de chauffe
- g = " " venant du compteur
- h = " " de l'interrupteur horaire
- i = Interrupteur automatique
- k = Interrupteur à main
- l = Coupe-circuits
- m = Tableau.

Accumulateur hors de service : Soupapes 1, 3 et 5 fermées ; 2 et 4 ouvertes.

Réchauffeur en fonction : Soupapes 1 et 4 fermées ; 2, 3 et 5 ouvertes.

Réchauffeur hors de service : Soupapes 2 et 4 fermées ; 1, 3 et 5 ouvertes.

La figure 51 représente un tel générateur ; la figure 52 le corps de chauffe, enveloppe enlevée ; et la figure 53, le schéma d'installation de l'appareil en parallèle sur un réservoir avec le circuit eau froide-eau chaude.

La gravure (fig. 54) représente une installation mixte-type, comprenant chaudière à charbon branchée directement sur le circuit chauff-

fage avec dérivation sur un serpentin noyé dans le boiler. C'est sur le dernier qu'est monté le générateur d'eau chaude alimenté par l'eau de la ville au moyen du réservoir à flotteur supérieur, et d'où part la

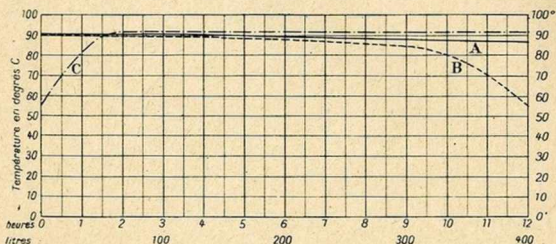


FIGURE 57.

Diagramme d'essais d'un Accumulateur à eau chaude Cumulus de la maison Sauter.

canalisation d'eau chaude de consommation. On imagine facilement les diverses combinaisons auxquelles cette disposition permet de se livrer suivant les horaires et les tarifs correspondants auxquels le courant est fourni, et les besoins en chauffage et en eau chaude. Le boiler sert d'échangeur pour les excès de chaleur disponibles à chaque instant dans l'un ou l'autre circuit et emmagasine le surplus des besoins.

Chauffe-bains. — A côté de ces grands services généraux d'eau chaude à l'usage de tout un immeuble et dont le grand défaut est de désavantager une bonne moitié des locataires au profit de l'autre moitié suivant qu'ils habitent les étages supérieurs ou inférieurs et que la circulation se fait par le bas ou par le haut — sans parler même d'inattention ou de malveillance de la part des préposés à ce service — nous tenons précisément à signaler les appareils de production d'eau chaude, construits par

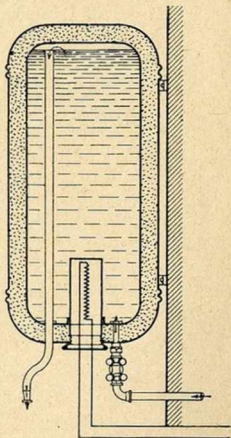


FIGURE 58.

Appareil Therme à eau chaude.
Coupe.



LE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE ACTUEL

certaines Maisons en vue du service d'un seul appartement pour baign, toilette, cuisine, etc...

Le type de ces appareils est l'appareil de la Maison Sauter dont les

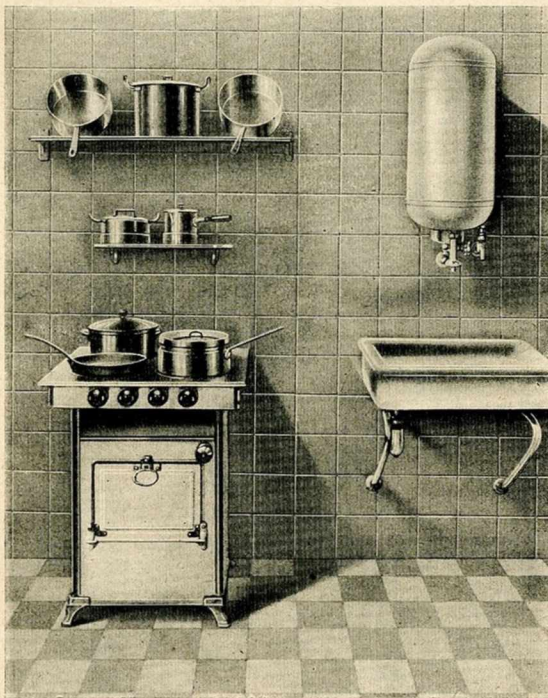


FIGURE 59.

Appareil à eau chaude en service dans une cuisine électrique.

figures 55 et 56 donnent deux schémas d'installation avec légendes explicatives.

Cet appareil est basé exactement sur le même principe d'accumu-

lation de la chaleur aux heures où le courant est bon marché, que les poêles à accumulation. Il chauffe l'eau à 90° et la conserve très longtemps à cette température, grâce à son calorifugeage. La figure 57 représente le diagramme d'essais d'un de ces appareils. La courbe A représente la diminution de température pendant une durée de douze

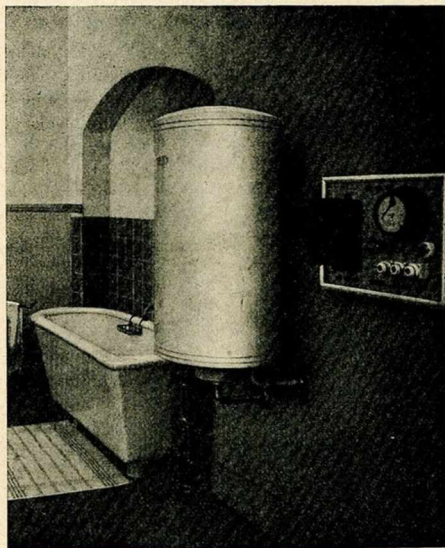


FIGURE 59 bis.

Accumulateur électrique d'eau chaude pour la toilette avec son appareillage automatique type Sulzer.

heures, sans qu'il y ait eu écoulement d'eau. La chute est de 3° environ.

La courbe B montre la chute de température pour un écoulement d'eau de 33,3 litres par heure, sur un appareil de 400 litres.

La courbe C indique la répartition de la chaleur dans le liquide en remontant du fond à la surface. Sur 400 litres au total, les 66 du

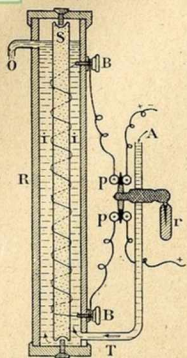


FIGURE 60.

Appareil Sinbille
pour chauffage
instantané de l'eau.

fond ont une température qui varie de 54° à 90°. Tout le reste dépasse 90°.

Les Maisons Therma et Sauter fabriquent des appareils destinés à fournir de petites quantités d'eau chaude pour la toilette.

La figure 58 représente la coupe d'un appareil Therma pouvant absorber jusqu'à 400 watts et contenant 40 litres d'eau. Il peut en échauffer de 60 à 70 litres à 90° par 24 heures. La figure 59 représente cet appareil installé dans une cuisine électrique dans un appartement moyen, et la figure 59 bis un accumulateur type Sulzer installé dans une salle de bains.

D'autres appareils tels que l'appareil français E. Seinbille utilisent directement l'eau ou un fil résistant plongé dans l'eau, comme résistance et peuvent fournir de l'eau chaude courante instantanée. La coupe schématique d'un de ces appareils est reproduite (fig. 60).

CHAPITRE VI

Le Chauffage industriel

Nous ferons une place à part au chauffage et à la vaporisation de l'eau qui constituent certainement l'application la plus importante du chauffage électrique.

Nous dirons ensuite quelques mots des autres applications courantes telles que ventilation, séchage, etc... ainsi que des appareils dits à induction.

Chauffage de l'eau.

Nous avons vu au Chapitre II quels sont les quatre procédés employés pour le chauffage de l'eau. Nous donnerons ici quelques exemples des solutions diverses imaginées par les meilleurs constructeurs.

Chaudières à électrodes. —

La chaudière type est actuellement la chaudière inventée il y a quelques deux ou trois ans par le Colonel italien Revel et construite en Italie par la Maison Luigi-Boselli de Milan, en Suisse par les firmes Oerlikon et Escher-Wyss. La figure 61 représente la vue générale extérieure de cette chaudière. Les

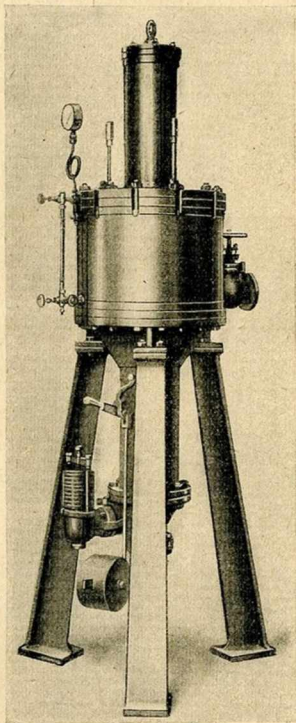


FIGURE 61.

Vue d'une chaudière électrique. Type Revel.

figures 62 et 63 en donnent diverses coupes relatives au type basse tension triphasé, c'est-à-dire à 500 volts au maximum entre phases.

Le corps de la chaudière comprend principalement :

la chambre des électrodes et d'évaporation A ;

la chambre d'eau froide B ;

le couvercle C surmonté du dôme de vapeur, et traversé de trois axes en bronze *a*, isolés électriquement du couvercle ;

les électrodes en acier D, fixées rigidement aux axes A et munies de diaphragmes circulaires disposés en chicané qui délimitent nettement le circuit entre électrodes et empêchent le courant d'emprunter la paroi métallique de la chaudière ;

le tube de vapeur E ;

l'injecteur d'eau d'alimentation G.

Les parties accessoires sont :

la vanne de prise de vapeur *b* ;

le récipient pour le liquide (solution de soude) destiné à rendre l'eau conductrice à la mise en train *e* ;

le régulateur de niveau d'eau *f*, ou régulateur automatique de production ;

la soupape de sûreté et de décharge *g* ;

la poignée de manœuvre de cette soupape *h* ;

la vanne d'alimentation *i* communiquant avec l'injecteur G.

Sur le type haute tension établi actuellement pour jusqu'à 3.600 volts les porte-électrodes sont isolés d'une façon plus parfaite et les

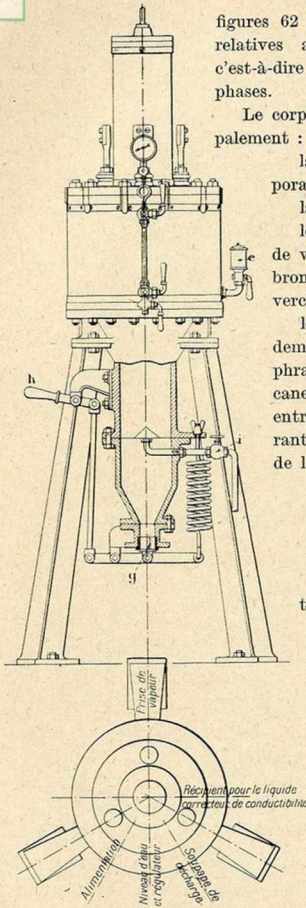


FIGURE 62.
Chaudière Revel. Vue et coupe par la vanne de sûreté.

formes des électrodes sont sensiblement modifiées.

Le réglage de la production se fait donc ici par variation du niveau de l'eau. Le fonctionnement de la chaudière est le suivant : on ferme l'interrupteur, on ouvre le robinet d'alimentation *i* et on rend l'eau suffisamment conductrice en ajoutant un peu de soude au moyen du réservoir correcteur *e*. Dès que le niveau atteint la pointe des électrodes (qui doivent être très bien réglées dans le plan horizontal) le courant passe et la vaporisation va en augmentant à la demande de la vanne de départ *b*. L'alimentation en eau est continue et légèrement plus forte qu'il ne serait nécessaire.

Le régulateur *f*, réglé pour la pression de régime, entre en action dès que la production tendrait à devenir supérieure à la demande, en évacuant l'excès d'eau de façon à maintenir le niveau de l'eau à la hauteur nécessaire.

Pour arrêter la chaudière, on ferme la vanne d'alimentation *i*, on ferme lentement la prise de vapeur *b* et on ouvre la soupape de décharge *g* en agissant sur le levier *h*.

Le bouillonnement de l'eau empêche les boues de se déposer et il suffit, pour les évacuer, même en plein fonctionnement, d'agir sur la manette *h* qui commande la soupape de décharge, toutes les cinq ou six heures environ.

Ces chaudières peuvent produire :
le type basse tension (de 150 à 600 volts)... de 200 à 600 kilogs de vapeur à l'heure.

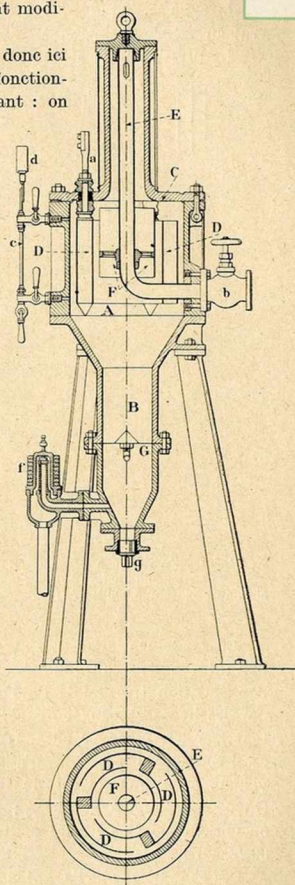


FIGURE 63.

Chaudière Revel. Coupes verticale et horizontale.

le type H. T. (de 600 à 3.600 volts)... de 600 à 900 kilogs de vapeur.

La pression peut atteindre 14 kgs/cm².

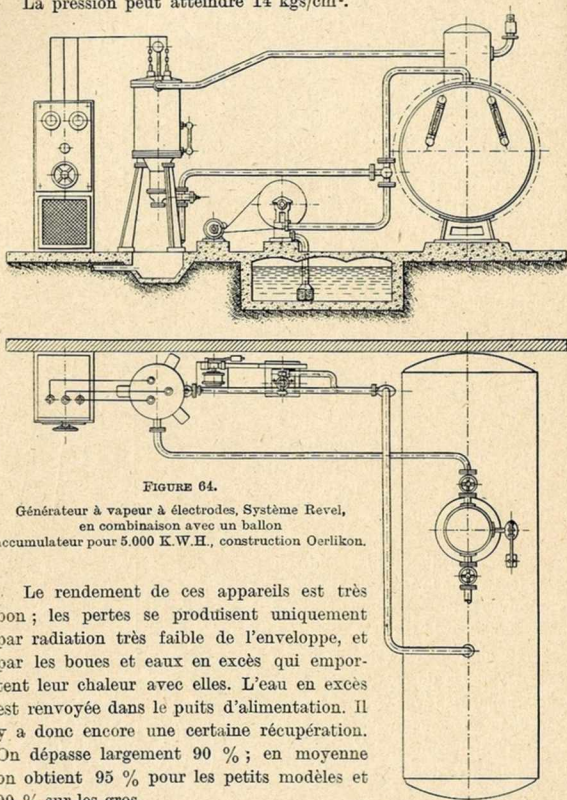


FIGURE 64.

Générateur à vapeur à électrodes, Système Revel,
en combinaison avec un ballon
accumulateur pour 5.000 K.W.H., construction Oerlikon.

Le rendement de ces appareils est très bon ; les pertes se produisent uniquement par radiation très faible de l'enveloppe, et par les boues et eaux en excès qui emportent leur chaleur avec elles. L'eau en excès est renvoyée dans le puits d'alimentation. Il y a donc encore une certaine récupération. On dépasse largement 90 % ; en moyenne on obtient 95 % pour les petits modèles et 99 % sur les gros.

Ces chaudières ont l'avantage d'être inexplosibles, en raison de leur petite chambre d'évaporation qui ne contient par exemple que 25 litres sur le type 500 volts, produisant 600 kilogs de vapeur. D'ailleurs les appareils automatiques de sûreté

couperaient instantanément le courant en cas de surélévation dangereuse de la pression.

L'alimentation électrique de ces chaudières se fait généralement par transformateurs à circuits séparés, bobinés étoile, étoile, à caractéristiques normales en ce qui concerne la chute de tension. Il n'y a pas à craindre, en effet, de court-circuits accidentels comme il s'en produit couramment sur les fours électriques, qui exigent l'emploi de transformateurs spéciaux à fortes fuites. Nous avons vu d'autre part que le $\cos \varphi$ de ces appareils est $\infty = 1$.

Le but de ces chaudières se borne à la vaporisation de l'eau courante. Si les machines à alimenter ont un régime à peu près constant, on peut y raccorder directement la prise de vapeur *b*. En général il est préférable de disposer un réservoir faisant office de volant de chaleur.

On peut ainsi ne mettre la chaudière Revel sous tension qu'aux moments où le prix du courant est le plus bas, ou, en cas de forfait lorsque les autres récepteurs électriques sont arrêtés, et utiliser ensuite la vapeur produite par détente comme nous l'avons expliqué Chapitre II.

La figure 64 représente une telle installation exécutée par la firme Oerlikon, où la chaudière Revel alimente un ballon susceptible d'accumuler 500 K.W.H. par heure pendant dix heures, soit 5.000 K.W.H. ou 4.300.000 calories.

On peut également mettre ces chaudières en parallèle avec des chaudières à charbon existantes. Dans ce cas, elles fonctionnent identiquement comme les chaudières électriques pour chauffages centraux mixtes étudiées au chapitre précédent.

Si l'on a le choix entre l'électricité et le charbon, l'emploi de ces chaudières dépend des frais de premier établissement et d'entretien ainsi que des conditions de fourniture de l'énergie électrique d'où résulte le prix définitif de revient du kilog. de vapeur obtenu soit par voie électrique, soit au charbon. Une étude comparative est à faire dans chaque cas. On peut, une fois pour toutes, en se basant sur le rendement fixe de ces appareils, établir un graphique donnant immédiatement la parité entre le prix de production du kilog. de vapeur sèche à 100° dans les deux cas, d'après le prix du K.W.H. et le prix de la calorie charbon utile. L'abaque 65 est établi en prenant 97 % comme rendement moyen de la chaudière, et s'applique immédiatement pour tous prix possibles du charbon et des prix de K.W.H. atteignant 10 centimes. Chaque droite correspond à un pouvoir d'évaporation différent du charbon. En admettant la valeur industrielle

sous de la limite, le relais ferme la valve électromagnétique et l'alimentation reprend. Le diagramme général de charge du client est donc

une horizontale légèrement dentelée. La valve est d'ailleurs également commandée par le manomètre à contact monté sur la chaudière.

M. Mascarini a indiqué, dans un article paru dans « L'Elettrotecnica » du 15 mars 1919, les résultats qu'il peut obtenir au moyen de ces deux réglages électromagnétiques combinés avec ceux des soupapes automatiques de vapeur et de vidange d'eau.

Notamment pour les contrats à forfait cette disposition est intéressante — si l'on a bien l'emploi de l'eau chaude ou de la vapeur produite. — Elle peut l'être aussi dans le cas de contrats au compteur, lorsque le barème dégressif des prix au fur et à mesure que croît l'utilisation annuelle peut faire descendre le prix moyen à un taux relativement bas. La question, dans chaque cas, est de savoir s'il y a vraiment intérêt à faire « suer » ainsi à un contrat d'énergie tout ce qu'il peut donner. Ce procédé peut être tellement contraire à l'esprit dans lequel a été rédigé le contrat à forfait qu'il peut donner lieu à contestation entre le Secteur et l'industriel. Et si le Secteur y trouve son avantage, n'est-ce pas parce que l'industriel aurait mieux fait de traiter suivant une autre formule? D'autres industriels dont

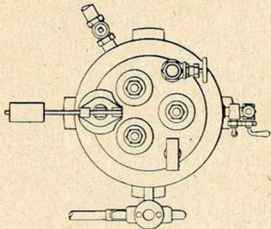
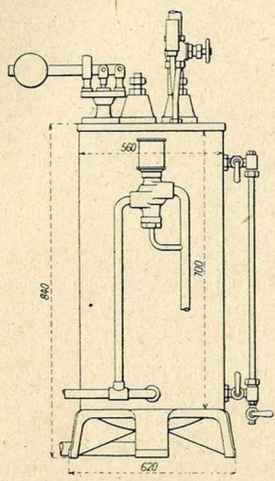


FIGURE 66.
Chaudière de 25 à 100 K.W. à valve électromagnétique.

la fabrication est plus utile, plus indispensable à l'intérêt général ne pourraient-ils profiter plus utilement de cette énergie ?

La discussion soulevée à ce propos à l'Association électrotechnique

de Milan en janvier 1917, a donné lieu à quelques remarques fort justes et très intéressantes, mais qui sortent du cadre de ce chapitre.

Les types de chaudières construits par la Maison Mascarini sont au nombre

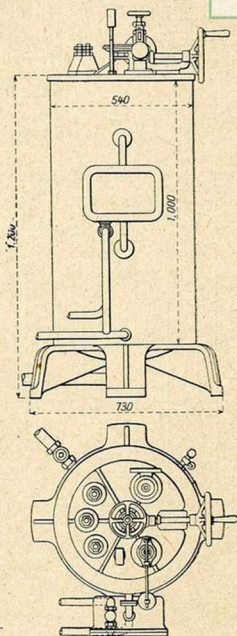
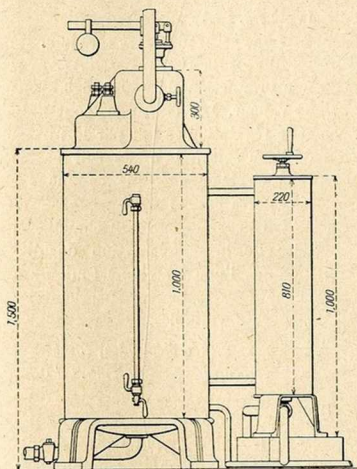


FIGURE 67.

Chaudière de 50 à 200 K.W. à électrodes mobiles.

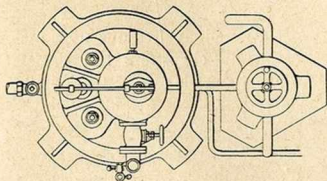


FIGURE 68.

Chaudière de 100 à 400 K.W.
à régulateur à flotteur.

de trois ; l'un pour puissances de 25 à 100 K.W. pour tensions de 100 à 600 volts et une production de vapeur de 35 à 150 kilogs par heure avec alimentation en eau chaude. Les électrodes sont fixes et la régulation se fait par le

niveau d'eau au moyen de la valve à commande électromagnétique, visible sur la figure 66.

Le type moyen sert pour les puissances de 50 à 200 K.W. et pour une production de 75 à 300 kilogs de vapeur avec alimentation en eau chaude. La régulation se fait par les électrodes au moyen d'un volant. (Voir fig. 67.)

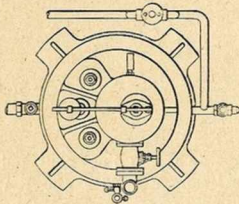
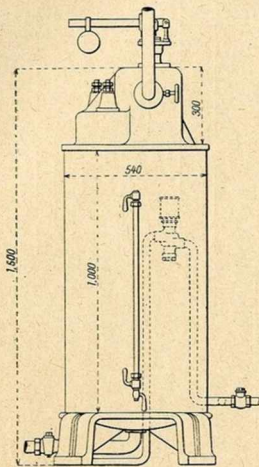


FIGURE 69.

Chaudière de 100 à 400 K.W. à valve électromagnétique.

Le type le plus fort sert pour les puissances de 100 à 400 K.W. avec une production de 150 à 600 kilogs de vapeur. Les électrodes sont fixes et la régulation se fait par le niveau de l'eau soit à la main soit par le relai électromagnétique comme sur les figures 69-68 :

On peut ainsi avec 2 chaudières, faire de la compensation de diagramme, l'une marchant toujours à pleine charge, l'autre absorbant les excédents variables.

Chaudières à électrodes, combinées avec réservoirs accumulateurs. — Pour en finir avec ces générateurs de vapeur, nous chercherons maintenant à chiffrer, par un exemple concret, l'avantage des combinaisons qu'ils permettent de réaliser avec l'adjonction de réservoirs accumulateurs.

Nous reprendrons, à cet effet, les calculs préliminaires que nous avons établis au chapitre II. Il s'agissait d'une industrie exigeant 1.000 kilogs de vapeur sèche, à 4 kilogs de pression, par heure, pendant dix heures consécutives par jour. La pression d'accumulation avait été prise égale à 10 kilogs.

La comparaison des deux résultats déjà obtenus, en ce qui concerne la puissance installée nécessaire et la contenance correspondante des

ballons accumulateurs, montre qu'il doit exister une solution plus avantageuse que toutes les autres.

Cette solution sera celle, non pas pour laquelle le prix de l'installation totale sera minimum, mais celle pour laquelle la somme des charges annuelles dues aux immobilisations, à l'entretien, au renouvellement du matériel et enfin à la fourniture de l'énergie électrique, sera minima.

Pour faire mieux parler les chiffres, nous supposons dans cet exemple théorique que les prix du matériel, en fonction de la puissance et de la contenance, observent une continuité qui, en réalité, serait peut-être moins rigoureuse. Les charges dues aux installations seront prises uniformément égales à 20 % du prix d'achat pour les générateurs de vapeur et à 12 % pour les ballons et accessoires. Le prix du courant de jour sera pris uniformément égal à 0,25 le K W. H.

Quant au prix du courant de nuit pendant les dix heures de fonctionnement en accumulateur, il sera pris successivement égal à 0 ; 0,10 ; 0,20 ; 0,25 pour rechercher dans quel sens se déplace, avec le prix du courant, la solution théorique la plus avantageuse.

Nous avons vu qu'avec un ballon de 30 tonnes, une chaudière de 455 KW. était théoriquement nécessaire. Pour tenir compte des pertes, nous majorons de 10 %, ce qui correspond à une puissance installée de 500 KW. Le prix de l'installation est de 180.000 francs ; le prix de l'installation d'accumulation est de 60.000 francs. Total : 240.000 francs. Les charges annuelles sont respectivement égales à 36.000 et 7.200 francs. Total : 43.200 francs. La consommation journalière de courant de jour sera de 5.000 KW.H. La consommation annuelle de jour sera de 1 million 500.000 KW.H coûtant 375.000 francs. La consommation totale annuelle est prise comme dans tous les cas, égale à 2.400.000 KW.H. La consommation de nuit sera donc de 900.000 KW.H.

D'autre part, l'installation sans aucune accumulation nécessiterait une puissance théorique de 728 KW soit pratiquement, 800 KW. Le prix en est de 240.000 francs, représentant 48.000 francs de charges annuelles et une dépense d'énergie de 600.000 francs. Le total est de : 648.000 francs.

Suivant que le courant de nuit coûtera : 0,00 ; 0,10 ; 0,20 ; 0,25, l'emploi de réservoirs d'une contenance totale de 30 tonnes, permet donc de réaliser une économie annuelle respectivement de : 229.800, 139.800, 49.800, 4.800 francs.

On vérifie d'autre part, ce qui n'a qu'une importance secondaire dans notre cas, que le coût total d'installation est minimum pour une

contenance de ballon égale à 15 tonnes environ, et que la puissance nécessaire est minima pour une contenance d'accumulateur de 51,5 tonnes. Dans ce dernier cas, la puissance installée de 400 KW. aura une utilisation maxima, égale à 6.000 heures par an. Ce point est intéressant dans le cas où il y aurait dégression des tarifs d'après l'utilisation de la puissance installée, avec paiement d'une prime fixe à tant le KW. installé. On pourrait faire une étude analogue à la présente en se donnant une formule de tarification conçue dans ce sens. Nous en laissons le soin au lecteur que cette question intéresse.

Si on recommence les mêmes calculs que ci-dessus pour des conteneurs de ballons égaux à 5 ; 10 ; 60 ; 85 ; 100 tonnes, on trouve les résultats que nous avons condensés dans le tableau ci-dessous, où les nombres portés en lignes horizontales marquées A, B, C, etc... ont les significations suivantes :

Tableau.

	0	5	10	30	51.5	60	85	100
A								
B	728	635	542	455	364	401	518	573
	800	700	600	500	400	440	570	630
D	240000	220000	200000	180000	160000	163000	185000	205000
E	0	16000	28000	60000	100000	120000	170000	200000
F	240000	236000	228000	240000	260000	283000	355000	405000
G	48000	44000	40000	36000	32000	32600	37600	41000
H	0	1920	3360	7200	12000	14400	20400	24000
I	48000	45920	43360	43200	44000	47000	57400	65000
J	8000	7000	6000	5000	4000	3600	2300	1700
K	600000	525000	450000	375000	300000	270000	172000	125000
L	648000	570920	493660	418200	344000	317000	229400	190000
M	0	77080	154640	229800	304000	331000	418600	458000
N	0	300000	600000	900000	1200000	1320000	1710000	1890000
O	0	30000	60000	90000	120000	132000	171000	189000
P	"	47080	94640	139800	184000	199000	247600	259000
Q	0	60000	120000	180000	240000	264000	342000	378000
R	"	17080	34640	49800	64000	67000	76600	79000
S	0	75000	150000	225000	300000	330000	427500	472500
T	"	2080	4640	4800	4000	1000	-8900	-14500

- A. — Contenance des accumulateurs en tonnes.
 B. — Puissance théorique nécessaire en KW.
 C. — Puissance installée nécessaire en KW.



- D. — Prix de 1^{er} établissement de l'installation sans accumulateur.
- E. — Prix de 1^{er} établissement des accumulateurs et accessoires.
- F. — Prix total de l'installation.
- G. — Charges annuelles dues aux générateurs de vapeur.
- H. — Charges annuelles dues aux accumulateurs.
- I. — Total des charges annuelles.

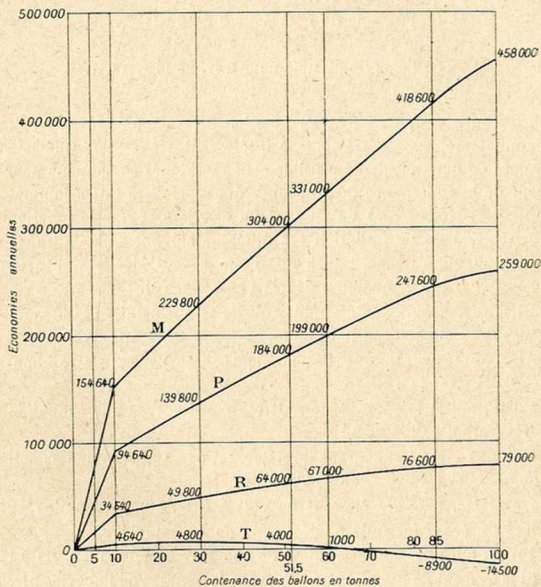


FIGURE 70.

Economies annuelles en fonction de la contenance des accumulateurs.
Courbes M.P.R.T. du tableau.

- J. — Total des KW.H de jour consommés par jour.
- K. — Coût annuel de l'énergie de jour pour 3.000 heures, à 0 fr. 25 le KW.H.
- L. — Dépense totale annuelle, non compris courant de nuit.

- M. — Economie réalisée par rapport à la dépense $L = 648.000$ frs correspondant à une installation sans accumulateurs. La valeur M représente donc l'économie totale réelle dans le cas où le courant de nuit serait gratuit.
- N. — Total des KW.H de nuit, nécessaires par an.
- O. — Coût de cette énergie pour 0 fr. 10 le KW.H.
- P. — Valeur définitive de l'économie totale par rapport à 648.000 frs pour 0 fr. 10 le KW.H de nuit.
- Q. — Coût de l'énergie de nuit pour 0 fr. 20 le KW.H.
- R. — Valeur de l'économie correspondante.
- S. — Coût de l'énergie de nuit pour 0 fr. 25 le K.W.H.
- T. — Valeur de l'économie correspondante.

Les courbes M, P, R, T, en fonction de la contenance des ballons accumulateurs, sont extrêmement intéressantes à tracer. Chacune se compose de deux éléments sensiblement rectilignes se coupant pour la valeur de la contenance de 10 tonnes qui représente la consommation journalière. Nous avons vu en effet au chapitre II que le fonctionnement général de l'installation est différent suivant qu'on dispose de jour d'une quantité suffisante ou d'une quantité insuffisante d'eau déjà portée à 140 et quelques degrés (Voir *fig. 70*).

Elles permettent de déterminer quelle sera la solution la plus avantageuse dans chaque cas particulier.

Ainsi on constate que l'économie réalisée permet de rembourser l'installation totale :

En un an, si le courant de nuit est gratuit, avec une chaudière de 435 KW et un ballon de 36 T.,

En deux ans, si le courant de nuit vaut 0 fr. 10, avec une chaudière de 500 KW et un ballon de 20 T, etc...

De même, avec du courant de nuit à 0 fr. 20, l'économie réalisée permet de payer les frais d'installation de l'accumulateur :

En un an, avec une chaudière de 535 KW et un ballon de 14 T.

Si le courant de nuit est aussi cher que le courant de jour, soit 0 fr. 25, l'économie réalisée en installant des accumulateurs, est pratiquement négligeable ; et même dès qu'on dépasse 60 tonnes d'accumulation, elle se mue en excédent de charges. Néanmoins, pour les valeurs courantes de ballons, soit 10 à 20 tonnes, le fonctionnement avec accumulateur a une tendance marquée à être plus économique que sans accumulateur et doit nettement être préféré.

Cet exemple, encore une fois, est tout à fait théorique et basé sur des valeurs qui peuvent varier très sensiblement d'un pays à l'autre,

d'une année à l'autre. Mais le sens général des conclusions restera toujours le même.

Chaudières à grande capacité d'eau. — Les Maisons Brown-Boveri et Cie, et Sülzer ont également réalisé des chaudières, mais à grand volume d'eau où l'eau sert de conducteur résistant au courant, et où la régulation se fait au moyen de diaphragmes mobiles et non par

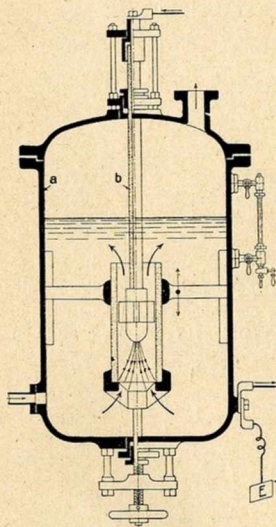


FIGURE 71

Chaudière avec diaphragme tubulaire de réglage.

le niveau de l'eau. La figure 71 représente en coupe une de ces chaudières construite par B. B. C. où l'on voit l'une des électrodes en forme d'obus noyée dans l'eau et la gaine mobile en porcelaine ou grès isolant qui canalise le courant et dont la montée ou la descente s'opère au moyen du volant placé à la partie inférieure. Ces chaudières peuvent fonctionner jusque sous 8.000 volts. La densité de courant à la surface des électrodes correspond à 1 K.W. par cm^2 .

Chaudières à résistances noyées.

— La seconde classe de chaudières est celle où la chaleur est produite par le passage du courant dans un conducteur noyé dans l'eau. La figure 72 représente schématiquement une coupe de ces chaudières, tandis que la figure 73 représente une chaudière du 3^e type dit autorégulateur de charge où la chaleur est produite partie par le passage du courant

dans les résistances, partie par le passage à travers l'eau. La Maison Brown-Boveri construit l'un et l'autre de ces types.

Chaudières à résistances isolées. — La 4^e classe comprend les chaudières où l'eau n'est pas en contact avec les résistances électriques. Nous avons déjà vu la chaudière Oerlikon à corps de chauffe multiple vertical pouvant absorber jusqu'à 300 K.W. La figure 74 représente

une semblable installation de deux chaudières. Cette firme, comme beaucoup d'autres, construit également des chaudières à corps de chauffe horizontaux et à grande capacité, telles que celle représentée en coupe (fig. 75) semblables à des chaudières tubulaires de locomotives où les résistances seraient logées dans les tubes.

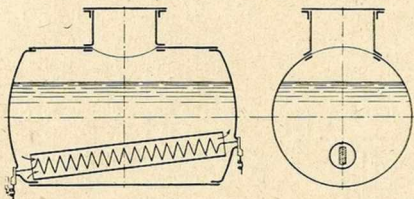


FIGURE 72.

Chaudières à résistances noyées.

On ne dépasse guère la proportion de 8 K.W. par m² de surface de chauffe, ou 7.000 calories par heure et par mq. Pour de l'eau d'alimentation à température normale, cela correspond à 11 kilogs environ de vapeur sèche à 100°, ce qui est assez faible. Il faut tenir compte en

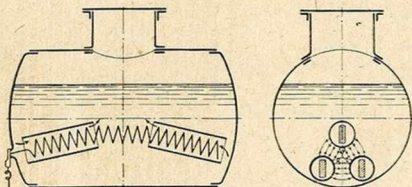


FIGURE 73.

Chaudière auto-régulatrice par résistances noyées et conduction.

effet des dilatations et contractions brusques de ces chaudières, dues à la rapidité de la mise en train, et à l'absence du volant de chaleur constitué par les massifs en maçonnerie des chaudières au charbon.

Chaudières mixtes. — Comme nous l'avons dit, on peut également électrifier une chaudière munie d'un foyer avec grille à charbon, en

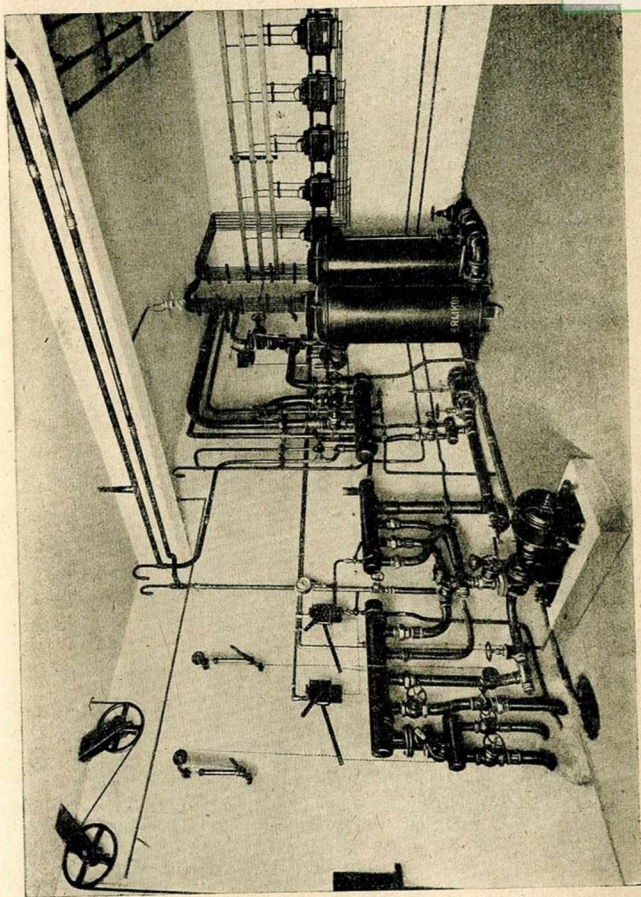


FIGURE 74.
Installation industrielle de distribution d'eau chaude par chaudières verticales
Type Oerlikon.

installant sur ou à la place de la grille une plaque portant des résistances telles que celles représentées (fig. 76), et en aveuglant tous orifices communiquant avec l'air extérieur. Cette transformation peut être faite même à titre tout à fait provisoire, quand il ne s'agit que de tenir échauffées tuyauteries et machines pendant un arrêt d'un certain temps (le dimanche par exemple) Il a été fait de très nombreuses applications de ce système en Suisse. Nous en citerons une, décrite par le journal *Science Abstracts*, qui fonctionne près de Zurich.

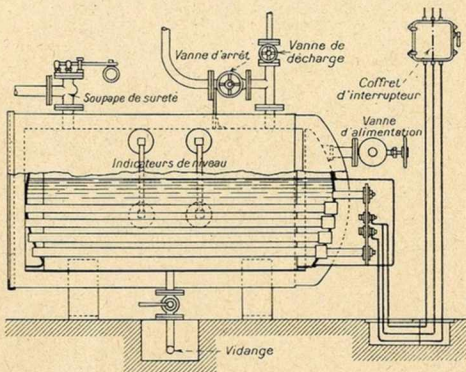


FIGURE 75.
Chaudière horizontale à résistances isolées. Type Oerlikon.

Une chaudière double à tubes de fumée contient 6 sections de résistances dans chaque tube. Tous les registres sont fermés tant que le chauffage électrique fonctionne. La température maxima des résistances ne dépasse pas 600°. Cette double chaudière, avec une capacité d'eau de 17 m³ fournissant par jour 1.720 kilogs de vapeur à la pression de 4-7 kgs/cm² pour les pompes d'alimentation et assurant le chauffage des tuyauteries et machines, absorbe de 84 à 86 K.W. Les trois chaudières chauffées électriquement produisent 5.630 kilogs de vapeur par jour et consomment en moyenne 1,3 K.W.H. par kilog. de vapeur. Bien entendu, ceci n'est praticable que si l'énergie est très bon marché.

On en est même arrivé en Suisse à chauffer électriquement d'avance l'eau destinée à l'alimentation des locomotives et l'on parlait sérieuse-

ment, en attendant de pouvoir construire le matériel roulant électrique, de ne construire que les lignes aériennes qui auraient alimenté en marche les chaudières transformées en chaudières électriques ! ce qui en soi n'a rien d'impossible.

Autres usages industriels.

Nous citerons rapidement les usages les plus courants, étant bien entendu que tout ce qui a trait aux fours électro-métallurgiques, à la soudure électrique, etc... n'a pas à figurer dans cet ouvrage.

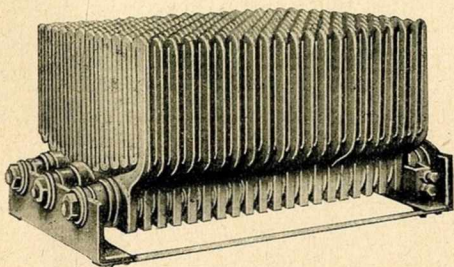


FIGURE 76.
Corps de chauffe amovible pour chaudière.

Le chauffage des très grands bâtiments peut se faire non seulement par chauffage linéaire, par accumulation d'eau chaude, mais par ventilation forcée d'air chaud.

Cet air peut se réchauffer soit au passage sur des résistances électriques en cas de chauffage direct, soit en passant sur des accumulateurs de chaleur de grandes dimensions.

Ce dernier système est tout désigné si l'on dispose déjà de cet accumulateur de chaleur sous forme de calorifère ou de gros poêle au charbon, car la construction spéciale d'un tel appareil serait par trop onéreuse et trop encombrante.

Le Bulletin de l'Association suisse cite une installation exécutée dans les caves d'une église. Celle-ci cube 8.000 m³ et contient 1.500 places assises. Les fenêtres ont une surface de 150 m². La batterie chauffante se compose de 2 poêles de 100 KW en parallèle, qu'on a soigneusement isolés en les recouvrant, comme les accumulateurs d'appartement,

d'une enveloppe d'éternite avec interposition d'une lame d'air de 3 cm. Chaque chauffage consomme environ 570 K.W.H., la température moyenne obtenue étant de 12°. Les frais d'installation et de montage se sont élevés à 5.500 francs. Cette combinaison a été facilitée du fait que les usines chôment précisément les jours de service et que le courant peut être ainsi fourni bon marché et en abondance.

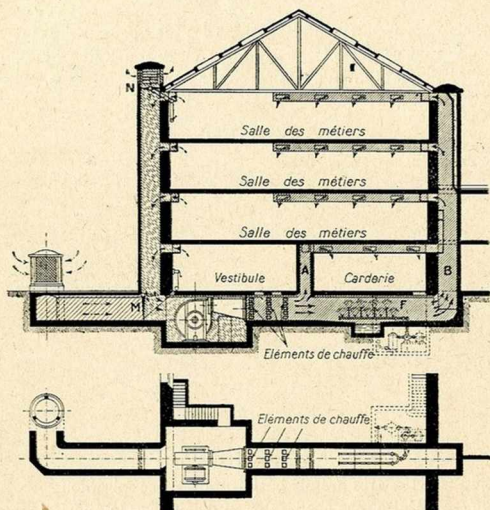


FIGURE 77.

Chauffage et ventilation d'un tissage par air soufflé et chauffé électriquement.
Système Oerlikon.

Le local est suffisamment vaste et la durée des services assez courte pour qu'il n'y ait pas à songer dans ce cas au remplacement constant de l'air vicié. L'air exécute ici un circuit fermé. Mais dans les ateliers, il est nécessaire de prévoir non seulement le réchauffage, mais également l'aération des salles et l'air doit être renouvelé un certain nombre de fois par jour et même par heure.

La figure 77 représente le système employé par la Maison Oerlikon dans ce but. On voit que l'air aspiré par le reniflard est chassé par le

ventilateur dans une buse maitresse d'où se détachent à chaque étage des canaux de dispersion. L'air refroidi est repris par les buses d'évacuation que l'on peut faire communiquer avec l'atmosphère lorsqu'il s'agit de renouveler l'air en ouvrant le registre N, tandis que M est fermé. En marche normale l'air exécute un cycle fermé, le reniflard ne sert alors qu'à compenser les pertes inévitables. On voit en F les

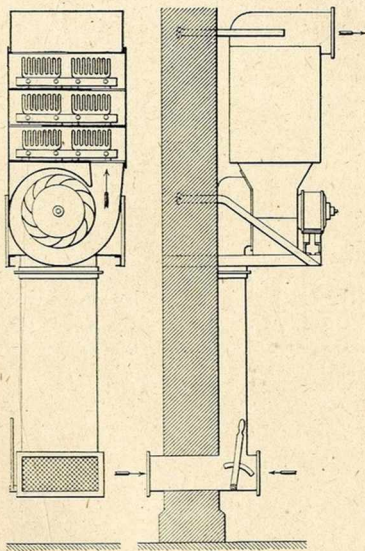


FIGURE 78.

Installation demi-fixe de chauffage et ventilation d'atelier.
Système Oerlikon.

humidificateurs d'air qu'on alimente en hiver avec de l'eau chaude. Les réchauffeurs sont des rhéostats semblables à ceux dont nous avons parlé pour le réchauffage électrique des chaudières au charbon.

On construit également des installations mobiles ou semi-fixes de soufflantes électriques à air chaud, pour séchoirs, séchage de la tourbe des fruits, des moules de fonderie, etc... La figure 78 représente par

exemple en coupe une installation semi-fixe type de chauffage électrique par circulation d'air pour ateliers. La puissance peut atteindre 100 K.W. sous une tension de 500 volts.

Nous citons pour finir la distillation électrique en vue de laquelle on construit des alambics consommant environ 1 K.W.H. par litre d'eau (*fig. 79*). Dans l'industrie, la simple évaporation même sous pression réduite, par apport extérieur de calories produites électriquement, peut être avantageusement combinée avec l'auto-vaporisation dont nous avons déjà parlé.

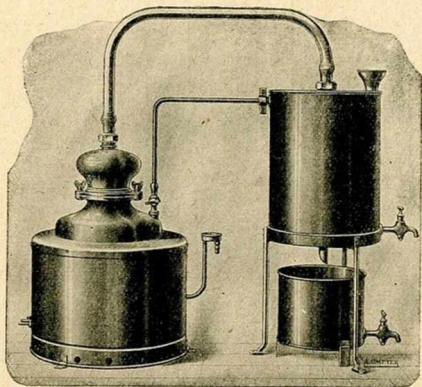


FIGURE 79.

Alambic électrique type Goisot.

Les solutions à concentrer sont préalablement chauffées, dans un récipient entièrement clos, par un serpentin qui y est noyé. Dès que l'évaporation commence, la vapeur est aspirée par un compresseur centrifuge qui la comprime et la renvoie dans un autre serpentin, noyé dans la solution à évaporer et où elle se condense en abandonnant sa chaleur de vaporisation. On arrive ainsi à ne dépenser au total qu'un K.W.H. pour 19,3 kilogs d'eau vaporisée. En employant directement et uniquement le chauffage électrique on obtiendrait un rendement près de dix fois plus faible puisque les 540 calories environ par kilog. de vapeur, que représente sa chaleur de vaporisation, seraient inutilement rejetées dans l'atmosphère.

Cette application rappelle quelque peu les appareils d'auto-refrigération que nous avons cités au Chapitre IV. Nous insistons à nouveau sur ces combinaisons ingénieuses de l'électricité sous forme calorifique et sous forme mécanique comme nous l'avons déjà fait au sujet de l'installation de la Papeterie de l'Adda, pour bien montrer que le problème du chauffage électrique ne peut être confiné entre les limites étroites où l'enferment trop d'industriels, et que toutes ces utilisations de l'énergie même sous des formes aussi variées constituent un tout dont le chauffage proprement dit ne peut être dissocié.

Appareils d'induction.

Ces appareils sont encore assez peu répandus. On peut utiliser purement et simplement les effets des courants de Foucault et d'hystérésis engendrés dans les masses magnétiques parcourues par des flux alternatifs. De tels appareils ne seraient ni plus ni moins que des bobines d'induction dont le noyau s'échaufferait et communiquerait sa chaleur aux objets à chauffer. Mais on conçoit de suite à quel *cos φ* déplorable on aboutirait, et de plus comme le fer et les métaux magnétiques ont des propriétés qui faiblissent très vite avec l'accroissement de température pour disparaître même totalement à la température de transformation, on serait limité à des températures trop basses pour être utilisables en chauffage.

Un ingénieur italien a cependant calculé et construit des appareils d'essai dont le circuit magnétique est composé d'un cylindre à directrice circulaire ou elliptique, entretoisé d'une traverse suivant le petit diamètre, sur laquelle est bobiné l'enroulement. Le flux créé dans cette traverse se ferme par les deux circuits symétriques du \odot ainsi formé et sa variation engendre dans ces parois métalliques des courants de Foucault et donne lieu à échauffement par hystérésis. Le développement des surfaces, l'épaisseur des parois, ont été calculés de façon à ce que la chaleur produite puisse être dissipée par radiation et convection à la température fixée d'avance. L'on peut ainsi avec un peu de fonte ou d'acier moulé et un enroulement peu onéreux d'achat et d'entretien nul, produire et dégager à basse température une chaleur modérée.

Mais il n'est pas possible de généraliser une semblable application sur un réseau dont elle réduirait le *cos φ* à une valeur inacceptable, surtout au moment où les réseaux actuels sont bloqués et où l'on introduit dans la pratique une réglementation et des tarifs destinés à relever leur facteur de puissance pour augmenter autant que possible leur capacité de transport.

Il est donc nécessaire, si l'on veut utiliser les effets d'induction, d'avoir recours à des appareils analogues aux fours électriques d'induction avec circuit primaire branché sur le réseau et circuit secondaire indépendant fournissant principalement par effet Joule, et accessoirement par courants de Foucault et hystérésis une quantité de chaleur sensiblement équivalente à l'énergie électrique fournie au primaire,

en se tenant dans les limites acceptables du facteur de puissance.

Ce sont de véritables transformateurs. On reconnaît de suite qu'on peut avoir avantage à les utiliser si le voltage du réseau nécessite l'emploi d'un transformateur de puissance pour alimenter à basse tension les récepteurs à effet Joule.

C'est sur ce principe qu'ont été construites les chaudières à induction de

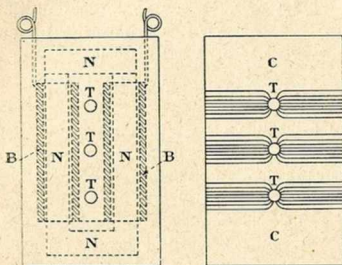


FIGURE 80.

Chaudière à induction monophasée, type Ponzini.
Circuit magnétique. Élévation.

l'ingénieur italien Ponzini. Le primaire de son appareil monophasé vertical, par exemple, se compose d'un noyau magnétique à deux colonnes feuilletées réunies par deux culasses fermant le circuit magnétique. Les enroulements primaires sont montés sur les colonnes. Les circuits secondaires qui doivent entourer les enroulements primaires sont formés d'un cylindre en acier qui enveloppe l'ensemble à la façon d'une cuve de transformateur, mais muni d'une traverse entretoise diamétrale qui passe entre les deux noyaux. De cette façon chacun des deux circuits secondaires symétriques se compose d'un demi-cylindre dont les deux génératrices extrêmes sont réunies par une demi-épaisseur d'entretoise.

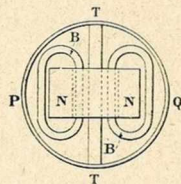


FIGURE 81.

Chaudière Ponzini, monophasée. Circuits magnétiques et électriques. Plan.

Les figures 80-81 extraites de la Revue « Elettrotecnica » représentent en plan et en élévation ce schéma qui fait bien comprendre la disposition relative des pièces.

L'ensemble inducteur et induit est rendu étanche en boulonnant à la partie supérieure du cylindre induit un couvercle, tandis que ce même cylindre est boulonné par sa partie inférieure au centre d'un socle assez large sur la périphérie duquel est également boulonnée l'enveloppe de la chaudière. L'eau occupe donc

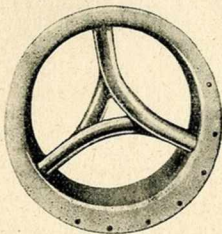


FIGURE 82.

Chaudière Ponzini triphasée. Vue du noyau formant circuit secondaire.

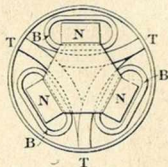


FIGURE 83.

Chaudière Ponzini Triphasée. Circuits magnétiques et électriques. Plan.

la partie annulaire comprise entre cette enveloppe et l'induit étanche qu'elle recouvre également, et se trouve chauffée par la chaleur dégagée par les parois de ce cylindre induit. La traverse n'est pas moins chaude puisque les courants induits se ferment par elle. On la construit donc creuse et l'eau peut y circuler pour emporter la chaleur au fur et à mesure.

On peut construire sur ce principe des chaudières triphasées où les tubes entretoises représenteront, vus en plan, un triangle curviligne équilatéral, chacun des trois noyaux magnétiques verticaux se trouvant en serré entre une traverse et le tiers correspondant du cylindre vertical dont elle réunit les deux génératrices extrêmes. (Voir fig. 82 et 83.)

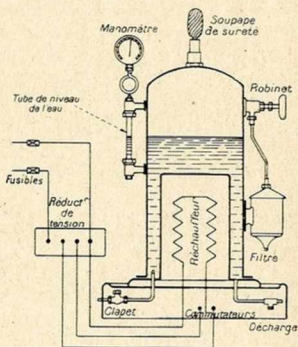


FIGURE 84.

Schéma des connexions d'une chaudière électrique Ponzini pour la préparation du café.

La figure 84 reproduit le schéma général d'une telle installation, qui, au dire de son inventeur, atteint un facteur de puissance de 90 %

ce n'est plus, ce qui est très vraisemblable. La réalisation du circuit secondaire est en tous cas ingénieuse et pour les gros appareils ayant à chauffer des liquides avec lesquels on ne peut mettre les résistances électriques en contact, cet appareil doit certainement donner d'aussi bons résultats et coûter moins d'entretien que des chaudières à corps de chauffe mobile contenant des résistances branchées directement sur le réseau.

On doit cependant faire un reproche à cet appareil dont le circuit primaire et les tôles sont forcément maintenus à haute température, ce qui peut être dangereux pour les isolants et, en tous cas, est mauvais pour le rendement.

Le principal avantage, en effet, des appareils d'induction est de pouvoir séparer complètement les deux fonctions : circuit électrique et générateur de chaleur, au moyen de l'intermédiaire magnétique. C'est par les résistances que tous les appareils à effet Joule périssent, tandis que dans le véritable appareil à induction l'enroulement primaire, qui supporte toute la tension, peut être presque froid et ne subit aucun effort mécanique. Le secondaire, générateur de chaleur et soumis à de gros efforts, est en court-circuit ou sous une tension extrêmement faible et ne craint donc rien au point de vue électrique. Le choix de l'intensité secondaire est d'ailleurs une facilité de plus pour calculer ce circuit en vue de la température désirée et de la surface nécessaire de transmission de la chaleur.

L'appareil à induction a de plus cet autre avantage qu'on peut disposer le secondaire de façon que son effet calorique soit le maximum possible, le primaire étant placé là où c'est le plus commode pour la construction ou le réglage en marche. Ainsi pour un réflecteur parabolique le primaire peut être à l'extérieur de l'appareil, le secondaire étant formé d'anneaux en court-circuit incandescents placés au foyer même du réflecteur.

Le courant alternatif employé permet de plus de faire du réglage sans perdre de puissance active, au moyen de réactances réglables.

Un certain nombre de brevets concernant ces appareils ont été pris tout récemment par M. l'Ingénieur Genkin, de la Société du Gaz et d'Electricité de Marseille. Parmi les plus intéressants, citons les plaques chauffantes à circuit magnétique divisé, que l'on ferme au moyen de l'objet à chauffer lui-même, s'il est en métal magnétique ou simplement avec une plaque en fer placée sous l'objet (*fig. 85*).

La caractéristique de cet appareil est essentiellement la multiplicité des pôles du noyau feuilleté, grâce à laquelle l'échauffement rationnel d'une plaque mince est seulement possible.

A titre de variante, on peut recourber les plaques en forme de cylindres, le système inducteur devenant analogue à l'induit d'un alternateur à haute fréquence, ayant par exemple une encoche par pôle dans

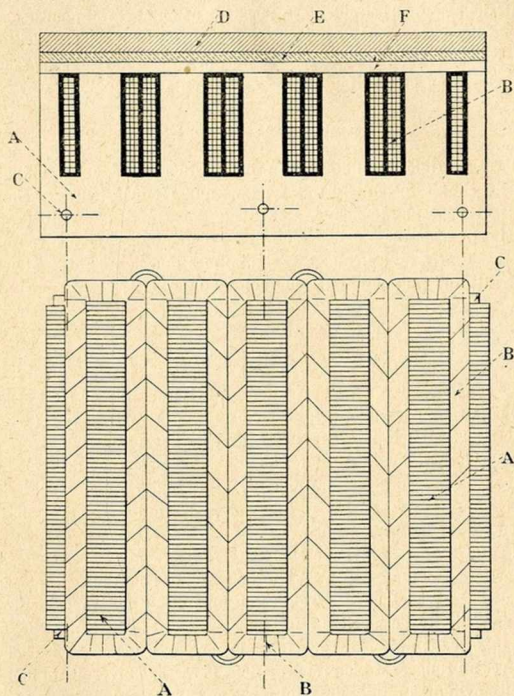


FIGURE 85.

Plaque chauffante à induction à pôles multiples. Brevet W. Genkin.

le cas de courant monophasé et une demi-encoche par pôle et par phase dans le cas de courant triphasé.

Bien entendu, la plaque chauffante cylindrique peut alors soit entourer le noyau inducteur concentrique, soit être entourée par lui, suivant les cas d'applications : chauffage de gaz, de liquide, etc.

D'autres appareils, à circuit secondaire, sont non moins intéressants : citons un appareil triphasé pour le chauffage instantané de l'eau courante, où le circuit secondaire est composé de serpentins en cuivre rouge, à l'intérieur desquels circule l'eau ; également un appareil pour le chauffage de l'eau accumulée dans des réservoirs, où elle est échauffée par le moyen de gros anneaux métalliques qui y sont noyés et servent de conducteurs en court-circuit pour les courants secondaires.

Accumulateurs à induction.

Il est possible d'appliquer le principe du chauffage par induction dans un circuit secondaire indépendant aux récupérateurs de chaleur à masse accumulante solide.

Soit par exemple à calculer un appareil monophasé de 3 KW répondant à peu près aux mêmes caractéristiques que l'appareil Sauter cité plus haut, mais alimenté en 1.000 volts, 50 périodes.

Le cube actif sera de 120 litres et contenu dans une caisse parallélépipédique de dimensions suivantes :

$$H = 30 \text{ cm. ; } P = 40 \text{ cm. ; } L = 100 \text{ cm.}$$

Les éléments chauffants au nombre de 6 en deux lits de trois espacés de 10 cm., seront réalisés en se servant de tubes en ferro-nickel ($\rho = 80$), diamètres 25 mm. et 20 mm., longueur active : 1 m., $s = 175 \text{ mm}^2$, $r = 0,0044 \omega$, donnant pour $I = 340 \text{ A}$ une puissance de 500 w. Ils seront vissés dans des plaques de contact en cuivre, isolées des deux parois opposées verticales de la caisse et qui formeront bornes d'amenée de courant.

Chaque tube est découpé sur toute sa longueur active, de façon à réaliser 4 ou 6 bandes de 1 à 1,5 cm. de large, et chantournées de façon à se disposer radialement. Toute cette longueur active est enrobée dans un cylindre de matière réfractaire, en quartz fondu par exemple, de 5 à 6 $\frac{\%}{m}$ de diamètre. De cette façon la chaleur, dégagée par les bandes chauffées au rouge, est bien répartie dans la masse pulvérulente bourrée entre les cylindres réfractaires qui forment eux-mêmes également accumulateurs.

Pour une charge en 10 heures et un coefficient d'accumulation de 0,6, le calcul montre que la température des résistances ne dépassera pas 600° à la fin de la charge. La densité moyenne étant prise égale à 2, et la chaleur spécifique moyenne à 0,2, l'augmentation de température moyenne sera de :

$$\frac{30.000 \times 0,6}{1,15 \times 120 \times 2 \times 0,2} = 336^\circ$$



Le transformateur sera placé au-dessous de la caisse de chaleur et séparée d'elle par une plaque écran. La tension secondaire sera de 1,5 volt seulement, appliqué à chacun des 6 circuits ci-dessus. L'intensité totale de 2.000 ampères sera répartie entre 6 galettes en parallèle, de 2 spires chaque, en cuivre nu de 338 mm². Ces galettes seront montées sur forme, puis placées sur le noyau supérieur horizontal.

Le primaire sera composé de 1.200 spires de fil 18/10, en 10 galettes de 120 spires placées sur le noyau inférieur. Le circuit magnétique travaillera sous une induction de 10.600 gauss. La section de fer des noyaux sera de 67 × 58 mm². La longueur d'encombrement du fer sera de 445 mm. ; et sa hauteur de 211. L'encombrement total, y compris les bobines est donc : L = 445 ; P = 140 ; H = 300 en mm. Le poids de fer est de 30 kgs, ainsi que le poids de cuivre. En connectant les résistances au secondaire, mi dans un sens, mi dans l'autre, on obtient un facteur de puissance sensiblement égal à 1 avec un rendement du transfo égal à 0,92. Le rendement total en chaleur est naturellement égal à 1.

En comptant 10 cm. de garde au-dessus du sol, et 10 cm. de différence de niveau entre le haut des galettes du secondaire et le fond de la cuve, le haut de cette dernière est donc à 0 m. 80 du sol. Les dimensions maxima de l'appareil sont donc : H = 1 m. ; L = 1,15 m. ; P = 0 m. 50. Cette forme a été choisie pour permettre d'appliquer l'appareil contre un mur à l'instar d'une cheminée d'appartement dont on peut lui donner l'apparence extérieure ou pour le mettre à cheval sur une cloison séparant deux pièces. On peut évidemment la modifier et surtout diminuer les dimensions, car d'abord les valeurs ci-dessus 0,2 — 2 et 336° sont plus faibles qu'elles doivent l'être, et de plus on peut coucher le transformateur à plat au lieu de le mettre sur champ.

La récupération sera obtenue par chauffage d'air circulant au contact de la caisse ; mais pour que le dégagement de chaleur soit plus régulier, la caisse peut être entretoisée, comme une chaudière à tubes de fumée, d'un certain nombre de tubes noyés dans la masse et dont l'air en circulation lèchera les parois intérieures. Comme variante, on peut supposer la masse accumulante en béton et prévoir que ces tubes à circulation d'air, noyés dans la masse, et les tubes résistances électriques ne feront qu'un. Il suffira, pour cela, que le métal employé ait une grande résistivité et soit inaltérable à l'air jusqu'à 800°, sans être aussi cher que le nikron.

Le tout est recouvert d'une enveloppe en éternite ménageant une lame d'air entre elle et les parois extérieures de la caisse d'accumulation.

Deux registres au moins sont montés sur cette enveloppe, l'un en bas pour l'arrivée d'air frais, l'autre en haut pour la sortie de l'air qui s'est échauffé au contact des parois extérieures de la caisse et intérieures des tubes dans lesquels il est obligé de passer grâce à des chicanes. Une de ces chicanes oblige l'air frais à rafraîchir d'abord le transformateur avant d'entrer en contact avec l'accumulateur proprement dit. Naturellement l'air doit être humidifié avant sa sortie.

Le fonctionnement d'un semblable appareil n'est pas plus impossible que celui des chaudières Ponzini et dans des usines d'une certaine importance dant le $\cos \varphi$ n'est jamais bien supérieur à 0,8, l'adjonction d'un semblable appareil même de quelques centaines de K.V.A. serait certainement insensible sur le réseau comme déphasage. D'ailleurs si cette usine possède des moteurs synchrones ou commutatrices il sera facile de compenser le courant dévatté en agissant sur l'excitation.

Il est indéniable, en tous cas, que l'appareil à induction n'est pas encore aussi bien au point que l'appareil à effet Joule. Dès qu'il le sera, il ne peut manquer d'être accueilli avec faveur par les Secteurs, qui, jusque-là, seront enclins à lui reprocher son mauvais $\cos \varphi$ malgré tous ses autres avantages incontestables.

III^e PARTIE

Le Chauffage électrique à venir

CHAPITRE VII

Une politique nouvelle

Nous avons montré dans la II^e Partie en quoi le mode actuel d'exploitation des réseaux de distribution était un obstacle à l'abaissement du prix du K.W.H. et par suite, au développement du chauffage électrique et plus généralement à l'emploi intensif de l'énergie électrique pour tous usages.

Le législateur et l'Administration s'en sont bien rendu compte et, depuis quelques mois nous assistons à une éclosion de lois et règlements nouveaux destinés à modifier complètement la loi du 15 juin 1906 et ses règlements d'application.

Nouvelles tendances de la Réglementation des Distributions électriques. — C'a été d'abord le projet de loi déposé le 10 juillet 1919 sur le bureau de la Chambre et adopté le 2 septembre, autorisant la création de réseaux de transport d'énergie électrique à haute tension entre Centrales et Sous-Stations appartenant à des Sociétés différentes. Ces réseaux pourront être concédés à des organismes collectifs spéciaux constitués par les Sociétés intéressées et qui en assureront la construction et l'exploitation, ou bien seront construits par l'Etat qui en confiera l'exploitation en régie intéressée à ces organismes collectifs. De plus — et ce point est capital — ces organismes jouiront d'un monopole de droit dans la région qu'ils desserviront. La création de ce monopole, qui est en opposition complète avec l'esprit de la loi de 1906, est déjà un sérieux indice que de semblables avantages ne peuvent manquer d'être consentis dans un avenir assez rapproché aux Sociétés de distribution actuelles, — qu'il s'agisse de Sociétés anonymes, de Régies municipales, de Coopératives, — en échange des frais qu'elles se décideraient à engager pour créer de toutes pièces les réseaux nécessaires à la distribution de l'énergie pour chauffage en grand.

Mais de plus, si ces Sociétés ne voulaient pas modifier leurs traités actuels de concession ou d'exploitation, elles pourraient néanmoins

entreprendre la construction et l'exploitation de ces puissants réseaux de chauffage, par l'intermédiaire des organismes collectifs dont nous venons de parler et à la constitution desquels l'Etat peut les obliger, il ne faut pas l'oublier. Non seulement rien ne les en empêcherait, mais il est à espérer qu'il leur en serait fait une obligation et que la facilité avec laquelle ces organismes collectifs pourraient se procurer la plus grande part de leur consommation sous forme d'excédents d'énergie, permettrait d'établir des tarifs spéciaux extrêmement réduits.

La loi du 19 octobre 1919 relative au réseau d'Etat à établir dans les régions libérées, constitue la première application de la loi précédente. Il ne s'agit rien moins que d'un réseau d'interconnexion entre les principaux réseaux de distribution du Nord et de l'Est de la France, devant coûter d'après les prévisions officielles environ 135 millions comme premier établissement. Mais il n'y est question nulle part de chauffage électrique. Cela est assez naturel dans le cas présent, car, si près des mines de charbon, on conçoit que le chauffage au charbon puisse être préféré au chauffage électrique. Mais cela prouve de suite qu'on ne peut vouloir appliquer brutalement les dispositions de cette loi à toute autre région, notamment aux régions de houille blanche.

D'autre part, cette région du Nord et de l'Est est couverte d'immenses établissements industriels de toutes sortes qui se touchent presque les uns les autres. En raison du grand nombre et de l'extrême diversité de ces industries, il y a de grandes chances, comme l'espère l'exposé des motifs, pour qu'une bonne part des excédents d'énergie disponibles ici à tel instant puisse précisément être utilisée çà ou là et grâce à ce que toutes ces usines sont très près les unes des autres, il est techniquement et commercialement encore assez facile de procéder à ces échanges. Quant à l'énergie nécessitée par l'éclairage on sait, par avance, d'après le calendrier et les graphiques antérieurs, exactement à quoi s'en tenir. L'on peut donc tabler en conséquence pour la répartition des excédents.

Mais, dans des contrées moins industrielles, à centres de population beaucoup plus disséminés, l'échange et la répartition des excédents d'énergie seraient certainement beaucoup plus difficiles et l'on ne pourrait espérer dans ce cas, arriver à une régularisation aussi bonne des charges des usines interconnectées.

Exposé d'une conception nouvelle du chauffage électrique. — Aussi ne pensons-nous pas que l'avenir du chauffage électrique soit lié à l'utilisation poussée à l'extrême des seuls excédents d'énergie des Centrales d'éclairage, force motrice et électro-chimie. Car la compensation en sera toujours forcément assez problématique et incomplète.

En renversant les rôles, ne peut-on imaginer que le chauffage élec-

trique forme le fond de l'exploitation d'un réseau, les autres consommations se répartissant les excédents que le chauffage n'aura pas absorbés ?

Une objection immédiate sera qu'on n'a besoin de chauffage que l'hiver. Et si précisément les cours d'eau aménagés sont à régime glaciaire, ce sera quand on aura le plus besoin d'énergie qu'on en aura le moins de disponible et réciproquement, à moins de constituer des réserves très onéreuses.

Chaque cas est naturellement une espèce. Mais d'abord on n'a même pas attendu la loi d'octobre 1919 pour créer des ententes entre Sociétés disposant de chutes établies sur des cours d'eau à régimes inverses. Ce sera la première des choses à faire en application de la nouvelle loi, d'interconnecter, s'il le faut, non seulement des usines, mais des groupes d'usines de façon à adapter le mieux possible la courbe de la production totalisée à celle de la demande totale.

D'autre part, si on n'a besoin de chauffage que l'hiver, il existe par contre nombre d'industries qui s'accrochent fort bien de travailler surtout l'été (brasseries, frigorifiques publics et domestiques, etc.) et qui contribuent ainsi à la régularisation de la demande.

On peut même imaginer que les Sociétés de production d'énergie intéressées, seront amenées à créer elles-mêmes à la porte de leurs Centrales des usines saisonnières, destinées à ne fonctionner que pendant la période de non-chauffage et susceptibles de produire des marchandises faciles à stocker et d'un écoulement assuré. De nombreuses fabrications électro-chimiques se prêtent à cette combinaison (1).

La question d'été étant réglée, comment organiser en vue du chauffage l'exploitation d'hiver pour que l'utilisation du matériel installé soit non seulement améliorée comme le permet le système suisse, à accumulation de nuit, mais réellement maxima c'est-à-dire de 24 heures par jour pendant les six mois d'hiver ?

En généralisant l'emploi des *appareils à accumulation* à horaires réglables de charge et de décharge, et *en groupant les clients* — locataires de même immeuble, propriétaires d'un pâté de maisons — de telle sorte que *la consommation de chaque groupe reste aussi constante que possible*.

Cette idée d'accumulation et de récupération de chaleur est malheureusement des plus difficiles à faire accepter non seulement du public, mais même des industriels et des Sociétés de Distribution.

(1) Voir à ce sujet ma brochure « Les Forces hydrauliques dans les Alpes-Maritimes », Nice, Juin 1919, ainsi qu'un article de la « Revue de l'Ingénieur », publication du bureau d'Organisation Économique, Mars 1920.

Du public, nous ne parlerons pas, car il attend avec juste raison que les industriels mieux qualifiés que lui, aient donné l'exemple. Mais que dire d'Industriels auxquels vous prouvez irréfutablement qu'en engageant une dépense minime de premier établissement pour récupérer chaleur et énergie perdues avec leur organisation actuelle, ils l'auront amortie dès la 2^e année et économiseront chaque année à venir quelques milliers de tonnes de charbon ! et qui affectent de ne pas prendre ces chiffres au sérieux.

Quant aux Sociétés de Distribution, rien n'est plus simple. Encore une fois, elles n'ont aucun intérêt, en France tout au moins, à entrer maintenant dans cette voie, de leur plein gré. La nouvelle politique, en matière de Tarifs de Gaz et d'Electricité, est le seul et direct coupable, en ce qui concerne les Sociétés concessionnaires. Maintenant qu'il est entendu que les prix maxima fixés aux Cahiers des Charges annexés aux anciens Contrats de Concession, doivent être augmentés en raison de l'augmentation générale des matières premières, main-d'œuvre et frais généraux, on conçoit que ces Sociétés ne cherchent qu'à rendre leur prix de revient le plus grand possible. Elles ont toujours le moyen de démontrer aux Municipalités que ce n'est pas pour économiser plus tard quelques centimes sur le prix de revient, qu'il s'agit d'engager aujourd'hui de nouvelles dépenses de premier établissement. Quant aux trop nombreuses Municipalités qui tremblent de peur à l'idée de prendre l'affaire en régie, elles ne demandent qu'à se laisser convaincre, et tout le monde se met d'accord pour trouver que ces économies coûteraient beaucoup plus cher qu'elles ne rapporteraient.

Il est caractéristique de voir, par contre, les Régies municipales de Toulon, Grenoble pour n'en citer que deux, mettre à l'étude la récupération des chaleurs perdues dans leurs Usines à Gaz. C'est que c'est le contribuable électeur qui en fin de compte en bénéficiera. Elles ne font d'ailleurs que suivre l'exemple des Entreprises de Gaz et d'Electricité suisses qui toutes sont aux mains des Municipalités et n'ont pas manqué d'appliquer le procédé de récupération dès qu'il a été suffisamment au point, aussi bien dans leurs propres usines de production que chez leurs clients (1).

Que demande en fin de compte le client de chauffage ? Que son

(1) Les installations de récupération des chaleurs perdues exécutées dans les Usines à Gaz de Genève et de Chaux de Fonds, par exemple, ont été amorties respectivement en 1 an et en 1 an 1/2. A l'heure actuelle, elles permettent d'économiser chaque année 1.110 tonnes et 1.000 tonnes de charbon et celle de Zurich : 7.000 tonnes.

Lorsque le représentant du constructeur est venu faire des offres à telle compagnie que je pourrais nommer, il a été poliment éconduit avec ce petit discours : « Quand on demande un relèvement de tarifs, ce n'est pas le moment d'abaisser le prix de revient. »



appartement, son immeuble soit chauffé à tant de degrés pendant tant de jours par an. Il achète donc des calories utiles et le nombre de K.W.H. auxquels elles correspondent, ne l'intéresse que parce que le Secteur, grâce à son mode d'exploitation actuel, trouve plus simple avec raison de lui facturer des K.W.H. de même qu'au client d'éclairage ou de force motrice.

Mais les Secteurs ne s'étaient-ils pas déjà aperçus, au moment de l'introduction des lampes monowatt, puis demi-watt, que ce mode de tarification n'était pas logique et qu'il faisait correspondre à chaque progrès de la technique une sensible diminution de recettes ?

Et ne valait-il pas mieux vendre et facturer le service réellement rendu, c'est-à-dire des lumen-heures, des calories ?

En ce qui concerne l'éclairage, la question est précisément à l'ordre du jour. Il est probable cependant qu'en ce qui concerne le chauffage, elle sera plus vite et plus facilement résolue, à cause de l'avantage que présente l'énergie calorifique sur l'énergie lumineuse de pouvoir être accumulée et mise en réserve.

Ce que peut être un Réseau de chauffage. — Il s'agit donc, avant tout, de réduire au minimum la clientèle désireuse de disposer du courant à toute heure de la journée ou de la nuit, serait-ce même au prix fort et avec minimum de consommation garanti.

Le mieux sera que ces clients « singuliers » de courant et non de chauffage soient traités exactement comme les clients d'éclairage et autant que possible soient ou restent branchés sur le réseau existant qui constituera ni plus ni moins qu'un client, le plus important probablement, du réseau général. Ce seront de véritables clients de chauffage de luxe, et ils paieront le courant en conséquence.

Tous les autres clients seront directement branchés sur le réseau chauffage et équipés par les soins de la Société distributrice ou ses ayants droit, au moyen d'appareils accumulateurs susceptibles d'emmagasiner non plus pendant les huit heures de nuit seulement, mais bien en le plus de temps possible les calories nécessaires au chauffage pendant la durée de la décharge. Plus, en effet, le temps de marche sous courant sera long, plus la compensation exacte entre l'ensemble des appareils sous charge et ceux au repos ou en décharge sera facile à régler, et plus d'autre part la capacité et par suite le prix des appareils seront faibles.

A notre avis, la durée probable de charge de ces appareils sera d'environ seize heures par jour pour les appareils d'appartement et vingt heures pour les chauffages centraux à eau ou vapeur transformés



pour chauffer les chaudières à l'électricité. Cette durée pourra être répartie en deux temps, car il faut tenir compte des heures de pointe du matin et du soir pendant lesquelles la charge chauffage devra être réduite (cuisine, tous usages domestiques et force motrice branchées sur le réseau chauffage, éclairage et chauffage direct par petits radiateurs branchés sur le réseau lumière). Nous indiquerons brièvement à la fin de cette étude quelles caractéristiques devront présenter ces appareils qui peuvent ne pas différer dans le principe de ceux actuellement en usage en Suisse par exemple.

A chaque client qui se présentera, le Service d'Exploitation traduira donc sa demande de courant en demande de calories correspondantes à fournir par journée de vingt-quatre heures et il en construira le diagramme heure par heure en tenant compte des particularités spéciales que peut présenter le client. Il pourra donc définir de suite l'installation de puissance minima nécessaire avec indication des heures de fonctionnement des appareils en charge, repos, décharge, tenant compte des horaires des autres clients avec lesquels le nouveau client doit faire compensation.

Le problème peut sembler compliqué au premier abord. En réalité, il sera extrêmement simple, pour plusieurs raisons : le nombre de types d'appareils en service sera très réduit — les appartements d'un même immeuble sont généralement comparables les uns aux autres — la longue durée de fonctionnement sous courant des appareils permet de réaliser la compensation exacte pour un nombre très réduit d'appareils. Même avec huit heures de marche seulement, on arrive à la compensation exacte avec quatre clients au plus. Le problème est en tous cas bien moins compliqué que l'établissement, par exemple, des tours du personnel du mouvement dans une entreprise de tramways ou de chemin de fer, or ce sont de simples manœuvres spécialisés qui sont chargés de ce travail et y acquièrent rapidement une grande habileté.

La solution proposée est donc praticable et l'on arrive bien ainsi non seulement à porter au maximum l'utilisation du matériel de la Centrale, rendant ainsi minimum le coût de production du K.W.H., mais encore à pouvoir *garantir* à la clientèle chauffage, la fourniture de l'énergie nécessaire, ce qu'il serait impossible de faire si l'on se contentait de l'alimentation au moyen des excédents d'énergie.

Chauffage. Force. Lumière. Cuisine. Conditions particulières. — Cette organisation donne lieu à plusieurs remarques :

1° Nous avons dit, dans la première partie, qu'il n'était pas logique que la force motrice, l'éclairage, soient sacrifiés au chauffage électrique.

C'est pourquoi nous avons prévu que le réseau chauffage alimenterait directement les industriels gros consommateurs de force motrice, tandis que les clients d'éclairage seraient branchés sur le réseau lumière considéré comme acheteur en gros et revendeur en détail de courant laissé en permanence à la disposition des clients. L'allure générale de la demande de ce réseau lumière est connue d'avance assez exactement ; d'ailleurs cette demande représente au plus le $\frac{1}{6}$ de la demande du réseau chauffage et force motrice. Ses variations accidentelles représenteront donc à peine quelques centièmes de la charge totalisée, elles seront par suite pratiquement sans effet sur le réglage de l'ensemble. Il sera donc facile au Service Exploitation de régler au moyen des contrôleurs automatiques de chauffage l'allure de la demande du réseau chauffage, force motrice, en fonction du diagramme du réseau lumière de telle sorte que le diagramme totalisé s'adapte pour le mieux à la courbe des disponibilités des usines. Le réglage devra être fait deux fois par an au commencement et à la fin de l'hiver.

2° Supposons une Société de Production et Distribution exploitant un double réseau urbain de chauffage et de lumière. Puisque l'allure générale de son diagramme a été régularisée, l'excédent de puissance installée à la Centrale est rendu sensiblement constant. Il donne donc lieu à la production d'excédents d'énergie eux-mêmes constants, en tous cas faciles à déterminer d'avance et qui par suite auront une valeur marchande autrement plus grande que celle de simples déchets d'énergie auxquels on aboutirait sans cette régularisation. Il est donc naturel que cette Société cherche à céder cet *excédent de puissance* à une autre Société même assez éloignée et dont la puissance actuelle est insuffisante. (L'inverse pourra d'ailleurs avoir lieu dès que cette dernière installera une machine nouvelle.)

Le prix relativement élevé auquel cet excès de puissance pourra être vendu ne sera donc plus un obstacle à la construction de la ligne de transport nécessaire, tandis que le transport à longue distance de simples déchets d'énergie serait impraticable.

Ce que nous disons schématiquement de deux Sociétés interconnectées s'appliquera en pratique à deux groupes, à plusieurs groupes comprenant chacun plusieurs Sociétés interconnectées.

3° La demande probable de chaque réseau de distribution étant régularisée séparément, la puissance nécessaire est facile à déterminer en y comprenant la marge de sécurité suffisante. Cette valeur peut d'ailleurs être augmentée chaque année pour tenir compte du développement de la clientèle. L'excédent de puissance à acheter ou à céder est également connu, et la dépense ou recette correspondante est assurée

d'avance. Le prix de revient moyen du K.W.H. est donc connu d'avance, il est d'ailleurs réduit à sa valeur minima possible. Sera-ce une raison pour que clients de chauffage automatique et clients de force motrice par exemple soient traités sur le même pied ?

Cela n'est pas possible, car le client de force motrice, comme d'ailleurs celui de chauffage par radiateur direct et celui d'éclairage doivent payer la faculté qu'ils se sont réservée de disposer du courant à volonté d'après leurs besoins immédiats.

Il est regrettable que la force motrice, et encore moins la lumière ne puissent actuellement être accumulées aussi facilement que la chaleur, mais il est naturel que les clients acheteurs directs de cette dernière profitent de l'avantage.

Les tarifs force motrice et tous usages — autres que l'accumulation des K.W.H. sous forme de calories, ou dans des accumulateurs électriques, ou sous forme d'élévation d'eau, de compression d'air, de gaz, etc. aux heures fixées d'accord avec le Secteur de distribution — seront donc fixés comme d'habitude en tenant compte de ce que l'utilisation ne peut être exactement définie d'avance.

Néanmoins les clients branchés individuellement sur le réseau chauffage, et d'autre part, le Réseau lumière considéré comme client en gros, bénéficieront de la diminution du prix de revient moyen du K.W.H. qu'entraîne l'emploi généralisé du chauffage automatique; ce bénéfice peut sensiblement être évalué à 50 %, car l'utilisation générale du réseau qui d'habitude ne dépasse guère 2.600 heures, atteindra au moins 5.000 heures. A leur tour, les clients du réseau lumière pourront donc obtenir des tarifs légèrement réduits.

4° On se rend compte qu'avec une telle organisation, le mieux est pour le Secteur, comme pour le client, de traiter à forfait pour le chauffage général et continu de l'immeuble ou de l'appartement pendant la durée de l'hiver. On fait ainsi l'économie de l'appareillage de comptage qui serait très onéreux. Au point de vue de l'hygiène et de la commodité, cela est un grand progrès, les appartements restant chauffés même par beau temps froid ou la nuit, ce qui permet de les aérer largement sans crainte de les refroidir. Les clients devront néanmoins pouvoir couper le courant sur leurs accumulateurs en cas de fort adoucissement de la température. Comme l'effet en est sensible pour tous les clients à la fois et que la durée peut en être de quelques jours, il s'en suivra une économie notable d'énergie qui devra pouvoir être bonifiée dans une certaine mesure et par des procédés faciles à la clientèle, en fin de saison de chauffage.

5° Enfin on constate que cette organisation, si elle est des plus

faciles et plus avantageuses à établir sur le réseau d'une Société isolée de Production et Distribution, peut néanmoins fort bien être réalisée sur le réseau d'une Compagnie revendeuse, s'il présente une capacité de transport suffisante. C'est une simple question de répartition des horaires de charge et de décharge des accumulateurs en tenant compte du développement des autres clientèles. Si la force motrice est relativement peu importante, la répartition sera presque uniforme sur toute la journée de 24 heures sauf vers 5-7 heures du soir, tandis que si elle est importante le nombre des appareils en charge sera réduit dans la matinée et l'après-midi. Le seul point délicat sera la fixation des conditions de fourniture du courant par la Centrale à la Compagnie revendeuse. Elles devront tenir compte de ce que :

1° Les puissances nécessaires d'été et d'hiver seront très différentes; il y aura lieu de favoriser autant que possible les roulements et ententes entre gros clients aussi bien en vue de l'égalisation de la charge journalière que de la meilleure répartition entre charges moyennes d'hiver et d'été.

2° La tranche de puissance rendue subitement disponible par le fait d'un adoucissement accidentel de la température devra pouvoir être utilisée immédiatement au mieux des intérêts non seulement du producteur, mais du distributeur et de la clientèle.

3° La Ville ne doit connaître qu'un seul et entier responsable, en cas d'inexécution des clauses du cahier des charges. Aucun appel en garantie, rejet de responsabilités entre distributeur et producteur, ou autre moyen dilatoire caractéristique du système en honneur actuellement, ne saurait plus être admis.

En tous cas et dès maintenant il serait à souhaiter que les Sociétés d'Electricité prennent l'initiative du mouvement. C'est d'elles en effet que dépend la solution du problème. La bonne volonté du public y contribuera d'ailleurs pour une grande part. Car la question au fond ne diffère pas essentiellement de celle des Transports en commun, par exemple ou de tous les services publics en général. Pourquoi vouloir se réserver de n'avoir chaud qu'à telle ou telle heure suivant son bon plaisir, lorsqu'on ne fait aucune difficulté pour se conformer aux horaires stricts des chemins de fer, des tramways et même des salles de spectacle ?

Ce n'est que par l'organisation en commun que l'on peut espérer voir se développer le chauffage électrique.

Il faut que producteurs, distributeurs et usagers du courant coordonnent leurs efforts en s'inspirant chacun des desiderata des autres et de ses propres possibilités de réalisation de même qu'il appartient



LE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE A VENIR

aux constructeurs de mettre au point l'appareillage nécessaire au lieu de s'enliser dans la fabrication de joujoux chauffants ou d'appareils dits de luxe qui font assez triste figure en face de marques voisines.

C'est dans ce but que nous allons chercher à fixer aussi succinctement que possible et à simple titre d'indication l'ordre de grandeur des diverses quantités qui entrent en ligne de compte.

CHAPITRE VIII

Un Réseau de chauffage électrique

Pour fixer les idées, nous donnerons un bref aperçu des éléments du calcul d'un réseau tel que nous le concevons, ainsi qu'une description rapide des installations nécessaires et de leur mode de fonctionnement.

Consommation et puissance par appartement. — Nous raisonnerons sur un immeuble théorique de nos régions tempérées, mesurant 25 m. de long, 10 de profondeur et 20 m. de hauteur, enclavé entre deux autres et comprenant 5 étages dont le rez-de-chaussée. Chaque étage comporte 2 appartements de 5 pièces habitables chaque.

Le calcul très grossier des pertes de chaleur par heure sera basé sur les valeurs suivantes :

Surface des façades en maçonnerie	800 m ²	C = 2
— des fenêtres, portes	200 m ²	C = 3
— du plancher du rez-de-chaussée	250 m ²	C = 1,5
— des couvertures	300 m ²	C = 1

Les coefficients de transmission sont comptés largement et tiennent compte des majorations habituelles. La différence moyenne de température avec l'extérieur sera prise de 17° pendant le jour et de 10° pendant la nuit.

Pour la maintenir dans l'immeuble entier (combles et caves non compris et supposés à température moyenne de 5°) il faut alors environ 40.000 calories par heure, non comprise la ventilation. En supposant 10 renouvellements d'air par 24 heures on arriverait au total de 1,1.10⁶ calories par jour. Mais il faut tenir compte des pièces qui ne seront pas chauffées spécialement telles que les cuisines, de celles qui auront besoin d'être moins souvent chauffées et ventilées comme les salons de réception. On peut donc réduire la valeur ci-dessus à 750.000 calories en moyenne par jour, dont 50.000 (incombant au propriétaire de l'immeuble) pour la cage d'escalier, le vestibule, etc... Restent 700.000 calories, c'est-à-dire 70.000 calories par appartement ou 80 K.W.H.

Chaque cuisine consommera de 8 à 10 K.W.H.

Le chauffage de l'eau pour un bain, la toilette, etc., exigera 10 K.W.H.

Total par appartement : 100 K.W.H. par jour.

Total pour l'immeuble : 1.050 K.W.H. par jour.

La puissance nécessaire pour l'ensemble de l'immeuble ne dépend pas des horaires de charge et décharge des appareils d'appartement, puisque nous avons dit qu'il y avait compensation et qu'elle reste sensiblement constante. Nous verrons plus loin avec quelle facilité on y arrive. La puissance moyenne serait donc de $1.050 : 24 = 40$ K.W. Pratiquement, elle oscillera entre 40 et 50 K.W. Elle est donc de 0,8 à 1 K. W. par pièce.

Notons de suite que pour la même quantité de chaleur instantanée à fournir au moment de la tombée du froid et de la nuit, si l'on n'utilisait que des appareils directs et que le courant reste à la disposition permanente des clients, la pointe atteindrait facilement 120 K.W. pour l'immeuble.

Par comparaison on peut calculer ce qu'exigerait le chauffage par radiateurs portatifs, en cas de chauffage par pièces isolées. Une chambre de $4 \times 3,5 \times 3,5$ représente un cube de 49 m^3 et présente en moyenne les surfaces de déperdition suivantes :

28 m ² de plafond et plancher avec	C = 1,5
28 m ² de mur de refend et cloisons.....	C = 1,5
12 m ² de cloisons de couloirs	C = 1,5
10 m ² de mur de façade.....	C = 2
3 m ² de fenêtres	C = 3

Pour 17° de différence de température avec l'extérieur, et 8° en moyenne avec les autres pièces, on arrive à un total horaire de 1.300 calories ou 1,5 K.W.H. par heure.

Il faudra chauffer au moins dix heures par jour. On arrive donc à une consommation d'au moins 15 K.W.H. par jour sans compter la ventilation qui peut porter ce chiffre à 25 K.W.H. correspondant à une puissance de 2,5 K.W. Or, nous verrons que pour chauffer 24 heures par jour l'appartement tout entier, la puissance totale nécessaire dépassera à peine le double, si l'on se sert de poêles accumulateurs !

Tarifs d'application. — Pour que le système soit praticable, vis-à-vis les autres procédés de chauffage (en admettant encore qu'on ait le choix), les valeurs trouvées ci-dessus montrent qu'il ne faut pas que le K.W.H. pour chauffage automatique dépasse 0 fr. 12, et le K.W.H. cuisine, 0,18 à 0,20. Est-ce possible d'y arriver ? Tout est là.

Or, le chauffage automatique à lui seul assure à la puissance fictive installée dans l'immeuble (soit 45 K.W. dans l'exemple ci-dessus) une utilisation d'au moins 4.000 heures par an. Avec la force motrice, les usines saisonnières, etc... on arrive donc à une utilisation de 6.000 heures

par an du matériel installé à la Centrale (1). S'il s'agit d'une usine hydro-électrique, il est, pensons-nous, inutile de songer à renter l'affaire si les frais d'aménagement dépassent 2.000 francs par K.V.A, représentant une charge annuelle d'environ 260 francs. A cette somme il faut ajouter les charges dues aux immobilisations en vue du transport et de la distribution dans les centres toujours assez éloignés des chutes. On peut les évaluer en moyenne à 500 francs par K.V.A, ce qui représente 65 francs de charges annuelles.

Or, 1 K.V.A. installé à la Centrale produira par heure 0,9 K.W.H. si l'on suppose un $\cos \varphi$ général de 0,9, très praticable avec une charge composée surtout d'appareils à $\cos \varphi = 1$. Après transport et transformations, il n'en reste à vendre en basse tension que $0,9 \times 0,6 = 0,54$ K.W.H., en supposant un rendement général de 0,6. Une utilisation de 6.000 heures permettra donc de vendre 3.240 K.W.H. en basse tension, qui auront coûté $260 + 65 = 325$ francs. Il sera donc parfaitement possible de le vendre 0,11 à 0,12, en tenant compte de la consommation formidable assurée.

Nous avons vu en effet qu'un appartement représentait 90 K.W.H. par jour sans la cuisine, ce qui fait 13.000 à 14.000 K.W.H. par hiver.

C'est à peine plus que la consommation moyenne d'une famille ouvrière aux Etats-Unis, en Norvège ou en Suisse ! L'Association des Ingénieurs suisses évalue en effet à 2.500 K.W.H. *par personne* la consommation moyenne annuelle pour le chauffage électrique. Cela correspond à une puissance de 0,7 K.W. par personne pour un chauffage continu de 24 heures et de 1,1 K.W. pour un chauffage de 11 heures seulement par jour.

En Amérique on arrive à des consommations de 4 à 6.000 K.W.H. par an et *par personne*, tous usages domestiques compris !

Le tarif pour la cuisine et autres usages domestiques doit naturellement être plus élevé que celui pour le chauffage automatique, puisque le courant reste à la disposition permanente du client, ce qu'il est facile de réaliser en prenant ce circuit spécial avant le controller automatique de chauffage. Une majoration de 50 % sur le prix du chauffage semble suffisante. Le prix de 0,18 à 0,20 soutient fort bien la comparaison avec le prix du gaz, puisque pratiquement il a été reconnu qu'1 m³ de gaz équivaut à 2,4 K.W.H. environ. Il y a donc parité si le prix du gaz ne dépasse pas 0 fr. 40 à 0 fr. 45. Or les tarifs modifiés de la plupart

(1) C'est l'utilisation actuelle des réseaux alimentant un grand nombre d'usines à travail continu : papeteries, minoteries, moulins à huile, sucreries, brasseries, etc... Elle peut donc être largement dépassée, surtout en organisant des ententes entre industries différentes.



LE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE A VENIR

des Sociétés de Gaz, même avec du charbon à 150 francs la tonne, dépassent encore ce prix.

Les prix de 0,12 pour le chauffage et 0,18-0,20 pour la cuisine sont donc parfaitement possibles. Ils le seront d'autant plus que les autres consommations, en particulier celle des clients de force motrice et celle du Réseau d'Eclairage considéré comme client unique, pourront, par leurs recettes relativement élevées, améliorer sensiblement le rendement général de l'affaire.

Pour ces clients, nous avons dit, en effet, que les tarifs seraient basés comme toujours sur l'utilisation réelle laquelle dépasse rarement 1.500 heures pour les clients force et 2.500 heures pour un Réseau. Mais ils bénéficieront de ce que la puissance et la consommation relativement élevées dues au chauffage auront fortement abaissé les frais de production du K.W.H. ainsi que la part des charges financières dues aux immobilisations, à leur faire supporter.

Avec les données actuelles en matière d'énergie produite par voie hydro-électrique, le prix de vente du K.W.H. HT va être de 20 à 25 centimes pour 1.500 heures à 1.800 heures d'utilisation. Le Réseau d'Eclairage pourra donc payer le K.W.H. dans les 18 à 20 centimes.

S'il s'agit de Centrales à vapeur, la question est plus difficile car les frais de production proprement dits comportent une large part d'éléments très variables, comme les prix du combustible, de la main-d'œuvre, etc... Les nouvelles Circulaires ministérielles du 24 novembre 1919 et du 17 janvier 1920 ont fixé l'ordre de grandeur des coefficients à admettre pour l'application des échelles mobiles. S'ils étaient appliqués tels quels à la vente de l'énergie pour chauffage électrique, ils seraient tout simplement prohibitifs.

Cependant avec du charbon à 150 francs la tonne rendu sur parc d'une Supercentrale moderne, le K.W.H. produit avec une utilisation de 7.000 heures, qui serait possible avec l'application du chauffage par accumulateurs, reviendrait aux bornes à 0 fr. 13 environ. Les frais de réseau dans ce cas sont beaucoup plus faibles, l'on pourrait donc arriver certainement à le vendre en basse tension aux bornes des accumulateurs, avec 4.000 heures d'utilisation garantie, à un prix atteignant tout au plus 19 à 20 centimes.

Or, si une telle Centrale paie son charbon 150 francs, c'est que le simple particulier n'en peut guère trouver facilement à moins de 250 à 300 francs. A 20 centimes le K.W.H., les 100 K.W.H. pour chauffage, cuisine, etc... lui reviendront à 20 francs par jour, soit la valeur de 60 à 70 kilogs de charbon... et tous les soucis en moins...

Appareillage nécessaire. — Poêles accumulateurs. — On pourra imaginer deux systèmes de chauffage, l'un au moyen d'un appareil unique par appartement, placé dans le vestibule à la façon d'un poêle russe, l'autre au moyen de plusieurs appareils, trois en moyenne, judicieusement répartis.

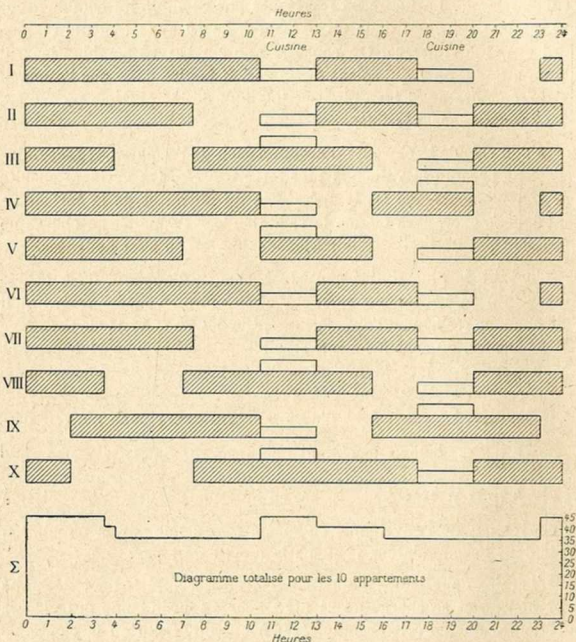


FIGURE 86.

GRAPHIQUE. — Chauffage général et continu d'un immeuble contenant 10 appartements, par accumulateurs avec charge en 16 heures. Puissance par appartement: 5 K.W. — Répartition des horaires de charge et de décharge par 24 heures et diagramme totalisé, en tenant compte d'une puissance moyenne de 2,5 K.V. pour chaque cuisine et des deux pointes force et lumière du réseau.

Dans le premier cas, la consommation étant d'environ 80 K.W.H., si l'on suppose comme première approximation une charge totale en seize heures par jour, on obtient une puissance normale de 5 K.W.



Il s'agit maintenant de rechercher quel devra être son pouvoir accumulateur et par suite quelle puissance il devra laisser irradier par l'enveloppe lorsqu'il sera sous charge, combinant ainsi les avantages du radiateur direct et de l'accumulateur. Pour cela, le mieux est de dessiner un graphique des combinaisons possibles d'horaires de charge et de décharge. La figure 86 représente par exemple les combinaisons qui seraient possibles dans un immeuble de 10 appartements tel que celui examiné ci-dessus. On constate que sur ces 10 combinaisons, il n'y en a que 6 ou 7 qui soient distinctes. Il faudra donc que l'appareil puisse répondre aussi bien que possible aux desiderata que posent ces 6 ou 7 répartitions possibles.

Si l'on calcule la capacité d'accumulation de l'appareil, il faut naturellement prendre la valeur la plus forte trouvée. On vérifiera ensuite par tâtonnements que les températures du noyau et de la surface ne sont jamais excessives et que la radiation par l'appareil en charge ne dépassera pas les limites minima et maxima qu'on s'est assignées.

L'horaire le plus simple consiste à charger l'appareil de 5 heures du matin à 21 heures par exemple, c'est-à-dire en même temps qu'il doit chauffer réellement l'appartement. Sur les 80 K.W.H. de chauffage par 24 heures, 60 sont à fournir sensiblement entre 5 et 21 heures, et les 20 autres pendant la nuit. Ces 20 derniers K.W.H. devront donc être accumulés à 21 heures après l'absorption des 80 K.W.H. de la journée. Le rendement d'accumulation devra donc pouvoir des-

cendre à $\frac{20}{80} = 0,25$ en réglant le registre de telle sorte que $\frac{60}{16}$ soit 3,75 K.W.H. soient dissipés en moyenne par heure par radiation et convection de l'enveloppe, en même temps que par la circulation d'air dans l'accumulateur pendant le service de jour.

L'horaire dans lequel l'appareil se trouve complètement déchargé à 21 heures, et se charge de 21 à 13 heures fournira une des valeurs supérieures du pouvoir accumulateur à obtenir. Celui où la charge se fait de 13 à 5 heures sans désespérer permettra de fixer le développement de la surface de l'enveloppe et sa valeur comme isolant, car c'est précisément pendant la nuit, où l'appareil est en charge et toutes bouches d'air fermées, que cette surface sera portée à la plus haute température, alors que la chaleur à irradier doit être le plus faible.

On voit bien, comme nous l'avons déjà dit au Chapitre V que l'appareil le mieux construit n'est pas forcément l'appareil le mieux adapté au service varié qu'il est appelé à fournir.

L'appareil type étant de 5 K.W., on pourrait étudier également des appareils de 2 K.W. pour faire du chauffage réparti.

Interrupteurs-commutateurs horaires automatiques. — Les interrupteurs horaires automatiques pourraient être de l'un des types dont nous avons parlé au Chapitre V, mais simplifiés si le chauffage se fait à forfait. Dans ce cas, ce pourrait être de simples allumeurs-extincteurs horaires automatiques de dimensions suffisantes. Si le chauffage, tout en se faisant à forfait, est réalisé au moyen de plusieurs appareils par appartement, on peut être né à rendre constantes les charges, non plus par immeuble, mais par appartement. Dans ce cas les controllers horaires automatiques seraient d'un calibre plus petit, mais à plusieurs directions, soit trois par exemple.

Postes d'immeuble. — Les colonnes montantes, branchements, coffrets d'abonnés, etc... seraient du type habituel mais de dimensions bien plus fortes.

Les colonnes partiraient d'un petit poste, établi dans la cave, s'il s'agit de réseau souterrain, au grenier s'il s'agit de réseau aérien, qui aurait une composition différente suivant la nature du courant et la tension.

Etant donnée l'importance des réseaux de distribution nécessaires, il semble bien difficile d'adopter pour ceux-ci le courant continu. Le triphasé, moyenne ou haute tension ne dépassant pas cependant 5 à 6.000 volts conviendra mieux. Le poste devra donc comprendre un réducteur à 230-250 volts au plus qui pourra être constitué d'un transformateur, d'un auto-transformateur, d'un convertisseur à mercure suivant le cas.

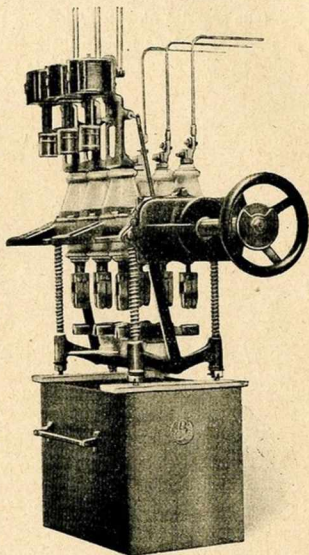


FIGURE 87.

Disjoncteur triphasé à bobines différentielles.
Maljournal et Bourron.



Réseaux de distribution. — Suivant l'importance de la distribution, un seul réseau partant directement du poste central pourra être suffisant, ou bien il pourra y avoir lieu de créer un sectionnement de la localité où chaque quartier sera alimenté par un poste distinct. Tous ces postes seront alors alimentés eux-mêmes par un réseau à plus haute tension aussi bien bouclé que possible.

En effet un tel réseau n'aura pas le droit de ne pas assurer une continuité parfaite du service, à part les cas extraordinaires de force majeure qui correspondraient par exemple à la destruction par explosion d'une usine à gaz. Seuls les réseaux constamment bouclés se prêtent à une telle sécurité d'exploitation par l'emploi de disjoncteurs automatiques permettant de mettre instantanément hors circuit une portion de câble avariée sans que les clients puissent même s'en douter.

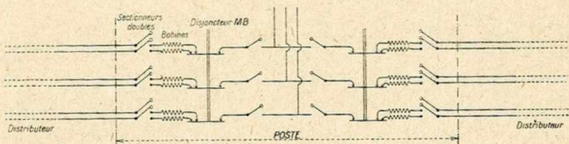


FIGURE 88.

Schéma des connexions principales d'un poste série équipé avec système de protection Maljournal et Bourron.

Ce système exclut donc l'emploi des disjoncteurs à intensité et temps réglables d'après l'ordre des disjoncteurs échelonnés sur le câble, procédé admissible si le réseau se présente sous forme de feeders divergents, ou de boucles ouvertes.

En effet, si le point d'ouverture de la boucle est à changer, par suite d'avaries sur un tronçon, l'ordre des disjoncteurs est également modifié et, si un nouvel incident arrive, tel qu'un simple court-circuit dû à une fausse manœuvre, mais sans claquage, il est impossible de s'y reconnaître.

Certains brevets étrangers tels que le système Merz-Price ou le système Westinghouse donnent de bons résultats. Mais la Maison Maljournal et Bourron a pris dernièrement un brevet à ce sujet qui réunit les avantages des systèmes précédents avec une bien plus grande simplicité d'exécution.

Les puissances très considérables à transporter exigent des câbles à très forte section qu'il est bien préférable de remplacer par deux câbles identiques de plus faible section et plus maniables, placés côte à côte

et mis en parallèle. Chaque poste public ou privé de quelque importance, pris en série sur ce double câble est couvert de part et d'autre par un disjoncteur automatique dont les bobines de déclenchement sont montées en opposition sur chacune des phases de l'un et de l'autre câble fonctionnant en parallèle. Dès qu'une dissymétrie se produit dans la répartition du courant total sur les deux câbles, le courant différentiel fait agir le mécanisme de déclenchement du seul disjoncteur installé à l'extrémité du tronçon en défaut. L'automatique du poste immédiatement de l'autre côté du défaut saute également, mais les deux postes continuent à être alimentés en bout, et l'Exploitation est prévenue immédiatement et peut localiser de suite le défaut et procéder à la réparation. Une telle protection est absolument indispensable sur ces réseaux. (Voir *fig.* 87 et 88.)



CHAPITRE IX

La Gestion des Services Municipaux d'électricité

Nous ne pouvons entrer dans plus de détails au point de vue Construction et Exploitation technique de ces réseaux. L'essentiel était de montrer que le courant à bon marché en vue du chauffage électrique et en général de toutes les applications domestiques de l'électricité n'est pas une utopie, mais à une condition... c'est que les réseaux de distribution nécessaires voient leur développement encouragé par les Pouvoirs Publics.

C'est pourquoi, logique avec nous-même, nous avons fait suivre notre étude présentée sur ce même sujet au Congrès de Lyon, en mars 1920, du vœu suivant :

« Que le Législateur et l'Administration encouragent le développement du chauffage électrique, notamment dans les régions de houille blanche ou de combustibles de peu de valeur, en octroyant aux Sociétés, Régies municipales ou Coopératives désireuses de s'y consacrer, soit un monopole, soit tout autre avantage ou garantie de nature et de durée suffisantes pour leur permettre d'entreprendre sans risques excessifs la construction et l'exploitation des réseaux nécessaires. »

Cette conclusion peut sembler anachronique et paradoxale. Les monopoles, tant capitalistes que sociaux, sont en effet passionnément discutés aujourd'hui, et il n'est pas banal, après avoir montré assez peu de tendresse pour les Sociétés actuelles, de réclamer en leur faveur de nouveaux avantages, et lesquels !

Or, à part quelques vieilles et solides Sociétés, administrées par des hommes clairvoyants et audacieux, il n'y a évidemment pas à espérer que les Sociétés anonymes actuelles se laissent prendre à une combinaison comportant en face d'avantages à longue échéance, des engagements immédiats en contradiction absolue avec leur politique actuelle.

Quand, depuis quatre ans et à l'abri des Arrêts du Conseil d'Etat, de la loi Failliot et de toutes les mesures d'exception et de protection qu'elles ont su arracher petit à petit des Pouvoirs, ces Sociétés ne cessent de relever leurs tarifs bien au delà de toute prévision possible et cherchent à transformer provisoirement leurs Contrats de concession dont elles ont tiré tout ce qu'il y avait de bon, en régies plus ou moins intéressées — tel le joueur qui après avoir réussi le gros coup et mis la masse à l'abri, ne dédaigne pas de s'assurer l'honnête matérielle journalière

— parler de K.W.H. à 0 fr. 10, c'est s'exposer aux hausses d'épaules et, pour un peu, à l'examen du neurologue.

Les nouvelles Sociétés ne veulent d'ailleurs pas être en reste et n'ont pas les dents moins longues que leurs aînées.

Ce n'est donc certainement pas de ce côté qu'il faut chercher, et notre vœu ne s'applique utilement qu'aux Régies municipales, telles qu'elles sont prévues par les récents décrets et Règlements d'Administration publique d'octobre 1917, etc..., et à des Coopératives de Distribution d'Énergie Électrique analogues aux Coopératives faisant l'objet de la Circulaire ministérielle du 19 octobre 1919.

La loi sur l'utilisation des Forces hydrauliques, en permettant aux Départements, Communes, Syndicats de Communes, Etablissements Publics, de demander la Concession des Usines et des lignes de transport destinées à amener l'énergie jusqu'aux postes centraux des réseaux urbains et des différents Services Publics, ne peut qu'inciter les villes placées non loin des Régions de Houille blanche à prendre elles-mêmes en mains la création et l'exploitation de ces réseaux.

Communes et Départements. — Ce sont elles, en effet, qui, de tous ces bénéficiaires éventuels, sont le mieux désignées, soit individuellement, soit sous forme de Syndicats de Communes, et qui trouveront le plus d'intérêt et de facilités à réaliser de telles entreprises.

Seules, de grosses agglomérations, villes de luxe, villes industrielles, peuvent présenter des besoins d'énergie assez importants et variés pour justifier la création de tels réseaux.

De plus, les Communes et Syndicats de Communes sont seuls aptes en fait, de par la loi du 15 juin 1906, à accorder une concession de distribution d'énergie électrique aux particuliers. Ils en ont même le droit exclusif en ce qui concerne la fourniture du courant aux Etablissements communaux et l'éclairage public et privé avec monopole.

L'Etat, naturellement, a le droit aussi de concéder une Distribution d'Énergie Électrique, mais celle-ci doit s'étendre à plusieurs communes non syndiquées, après délibération favorable de tous les Conseils municipaux intéressés, s'il doit y avoir réellement vente de courant dans la commune et non pas seulement, passage d'une ligne de transport. Les Conseils municipaux sont ainsi rendus responsables, en cas de conflit avec les distributeurs déjà autorisés.

On peut donc dire que la Commune est maîtresse d'accorder ou de refuser toute concession de distribution d'énergie électrique aux particuliers sur son propre territoire, et, par suite, de réserver tous les avantages qu'elle pourrait être amenée à consentir à une Société con-

cessionnaire comme : exemption de certaines redevances, longue durée de concession, etc...

Le Département, contrairement à ce qui se passe en matière de Tramways, n'a pas le droit d'accorder une concession de Distribution Electrique.

Obtiendrait-il même une concession de chutes et de réseaux de transport en application de la loi du 16 octobre 1919, qu'il devrait, lui ou son récessionnaire, demander la concession de la Distribution sur le territoire des Communes. Son crédit, comme ses ressources, ne sont jamais faits que d'une partie de ceux des communes. Son action paraît donc logiquement limitée à ses propres Services, et Etablissements publics, peu nombreux et, sauf certains Tramways départementaux, bien faibles consommateurs d'énergie.

Comme exemple typique, on peut citer d'une part la ville de Grenoble qui, pour renforcer seulement sa distribution actuelle demande une concession de chute de 14.000 KW. environ, et d'autre part, le département des Bouches-du-Rhône, un des plus peuplés et des plus industriels de France, qui ne demande pour tous ses Services Publics que 7.000 KW dont il sera obligé d'ailleurs de céder la plus grande partie.

Notons en passant que ce simple fait-divers réduit à néant un des gros arguments des adversaires des Régies présenté comme suit par M. Bougault dans la R. G. E., tome II : « les communes, tenues par les règles étroites de leur comptabilité, devront prévoir seulement année par année les sommes qu'elles pourront consacrer pendant la période du budget aux dépenses de la Régie. Nous ne trouverons pas, par conséquent, cette liberté d'exécution où les sociétés anonymes puisent leur force et qui leur permet de faire d'un seul coup une série de prévisions utiles, augmenter pour cela leur capital, réaliser de gros emprunts, en un mot évoluer avec cette souplesse que la liberté industrielle, si différente de la sévérité administrative, peut seule comporter. »

Ce n'est certainement pas avec les bénéfices, réalisés au cours des 2 ou 3 ans que dureront les travaux, que la Régie de Grenoble entend payer l'équipement de ces 14.000 K.W. ! Et alors, d'où vient l'argent ? n'est-ce pas.

Dans certains cas particuliers où la ville est, peut on dire, aux mains d'une corporation telle que : hôteliers dans une ville exclusivement de saison, manufacturiers dans une ville exclusivement industrielle, la Coopérative peut utilement se substituer à la Commune et prendre la charge d'une telle entreprise, à condition qu'elle soit tenue d'accepter

comme membre quiconque en fait la demande, ce qui en fait une véritable Distribution publique.

Mais dans la généralité des cas, il est tout indiqué que ce soient les plus grosses communes d'un département qui prennent l'initiative de semblables entreprises qu'elles exploiteront directement en régie.

Régies Municipales d'Électricité. — Il faut compter, il est vrai, avec la répugnance instinctive que ce mot de Régie exerce sur la plupart des Municipalités et que les Sociétés anonymes sont si habiles à entretenir au moyen d'exemples heureusement choisis.

Cela tient, pour une bonne part, à l'indigence du vocabulaire administratif français qui confond sous le même terme une mesure de rigueur exceptionnelle, et un procédé d'exécution et de gestion absolument normal. La mise en régie, faisant suite généralement à l'exploitation d'une Société déficitaire qui avait bien d'autres soucis que d'entretenir son matériel et, encore mieux, de le tenir à hauteur des progrès de la technique, met fatalement le Régisseur aux prises avec de grosses difficultés.

Comme la décision de justice sera longue à venir et peut d'ailleurs réserver des surprises, il est naturel de la part du régisseur, d'assurer immédiatement à l'affaire des recettes suffisantes par des tarifs appropriés qui permettront d'éteindre les dettes les plus criardes, de parer de suite aux mesures d'entretien indispensables, et même aux dépenses de grand entretien et de renouvellement, s'il le fallait.

Et chacun de déclarer que la régie est plus onéreuse que l'exploitation par le concessionnaire.

Un exemple typique est celui du Gaz de Toulon dont les tarifs durent être à peu près doublés dès la mise en régie. Mais on oublie de dire qu'il y avait à rembourser d'urgence à la Marine une avance de quelques dizaines de 1.000 tonnes restées impayées.

Ce n'est nullement de cela qu'il s'agit ici : les Régies municipales que nous avons en vue, et dont bon nombre fonctionnent depuis longtemps dans de grandes villes comme Grenoble, Tourcoing, Elbeuf, etc... sont, depuis octobre 1917, soumises à une réglementation extrêmement détaillée et précise, faisant l'objet d'un Règlement d'administration publique, publié le 8 octobre 1917 (1) et d'un Cahier des Charges type, paru le 8 novembre 1917.

Les commentaires de ces Règlements et Cahiers des Charges ont été donnés par MM. de Rigney et Bougault dans la R. G. E., tome II, et devraient être aussi connus des membres élus et des fonctionnaires de

(1) Voir ce Règlement en Annexe, page 157.

nos Municipalités que la loi de 1906 et ses Règlements d'application le sont du moindre agent de nos Sociétés anonymes.

Le commentaire du Cahier des Charges est particulièrement intéressant en ce sens qu'il est caractéristique de la méthode employée par les Sociétés anonymes, à laquelle nous avons fait allusion plus haut. On y lit en effet : « En tout cas, en ce qui concerne les abonnés, nous souhaitons que les concessionnaires soient plus nombreux que les régies : les communes s'interdisent toujours de faire des contrats de longue durée : dans une ville que nous pourrions nommer nous avons entendu les plaintes des consommateurs qui ne peuvent avoir un seul contrat portant sur un nombre respectable d'années, les tarifs ne sont donc pas assurés d'une façon stable et quand la municipalité a besoin de se procurer des ressources, elle augmente les chiffres, etc... »

Après les innombrables arrêts du Conseil d'Etat qui ont condamné les municipalités à payer aux Sociétés anonymes des indemnités parfois formidables, en jouant sur la clause de l'imprévision ; après la loi Failliot ; après les relèvements généraux de tarifs et la généralisation de l'emploi des échelles mobiles accordées par les circulaires des 24 novembre 1919 et 17 janvier 1920, à la suite du Rapport de l'Union des Syndicats des Distributeurs d'Electricité, on a peut être le droit de sourire !

Les résultats remarquables auxquels arrivent les Entreprises de Distribution de Gaz et d'Electricité suisses, qui toutes sont exploitées en régie par les Municipalités, et auxquels arrivent également en Hollande, en Belgique, en Angleterre et en France des Municipalités « de progrès » comme celles des villes citées plus haut, sont une preuve évidente que ce système convient au moins aussi bien à l'exploitation d'un grand Service Public que notre système de plus en plus abâtardi de Concession, tel qu'on arrive actuellement à l'appliquer en France.

C'est aux Municipalités de ne pas se dérober plus longtemps à leur devoir, à l'abri d'une tutelle administrative beaucoup plus libérale qu'elles ne veulent le croire, et de saisir les occasions — qui ne leur ont pas été données en vain par les décrets et lois de 1917 et 1919 — d'assurer par leurs propres moyens leurs Services publics vitaux tels que celui du Gaz et de l'Electricité, dès que la carence ou le mauvais vouloir des Sociétés anonymes actuelles les obligeront à prendre une décision.

A leur peur de la Régie directe, la plupart donnent comme prétexte qu'elles veulent défendre le budget communal contre les risques d'une exploitation déficitaire. Mais, elles signent bien, les yeux fermés, des avenants à concession de Tramways, par exemple, instituant une

Régie intéressée d'après laquelle les pertes — inévitables d'ailleurs — seront enfin de compte uniquement supportées par la Ville.

En fait, c'est la peur de l'intrusion de la politique dans la gestion des Services Publics qui est la véritable cause de cette phobie de la Régie :

Or, voici une Municipalité, qui ne se représentera pas, se sachant battue d'avance. Mais elle ne craindra pas de lier la ville pendant quarante, cinquante ans à venir, pour l'exploitation d'un service public, avec une Société capitaliste quelconque, dont l'appellation d'anonyme est à elle seule tout un programme, et dont les attaches avec des hommes politiques de la région — quand ce n'est pas « d'aucune région » — sont connues de tous. Voici une autre qui, à chaque demande d'indemnité, de relèvement de salaires, de la part des agents d'un Concessionnaire et sous la menace d'une grève plus ou moins concertée entre ceux-ci et le Concessionnaire lui-même — tous électeurs influents — ne craindra pas d'accorder relèvements sur relèvements de tarifs ! Voici une autre qui, confondant sciemment évolution avec révolution, et plutôt que de travailler à réorganiser normalement, sur des bases définitives, les Services indispensables à la collectivité abandonnés jusqu'ici au bon vouloir de concessionnaires, se prêtera à des machinations de fortune qui relèvent plus du cinéma et du battage électoral que de la saine administration !

Tout ça, ce n'est pas de la politique !

Mais un Maire a le courage de prendre ses responsabilités et de désigner sur titres ou de révoquer sur faits patents tel ou tel membre du Conseil d'administration de la Régie ; un Conseil municipal a le courage de fixer, ou de modifier après examen, les cadres du personnel, les traitements, les tarifs, de discuter les comptes de gestion, de prouver, en un mot, qu'il soigne également les intérêts de la Cité comme ceux des citoyens, et d'oser tous les quatre ans, affronter à nouveau le verdict de ces derniers, autrement plus grave que celui d'actionnaires de hasard donnant quitus les yeux fermés à un administrateur de Société anonyme ! Ça, c'est de la politique !

Eh bien, s'il en est ainsi, vive la Politique ! car elle ne manquera pas de nous donner comme Maires et comme Adjointes des Administrateurs non seulement de bonne volonté mais travailleurs, curieux d'initiatives et de responsabilités, ayant l'autorité matérielle et morale nécessaire pour gérer en toute indépendance les intérêts de la Cité. Naturellement, dans ces conditions leurs fonctions ne peuvent plus être gratuites ou ridiculement rémunérées comme elles le sont souvent maintenant. Et ce ne sera pas la plus grande modification à apporter

à la loi de 1884 qui date d'une époque où les Services publics municipaux commençaient à peine à se développer.

Il est probable, d'autre part, que les emplois supérieurs des Régies seront, dans les premiers temps, confiés à d'anciens agents supérieurs d'ex-Sociétés concessionnaires et qu'ils deviendront par la suite l'objet de l'ambition des Elèves de nos grandes Ecoles de l'Etat comme ces derniers la mettent actuellement à prendre la direction des Sociétés concessionnaires(1). Si tout ancien Ingénieur du Contrôle fait de droit un administrateur de Société remarquable, pourquoi supposer d'abord avec M. Loucheur qu'il fera nécessairement un Directeur de service par trop désintéressé, puis surtout, un détestable administrateur de Régie ?

On fait alors valoir que, même bien administrées et organisées industriellement sur le modèle des Sociétés Concessionnaires, les Régies ne sauront jamais posséder l'aptitude, la souplesse commerciales de ces dernières.

C'est encore le cliché classique de l'Etat mauvais commerçant autant que mauvais industriel. Mais d'abord il ne s'agit pas de l'Etat, mais bien de la Commune, tout au plus du Syndicat de Communes. Et puis, aux dépens de qui, à quel propos aurait tant à se manifester le tempérament commercial du Régisseur ?

Les travaux d'aménagement, les installations des clients, les achats de matériel, de matières premières ou consommables ? Mais, par le procédé de l'adjudication publique ou restreinte, la Régie sera encore bien mieux placée que toute Société anonyme pour obtenir les conditions les plus avantageuses, pour elle d'abord, d'où indirectement pour le budget de la Commune.

L'Exploitation technique, la recherche des meilleurs procédés, des meilleurs appareils de production et d'utilisation ? Mais pourquoi le personnel serait-il moins dévoué, moins à l'affût des progrès de la technique, moins acharné à l'abaissement du prix de revient que s'il faisait partie d'une Société ?

L'Exploitation commerciale, le placement et la vente du courant ? Mais nous avons insisté sur ce que, seul, le monopole permettrait à

(1) On lira avec intérêt la démonstration rigoureuse, donnée par M. l'Inspecteur général Colson, dans son magistral Cours d'Economie Politique professé à l'Ecole des Ponts et Chaussées, tome VI, du Théorème fondamental suivant : « Pour qu'un Réseau de chemins de fer fonctionne parfaitement, il est nécessaire et suffisant qu'Administrateurs, Directeurs, Ingénieurs soient d'anciens Ingénieurs au Corps ». La solution est d'ailleurs générale et s'applique à tout service public.

NOTA : Tout ceci était écrit bien avant le 15 avril 1920. A la suite de l'amorce de discussion sur les monopoles qui eut lieu ce jour-là à la Chambre, j'ai cru bon de développer quelque peu les pages suivantes.

l'exploitant d'un Réseau de Chauffage — fût-il même une Société anonyme — de boucler sûrement son budget, et toute l'ambition de la Régie municipale doit se borner à cela. Donc pas de Service de Publicité, pas de course à la clientèle, mais bien plutôt éducation de celle-ci et régularisation de son développement surtout dans les débuts.

En quoi, dès lors, la Régie aurait-elle à faire preuve d'un esprit commercial si aiguisé ?

D'ailleurs la concurrence et l'émulation, qui s'établiront forcément entre Régies de Villes d'une même région ou de même importance, tendront à rendre optima les conditions d'exploitation, car l'Enregistrement ne sera plus, comme aujourd'hui, à peu près seul avec quelque Administrateur commun, à pouvoir comparer les résultats de diverses entreprises, mais ils seront étalés et discutés au grand jour.

Le rôle du Régisseur sera donc surtout d'adapter à ce nouveau mode d'exploitation les meilleures méthodes en usage chez les Concessionnaires et d'en créer, sur des points volontairement négligés par ces derniers, de nouvelles qui tiennent compte des progrès de la technique et surtout de la science sociale.

Car c'est par là que pèche essentiellement l'organisation réglementaire de 1917. Si elle constitue au point de vue administratif un progrès énorme, elle fait preuve au point de vue social d'un archaïsme déconcertant. En particulier, rien n'y est prévu pour développer dans le personnel le goût du bon fonctionnement du Service. C'est à dessein que nous n'employons pas l'expression « d'intéresser le personnel à la bonne marche de l'affaire ». Il serait trop facile de nous l'opposer, lorsque nous déclarons, pour en avoir été souvent le témoin, que le vrai mobile de l'effort n'est pas uniquement l'intérêt matériel et personnel ou corporatif, ce qui rabaisserait singulièrement la valeur moralisatrice du travail, et encouragerait les demandes les plus exagérées d'amélioration des salaires et des retraites.

Or, n'est-ce pas à peu près là tout le misérable idéal auquel on voudrait condamner les associations de travailleurs ? Qu'on ne s'étonne plus alors de ne trouver que des appétits démesurés, lorsqu'on en est réduit à faire appel aux consciences !

Dans tout Service Public géré directement et particulièrement dans notre cas précis de la Régie municipale d'Electricité, les tarifs doivent être tels que bénéfices comme déficits éventuels ne puissent jamais être considérables. La simple participation aux bénéfices est donc impraticable. Elle ne peut se concevoir d'ailleurs sans la participation à la gestion. Or, c'est ici que se révèle un véritable trou dans l'organisation réglementaire de 1917, qu'il est urgent de combler.



LE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE A VENIR

un contrôle difficile de la part de la Ville, (spectacles, jeux,) et donnant forcément des bénéfices, ce qui ne peut être garanti qu'une fois l'affaire en plein développement (Gaz de Paris), à moins qu'il ne s'agisse d'un service indispensable et irremplaçable comme l'eau potable ou les pompes funèbres dans une Ville.

C'est précisément pour cela qu'il ne saurait convenir à nos réseaux de chauffage électrique qui sont des affaires d'un genre tout nouveau, à créer de toutes pièces, et dont on ne pourra chiffrer avec certitude le rendement moyen qu'après une période préliminaire pendant laquelle les tarifs *d'application* devront rester sous le contrôle immédiat de la Ville jusqu'à l'établissement du régime d'équilibre. La Régie intéressée, dans ce cas, est forcément une duperie pour l'un au moins des intéressés : Exploitant, Ville, Clients. Si l'on se bornait au point de vue sécurité pour la Ville, la Concession serait sans contredit encore préférable, abstraction faite de l'Imprévision. Mais nous avons bien dit que le Concessionnaire serait introuvable, à moins de lui accorder des avantages qui lieraient la Ville d'une façon exagérée et ne peuvent être admis que si elle n'avait pas le choix.

D'autre part, la Régie intéressée de tels réseaux suppose de la part de la Ville un contrôle très développé tant administratif que technique. Or ce contrôle, même supporté par le compte de gestion, n'en coûtera pas moins fort cher au contribuable, il s'ajoutera au contrôle de l'Etat avec lequel il fera souvent double emploi. Par son action tâillonne et méfiante, il empêchera souvent l'exploitant de prendre des mesures qui eussent été profitables au succès de l'affaire et que les Conventions n'avaient pu sinon prévoir. Mais surtout... ce personnel si compétent serait bien mieux employé par la Ville à faire de la Régie directe, ou seule ou en association avec quelqu'autre groupement.

Ce nouveau système de l'association est plutôt indiqué pour des entreprises de très grande envergure, à caractère autant industriel que de service public, comme l'aménagement du Rhône, englobant une masse d'intérêts généraux divers qui ne se feront écouter qu'en raison de leur participation effective, tout en risquant d'autant moins que le nombre de participants est plus grand. Il n'est pas à sa place pour une entreprise purement municipale, où un seul intérêt général est en jeu, et où les capitaux engagés se chiffrent tout au plus par quelques millions, puisqu'ils n'atteignent pas 100 francs par habitant dans le cas d'un réseau de chauffage même avec les cours actuels. Certaines grandes Villes, cependant, y sont arrivées indirectement, comme Strasbourg par exemple, en s'assurant la majorité des actions de la Société exploi-



tante d'Electricité, ce qui n'est qu'un acheminement à la Régie directe.

L'exploitation de ces nouveaux réseaux urbains ne se conçoit donc finalement qu'en Régie directe. Et même, s'il peut être question de Régie intéressée pour des Services municipaux existants, Gaz et Tramways en particulier, dont la jurisprudence a depuis 4 ans complètement dénaturé les Contrats de Concession, il est bien entendu que ce nouveau régime (excellente école d'ailleurs pour les Municipalités) ne peut être que transitoire et qu'au cours des dix années à venir, les Municipalités devront s'être préparées à l'Exploitation directe de leurs Services Publics : Gaz, Electricité, Transports en commun, etc., comme elles ne craignent pas depuis longtemps d'assurer pour la plupart celui de l'eau.

Conclusions.— M. le Professeur Emmanuel Lévy, adjoint au maire de Lyon, a très heureusement défendu ces idées, en ce qui concerne notre cas spécial des Régies d'Electricité, dans la réplique improvisée et si pleine d'humour qu'il prononça le 11 mars 1920 comme Président du Congrès de l'Habitation et que nous reproduisons ci-dessous d'après le compte rendu sténographique :

« ... Il m'est difficile de répondre à M. Boileau. Ce qu'il nous a exprimé, c'est vraiment de la pensée à haute tension. Par moments, je croyais être à un cours de M. Bergson. Il n'y a pas de discussion qui puisse mieux donner à un profane la sensation mystérieuse de ce que peut être la Providence ; mais une Providence parfois défaillante lorsqu'il s'agit de Sociétés concessionnaires.

Nous avons à contrôler les Sociétés concessionnaires ; je me rends bien compte de ce qu'on pourra faire lorsqu'on aura remplacé la politique par la technique, la parole par la pensée. Pour l'instant, la jurisprudence du Conseil d'Etat est orientée dans le sens des monopoles des Sociétés. Je suis un simple civiliste, mais je connais tout de même un peu la question. Le Conseil d'Etat n'a fait qu'obéir au courant d'opinion populaire, si j'ose encore parler de courant après ce qui vient d'être dit. Nous n'avons que le choix entre le monopole capitaliste et le monopole social. Au fond, nous sommes, semble-t-il, à une étape de capitalisme socialiste ou de socialisme capitaliste, à une étape d'organisation qui a donné beaucoup d'illusions à ceux qui comptaient sur un miracle, mais qui doit permettre beaucoup à ceux qui sont capables de produire et de tirer toutes les richesses de la nature. Et, Monsieur Boileau, vous nous avez fait entrevoir le temps où il n'y aura plus de saisons mauvaises, où il n'y aura plus que de belles saisons organisées par des penseurs.

Est-il possible pour les Municipalités de distribuer l'éclairage et le chauffage ? C'est une possibilité qui dépend plus de la technique que de la jurisprudence. Je garantis que les villes, prouvant qu'elles peuvent en fait assurer de tels Services, auront aussi cette capacité en droit.

Les Municipalités ont été, à un certain moment, trop contentes de s'abriter derrière la jurisprudence du Conseil d'Etat. Cette jurisprudence se ramène à ceci : les Communes sont des mineures, elles sont inexpérimentées. Mais, s'il y a à cela un intérêt de police, elles simplement si cela est conforme à l'intérêt général, exemple : un intérêt d'hygiène, qu'elles s'émancipent ! Donc, qu'elles prouvent qu'elles sont majeures, la jurisprudence changera... »

Eh bien, les techniciens sont prêts, qu'il s'agisse de gaz ou d'électricité. Chaque ville, chaque région plutôt est désignée par sa situation géographique et économique pour voir s'y développer de préférence l'un ou l'autre de ces deux procédés, qui ne sont nullement exclusifs l'un de l'autre :

Aucun doute n'est permis dans les régions de houille blanche. Mais les régions de houille noire présentent des conditions beaucoup plus délicates à apprécier, la valeur et l'utilisation possible des charbons variant essentiellement d'un point à un autre. Aussi demandent-elles un examen très serré et en commun de la part des techniciens, des administrations publiques et privées intéressées.

Nous nous estimerions très heureux pour notre part d'avoir pu contribuer à élargir le champ d'activité de l'Electricité, en montrant que celle-ci n'est pas uniquement à sa place, comme on veut trop le laisser croire, en vue de la grosse force motrice, à l'exclusion de l'éclairage et surtout du chauffage.

Il est monstrueux de lire, en effet, dans un de nos gros journaux techniques (1), des déclarations comme celles-ci : « ... Au lieu de grandes Centrales d'électricité, on créerait de grandes Centrales à gaz... La solution proposée aurait un avantage sur la solution électrique : elle serait plus complète, plus radicale, le gaz transportant la chaleur en même temps que la lumière et la force motrice... » ! !

C'est contre une conception aussi étroite que nous devons réagir, et c'est aux Régions de Houille blanche et à leurs villes les plus riches de se mettre à la tête du mouvement, et de prouver aux gaziers impénitents et aux Sociétés rétrogrades de Distribution que l'Electricité apporte avec elle non seulement la lumière, la force et la chaleur, mais la richesse et le bien-être général.

(1) « L'Usine » du 19 Février 1920. Reproduction d'un article de la Revue anglaise « Times Engineering Supplement ».

ANNEXE

Extrait du *Journal Officiel* du 8 novembre 1917.

Décret portant règlement d'administration publique rendu pour l'exécution de la loi du 15 juin 1906 et fixant les conditions de l'exploitation en régie des distributions d'énergie électrique par les communes ou les Syndicats de communes. (8 Octobre 1917).

CHAPITRE PREMIER. — *Dispositions générales.* — ARTICLE PREMIER. — L'autorisation d'exploiter en régie une distribution d'énergie électrique est donnée à une commune ou à un Syndicat de communes, lorsque l'établissement de la distribution ne comporte pas de déclaration d'utilité publique et est soumise à un cahier des charges conforme au type approuvé par décret délibéré en Conseil d'Etat :

1° Par le préfet, si la distribution ne s'étend que sur des communes situées dans un même département ;

2° Par le ministre des Travaux publics, sur l'avis conforme du ministre de l'Intérieur, si elle s'étend sur des communes situées dans plusieurs départements.

L'autorisation est donnée par décret délibéré en Conseil d'Etat, sur le rapport des ministres des Travaux publics et de l'Intérieur, lorsque les conditions énumérées ci-dessus ne sont pas toutes remplies.

ART. 2. — Le service de distribution exploité directement par une commune ou un Syndicat de communes est doté de la personnalité civile.

Il est soumis aux prescriptions du présent décret et assujéti au même contrôle qu'un service concédé.

ART. 3. — L'exploitation est confiée, pour le compte de la commune ou du Syndicat, à une administration spéciale. Elle est régie par un cahier des charges annexé à l'acte l'autorisant.

Les attributions conférées par les articles ci-après au maire ou au conseil municipal sont exercées par le président ou par le Comité du Syndicat lorsque la régie est organisée par un Syndicat de communes.

ART. 4. — Indépendamment de l'exploitation, l'administration de la régie est chargée de l'exécution des travaux complémentaires, ainsi que de l'acquisition du matériel, de l'outillage et des matériaux que ces travaux peuvent exiger.

Elle est appelée à donner son avis sur les projets de lignes nouvelles qui devront s'ajouter au réseau qu'elle exploite.

Elle peut être chargée par le conseil municipal de la construction des lignes dont l'exploitation devrait lui être confiée.

CHAPITRE II. — *Organisation administrative.* — ART. 5. — Le réseau est administré par un conseil d'administration et un directeur.

ART. 6. — Les membres du conseil d'administration et le directeur sont nommés par le maire. Leur nomination est soumise à l'agrément du préfet.

Ils ne peuvent être relevés de leurs fonctions que dans les mêmes formes.

Le conseil d'administration se compose de quatre membres, indépendamment du directeur qui en fait partie de droit.

ART. 7. — Les membres du conseil d'administration autres que le directeur sont nommés pour quatre ans. Ils sont renouvelés par moitié, tous les deux ans ; les membres sur lesquels portera le premier renouvellement partiel sont désignés par voie de tirage au sort, dans le mois de décembre qui suit l'expiration d'une période de deux ans comptée à partir de l'entrée en fonctions du conseil.

Les membres sortants peuvent être nommés de nouveau.

ART. 8. — Les fonctions de membre du conseil d'administration et celles de directeur sont incompatibles avec un mandat de sénateur, député, conseiller général ou conseiller d'arrondissement, conseiller municipal, conféré dans le département.

Aucun membre du conseil ne peut être entrepreneur ou fournisseur du service à un titre quelconque.

ART. 9. — Le conseil d'administration désigne son président parmi les membres autres que le directeur. En cas de partage, la voix du président est prépondérante.

Les membres du conseil reçoivent, pour chaque séance à laquelle ils assistent, une indemnité dont le montant est fixé par le conseil municipal.

ART. 10. — Le conseil d'administration se réunit sur la convocation de son président ou sur l'invitation du maire et au moins une fois par mois.

L'ordre du jour de chaque réunion est adressé, huit jours à l'avance, à l'ingénieur en chef du contrôle de l'Etat, qui, en personne ou par son délégué, peut assister aux séances avec voix consultative.

ART. 11. — Le conseil d'administration, statuant sur la proposition du directeur :

- 1° Règle l'organisation générale du service ;
- 2° Arrête les dispositions à soumettre à l'administration municipale pour les cadres du personnel, les traitements et allocations accessoires et les pensions de retraite ;
- 3° Fixe les règles applicables au recrutement, à l'avancement, à la discipline, et aux conditions de travail ;
- 4° Nomme les chefs de service et tous les agents ;
- 5° Décide l'exécution des travaux de grosses réparations ;
- 6° Adresse au préfet, pour être soumises au conseil municipal, des propositions en vue de l'exécution des travaux complémentaires ;
- 7° Approuve les marchés et traités relatifs aux divers services ;
- 8° Approuve les décomptes d'entreprises supérieures à 10.000 francs ;
- 9° Autorise, pour tout ce qui concerne l'exploitation, le directeur à intenter ou soutenir les actions judiciaires et à accepter les transactions ;
- 10° Etablit les tarifs dans les limites des maxima fixés par le cahier des charges ;
- 11° Vote le budget de la Régie et délibère sur les comptes.

En ce qui concerne la passation des marchés, le conseil d'administration décide s'il convient de procéder par voie d'adjudication publique ou de traités à l'amiable avec ou sans appel à la concurrence. Il peut également décider que les travaux seront exécutés en régie et les achats effectués sur simple facture.

ART. 12. — Les délibérations du conseil d'administration sont communiquées au maire. Elles sont exécutoires, dans les matières pour lesquelles l'approbation

d'une autre autorité n'est pas exigée soit par les lois et règlements, soit par les dispositions du présent décret, aussitôt que le maire a fait connaître qu'il ne s'y opposait pas et, en cas de silence du maire, le huitième jour après celui où la communication lui a été faite.

En cas de désaccord entre la municipalité et le conseil d'administration, il est statué par le préfet.

ART. 13. — Le directeur a sous ses ordres tout le personnel. Il assure la gestion et le bon entretien du réseau, passe les marchés et les traités, représente la Régie en justice et fait tous les actes conservatoires. Il rend compte au conseil d'administration du fonctionnement des services et prend toutes les décisions non réservées à ce conseil. Il est remplacé, en cas d'absence, par un des fonctionnaires du service désigné par le maire sur la proposition du conseil.

CHAPITRE III. — Régime financier. — ART. 14. — Les dépenses relatives à l'établissement des lignes neuves, aux travaux complémentaires, ainsi qu'à l'augmentation du matériel et de l'outillage, sont assurées au moyen de crédits votés à cet effet par le conseil municipal et inscrits au budget de la commune. Lorsque l'exécution de ces travaux ou ces achats sont confiés à l'administration de la régie, cette administration assure, à titre de régisseur, l'emploi des fonds votés par le conseil municipal.

ART. 15. — Le conseil municipal détermine également les sommes que la commune met à la disposition de la régie comme fonds de roulement.

ART. 16. — Est inscrit en outre au budget communal, suivant les cas, soit en recettes, le montant des sommes auxquelles est évalué l'excédent des recettes annuelles de la régie sur les dépenses ; soit en dépenses le crédit nécessaire pour couvrir l'excédent à prévoir des dépenses annuelles sur les recettes.

Le maire fournit à l'appui du chiffre à inscrire au budget communal, un état de développement des prévisions de recettes et de dépenses de la régie, ainsi qu'un exemplaire du dernier compte administratif prévu à l'article 29 ci-après. Il y joint un rapport faisant ressortir la situation financière et économique de la distribution et signalant les causes d'accroissement et de diminution de la consommation d'énergie, des recettes et des dépenses constatées ou à prévoir.

ART. 17. — Le budget des recettes et dépenses annuelles de la régie est préparé par le directeur, voté par le conseil d'administration et approuvé par le maire. Il ne peut être modifié que dans les mêmes formes. L'approbation n'est donnée par le maire qu'après inscription au budget communal du chiffre en recettes ou dépenses prévu à l'article précédent.

Il est divisé en deux sections, la première afférente aux recettes et aux dépenses annuelles ; la deuxième aux dépenses d'établissement, d'extension ou d'amélioration de la distribution et aux ressources destinées à y pourvoir.

ART. 18. — La première section du budget de la distribution comprend :

A. — En recettes :

1° Les produits de l'exploitation ;

2° Les produits du Domaine et de la vente des objets mobiliers ;

3° Les produits divers et accidentels y compris les fonds de concours versés pour le service de l'exploitation ;

4° Les prélèvements autorisés sur le fonds de réserve prévu à l'article 21 ci-après ;

5° La somme prélevée sur le crédit ouvert au budget communal pour parer, s'il y a lieu, à l'insuffisance des recettes ci-dessus énumérées.

B. — En dépenses :

1° Les frais d'exploitation et d'entretien (services du conseil d'administration et de la direction, exploitation proprement dite, matériel et bâtiments) ;

2° Les dépenses diverses ;

3° Les grosses réparations et le renouvellement des installations et de l'outillage ;

4° Les versements au fonds de réserve ;

5° Les charges du capital d'établissement comprenant :

a) Les annuités de rachat des concessions antérieures ;

b) Les intérêts, l'amortissement, les frais de timbre et de service des emprunts contractés par la commune pour l'établissement ou le rachat, la mise en exploitation, l'extension et l'amélioration de la distribution ;

c) Les charges analogues qui correspondraient aux dépenses faites par la commune pour les mêmes objets et couvertes au moyen de ressources autres que les emprunts ; l'évaluation de ces charges est arrêtée par le préfet sur la proposition du conseil municipal ;

6° S'il y a lieu, le versement à la commune de l'excédent des recettes de la première section sur les dépenses énumérées ci-dessus.

ART. 19. — La deuxième section du budget de la régie comprend :

A. — En recettes :

1° Les sommes versées à la régie par la commune pour faire face aux dépenses énumérées ci-après ;

2° Les sommes versées directement à la régie par des tiers à titre de fonds de concours pour participations auxdites dépenses.

B. — En dépenses :

1° Les dépenses de premier établissement autres que celles qui seraient effectuées directement par les services municipaux pour la construction des installations nouvelles ;

2° Les dépenses de travaux complémentaires et d'acquisition de matériel ;

3° Le montant du fonds de roulement.

ART. 20. — Les sommes allouées par la commune sont versées dans la caisse de la régie sur la production d'une délibération du conseil d'administration, approuvée par le maire, sur le rapport du service du contrôle communal, constatant et certifiant l'état des besoins.

ART. 21. — Il est constitué un fonds de réserve pour grosses réparations et renouvellement du matériel

Le mode de constitution de ce fonds de réserve est réglé par l'acte autorisant l'exploitation directe.

Aucun prélèvement ne peut y être opéré qu'en vertu d'une délibération du conseil d'administration approuvée, après avis du service du contrôle communal, par le maire qui en rend compte au conseil municipal dans sa plus prochaine réunion.

Ce fonds de réserve fait l'objet d'un compte hors budget dans les écritures de la régie. Le montant en est déposé dans la caisse du receveur municipal à un compte courant spécial. Les retraits ont lieu sur une demande du caissier, visée par le directeur de la distribution et par le maire.

ART. 22. — La période d'exécution du budget de la régie est la même que celle du budget communal.

En fin d'exercice, les restes à recouvrer et les restes à payer sont ajoutés aux prévisions et autorisations du budget en cours. Les crédits non utilisés, afférents aux travaux d'établissement ou d'entretien, sont reportés en plein droit au budget de l'exercice suivant.

ART. 23. — Le directeur assure le contrôle des recettes et délivre les titres de perception.

Conformément aux décisions du conseil d'administration et dans la limite des crédits budgétaires, le directeur engage les dépenses, les liquide et en ordonne le montant.

Il tient écriture de ces diverses opérations.

ART. 24. — Un agent ayant le titre de caissier de la régie est chargé :

1° De centraliser les recettes et les dépenses ;

2° D'opérer les recouvrements qui lui sont confiés et d'acquitter les dépenses assignées sur sa caisse.

Il est nommé par le maire sur la proposition du conseil d'administration. Il est justiciable de la Cour des Comptes et tenu de fournir un cautionnement dont le montant est fixé par arrêté du maire.

ART. 25. — Le caissier de la régie dépose ses fonds disponibles en compte courant à la recette municipale.

Les retraits de fonds sont effectués sur une demande du caissier, visée par le directeur de la distribution.

ART. 26. — La gestion du caissier est assujettie aux vérifications de l'inspection générale des finances.

ART. 27. — Les comptes du caissier de la régie sont rendus dans les mêmes formes et délais que le compte de gestion du receveur municipal.

ART. 28. — Le compte administratif de la régie est présenté par le directeur dans les trois mois qui suivent la clôture de l'exercice. Il est approuvé par le conseil d'administration et arrêté par le maire. Il est soumis au conseil municipal, comme il est dit à l'article 16 ci-dessus.

ART. 29. — Le directeur de la distribution doit tenir une comptabilité-matières s'appliquant aux approvisionnements, au matériel, à l'outillage et au mobilier.

ART. 30. — Le ministre de l'Intérieur, le ministre des Travaux publics et des Transports, le ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, et le ministre de l'Agriculture sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois*.



ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE. — Théorie du Chauffage électrique.

CHAPITRE I ^{er} . — Production et transmission de la chaleur	1
Unités de mesure. Production de la chaleur. Calcul de la résistance d'un circuit. Transmission de la chaleur par conduction, radiation, convection. Fils minces et rubans. Régime variable. Période de démarrage	
CHAPITRE II. — Accumulation et récupération de la chaleur	20
Accumulateurs en général. Calcul des pertes. Restitution de la chaleur. Accumulation par l'eau. Chauffage électrique de l'eau : par résistance propre de l'eau, par rhéostats immergés, par résistances combinées, par corps de chauffe isolés électriquement. Vaporisation de l'eau chaude accumulée.	

II^e PARTIE. — Le Chauffage électrique actuel.

CHAPITRE III. — Les Réseaux de Distribution et le Chauffage électrique.	37
Généralités. Le chauffage électrique devant les Secteurs. Conditions actuelles de fourniture du courant pour le chauffage. Où chercher causes et remèdes.	
CHAPITRE IV. — La Cuisine électrique	44
Principes d'établissement des appareils. Fours. Plaques. Grils. Bouilloires. Consommations et rendements. Descriptions d'appareils. Autres appareils divers. Fers à repasser. Aspirateurs de poussières. Glacières. Fours de boulangerie.	
CHAPITRE V. — Chauffage des Immeubles	63
Principes d'établissement. Radiateurs immédiats. Appareils accumulateurs. Appareillage pour appareils accumulateurs. Thermostats. Interrupteurs horaires automatiques. Coupleurs. Chauffages mixtes : électrique-eau chaude, ou vapeur. Chauffage de l'eau : chauffe-bains.	

CHAPITRE VI. — **Le Chauffage industriel** 97

Chauffage de l'eau : chaudières à électrodes, chaudière Revel, description et utilisation. Chaudières Mascarini, Brown-Boveri-Sulzer, à résistances noyées et mixtes. Chaudières à résistances isolées : Oerlikon et autres. Exemples d'utilisation. Autres usages industriels. Chauffage linéaire. Chauffage à air chauffé électriquement. Distillation. Autovaporisation. Appareils d'induction. Appareils sans secondaire. Appareils à circuit secondaire. Chaudières Ponzini. Appareils Genkin. Exemple d'appareil accumulateur par induction.

III^e PARTIE. — Le Chauffage électrique à venir.CHAPITRE VII. — **Une politique nouvelle du chauffage électrique** 125

Nouvelles tendances de la Réglementation des Distributions Electriques. Exposé d'une conception nouvelle du chauffage électrique. Ce que peut être un Réseau de chauffage. Chauffage, force, lumière, cuisine, conditions particulières. Le chauffage en commun.

CHAPITRE VIII. — **Un réseau de chauffage électrique** 135

Consommation et puissance par appartement. Tarifs d'application. Appareillage nécessaire : poêles accumulateurs, caractéristiques nécessaires. Combinaisons destinées à produire la constance de la charge totale. Interrupteurs, commutateurs horaires automatiques. Postes d'immeubles. Réseaux de distribution en boucles fermées, disjoncteurs à courant différentiel Maljournal et Bourron pour réseaux à câbles jumelés.

CHAPITRE IX. — **La Gestion des Services municipaux d'Electricité**... 144

Nécessité de favoriser le développement du chauffage électrique. Les Sociétés anonymes, Coopératives. Communes et Départements. Les Régies municipales, Régie directe et Régie intéressée, Conclusions Supercentrales à gaz. Supercentrales électriques hydrauliques et à vapeur.

ANNEXE: **Décret du 8 Octobre 1917**..... 157



ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

