

Dans ces postes, on a employé, pour les circuits à 13 500 volts, des interrupteurs à huile à commande à distance par solénoïdes, car la puissance à distribuer ne justifiait pas l'emploi d'interrupteurs à commande par servo-moteur électrique établis pour de grandes puissances seulement.

Le poste de Soyaux ne comporte que des départs aériens, tandis que le poste de la Font-Pinquet comporte quatre départs souterrains, alimentant : les deux premiers, les ateliers de la Compagnie des Chemins de fer d'Orléans, et les deux autres, la Société d'Électricité de Périgueux.

De plus, on a installé, dans le poste de la Font-Pinquet, une double série de barres à 13 500 volts, pour permettre l'alimentation d'Angoulême, en passant par Périgueux, par la ligne Tuilières-Périgueux-Neuvic-Angoulême.

De même qu'au poste de Cenon, on a installé au poste de La Font-Pinquet, qui comporte des départs souterrains, un limiteur de tension hydraulique sur les barres à 13 500 volts, entre les départs aériens et souterrains.

\* \* \*

Il est à remarquer que, si les conditions générales d'établissement du réseau de l'usine et des postes de la *Société Énergie Électrique du Sud-Ouest* sont analogues en principe à celles des réseaux semblables actuellement existants, il n'en est pas de même pour les conditions dans lesquelles ce réseau a été installé. Jusqu'à l'heure actuelle, en effet, presque tous les réseaux de transport de force avaient été établis progressivement et au fur et à mesure des besoins d'exploitation.

Pour ce qui concerne la région du Sud-Ouest, au contraire, il a été possible de se rendre compte, dès le début, de la puissance totale qu'il serait nécessaire de fournir aux différents points d'utilisation prévus, et, par suite, de décider en une seule fois les mesures qu'il convenait de prendre pour satisfaire aux besoins des régions desservies.

La caractéristique principale de ces installations est donc qu'elles ont été conçues suivant un plan d'ensemble déterminé à l'avance, puis exécutées simultanément, de telle façon que, l'usine génératrice de Tuilière, les lignes principales, les lignes de dérivation et les postes de réception ont pu être terminés, pour ainsi dire, en même temps.

L'ensemble a donc été mis en route en une seule fois au printemps 1909, et il est à signaler que cette mise en service d'un réseau aussi important a pu être faite sans aucun incident, grâce aux dispositions de sécurité qui avaient été prises pour l'ensemble par la Compagnie Française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, qui a été chargée de toutes les installations mécaniques et électriques de ce réseau, à l'exception des lignes de transport de force.

## ÉLECTROTHERMIE

### LE CHAUFFAGE PAR L'ÉLECTRICITÉ (\*)

C'est à peine si l'emploi de l'électricité au chauffage remonte à une vingtaine d'années, et c'est à partir de 1900 seulement que les résultats obtenus par les constructeurs ont permis de classer ce mode de chauffage parmi ses devanciers. Le chauffage par l'électricité est donc encore relativement peu connu, et les fabriques qui se sont adonnées à la

construction des appareils qui le concernent sont peu nombreuses. Mais les progrès accomplis depuis quelques années font augurer un rapide essor à cette industrie, dont le succès ne dépend surtout plus que de l'abaissement du tarif de l'énergie électrique.

Il ne faut cependant pas se dissimuler que le chauffage électrique, dont l'emploi a de si grands avantages au point de vue de la sécurité, de la propreté et de l'hygiène, présente encore de sérieuses difficultés dans sa réalisation, abstraction faite du prix de revient de l'énergie électrique. En effet, s'il est facile, en principe, de dégager de la chaleur sous l'action de l'électricité, il est moins aisé, par contre, de préciser et de combiner au besoin les corps qui, tout à la fois, supportent les hautes températures nécessaires au chauffage et conservent longtemps leurs qualités premières.

De plus, le réglage des appareils n'offre plus ici l'extrême simplicité des autres modes de chauffage. Le rhéostat est bien le système le plus employé, mais au prix de quelle complication, si on le compare au robinet à gaz, par exemple ! En outre, une partie de l'énergie est perdue dans le rhéostat.

Dans le cas des courants alternatifs, on peut avoir recours aux bobines à noyau de fer doux, qui réduisent le courant sans consommer d'énergie par elles-mêmes. C'est une nouvelle complication, et le procédé n'a pas, que je sache, été beaucoup employé.

Il semble tout d'abord qu'on pourrait simplement éloigner le corps à chauffer du foyer ; mais la dépense d'énergie électrique resterait la même et, comme elle est loin d'être négligeable, ce procédé de modération n'est guère défendable. De là est apparue la nécessité de fractionner la puissance électrique entre divers circuits qu'on coupe suivant les besoins ; mais la méthode ne va pas sans que surgissent des difficultés de construction, qui deviennent même insurmontables dans les petits appareils, en raison du défaut de place suffisante pour loger les circuits.

Nous allons passer en revue les différents systèmes dont on s'est inspiré pour la construction des appareils de chauffage, puis nous examinerons les applications qui ont été faites le plus couramment et celles qu'on est en droit d'attendre encore de l'électricité.

#### LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE CHAUFFAGE

Les procédés de transformation de l'énergie électrique en énergie calorifique sont en très petit nombre ; on a recours soit directement à l'effet Joule, ce qui est le cas le plus fréquent, soit aux courants de Foucault, soit à l'arc électrique. C'est toujours, dans un cas comme dans l'autre, le passage d'un courant à travers une résistance qui produit la transformation, que le courant soit direct ou induit et la résistance continue ou discontinue.

La résistance doit être placée aussi près que possible du corps à chauffer. Dans le cas particulier des courants de Foucault, le corps à chauffer lui-même peut quelquefois être utilisé pour constituer le circuit résistant, en totalité ou en partie. S'il s'agit de l'arc électrique, on trouve également l'occasion de prendre le corps à chauffer pour une des électrodes ; mais ces circonstances particulièrement avantageuses, qui diminuent les pertes par conduction, sont assez rares.

TRANSFORMATION PAR EFFET JOULE. — La résistance est, soit le charbon ou le silicium, soit un métal pur ou un alliage, soit un aggloméré de poudres, mélange de matières conductrices et de matières isolantes.

La résistance doit être aussi réfractaire que possible ; elle

(\*) Communication présentée au Congrès de Marseille, par M. GORSOT.

ne doit pas subir de modification moléculaire permanente sous l'action des températures élevées auxquelles elle est soumise. Enfin elle doit résister aux actions chimiques des corps qui l'environnent, tels que l'air ou les matériaux qui servent de support. Il est impossible de réaliser simultanément tous ces desiderata et, suivant les applications, l'une ou l'autre des qualités énumérées devient prépondérante.

1. *Résistances non métalliques.* — Si malgré leur combustibilité, l'on se sert de charbon ou de silicium, on doit les protéger contre l'oxygène de l'air par une enveloppe. Tel est le cas des ampoules dites *lampes de chauffage*, où la résistance est constituée par un filament de carbone analogue à celui des lampes à incandescence. Ici, l'ampoule n'est pas complètement vide, à l'inverse de ce qui doit être réalisé pour les lampes d'éclairage. Il reste une faible quantité d'un gaz inerte ou d'un hydrocarbure qui dérive par convection une partie de la chaleur dégagée et diminue d'autant l'éclat lumineux de la résistance.

MM. Féry et Langlet (Brevet français, n° 363.437) ont établi un four de laboratoire en disposant autour de tubes, mouffes ou chambres de travail quelconques, un conducteur en charbon très dur et très dense, constitué par du charbon aggloméré pur ou additionné de silice, carborundum, etc., et en protégeant ce conducteur contre l'oxydation extérieure par une couche épaisse de charbon léger en poudre seul ou mélangé d'un produit réfractaire, également en poudre. Leur conducteur est formé soit de baguettes connectées entre elles, soit d'un cylindre de charbon dans lequel on a pratiqué des traits de scie pour diminuer la section et augmenter la longueur, soit par un dépôt de charbon calciné, et nourri au besoin comme les filaments des lampes à incandescence.

On emploie le charbon, sans enveloppe protectrice, s'il s'agit de dégager les calories dans un milieu réducteur ou inerte, comme cela a lieu dans certaines industries chimiques. Le procédé s'applique aux cas où le charbon constitue un des corps réagissants, telles sont la fabrication du sulfure de carbone et la cémentation du fer par la Société Anonyme L'Industrie Verrière (Brevet français, n° 340.846).

2. *Résistances métalliques.* — Les métaux sont les résistances qui offrent le plus de souplesse dans leur emploi ; aussi, est-ce le plus généralement à eux qu'on a recours.

Les métaux purs ont l'inconvénient d'augmenter considérablement de résistance avec la température. Les plus couramment admis sont le fer, le nickel et le platine. Le fer s'oxyde ; le platine coûte très cher et se laisse trop facilement attaquer par les produits siliceux, dont il est presque impossible de ne pas se servir pour les supports ; le nickel aurait donc l'avantage, si son coefficient de température n'était pas aussi élevé.

Les alliages sont innombrables et leur emploi présente moins de difficultés ; en raison de leur plus grande résistivité et de la faible valeur de leur coefficient de température ; mais ils supportent des températures relativement moins élevées que les métaux purs ; en outre, certains, et plus spécialement ceux qui contiennent du fer ou du zinc, subissent à l'usage une transformation, une sorte de cristallisation, peut-être une électrolyse, à la suite de laquelle ils deviennent très fragiles.

La résistance métallique est employée soit à l'air libre, si la température n'atteint pas celle d'oxydation, soit à l'intérieur des appareils aussi clos que possible, pour éviter, sinon l'accès de l'air, du moins son renouvellement trop rapide, soit enrobée dans un enduit ou dans une couche d'émail

qui la protège complètement contre l'action de l'oxygène (Système Crompton, exploité par la Société du Familistère de Guise).

Lorsqu'on a recours aux fils ou rubans métalliques, on doit, pour les appareils de petites dimensions, ceux dont l'emploi est le plus fréquent, diminuer la section et augmenter la longueur en raison des tensions usuelles. On se heurte ainsi à une difficulté nouvelle, à la faible résistance mécanique des fils très fins qui sont nécessairement employés. Il faut alors soit, comme il est dit ci-dessus, les immobiliser dans un émail, soit les enrouler dans un support en amiante qui leur donne la solidité en leur conservant leur souplesse (Système Schindler-Jenny, employé par la Société *Electra*), soit tisser le fil formant trame avec une chaîne en amiante ou autre, afin de constituer des tissus conducteurs ; le fil métallique peut avoir été au préalable guipé sur fil souple, comme le font M. Schniewindt, M. Herrgott, les Usines du Pied-Selle, etc.

On a tourné encore la difficulté en déposant des couches extrêmement minces de métaux précieux sur des plaques de mica ; la résistance obtenue a une épaisseur très faible et peut presque être appliquée à la surface même de l'objet à chauffer, diminuant d'une part les pertes par conductibilité et, d'autre part, la différence de température entre le corps chauffant et le corps chauffé (Système Prométhée exploitée en France par MM. Richard, Heller et C<sup>ie</sup>).

3. *Résistances agglomérées.* — Les mêmes raisons qui ont fait adopter les métaux de grande résistivité sous forme de fils ou de rubans très minces, ont fait rechercher une augmentation de la résistivité dans les agglomérés de poudre conductrice et de poudre isolante. Le métal, dans l'idée première des inventeurs, est dilué dans une masse isolante pour accroître sa résistivité.

Les résistances métallo-céramiques Parvillée, qui ont paru vers 1898 sont le type le plus parfait du genre. Constituées par des poudres de métaux (chrome, nickel, etc.) et d'argiles réfractaires agglomérées sous de très fortes pressions et cuites à haute température (1200° à 1500°), elles ont permis d'absorber des puissances élevées sous un volume restreint. Le métal, bien protégé par la matière réfractaire, ne s'oxyde pas, la teneur de l'aggloméré augmente aux extrémités, sur lesquelles les inventeurs sont parvenus à braser directement des pièces métalliques, ce qui assure la durée des contacts malgré de fortes intensités de courant.

La plus curieuse installation des résistances métallo-céramiques fut celle du restaurant La Feria, au pavillon d'Espagne de l'Exposition de 1900, qui fut faite par la Société Anonyme des Anciens établissements Parvillée frères et C<sup>ie</sup>, et où, pendant près de six mois, on put faire, pour six cents repas par jour environ, la cuisine française avec toutes les complications qu'on a coutume de rencontrer dans un grand restaurant.

Vers la même époque, M. Leroy présentait des résistances où la partie conductrice était, soit le charbon, soit le silicium ; ces résistances, lorsqu'elles fonctionnaient aux températures d'oxydation du conducteur, étaient mises à l'abri de l'air. En Allemagne, et toujours pendant la même période, plusieurs brevets furent pris pour les agglomérés de ce genre, notamment par Voigt.

Visant un but identique, mais par un procédé tout différent, W. Heraeus (Brevet français, n° 286 332) a proposé d'introduire le métal conducteur dans une matière poreuse. Des fils ou des baguettes, constitués par des mélanges de silicates naturels ou artificiels, sont imprégnés d'une solution

de sels de métaux du groupe du platine, avec du chlorure d'ammonium ou d'autres sels ammoniacaux. Les sels sont réduits par la chaleur et le métal remplit les cavités du support ou en tapisse les parois.

Plus récemment, le professeur Voelker (Brevet français, n° 343 094 et 367 204) a préconisé l'emploi de poudres non agglomérées, constituées par du charbon en grains, du graphite, des silicates, etc., en attirant l'attention sur le rôle que la grosseur des grains peut jouer dans l'adaptation des masses résistantes aux diverses intensités et aux diverses tensions. L'inconvénient bien connu des poudres non comprimées est que leur état se modifie suivant leur température et suivant les chocs, ou même les vibrations extérieures. C'est probablement cet inconvénient qui a amené, par la suite, l'inventeur à comprimer les poudres conductrices, sous des pressions déterminées, dans des enveloppes indéformables qu'il a appelées *cartouches de chauffage*.

Tous ces procédés ne semblent pas avoir donné ce qu'on est en droit d'en attendre ; aussi conviendrait-il de ne pas abandonner cette voie où, en persévérant, on obtiendra certainement des résultats satisfaisants. Le métal, bien protégé par la matière réfractaire qui entoure ses particules, est à l'abri de l'oxydation ; il peut même fondre sans que rien soit changé à l'ensemble de l'aggloméré qui, au refroidissement, reprend son état primitif, puisque chaque particule est immobilisée dans la matière isolante.

Les résistances en charbon sont, d'ailleurs, une preuve que la stabilité des agglomérés est possible. En effet, aucune de ces résistances n'est en carbone pur ; en définitive, toutes sont des agglomérés, et leur seul inconvénient réside dans la combustibilité relativement trop grande du conducteur, que la matière isolante n'arrive pas à protéger complètement, peut-être parce que le conducteur est moins fusible que l'enveloppe. Malheureusement les recherches de ce genre sont longues et coûteuses (1).

**TRANSFORMATION PAR L'ARC ÉLECTRIQUE.** — Je ne puis considérer ici que les applications domestiques de ce procédé de chauffage ; car les applications industrielles sont innombrables, particulièrement en métallurgie, où soit la chaleur seule, soit, bien plus souvent, la chaleur et l'électrolyse entrent en jeu. Elles diffèrent, d'ailleurs, suivant l'objet en vue, suivant les conditions locales, etc., et leur simple énumération nous entraînerait en dehors du cadre de cette note.

L'arc jaillissant entre pointes de charbon ou de métal dans un espace clos est un excellent système de chauffage en raison de sa haute température et de son très faible encombre-

(1) Dans la fabrication des résistances agglomérées, il convient de tenir compte de la finesse des poudres métalliques ; plus elle est grande, plus on se rapproche du cas idéal de la dilution rêvée par les inventeurs. Si les grains sont trop gros, on n'a plus affaire qu'à des files de grains ayant entre eux de faibles points de contact ; il en résulte des échauffements anormaux qui provoquent de nouvelles actions chimiques. Si même les grains ne sont pas en contact, il s'établit entre eux de petits arcs, et la résistance totale présente, comme les cohérens auxquels elle est alors analogue, des variations qui empêchent de faire un usage industriel de ces agglomérés.

Et, précisément, les conditions de résistance mécanique des agglomérés, lorsqu'on les produit par compression, obligent à leur donner des sections relativement considérables, d'où, pour diminuer la conductibilité, la nécessité de diminuer la proportion de poudre conductrice, ce qui rapproche encore la résistance obtenue des cohérens.

Si l'on opère en faisant passer la pâte à travers une filière, la section peut être plus aisément réduite, mais le filament obtenu est fragile, et il est difficile d'augmenter d'une façon stable la conductibilité des extrémités de contact.

ment. Mais les appareils doivent être alimentés à la tension spéciale de l'arc, soit 40 à 45 volts, ce qui nécessite une transformation du courant distribué ou occasionne une perte dans les rhéostats qui abaissent la tension. D'autre part, l'arc s'éteint assez facilement et il faut ramener les pièces en contact pour le réamorcer, ce qui cause une gêne très appréciable pendant le travail.

L'arc est employé par de nombreux constructeurs, entre autres par l'*Allgemeine Electricitäts Gesellschaft* ; il a été utilisé plus spécialement dans les fers à repasser par la maison Hayem. Mais j'estime qu'il trouve son principal emploi dans la construction des fers à souder, par suite des avantages qu'il présente au point de vue du faible espace qu'il occupe et de la haute température qu'il peut produire, et aussi parce qu'il ne me semble pas pratique de chercher à obtenir un résultat semblable avec les résistances.

L'arc est employé pour la soudure autogène, en utilisant la pièce à souder comme électrode.

Enfin, quoiqu'il ne s'agisse plus de l'arc électrique, il convient, par analogie, de citer ici les soudures faites en promenant un crayon de charbon ou de métal, formant un des pôles, à la surface du corps à souder, qui forme l'autre pôle ; l'échauffement est dû à la faible surface de contact du corps à souder et du crayon, le contact constituant précisément la résistance chauffante. L'énergie électrique doit être fournie à très basse tension, 8 à 10 volts environ.

**TRANSFORMATION PAR LES COURANTS INDUITS.** — L'application des courants de Foucault au chauffage électrique est une des plus intéressantes, parce que le circuit qu'on chauffe est indépendant du circuit générateur de courant. Il n'y a pas à s'occuper des amenées du courant ni de l'isolement dans le circuit secondaire ; celui-ci est généralement de grande section et de faible longueur, et il est nécessaire seulement de le protéger extérieurement, ce qui semble simple. Si la chaleur est excessive, le circuit la supporte assez facilement, puisqu'il n'y a pas de spires à séparer les unes des autres, et qu'il n'y a pas non plus d'autre isolant que l'enveloppe dont on puisse redouter, sinon la fusion, du moins la détérioration ou l'attaque par le conducteur.

Les applications métallurgiques de ce dispositif sont très nombreuses et, de ce fait, la littérature des brevets s'enrichit chaque jour ; mais ces applications sont toujours spéciales à des cas particuliers et, par suite, ne présentent ici qu'un intérêt relatif.

Il me paraît bon de rappeler qu'on peut souvent utiliser le corps à chauffer ou à fondre, le minerai à réduire, comme circuit secondaire, en y ajoutant, s'il y a lieu, des matières conductrices pour amorcer l'action. Ce dispositif a l'immense avantage que le courant chauffant circule au sein même de la masse à chauffer.

Les applications domestiques de ce mode de chauffage ne sont pas fréquentes en raison du volume qu'il semble comporter et surtout parce que les appareils établis d'après ce principe ne peuvent fonctionner que sur le courant alternatif. Néanmoins, la Société d'électricité Alioth a construit une série d'appareils qui marchent ainsi, fers à repasser, réchauds, etc.

La Société des Brevets Dolter a combiné également des petits fours à cuire, dont on a vu un spécimen à l'une des dernières expositions de la Société de Physique. Il est fâcheux que l'encombrement d'un four, même de très petite capacité intérieure, soit encore considérable par le volume qu'occupent les enveloppes calorifuges et le circuit primaire.

### APPLICATIONS DU CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE

Il convient de faire observer que, si l'électricité peut être employée dans tous les cas de chauffage, son application n'a eu lieu, pour chaque cas, que grâce à des circonstances particulières. C'est parce que cet agent, extrêmement souple, n'est susceptible d'être utilisé partout qu'à la condition de ne pas tenir compte uniquement du prix de revient. L'électricité est, en effet, d'une manière générale, un assez coûteux procédé de chauffage.

Lorsque l'énergie est obtenue au moyen de chaudières, de machines à vapeur, etc., il paraît bien évident que les calories produites ainsi, après de multiples transformations, reviennent notablement plus cher que celles qu'on aurait pu obtenir directement avec la même quantité de combustible.

Ce n'est donc que dans des cas spéciaux qu'on aura recours à l'électricité pour le chauffage. Par exemple, on l'emploie dans les locaux qu'on ne veut pas chauffer au moyen de combustible, pour éviter l'encombrement, maintenir la propreté et s'assurer contre l'incendie. On l'emploie de préférence à la vapeur dans les cas nombreux où la distribution de celle-ci devient impraticable en raison de la distance à laquelle se trouve la chaudière, de la difficulté qu'on rencontre pour établir certains passages, et, surtout, lorsqu'il s'agit d'obtenir des températures auxquelles la vapeur, même à haute pression, ne saurait atteindre. On l'emploie enfin lorsque les usines génératrices ont des maximums de charge très supérieurs à la charge moyenne, pour utiliser l'excédent à certaines heures.

Il en est autrement lorsque l'électricité est produite au moyen de forces hydrauliques. Le prix de la calorie obtenu dans ces conditions peut être moins élevé, et de beaucoup, que celui de la calorie donnée directement par le charbon.

**APPLICATIONS DOMESTIQUES.** — L'emploi de l'électricité au chauffage domestique s'étend à tous les appareils, chauffe-fers à friser, fers à repasser, bouillottes, chauffe-plats, etc.

Tous ces appareils de petites dimensions et de faible consommation (elle ne dépasse guère 200 à 300 watts) sont très répandus, car il n'y a aucun inconvénient à ce qu'ils soient alimentés par les canalisations qui existent déjà pour l'éclairage électrique. Et c'est un point sur lequel il nous faut insister : beaucoup d'applications du chauffage électrique sont négligées, parce que la consommation ne serait pas assurée sans l'augmentation et, par conséquent, le changement des canalisations intérieures. On ne recule pas tant devant la consommation des appareils que devant l'ennui et la dépense d'une transformation des canalisations, avec tous les frais accessoires, de peinture entre autres, qui l'accompagnent.

Les chaufferettes et les chauffe-lits qui dépensent de 25 à 35 watts, les bichons électriques, les théières qui permettent de préparer les boissons dans les salles de réception, les petits grille-pain, grâce auxquels on peut faire soi-même les roasts au moment du déjeuner, les allume-cigares, etc., sont autant d'applications courantes que favorise leur faible consommation. La plupart de ces appareils peuvent être mis à la place d'une lampe ordinaire à incandescence.

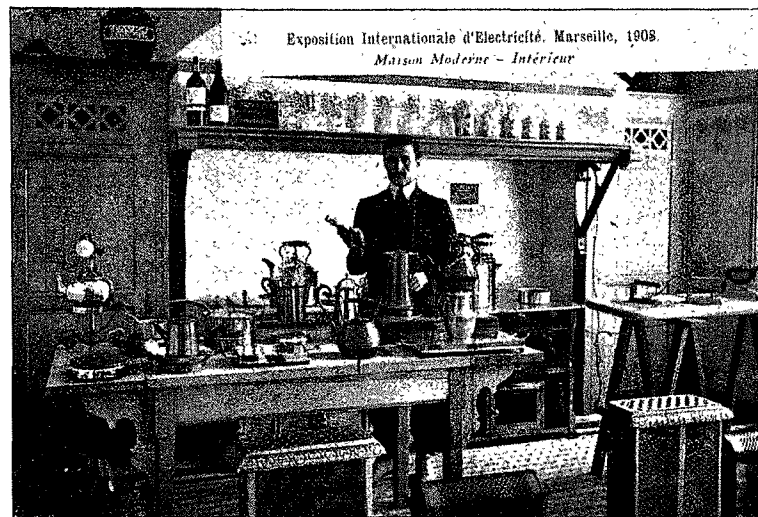
Dès que la consommation s'élève, l'emploi se restreint. On peut citer encore cependant le chauffe-linge, le réchaud, le petit radiateur pour cabinet de toilette.

Avec les consommations plus fortes, on peut réaliser la cuisine électrique : fourneaux, grils, rôtissoires, etc. A l'office, on emploie le chauffe-assiettes, la table chaude. Mais le moindre four servant à la cuisson d'un poulet ou d'un

rôti de 1 kilogramme consomme déjà 1 kilowatt. On admet normalement une dépense de 4 à 5 hectowatts-heure par kilogramme de viande à rôtir. L'installation complète d'une cuisine exige donc une grande puissance disponible ; aussi les applications en sont-elles rares, surtout en France (1).

Le chauffe-bain est à peu près inconnu. Il faut disposer de 12 à 15 kilowatts pendant une demi-heure.

Le chauffage des appartements correspond, dans nos climats tempérés, à une puissance comprise entre 40 et 70 watts par mètre cube pour maintenir 18° à l'intérieur par une température extérieure de — 5°. On voit immédiatement que le chauffage électrique devient assez coûteux, car il nécessite des puissances déjà considérables pour un appartement de moyenne grandeur.



Exposition d'appareils électriques de chauffage dans la Maison Moderne à l'Exposition d'Electricité de Marseille.

Pour le chauffage des appartements, il n'y a aucune amélioration à espérer au point de vue du rendement, qui est intégral, attendu que toute l'énergie électrique consommée dans l'appareil est transformée en énergie calorifique.

Les différences que peuvent présenter les divers appareils proviennent seulement de la capacité calorifique du corps de chauffage et de la ventilation du radiateur. Mais encore ces différences ne peuvent-elles agir que sur la durée de mise en marche de l'appareil ; quand le régime permanent est atteint, ils dégagent tous le même nombre de calories par hectowatt-heure, soit 86,3 à l'heure.

Il semble que les appareils les meilleurs sont ceux qui dégagent la chaleur dès la mise en marche, c'est-à-dire ceux qui ont la plus faible capacité calorifique. De ce genre sont les radiateurs à lampes chauffantes qui ont encore l'avantage de faire rayonner la chaleur et, par l'effet lumineux, d'accroître l'agrément du chauffage.

(1) Il faut remarquer que le prix de l'énergie n'est pas le seul facteur ; le genre de cuisine a une influence très importante.

La cuisine allemande, par exemple, comprend beaucoup moins de rôtis ou de roux que la cuisine française. Les appareils doivent alors servir principalement à la cuisine à l'étuvée, à la confection des viandes bouillies, etc. Ils n'ont donc pas à produire une température élevée et sont par suite plus faciles à construire et plus robustes. C'est ce qui explique, je crois, avec le prix assez bas de l'énergie, le très grand développement pris en Allemagne par le chauffage électrique. En France, la cuisine nécessite au contraire des températures plus élevées, les fours, les rôtissoires et surtout les grils ont été, pour cette raison, plus difficiles à établir et n'ont pas donné peut-être au début toute la satisfaction qu'on en attendait, d'où le retard assez sensible de la demande française dans cette voie.

On doit, en effet, tenir compte d'une illusion assez générale : il semble qu'un radiateur dont on voit la lumière dégagée par le foyer chauffe plus qu'un radiateur obscur de même puissance. Il chauffe mieux, plus agréablement ; mais la marche du thermomètre n'en est pas modifiée (1).

Si l'on se rapporte aux chiffres cités plus haut, il est aisé de voir que le chauffage des appartements est difficilement réalisable dans toute sa généralité. Mais il ne laisse pas, toutefois, d'être intéressant dans certains cas particuliers ; par exemple, lorsqu'il s'agit de chauffer les chambres à coucher pendant un temps assez court, soit au moment du coucher, soit à celui du lever, tandis que le reste du temps il est plutôt hygiénique de n'avoir pas d'excès de chaleur.

Le cabinet de toilette, précisément aussi parce qu'il n'a besoin d'être chauffé que pendant peu de temps, convient bien au chauffage électrique, et cela d'autant mieux que c'est en général une pièce de faibles dimensions, dépourvue de cheminée, où le chauffage ordinaire est presque impossible. Il en est de même du salon, qui n'est utilisé qu'à certains moments. La propreté du chauffage électrique est particulièrement avantageuse au salon et à toute pièce dont les tentures, les tableaux et autres objets délicats s'accommodent si mal des modes de chauffage ordinaires, en raison de la fumée et des poussières qu'ils dégagent.

Enfin le chauffage électrique trouve un débouché très important lorsqu'on le considère comme complément d'un système de chauffage central, soit pour le suppléer au début ou à la fin de la saison froide, quand la température ne rend pas nécessaire la marche continue des calorifères, soit pour le compléter pendant les grands froids.

Une des plus curieuses applications du chauffage électrique, dans ces conditions secondaires, a été faite récemment pour la ventilation des salles de réunion. C'est au secteur de la place Clichy qu'est due cette heureuse innovation. Une salle chauffée d'une manière quelconque pendant la journée doit avoir sa température maintenue et l'air renouvelé normalement pendant la durée d'une réunion. Avant la séance, on cesse tout autre mode de chauffage, et l'on fait arriver par le haut de la pièce de l'air qui a été chauffé par son passage à travers une série de résistances électriques. L'air chaud se répand dans la pièce, et l'évacuation se fait à la base. De cette façon, la ventilation est effectuée sans qu'on sente ce refroidissement si désagréable qu'elle occasionne généralement lorsque, contre toute prudence, il faut ouvrir les fenêtres ou les vasistas.

Le réglage de la consommation dans la chambre de chauffe permet de maintenir la température voulue, quels que soient la température extérieure et le nombre des assistants. La consommation est d'ailleurs très faible, puisqu'il s'agit seulement de parer à la déperdition de chaleur pendant les heures d'occupation de la salle.

Le chauffage électrique, grâce à sa commodité, sa souplesse et son caractère éminemment hygiénique, se prête donc à toutes les applications dès que le prix de vente de l'énergie permet d'y avoir recours.

Dans les régions où l'énergie électrique est obtenue au moyen de forces hydrauliques, et où on se la procure par conséquent à très bas prix, l'emploi du chauffage électrique est fort répandu. C'est ainsi qu'en Suisse, particulièrement à Davos, des villas sont entièrement chauffées à l'électricité.

(1) Dans la construction des poêles électriques, il faut porter l'attention sur la ventilation des résistances de chauffage ; à cet effet, il convient que la base du radiateur soit bien dégagée et suffisamment élevée au-dessus du sol pour faciliter l'accès de l'air.

La maison Hugo Helberger a installé complètement à Davos trois villas, où les puissances disponibles aux compteurs sont respectivement de 144, 240 et 360 hectowatts. Il est vrai que le prix de l'électricité est seulement de 2,5 centimes par kilowatt-heure. C'est là un prix qui enthousiasmerait nos constructeurs français, et leur ouvrirait de vastes horizons.

APPLICATIONS DE LABORATOIRE. — Tous ceux qui ont travaillé dans un laboratoire et qui, par conséquent, ont fait usage des appareils à gaz, savent combien les tubes de caoutchouc sont dangereux. Le caoutchouc sèche, se déchire ou encore fond par l'effet de la conductibilité des raccords ou du rayonnement des parties chauffées.

Dans tout laboratoire, on hésite à laisser les appareils en fonction sans surveillance. Or, un grand nombre d'essais nécessitent des durées qui dépassent les heures de présence du personnel. Il faut donc, en dehors de ces heures, ou commettre une imprudence, ou se priver de résultats que seule une action prolongée pourrait donner. Avec l'électricité, il n'y a aucun risque à courir ; la résistance de chauffage ne peut laisser passer, en régime, une intensité supérieure à celle qui convient, et, si l'appareil a été mal établi, le seul dommage qui en résulte est une interruption du fonctionnement, les fusibles de l'installation devant interrompre le courant dès que son intensité dépasse le maximum admis.

Quoique l'électricité puisse être appliquée à tous les appareils chauffés habituellement par le gaz, il est préférable, au point de vue du rendement et de la régularité du fonctionnement, de construire spécialement les appareils en vue du chauffage électrique.

Pour les étuves et les fours, la construction exige une double enveloppe, dans laquelle est logée la résistance de chauffage appliquée directement contre la paroi intérieure. Cette résistance est distribuée régulièrement sur ladite paroi, ce qui assure une très bonne répartition de la chaleur et permet, dans la plupart des cas, de supprimer les enveloppes liquides formant bains-marie et dont les inconvénients, dus aux fuites, sont bien connus. L'isolement thermique qui sépare la résistance de chauffage de l'enveloppe extérieure, réduit au minimum les pertes de chaleur et, par suite, la consommation d'électricité.

Grâce à ces précautions, l'électricité n'est plus ici un mode de chauffage plus coûteux que les autres, et son emploi s'est répandu rapidement en raison des nombreux avantages qu'il présente. Parmi ceux-ci, il convient de remarquer que le chauffage par l'électricité ne produit pas de gaz de combustion et, par conséquent, ne contribue pas à vicier l'air de la pièce où l'on travaille. Mais il faut tout particulièrement signaler que l'électricité, à laquelle on a si souvent reproché d'être la cause d'incendies, est, dans ce cas, le procédé de chauffage qui présente seul une sécurité absolue.

*Etuves.* — Les étuves des laboratoires de recherches doivent pouvoir disposer d'une température variable entre d'assez larges limites. La température maxima habituellement admise est de 350°. Avec plusieurs allures de chauffage, et un rhéostat extérieur, on peut assurer le service courant.

Mais s'il s'agit de recherches spéciales, il sera toujours préférable d'avoir une étuve établie avec une variation de température resserrée entre des limites plus étroites, afin que le réglage obtenu, soit par la manœuvre des circuits, soit par celle du rhéostat, ait une plus grande précision. On peut d'ailleurs, au moyen d'un relais commandé par un thermomètre à contacts réglables, maintenir automatiquement la température au degré voulu, et la précision ne dé-

pend, dans ce cas, que de la sensibilité du thermomètre régulateur, si toutefois l'appareil a été établi de telle sorte que le circuit commandé par le relais n'ait qu'une faible puissance.

Dans certains cas spéciaux, on a besoin d'une étuve fonctionnant à une température pratiquement fixe, par exemple à 150°-170° pour la stérilisation, etc. Il est avantageux d'employer alors des étuves construites spécialement à cet effet ; comme il n'est plus besoin d'obtenir de variation de la température, l'appareil est plus simple et, par suite, moins coûteux.

Un appareil de ce genre comporte, par exemple, deux circuits égaux, tels que l'un d'eux maintienne, en régime permanent, la température désirée. On met en service les deux circuits pour chauffer rapidement, et, dès que la température cherchée est atteinte, il suffit, pour la maintenir, d'interrompre l'un des deux circuits. Comme le résultat s'obtient au bout de peu de temps et dans un délai à peu près constant, la surveillance est, en somme, assez restreinte ; on peut d'ailleurs se l'épargner en adjoignant un avertisseur à l'étuve.

*Fours et moufles.* — Les résistances métalliques usuelles, maillechort et nickel, permettent d'atteindre 700° à 800° dans les fours. Cette température convient pour la plupart des incinérations. Pour dépasser cette température, il faut avoir recours au platine ou au charbon, ou bien donner la préférence aux fours à induction (1).

Les réchauds, tables chauffantes, plaques d'évaporation, etc., etc., existent sous les formes les plus diverses et ne présentent d'ailleurs aucune difficulté de construction.

Il n'en va plus de même lorsqu'il s'agit des bains de sable, parce que la couche de sable surchauffe la résistance en s'opposant à la déperdition des calories. Ces appareils demandent plus de soin, car leur durée de bon fonctionnement est restreinte. On améliore le système en remplaçant le sable par la limaille de fer ; mais le mieux serait encore de faire usage des étuves à haute température, 300° à 400°, pour lesquels la surface intérieure, c'est-à-dire celle qui est disponible pour fixer la résistance électrique, est relativement beaucoup plus grande que dans le bain de sable.

En résumé, on peut admettre actuellement que tous les appareils courants du laboratoire, à la condition que la température qu'on leur demande ne soit pas très élevée, peuvent être chauffés électriquement. Il convient de remarquer que ce sont d'ailleurs les seuls qui puissent être l'objet d'un service prolongé. L'électricité permet donc de travailler en toute sécurité pendant un temps quelconque.

Les appareils à température élevée, que l'industrie électrique réaliserait moins heureusement, n'ont pas à fonctionner pendant un long temps et sont, par ce fait, plus commodément surveillés.

**APPLICATIONS MÉDICALES.** — Les applications médicales du chauffage électrique sont déjà nombreuses, et cependant l'électrothérapie pose continuellement de nouveaux problè-

mes aux constructeurs. C'est que, en effet, la consommation d'énergie électrique est peu importante, vu la faible durée des applications et, la dépense fût-elle plus élevée, qu'on n'hésiterait pas devant les services rendus.

Pour toutes les actions calorifiques, l'électricité est devenue, dans les mains du praticien, l'agent le plus docile et le plus sûr.

Les plaques souples chauffantes, formées de tissus électriques, où le fil résistant est soit tissé avec un fil de chanvre ou d'amiante, soit cousu sur un tissu ordinaire, servent à confectionner les cataplasmes secs, les ceintures, les genouillères, etc...

Avec les lampes chauffantes, on utilise la chaleur rayonnante pour les bains de chaleurs locaux ou généraux, et il semble bien que la chaleur n'intervient pas seule et que l'électricité joue son rôle dans ces traitements. Les lampes chauffantes viennent aussi compléter heureusement les bains de lumière, où elles combattent le refroidissement consécutif aux sudations abondantes.

L'électricité est éminemment hygiénique pour le chauffage des chambres des malades, des salles d'opérations, etc... Elle ne dégage ni poussière, ni fumée, ni aucun gaz de combustion. Bien plus, lorsque le radiateur remplit certaines conditions assez faciles à réaliser, il devient un agent de stérilisation remarquable.

Les récentes expériences du D<sup>r</sup> Sartory faites avec le stérilisateur Sallé ont montré qu'un appareil de 11 hectowatts, placé dans une chambre de 100 mètres cubes, dont l'atmosphère contient de 40 000 à 50 000 bactéries par mètre cube, possède un pouvoir bactéricide tel que, au bout d'une heure, le nombre des bactéries est réduit à 10 000 et, au bout de 2 heures, à 1 000. La stérilisation est complète en 3 heures, et, dans la plupart des cas, elle est terminée en 2 heures.

Le stérilisateur Sallé n'a d'ailleurs d'autre particularité, comme appareil de chauffage, que de forcer l'air qui le traverse à atteindre la température de stérilisation, de 160° à 180°. Le mouvement de l'air se fait soit par la différence de densité de l'air chaud et de l'air froid, soit par l'action d'un ventilateur auxiliaire.

La stérilisation des pansements, ou de l'eau, utilise les autoclaves, les bouilleurs à haute pression, etc. Pour les instruments de chirurgie, il y a les étuves ordinaires et, plus spécialement, les étuves établies pour donner une température comprise entre 150° et 170° ; il y a aussi les petits tubes chauffeurs pour les aiguilles et les extrémités des seringues à injection, etc.

Le D<sup>r</sup> Wiart a indiqué un procédé par lequel c'est la boîte d'instruments elle-même qui devient le stérilisateur, et qui supprime toute crainte des coups de feu si préjudiciables aux instruments, et plus particulièrement aux bistouris, que l'on retrouve bien stérilisés par les procédés ordinaires, mais assez souvent tout à fait détrempés, c'est-à-dire hors d'usage.

Le stérilisateur du D<sup>r</sup> Wiart est composé d'une boîte de chirurgie ordinaire, de dimensions quelconques, munie d'un double fond pour loger la résistance de chauffage. Cette résistance est combinée de telle sorte que, la température de stérilisation une fois atteinte, la chaleur émise par le système électrique demeure égale à la perte due au rayonnement et à la conductibilité du milieu ambiant. La température de 170° est donc maintenue automatiquement sans réclamer aucune surveillance, car il n'y a pas à se préoccuper des écarts de 5 pour 100 qui résulteraient des variations ordinaires de tension et de température extérieure. Il est très

(1) Les établissements Poulenc frères ont, avec le concours de la maison Heraeus, établi des fours à incinérations, grilles d'analyses, fours à moufles, etc., où la résistance est constituée par une feuille de platine très mince, enroulée sur la paroi de la chambre de chauffe, soit par un réseau de mailles serrées de fils de platine fixé à la paroi par une glaçure. Ces appareils permettent d'atteindre 1200°.

Ils ont, en outre, constitué des fours avec des tubes en irridium formant la résistance de chauffage et qui peuvent supporter 2100° ; mais ces tubes doivent être alimentés à 5 volts et absorbent de 500 à 1 000 ampères.

important, pour le bon fonctionnement de l'appareil, de l'entretenir soigneusement poli, afin de lui conserver un état superficiel invariable. On l'obtient facilement avec les boîtes en nickel.

**APPLICATIONS INDUSTRIELLES.** — Toutes les industries ont recours au chauffage électrique, au moins pour résoudre certains points particuliers. On peut dire cependant qu'il n'y a guère d'applications générales de ce genre de chauffage ; mais on en rencontre nombre d'utilisations spéciales. Certaines circonstances rendent l'électricité applicable, indispensable même, dans une usine, tandis qu'une usine similaire n'a aucun intérêt à suivre la même voie, et ce n'est pas la seule question du prix de l'énergie électrique qui crée cette différence.

Nous allons examiner d'abord quelques applications d'un caractère moins particulier.

Les fers à souder, les machines à souder, les marques à bois, les marques à bouchons, etc., présentent, lorsqu'ils sont chauffés électriquement, l'avantage incontestable de diminuer la manutention et, par suite, les pertes de main-d'œuvre.

Les fers à repasser ont par surcroît l'avantage de la propreté, ce qui est fort appréciable pour la blanchisserie ; ils ont encore celui de n'élever la température des ateliers que dans des proportions beaucoup moindres que les autres modes de chauffage.

Mais tous ces appareils sont de faibles dimensions et doivent néanmoins dégager une forte chaleur pour parer au refroidissement causé par la rapidité du travail. Ils sont donc assez difficiles à construire, et la durée insuffisante de leur fonctionnement entrave le développement qu'on souhaiterait à cette application.

Ainsi, un fer à repasser a une surface à la base de 1 décimètre carré environ, et il faut lui faire absorber au moins 600 watts pour la grosse blanchisserie ou le repassage du linge empesé. Cette puissance est élevée, si on la compare à la surface disponible ; on réalise bien l'appareil, mais à la condition qu'il soit en service continu, parce que toute interruption supprime la cause du refroidissement, et occasionne une surchauffe dangereuse pour la résistance électrique. Voilà donc un appareil qui présente de grands aléas dans l'industrie (1) et qui, au contraire, donne satisfaction dans la vie privée, où il n'y a à repasser que des pièces de faibles dimensions et peu humides.

Le fer à souder, pour une raison semblable, la faible étendue de la partie chauffante, n'est guère utilisable, si ce n'est pour de menus travaux. Mais, dès que la température deman-

(1) Il faut malheureusement toujours tenir compte du prix de vente de l'électricité avant de tenter un essai de ce genre. J'ai recueilli les renseignements suivants dans une blanchisserie des environs de Paris, où l'électricité est fournie à 16 centimes le kilowatt-heure.

La consommation par fer était de 900 watts, soit pour 40 fers en service pendant 8 heures 30 minutes, une dépense de 49 francs par jour. Or, on obtient le même travail au moyen de deux cloches à coke chauffant 150 fers ordinaires, et la dépense en charbon atteint à peine 5 francs par jour. En considération des avantages spéciaux que présente le chauffage électrique, le directeur de la blanchisserie électrique aurait consenti à payer trois fois plus, soit 15 francs, mais l'écart était évidemment encore trop considérable.

L'électricité ne pouvait donc l'emporter sur le coke que si elle avait été fournie à 5 centimes le kilowatt-heure, ce qui paraît bien difficile à obtenir, quand elle est produite par des machines à vapeur. Je crois la consommation prévue de 900 watts exagérée, et j'admets que 600 watts suffiraient. Dans ce cas, avec l'électricité à raison de 7,5 centimes le kilowatt-heure, ce qu'il est encore possible d'obtenir, l'application eût été réalisable.

dée n'est plus aussi élevée, dès qu'on dispose de surfaces plus grandes pour loger la résistance de chauffage, la construction n'offre plus aucune difficulté sérieuse.

*Fours. Étuves. Couveuses. Tables chauffantes. Bains-Marie.* — L'électricité trouve son emploi lorsque les risques d'incendie, et la présence des gaz dégagés par la combustion, empêchent de se servir du chauffage au charbon ou au gaz, et encore lorsque l'installation et les conditions de température rendent impossible l'emploi de la vapeur et de l'eau chaude.

L'application de l'électricité convient parfaitement aux fours à vernis, aux étuves de séchage pour épreuves d'imprimerie ou de photographie, etc. ; aux étuves pour le séchage des fleurs artificielles, dont les couleurs délicates ne permettent guère l'emploi du chauffage par le gaz ou par le charbon ; aux étuves pour la fabrication de la poudre et des autres explosifs, pour le traitement des liquides volatils dont les vapeurs sont inflammables, etc. Dans ces derniers cas, il faut employer des interrupteurs cuirassés ou bien disposer les interrupteurs à l'extérieur des pièces qui contiennent les vapeurs ou les poudres en suspension, afin d'écartier le danger qui résulterait des étincelles produites par la manœuvre des interrupteurs.

Dans un même esprit de prudence, les tables chauffantes trouvent leur emploi dans l'industrie du celluloïd, dans le travail du caoutchouc, etc. La température habituellement demandée est d'environ 50° ; elle correspond à une consommation de 12 à 15 watts par décimètre carré. La modicité de la dépense a beaucoup aidé au développement de l'application de l'électricité dans toutes ces industries, où, d'autre part, les risques d'incendie sont si considérables.

A citer également les marbres d'imprimerie, les plaques chauffantes pour le collage des épreuves de photographie, les chauffe-colle, etc.

On a de même adopté l'électricité pour le chauffage des couveuses. Une enveloppe liquide assure l'uniformité de la température. Le système électrique est logé soit contre la paroi inférieure, soit dans un tube ou serpentín plongé dans le liquide du bain-marie. Un appareil pour 100 œufs, qui est susceptible de donner un rendement de 80 poussins, consomme, suivant le mode de construction, de 130 à 210 watts. La dépense occasionnée par une couvée de 21 jours varie donc de 65 à 110 hectowatts-heure, soit, par poussin obtenu, de 8 à 14 hectowatts-heure.

Enfin, signalons l'adoption de l'électricité pour le chauffage des presses. Le mouvement d'un des plateaux, la complication des plaques de vapeur et des joints, la difficulté du réglage feront certainement abandonner la vapeur, que l'électricité peut si aisément et si économiquement remplacer. L'électricité s'impose pleinement pour le chauffage des presses à plaques multiples qui servent à écraser les étoffes.

*Chaudières électriques.* — Ce n'est que dans le cas spécial où l'énergie électrique est obtenue à très bon compte, par les forces hydrauliques, qu'on peut songer à l'emploi des chaudières électriques d'une certaine puissance. En dehors de cette condition, il n'est possible d'utiliser que de très petites chaudières ou générateurs de vapeur, à moins que les circonstances ne s'opposent absolument à tout autre mode de chauffage, comme cela peut avoir lieu dans les théâtres, par exemple.

Les types habituels de chaudières électriques sont la chaudière tubulaire avec chauffage électrique disposé à l'intérieur des tubes, et la chaudière multitubulaire avec système élec-

trique enveloppant les tubes, qu'ils soient verticaux ou inclinés.

Je prends, comme exemple, une chaudière capable de produire 400 kilogrammes de vapeur à l'heure à la pression de 6 kilogrammes par centimètre carré. La puissance électrique nécessaire est de 500 chevaux ; elle est distribuée dans une série de tubes présentant une surface totale de chauffe de 60 mètres carrés. Les dimensions de cette chaudière sont : longueur, 4 mètres, diamètre 1<sup>m</sup>25. Un tableau électrique commande les divers circuits de chauffage, qui occupent chacun une série de tubes.

Il y a en Suisse, grâce au très bas prix de l'électricité, plusieurs chaudières électriques de 60 à 70 kilogrammes de vapeur à l'heure, entre autres, celles qui ont été construites par la Société *Electra*.

En France, je n'ai connaissance que de celle qui fut établie pour le théâtre du Châtelet, en vue de produire les effets de la vapeur dans le *Tour du Monde en 80 jours*. Cette chaudière, qui était d'une puissance de 3 à 4 chevaux, a été construite par la Société anonyme des Anciens Etablissements Parvillée frères et C<sup>ie</sup>.

*Cylindres sécheurs pour la papeterie.* — C'est de 1820 à 1830 que les premiers cylindres sécheurs ont été employés dans la fabrication des papiers. La disposition adoptée dès cette époque n'a guère été modifiée : le papier humide est conduit par un feutre qui l'applique contre la paroi du cylindre sécheur.

Les cylindres sécheurs ont été chauffés soit par une grille à charbon placée à peu près suivant l'axe, soit de préférence, par la vapeur. Le premier procédé est quelque peu primitif ; le second ne va pas sans danger, car les dimensions des cylindres sont considérables et les craintes d'explosion semblent assez fondées. Notons en passant qu'on a établi des cylindres qui n'avaient pas moins de 3 m. de diamètre sur 3 m. de longueur. Les canalisations de vapeur indispensables à un tel chauffage sont encore une cause d'encombrement et de complications.

L'électricité peut rendre, et a déjà rendu d'ailleurs, de très réels services, par la simplification de la distribution et la suppression des risques d'explosion. En outre, les cylindres, qui n'ont pas de pression à supporter, peuvent être établis dans des conditions beaucoup plus économiques. Il n'y a plus de joints de vapeur et le poids total est très réduit.

Si l'on veut utiliser les cylindres en usage, on emploie simplement une résistance électrique fixe, placée au centre du cylindre, et occupant la place de la grille dans les cylindres où le chauffage se faisait au charbon. On ferme les extrémités du cylindre pour éviter les pertes de chaleur.

Il est préférable, quand les dimensions le permettent, d'appliquer les résistances de chauffage contre la paroi intérieure du cylindre et d'amener le courant à la résistance par des bagues et des balais. C'est d'ailleurs ce procédé qu'il y a lieu d'appliquer lorsqu'on établit des cylindres légers, spéciaux pour chauffage par l'électricité. Les cylindres sont actionnés séparément et la facilité de commande et de réglage de chacun d'eux, même pendant la marche, présente de grands avantages pour la fabrication.

Si l'on prend une machine moyenne, séchant 60 kilogrammes de papier à l'heure et dont le papier contient, à l'entrée, 50 pour 100 d'eau, qu'il faut évaporer, on voit que le système électrique à disposer dans les cylindres doit évaporer 30 kilogrammes d'eau à l'heure. Le séchage doit en outre s'effectuer progressivement pour éviter de crispier le papier.

Ainsi, pour un ensemble de trois cylindres sécheurs, on opère successivement avec des températures moyennes de 70°, 100° et 130°. La consommation totale est de 35 chevaux environ, à répartir sur les trois cylindres, à raison de 9, 12 et 14 chevaux environ, si les diamètres des cylindres sont égaux. Cette consommation d'électricité semble assez considérable ; mais nombre de papeteries disposent d'importantes forces hydrauliques.

*Fours de boulangerie.* — L'application du chauffage électrique aux fours de boulangerie, quoique peu développée d'abord, aussi bien en raison du prix du courant que de l'incertitude qui accompagne inévitablement une modification aussi complète des habitudes, tend à se généraliser maintenant.

C'est encore en Suisse, et toujours pour la même raison de prix de revient, que l'on rencontre des boulangeries électriques. L'*Electra* a construit, entre autres, un four permettant de cuire 1 000 kilogrammes de pain par jour.

En France, je crains que la routine ne retarde encore longtemps cette application. Je citerai à cet égard les tentatives faites par le Secteur de la Place Clichy, à Paris. Il a proposé, soit de faire une installation à ses frais, soit de fournir l'énergie gratuitement pendant un temps assez long, et cependant il n'a pu rencontrer un boulanger pour se prêter à cette démonstration. Cela est fort regrettable, car le travail de boulangerie a lieu précisément la nuit, c'est-à-dire au moment où les stations d'électricité ont la presque totalité de leur puissance inutilisée. D'autre part, l'emploi de l'électricité permet un chauffage rapide, une régulation absolument certaine, non seulement d'une fournée à l'autre, mais aussi bien pendant le cours d'une cuisson (1).

Il convient d'ajouter à ces avantages celui, bien autrement à considérer, de la très grande diminution de fatigue du personnel occupé à la panification. Le four électrique peut être mis en marche en quelques minutes ; il ne dégage ni fumée, ni poussière, ni chaleur dans la pièce où se fait la cuisson.

Au point de vue de la consommation, il convient de tabler sur 500 watts-heure environ par kilogramme de pain. C'est une base suffisamment exacte pour qu'on puisse déterminer si l'application de l'électricité au chauffage d'un four est possible ou non. Les écarts qui résultent du degré d'humidité du pain, du degré de cuisson à réaliser, de la grandeur du four, etc., n'empêchent pas que les chiffres précédents ne servent au moins pour un projet. Il conviendrait donc de ne pas dépasser le prix de 10 centimes par kwh. pour que la boulangerie puisse utiliser le chauffage électrique.

*Chauffage des voitures de chemins de fer et tramways.* — Depuis 1900, l'emploi de l'électricité au chauffage des voitures s'est grandement développé. Au début, quelques timides essais ont donné satisfaction ; maintenant, on ne voit guère de voitures nouvelles qui ne soient aménagées pour le chauffage électrique, et la transformation se fait progressivement dans les anciennes (2).

Les radiateurs qui servent à chauffer l'air des voitures sont plus particulièrement employés en Allemagne. La consommation varie par voiture de 1 à 3 kilowatts.

En France et en Belgique, les chaufferettes ont la préfé-

(1) A l'Exposition de Marseille, dans la section d'Agriculture, au Mas moderne, était exposé un petit four électrique pour boulangerie. — N. D. L. R.

(2) Cette question a été traitée avec détail dans l'*Industrie des Chemins de fer et Tramways* (novembre 1907) et dans l'*Industrie Electrique* (10 avril 1908).

rence ; elles ne servent qu'à réchauffer les pieds des voyageurs, et ne peuvent entrer en ligne de compte pour le chauffage de l'air de la voiture. Mais le chauffage de l'air est en quelque sorte bien superflu dans les voitures de tramways, en raison de la courte durée des trajets, et de l'ouverture fréquente des portes. La dépense moyenne varie de 400 à 700 watts par voiture.

Les plus récentes installations sont celles des Tramways de Paris et du Département de la Seine, de l'Électrique Lille-Roubaix-Tourcoing, des Chemins de fer Vicinaux Belges, des lignes électriques de banlieue de la Compagnie d'Orléans, et de la Compagnie de l'Ouest.

\* \* \*

Il y aurait encore de nombreuses et intéressantes applications à signaler, mais le caractère général de celles qui ont été décrites suffit pour montrer tout le parti qu'on peut tirer de l'électricité dans tous les cas, et ils sont nombreux, où les autres modes de chauffage présentent des inconvénients.

Mais, indépendamment des cas spéciaux où l'électricité a l'avantage, on pourrait lui ouvrir une foule de nouveaux débouchés par le seul abaissement des tarifs de l'énergie qui sert au chauffage. En France, nous avons fort peu de chauffage électrique, tandis qu'en Suisse et en Allemagne, il est très répandu.

Souvent aussi la question des compteurs multiples, avec canalisations spéciales pour les divers emplois (éclairage, force motrice, chauffage) fait renoncer à des applications qui seraient réalisables avec un système unique de distribution. Il me semble qu'il y aurait profit, pour les consommateurs comme pour les stations, à généraliser l'emploi des compteurs à double tarif. Le consommateur s'empresserait d'arrêter ses appareils de chauffage pendant la marche du tarif maximum, c'est-à-dire pendant la période de l'éclairage.

Peut-être même, y aurait-il lieu d'adopter trois tarifs, et d'avoir ainsi, pour la nuit, un tarif extrêmement réduit, réservé à certaines industries, à la boulangerie par exemple. Ces tarifs pourraient d'ailleurs influencer sur les décisions de certains industriels, qui n'hésiteraient pas à changer leurs habitudes ou à créer du travail pour ces heures où l'électricité leur serait fournie au meilleur marché. Cela pourrait susciter un mouvement de grande importance et fort intéressant.

Le chauffage électrique n'est encore qu'à son début ; il a déjà fait ses preuves, et il prendra sûrement par la suite un développement considérable.

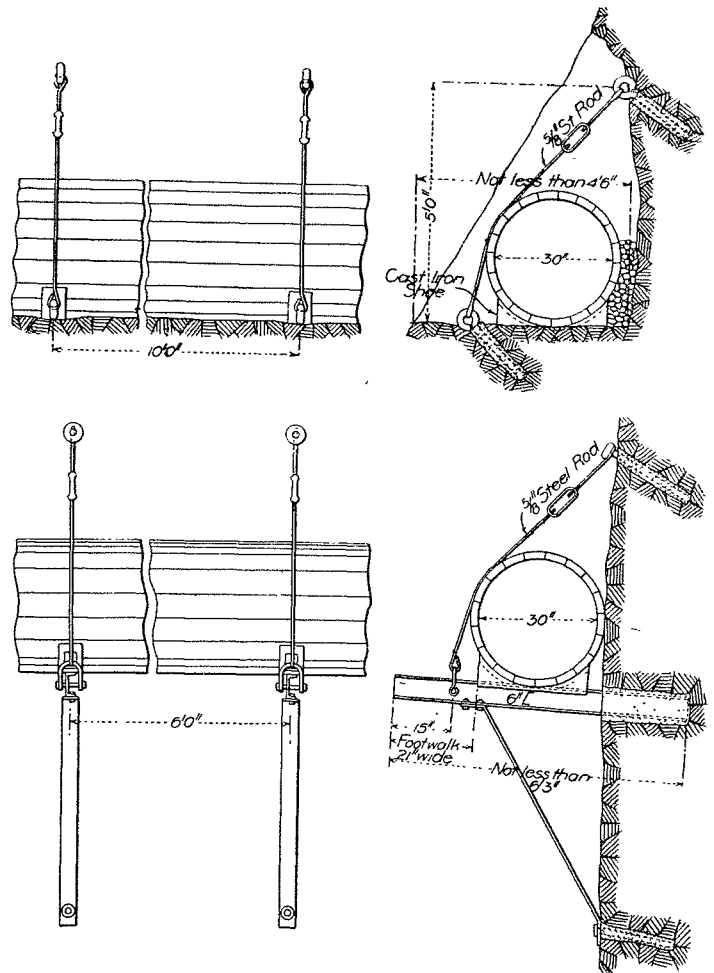
## AMÉNAGEMENT DES CHUTES

### CONSTRUCTION D'UNE CONDUITE FORCÉE DANS LE CANYON DE L'ARKANSAS

La conduite dont nous allons parler a été construite dans des conditions peu ordinaires pour le service des eaux de la ville de Canyon-City (Colorado). Elle est établie dans la Royal Gorge, défilé très pittoresque dans lequel coule l'Arkansas, à sa sortie des White Mountains (\*).

Un barrage de dérivation est établi à 12 km. en amont de Canyon-City. Ce barrage est du type déversoir. Il est recti-

ligne, et a 27<sup>m</sup>/40 de longueur et 3 m. de hauteur au-dessus du lit de l'Arkansas. Sur la rive droite, et un peu en avant du barrage, se trouve une prise d'eau, composée de 6 groupes de deux ouvertures, de 0<sup>m</sup>61 de côté, munies de grilles et de vannes, et disposées suivant deux rangées horizontales, à 0<sup>m</sup>60 l'une au-dessus de l'autre. Sur 1<sup>m</sup>50, du côté de la prise d'eau, la crête du barrage a été abaissée et est arasée à 0<sup>m</sup>45 en dessous des ouvertures les plus basses de la prise, de manière à créer une chasse d'eau devant les grilles pour nettoyer automatiquement celles-ci, tout en empêchant aux graviers de pénétrer dans la prise.



Détails de la conduite en demi-tranchée, et contre paroi à pic.

De cette prise d'eau, part une conduite en tôle d'acier, de 0<sup>m</sup>915 de diamètre, et de 467 m. de longueur, qui aboutit à une chambre de décantation, de 46<sup>m</sup>50 × 10<sup>m</sup>50 en plan, sur 2<sup>m</sup>60 de hauteur. La conduite est établie dans une tranchée, et est recouverte par les eaux en temps de crue. Aussi, a-t-on dû la noyer dans du béton aux endroits où le courant est le plus dangereux.

Au sortir de la chambre de décantation, la conduite a un diamètre de 0<sup>m</sup>762 et est bois sur 10 668 mètres, c'est-à-dire jusqu'à la station de purification de l'eau, d'où part le réseau de distribution en fonte qui alimente Canyon-City. Sur son parcours, la conduite est en tunnel sur 604 m., en demi-tranchée (fig. 1), à flanc de coteau, sur 2 616 m., et suspendue dans le vide (fig. 2) sur 376 mètres.

Sur 3 440 m. à partir de la chambre de décantation, la conduite suit la rive droite du canyon, et, sur cette distance, elle est en partie disposée dans une demi-tranchée, excavée dans les parois de la gorge dont la profondeur varie de 450 à 600 m. Puis la conduite traverse l'Arkansas sur un pont à deux travées, de 30 et 12 m. de portée, passe sous la ligne

(\*) D'après l'Engineering Record.