

REVUE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ

ORGANE DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

DIRECTEUR

J. BLONDIN, AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ

TOME IX

1^{er} Janvier 1921 — 25 Juin 1921



PARIS

AUX BUREAUX DE LA REVUE

12, PLACE DE LABORDE (8^e ARR^t)

—
1921

A propos du chauffage électrique

La question du chauffage électrique est à l'ordre du jour. Des ingénieurs ont été envoyés à l'étranger par nos grandes maisons et nos grands réseaux pour se documenter sur ce sujet; un syndicat spécial vient de se constituer récemment entre les constructeurs de matériel; l'Union des Syndicats de l'Électricité a créé une commission d'études; la Société française des Électriciens a reçu récemment une communication importante sur ce sujet, d'autres sont annoncées. Il est dans le rôle de la R. G. E. de tenir ses lecteurs au courant de la discussion qui est ouverte. C'est pourquoi elle publie ci-dessous la courte note qu'on va lire.

M. de la Brosse, inspecteur général des forces hydrauliques, a publié dans la « R. G. E. » du 11 septembre 1920, t. VIII, p. 344-345, une note qui, en raison de l'autorité personnelle de son auteur, a été fort remarquée par tous ceux qui s'intéressent au chauffage électrique. Comme cette note a donné lieu, de la part de quelques lecteurs superficiels, à des extensions que ne visait nullement M. de la Brosse — et dont celui-ci serait bien étonné — il y a lieu de revenir sur la question et d'apporter quelques précisions.

Il est capital, tout d'abord, de bien remarquer que la note et les calculs de M. de la Brosse s'appliquent *exclusivement* à la vaporisation de l'eau. L'auteur nous dit : « 1 kg de charbon brûlé sous une chaudière vaporise 7 kg d'eau, tandis que si on chauffe l'eau avec du courant électrique produit dans une centrale, on ne vaporise que 1,33 kg d'eau par kilogramme de charbon brûlé dans la centrale. Le chauffage électrique des chaudières fait donc consommer cinq à six fois plus de charbon que le chauffage direct. »

Sur ce point (il ne s'agit, on le voit, que de centrales thermiques) tout le monde est naturellement d'accord; mais, s'appuyant sur cette démonstration, certains lecteurs ont ajouté d'eux-mêmes que, *par conséquent* (on admirera cette conséquence!) le chauffage des locaux ou même la cuisine à l'électricité consommait aussi cinq à six fois plus de charbon que le chauffage direct, et qu'il faut, toujours *par conséquent*, proscrire absolument le chauffage électrique.

C'est avec des généralisations aussi légères qu'on risque de laisser la France prendre un retard énorme sur l'étranger et qu'on jette l'intéressante sur une application nouvelle de l'électricité qui est désirable, non seulement parce qu'elle représente le progrès et qu'elle apporte le confort et l'hygiène, mais encore parce qu'elle est conforme à l'intérêt national.

Comme M. de la Brosse ne vise dans son exposé

que la vaporisation de l'eau, c'est elle aussi, forcément, qu'il vise dans ses conclusions — bien que la rédaction de celles-ci ne soit pas très explicite sur ce point. Ces conclusions ne sauraient donc atteindre le chauffage électrique en général et encore moins le condamner. D'ailleurs, M. de la Brosse écrit lui-même ceci : « Il est évident que l'écart... pourrait changer de sens s'il s'agissait d'un foyer... comme certains foyers domestiques. »

Ce passage, à lui seul, montre clairement que, si l'on se place sur le terrain de la pratique et non sur celui de la théorie, c'est-à-dire si on fait intervenir le rendement réel des appareils, M. de la Brosse admet que le chauffage électrique peut être plus avantageux que nos vulgaires appareils domestiques.

Et ceci se comprend facilement. Nos grilles à charbon actuelles ont un rendement calorifique de 5 à 10 pour 100 seulement (1). Or, d'après les indications fournies par M. de la Brosse lui-même, 1 kg de charbon brûlé dans une centrale fournit 1 kw-h dans un radiateur d'appartement, lequel produit et lisse dans la pièce où il fonctionne 860 calories, soit $\frac{860}{8000}$ ou 11 pour 100 des calories que contenait le kilogramme de charbon.

Le simple rapprochement de ces nombres montre que, quand on se place sur le terrain de la réalité, le chauffage électrique des locaux d'habitation est au moins aussi économique que le chauffage ordinaire. Et l'hésitation n'est plus permise quand on remarque que le chauffage électrique possède, en outre, les avantages suivants :

- 1° En premier lieu, il est propre, commode et hygiénique.
- 2° En second lieu, il supprimera, lorsqu'il sera généralisé,

(1) M. Charpy a, tout récemment, confirmé cette donnée fondamentale dans sa communication à la Société des Ingénieurs civils sur l'utilisation rationnelle des combustibles.



lisé, des manutentions nombreuses : chargements et déchargements à la gare, chez le marchand de charbon en gros, chez le marchand au détail, dans la cave du client et de la cave à l'appartement. Que de main-d'œuvre et de frais inutiles sont ainsi gaspillés actuellement ! Et quels avantages le pays ne trouverait-il pas à les économiser ?

D'autre part, le chauffage central, tel qu'il fonctionne actuellement, marche six mois par an sans arrêt, même les jours où il ne fait pas froid, et même si les locataires sont à Nice ou ne passent chez eux que deux ou trois heures par jour. De plus, le chauffage central n'est installé que dans quelques pièces seulement des appartements. Dans les autres, il faut faire du feu et gaspiller pas mal de charbon dans la grille ou la cheminée avant que la température désirée soit atteinte. Quitte-t-on la pièce un moment ? le feu continue de brûler. Fait-il trop chaud ? on ouvre la fenêtre, pour libérer des calories qu'on a inutilement ravies au pays. Le chauffage électrique a cet avantage énorme de ne livrer ses calories qu'au moment même où on en a besoin, et là où on en a besoin, et si on fait intervenir cette supériorité dans la balance on, constatera qu'il n'est pas seulement aussi avantageux que le chauffage ordinaire, mais que c'est lui qui réalise des économies de charbon.

A l'appui de cette thèse, viennent les conclusions formelles récemment rendues publiques, après étude et discussion, par le Gouvernement anglais et la Société des Ingénieurs civils.

Le Gouvernement anglais (Ministry of Reconstruction) a fait examiner en 1918, par une commission spéciale, dite Coal Conservation Sub-Committee, les améliorations qui pouvaient être apportées dans la distribution de l'électricité en Angleterre, *en vue d'économiser du charbon*, et on trouve, mise en évidence dans le rapport de cette commission, à la page 15, alinéa 34, cette conclusion qu'il y aura : « ... de grands avantages et de grandes économies à réaliser, du fait du développement des emplois de l'électricité dans la maison par le *chauffage, la cuisine et le nettoyage*... »

En 1918 également, un autre ministère anglais, le

Board of Trade, a fait étudier la même question et le rapport de l'Electric Power Supply Committee, nommé à cet effet, contient à la page 16, alinéa 86, la conclusion suivante :

« Une des conséquences des améliorations que nous recommandons et du développement qu'on peut en attendre sera que l'application de l'électricité aux besoins domestiques : éclairage, *chauffage, cuisine*, et petite force motrice, se répandra beaucoup. »

Quant à la Société des Ingénieurs civils de France, elle a adopté le vœu suivant à l'issue des discussions des 28 mai, 11 juin, 25 juin et 9 juillet 1920, relatives à l'utilisation rationnelle des combustibles :

« Considérant que la distribution de gaz et d'énergie électrique à partir d'usines centrales aussi importantes que possible dans un rayon étendu constitue l'un des moyens les plus efficaces pour obtenir des économies de combustible, principalement en ce qui concerne la petite et la moyenne industrie *ainsi que le chauffage domestique*, il paraît très désirable, qu'au moins dans la reconstruction des régions dévastées il soit tenu largement compte de ces principes dont personne ne conteste l'exactitude et que, par conséquent, tous les projets correspondant à des organisations centralisées soient examinés sans retard et reçoivent des facilités et des avantages spéciaux... »

Nous nous arrêtons là, au moins pour aujourd'hui, car nous ne pouvons donner à la présente note tout le développement dont elle serait susceptible, et nous la limitons, encore que ce soit bien sommairement, au seul chauffage domestique.

Puissent nos lecteurs être convaincus, ne serait-ce que par les conclusions officielles et formelles que nous venons de citer, des avantages de tous ordres qu'offre le chauffage électrique sur le chauffage au charbon ! L'un est le passé, l'autre l'avenir. L'un est la routine, l'autre le progrès. Souhaitons que la France suive bientôt l'exemple de la Suisse, de l'Italie, des Etats-Unis et de l'Angleterre, et ne mérite pas une fois de plus l'accusation de retarder toujours sur ses voisins.

Pierre DUBOIS.

Grèce-Salonique : La situation actuelle commande la plus grande prudence.

Tchéco-Slovaquie : Les ingénieurs électriciens français ont peu de chance de trouver dans la République tchéco-slovaque les débouchés susceptibles de leur permettre de trouver l'utilisation de leurs compétences. Les ingénieurs tchéco-slovaques cherchent eux-mêmes à l'étranger un emploi que leur pays ne peut leur fournir.

Hongrie : Dès que le contrat pour la reconstruction du réseau des chemins de fer de la Hongrie sera conclu, quelques situations seront peut-être à prendre. Nous tenons à la disposition de nos collègues que cette question pourrait intéresser, les renseignements généraux qui nous ont été transmis.

Smyrne et son interland : Ce pays offre des débouchés considérables à l'expansion de l'industrie électrique. La situation encore troublée de ces régions et la cherté excessive du coût de la vie ne permettent pas maintenant d'encourager des ingénieurs français à s'expatrier dans ce pays.

Il y a lieu d'attendre le moment propice qui paraît d'ailleurs assez proche.

A propos de l'article « système à onde d'impulsion dans le doubleur de fréquence ». — Nous recevons à ce sujet la lettre suivante :

Quoique un peu tardivement, je ne crois pas superflu de signaler aux lecteurs de la Revue que l'artifice employé par MM. Minohara et Tani, dans l'article traduit et présenté par M. Pomey dans le numéro du 18 décembre 1920, pour traiter le cas des doubleurs de fréquence par saturation magnétique, et qui consiste, en principe, à remplacer la fonction complexe qui représente le flux à partir du courant par deux fonctions linéaires, est celui que j'ai employé moi-même pour traiter de la résonance dans le système contenant du fer, dans mon étude des « surtensions par câbles armés » parue dans le numéro du 22 mai 1920.

Il est évident que ce moyen simple de lever des difficultés considérables s'applique immédiatement au cas où l'on supprime la capacité et plus généralement à tous les problèmes où la saturation du fer intervient.

Veuillez agréer, etc.

P. BOUCHEROT.

Enquête de la Société d'Encouragement sur le pétrole, l'essence, le carburant et le lubrifiant nationaux. — La question du pétrole et de ses dérivés intéresse nos lecteurs à plus d'un titre : production de l'énergie électrique (combustibles liquides pour groupes électrogènes); transformation et distribution (huiles pour transformateurs et interrupteurs); applications de l'énergie électrique (huiles de graissage); transport du matériel et du personnel (essence pour camions et voitures automobiles). Nous croyons donc devoir leur signaler que la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale vient d'entreprendre une enquête sur les moyens d'alimenter la France soit en pétrole et ses dérivés, soit en succédanés produits par la métropole et ses colonies. La note suivante expose le but de cette enquête et fait appel à ceux qui sont en mesure d'y contribuer.

Notre pays est menacé de manquer totalement d'essence

et de pétrole avant dix ans. Dans quatre ou cinq ans, leur prix sera déjà devenu inabordable car la consommation de ces produits augmente constamment dans tous les pays et nulle part, dans le monde, les champs pétrolifères ne sont contrôlés par des intérêts français. (Voir le « Bulletin de la Société d'Encouragement » de juillet-août 1920, p. 452 à 457, mémoire de M. Dumanois).

Il importe qu'avant le moment où la production du pétrole et de l'essence sera déficitaire, notre pays soit prêt à utiliser un ou des carburants nationaux (métropolitains ou coloniaux), un ou des lubrifiants autres que les huiles lourdes de pétrole.

La Société d'Encouragement a entrepris de faire une enquête sur cette question, vitale pour notre pays et pour la défense. Elle en fera connaître les résultats soit sous forme de conférences publiques, soit sous forme de mémoires publiés dans son « Bulletin ». Elle prie donc ceux de ses membres qui pourraient la documenter sur cette question de vouloir bien le faire dès maintenant.

Au sujet des accidents dus à l'électricité dans les salles de bains. — On a parfois à déplorer des accidents assez graves dus à ce que, dans les salles de bains particulièrement, des défauts d'isolement dans les appareils électriques peuvent provoquer des dérivations de courant assez intenses au travers du corps des personnes touchant à ces appareils. Ces accidents sont, d'ailleurs, très rares et ils peuvent être facilement évités, d'abord par un plus grand soin apporté par les installateurs dans l'isolement des appareils utilisés dans les salles de bains, ensuite par un peu plus de prudence de la part de ceux qui s'en servent. Pour ces raisons, il n'est pas mauvais d'appeler l'attention des uns et des autres sur les conditions dans lesquelles ces accidents ont eu lieu et c'est à ce titre que nous reproduisons la lettre suivante que nous adresse M. F. Barqui, administrateur-délégué de la Société d'Énergie électrique de Chauffailles, la Clayette et extensions (Saône-et-Loire).

La note parue dans la « Documentation » de la « Revue générale de l'Électricité » du 13 novembre 1920, p. 156 D, sur un accident dû à l'électricité dans une salle de bains, me remet en mémoire un incident similaire dont je fus témoin.

Une personne de ma famille, assise sur une chaise, prenait un bain de pieds dans un appareil fixe à circulation d'eau chaude et froide. Elle profitait de cette inaction relative pour faire un massage facial à l'aide d'un vibromasseur électrique (110 v). Sa position la mettait donc en contact parfait avec la terre par l'intermédiaire de l'eau qui recouvrait la bonde de vidange de la cuvette, cette bonde aboutissant à l'appareil mélangeur d'eau (donc relié aux canalisations de l'immeuble).

A un certain moment et par suite d'un défaut d'isolement du fil torsadé alimentant le masseur, le bras ou la main fut mis en contact avec le courant.

Les deux seuls souvenirs précis qui lui restèrent de cet incident, c'est qu'elle ne put lâcher l'appareil, se sentit immobilisée et se retrouva.... tombée de sa chaise, sur le plancher.

Il est évident qu'elle dut subir une perte momentanée de connaissance, suffisante toutefois pour lui faire perdre l'équilibre, fait auquel elle doit peut-être son salut. La chute

permet, en effet, la rupture du circuit qu'elle formait avec la terre, soit en provoquant la sortie des pieds de l'eau, soit en faisant tendre le fil torsadé qui perdit le contact du bras.

J'ai entendu citer un cas mortel; une dame fut retrouvée noyée dans une baignoire; ce ne fut que longtemps après que l'accident fut expliqué par les secousses que l'on ressentait en touchant le cordon d'appel électrique situé à côté et dont les fils étaient mis en charge par un défaut de l'installation d'éclairage.

La divulgation de ces accidents serait utile pour attirer l'attention de toutes les personnes susceptibles de se servir de massieurs, fers à repasser, à friser, bouilloires électriques, sur l'utilité de surveiller attentivement le bon isolement des fils conducteurs de ces appareils et sur l'imprudence qui consiste à s'appuyer en même temps à des robinets, canalisations d'eau, gaz, vapeur, pièces métalliques en général.

A propos de l'éclairage et démarrage électrique dans les voitures automobiles. — Dans le numéro du 15 janvier, nous avons publié, page 81, une note de M. Touchard sur ce sujet. Celui-ci nous écrit la lettre suivante en vue de rectifier et compléter un point de cette note.

Dans la lettre que je vous ai adressée au sujet des dynamos et démarreurs pour automobiles, le dernier paragraphe contenait une inexactitude que je désire rectifier. La came cylindrique, à laquelle j'ai fait allusion, n'a pas uniquement pour fonction de provoquer une avance à l'étincelle d'allumage. Son but est bien plutôt de maintenir constante la durée de fermeture du circuit primaire, quand la vitesse du moteur varie. Il est nécessaire, en effet, de magnétiser suffisamment le noyau de la bobine, quelle que soit cette vitesse et bien qu'on ne dispose que d'une tension fixe aux bornes de la dynamo ou de la batterie d'accumulateurs. On est ainsi conduit à agir simultanément sur l'époque de la rupture et sur l'époque de la fermeture du courant primaire. C'est, tout au moins, ce qui apparaît dans certains dispositifs employés aujourd'hui. Ces dispositifs compensent, dans une large mesure, l'infériorité théorique que présente l'allumage par dynamo sur l'allumage par magnéto haute tension. Il n'est pas douteux que de nouveaux perfectionnements voient le jour en 1921.

Jacques TOUCHARD,
ingénieur de la Société le Matériel
téléphonique.

Bibliographie : Aménagement des cours d'eau en vue de la production de l'énergie électrique, par M. LÉVY-SALVADOR, ingénieur des Constructions civiles, chef du Service technique hydraulique au Ministère de l'Agriculture et M. CAUVIN, licenciés sciences, ingénieur E. S. E., ingénieur au Service technique hydraulique au Ministère de l'Agriculture, 5^e édition revue et augmentée (1). Si la France a toujours été un pays pauvre en gisements de combustibles minéraux, il possède par contre un ensemble de cours d'eau dont l'aménagement convenable, en vue de la production d'énergie au moyen de la houille blanche, nous permettra de

(1) Un volume, 25 cm x 17 cm, 320 pages, 126 figures et 16 planches hors texte, édité par la librairie de l'Enseignement technique Léon Eyrolles, 3 bis, rue Thénard, Paris (Ve). Prix : 25 fr, plus majoration temporaire de 20 pour 100.

restreindre dans une proportion sensible l'importance de nos importations de charbons.

Jusqu'ici nous avons quelque peu gaspillé cette ressource de richesse nationale. Dans les grands massifs montagneux où a pris naissance l'industrie de la houille blanche, les premières installations hydroélectriques ont été faites sans vues d'ensemble, ce qui a eu pour résultat de rendre bien des portions de rivières presque inutilisables.

On reconnaît aujourd'hui qu'il est indispensable, avant utilisation d'une rivière, d'en dresser à l'avance un plan d'aménagement rationnel, déterminant l'emplacement des chutes d'eau à créer ainsi que les hauteurs de chutes successives, de manière à permettre d'utiliser, par des usines en cascade, une partie aussi grande que possible de la dénivellation brute.

D'un autre côté, le débit naturel des rivières est toujours très variable suivant les époques de l'année, il s'ensuit que la quantité d'énergie disponible à chaque usine est elle-même très variable, au grand détriment des usages industriels. Pour remédier à cet inconvénient, on est conduit à régulariser le régime des rivières, moyennant l'établissement, dans les hautes vallées, de réservoirs d'emmagasinement qui retiennent les eaux surabondantes des périodes de grandes pluies pour les restituer à l'aval lors des périodes de sécheresse. Il est également nécessaire d'établir au-dessous de chaque dérivation importante une réserve dite bassin compensateur destiné à mettre les usagers des rivières à l'abri des effets fâcheux des remplissages et des vidanges successifs des retenues d'amont. Dans la partie du pays où le sol est assez accidenté pour permettre d'élever des chutes d'eau de quelque importance, on se propose d'utiliser l'énergie de ces dernières. Pour établir convenablement ces vastes projets d'ensemble et connaître toutes les indications utiles basées sur l'expérience du passé, il suffira de puiser dans l'ouvrage de MM. Lévy-Salvador et Cauvin, ingénieurs spécialistes en hydraulique et en électricité.

Dans ce livre, qui n'est qu'une partie du cours d'hydraulique professé à l'École spéciale des Travaux publics, du Bâtiment et de l'Industrie, les auteurs commencent par donner des considérations générales sur les variations du débit des cours d'eau; régime des cours d'eau; mesure et classification des débits; procédés employés pour atténuer les effets des variations des débits; applications.

Un second chapitre est consacré à l'aménagement des cours d'eau et contient les paragraphes suivants: considérations sur les chutes d'eau; barrages volants et seuils; barrages déversoirs; barrages réservoirs; lacs réservoirs; évaluation de la quantité d'énergie produite par une chute d'eau; régularisation du régime des rivières par des réservoirs; plans d'aménagement des cours d'eau.

Dans le chapitre III, MM. Lévy-Salvador et Cauvin donnent des détails sur l'aménagement des hautes, moyennes et basses chutes, et indiquent les dispositions à prendre pour éviter les dépôts de sable, limon et graviers; ils font la description des travaux entrepris pour la construction du barrage de Ventavon sur la Durance, du barrage du Haut-Cher, et du barrage de Whitney sur la rivière Yadkin (Etats-Unis d'Amérique).

Le chapitre IV traite de l'accumulation hydraulique et des réservoirs compensateurs.

Dans le chapitre V, les auteurs étudient les appareils récepteurs au point de vue de leur adaptation à la production de l'énergie hydroélectrique. Ils indiquent quel type de récepteur doit être adopté suivant les diverses caractéristiques de la chute à utiliser. Ils donnent également des ren-



A propos du chauffage électrique. — Sur l'initiative du Syndicat des Constructeurs de Matériel de Chauffage électrique de France, l'Union des Syndicats de l'Electricité s'est préoccupée des moyens de développer les applications du chauffage par l'électricité.

Dans le « Bulletin R. G. E. » du 29 janvier 1921, nous reproduisons, page 36 B, le questionnaire qui a été adressé aux producteurs et distributeurs d'énergie électrique dans le but d'obtenir une documentation sur le fonctionnement des appareils utilisés sur divers réseaux en vue d'établir ou de couper le courant à certaines heures fixées à l'avance. De tels appareils permettraient, en effet, aux entreprises de distribution de vendre l'énergie employée au chauffage à un prix réduit durant certaines heures, les heures de nuit par exemple.

Mais il y a une autre solution qui, dans certains cas, pourrait être adoptée, tout en laissant au consommateur la possibilité d'employer à toute heure le courant de chauffage : elle consisterait à *dénaturer* ce courant de manière à le rendre impropre à l'éclairage.

La note ci-dessous que nous adresse l'Union des Syndicats de l'Electricité appelle l'attention de nos lecteurs sur ces deux solutions.

L'Union des Syndicats de l'Electricité a mis à l'étude, depuis plusieurs mois, les mesures à prendre pour développer les applications de l'électricité au chauffage, applications qui sont susceptibles de consommer de très grandes quantités de courant de nuit, en même temps que d'assurer aux constructeurs d'appareils de très importants débouchés.

Les producteurs et distributeurs d'énergie électrique seraient tout prêts à favoriser ces nouvelles applications, s'ils avaient l'assurance que le courant vendu par eux à bas prix ne pourrait être utilisé aux heures de pointe d'éclairage ou employé à des usages autres que le chauffage.

L'Union des Syndicats de l'Electricité a décidé, en conséquence, d'ouvrir une enquête pour savoir s'il existe actuellement des appareils offrant la précision et la sécurité nécessaires, soit pour donner ou couper le courant à des heures déterminées, soit pour dénaturer le courant et le rendre impropre à l'éclairage, tout en permettant de l'utiliser pour le chauffage ou la force motrice.

Les lecteurs de la « Revue générale de l'Electricité » sont priés de bien vouloir faire parvenir à l'Union tous les renseignements qu'ils possèdent sur les appareils existant ou à l'étude, répondant à l'un des deux desiderata exposés ci-dessus. Toutes indications sur les perfectionnements possibles ou sur les perfectionnements en cours seraient également accueillies avec intérêt.

Prière d'écrire à M. le secrétaire général de l'Union des Syndicats de l'Electricité, rue de Madrid, 7, à Paris.

SECTION INDUSTRIELLE

Utilisation de l'énergie hydroélectrique industrielle pour le chauffage industriel et domestique

Résumé d'une communication faite à la 5^e commission de l'Union des Syndicats de l'Electricité le 8 décembre 1920

LES APPLICATIONS ACTUELLES DE L'ÉLECTRICITÉ AU CHAUFFAGE. — Jusqu'ici, ces applications ont été limitées dans l'industrie à l'emploi du four électrique et, dans les ménages, à l'utilisation des petits radiateurs, bouilloires, chauffe-plats, fers à repasser, etc.

C'est que, avant la guerre, le bas prix du charbon et, en général, de tous les combustibles solides ou liquides permettait la production de la chaleur à bon marché par voie de combustion.

Les conditions économiques actuelles sont toutes différentes et se prolongeront sans doute encore longtemps.

La hausse considérable des prix du charbon et de tous les combustibles amène à envisager l'utilisation normale de l'énergie électrique pour le chauffage industriel ou domestique.

Mais cette utilisation ne doit être faite qu'avec certaines précautions et sous certaines réserves; et il est nécessaire avant d'entrer dans cette voie de faire une comparaison judicieuse des sources d'énergie électrique qui sont actuellement à notre disposition

Ces sources d'énergie sont la houille noire qu'emploient les usines génératrices thermiques et la houille blanche utilisée par les usines génératrices hydrauliques; ces deux sources ne sont, d'ailleurs, toutes deux que des formes diverses de l'énergie solaire transformée. Les combustibles houillers ne constituent qu'une réserve accumulée au cours des âges géologiques et qui n'est pas inépuisable; la houille blanche, au contraire, se renouvelle indéfiniment.

Le prix de l'énergie électrique d'origine thermique est fonction du prix du charbon. L'autre dépend surtout de l'amortissement du capital engagé dans la construction des ouvrages destinés à capter l'eau et à utiliser la puissance qu'elle devient alors capable de développer sous la hauteur de chute considérée.

Il semble, à priori, que l'utilisation de l'effet Joule pour produire de la chaleur doive être cherchée exclusivement en employant le courant d'origine hydraulique pour éviter le mauvais rendement final qui résulterait de la transformation de la chaleur en énergie mécanique, puis en énergie électrique, pour aboutir de nouveau à la production de chaleur. Nous verrons que cette règle souffre cependant des exceptions qu'il paraît du plus haut intérêt d'étudier.

CARACTÉRISTIQUE DE DURÉE DANS LA PRODUCTION DE L'ÉNERGIE HYDROÉLECTRIQUE. — Suivant leur origine, les eaux utilisées dans les usines génératrices hydrauliques ont deux régimes bien distincts qu'il est nécessaire de bien connaître pour

traiter le problème du chauffage électrique. C'est, en effet, par l'utilisation des parties actuellement perdues de leur énergie que ce problème peut être résolu.

Dans le régime *glaciaire*, qui est celui des torrents des Alpes et des Pyrénées par exemple, le volume d'eau disponible est représenté par une courbe (fig. 1) qui passe par un maximum maximum aux mois de juin et juillet et décroît ensuite progressivement jusqu'à l'automne. On distingue, d'après cela, la puissance dite *permanente* disponible pendant toute l'année, la puissance *semi-permanente*, disponible pendant six mois environ, et la puissance *utile*

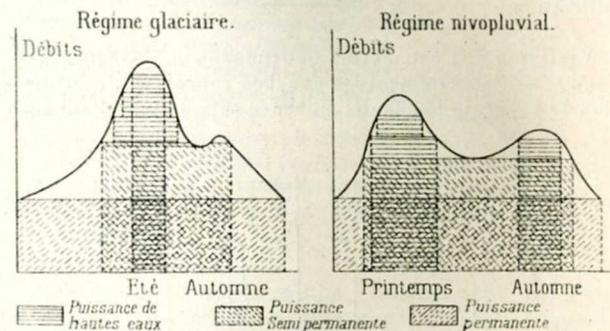


Fig. 1.

Fig. 2.

des hautes eaux, disponible pendant une courte période (environ 100 jours).

Cette dernière a été rarement utilisée jusqu'ici et l'énergie ainsi perdue pourrait être employée au chauffage industriel.

Le régime *nivo-pluvial* (fig. 2) qui est celui des eaux des Préalpes, du Jura et du Massif Central, par exemple, offre deux périodes de hautes eaux, l'une au printemps, l'autre en automne. A la première correspond le débit le plus important, provenant de la fonte des neiges accumulées pendant l'hiver. La seconde, plus ou moins importante suivant les régions et les climats, dépend surtout de l'abondance et de la continuité des pluies d'automne.

Dans l'un et l'autre cas, le débit journalier subit, aux saisons extrêmes, des variations qui peuvent aller du simple au double dans certains cas.

Pour le régime nivo-pluvial, la puissance disponible en hautes eaux n'est pas utilisée complètement et on pourrait l'employer aussi au chauffage électrique.

Les avantages que l'on retirerait de cette utilisation sont considérables. En trouvant des recettes nouvelles, permettant l'amortissement plus rapide du capital engagé, le producteur d'énergie électrique pourrait diminuer le prix de vente du courant d'éclairage et de force motrice et l'abonné pourrait utiliser un mode de chauffage particulièrement commode, dont le prix jusqu'à présent élevé lui interdisait l'emploi.

ACCOUPLÉMENT DES USINES GÉNÉRATRICES HYDROÉLECTRIQUES SOUMISES A DES RÉGIMES DIFFÉRENTS. — L'accouplement sur les mêmes lignes générales de transport et de distribution d'énergie d'usines hydroélectriques, utilisant des eaux de régimes très différents, présente un intérêt primordial. Il permet, en effet, de prolonger, sur le réseau alimenté, la durée totale annuelle des disponibilités d'énergie de hautes eaux, par la succession de celles issues du régime glaciaire et de celles issues du régime nivo-pluvial.

Si nous admettons, par exemple, que les hautes eaux glaciaires durent normalement du 1^{er} juin au 1^{er} octobre (120 jours) et les hautes eaux nivo-pluviales du 1^{er} avril au 30 mai et du 1^{er} octobre au 1^{er} décembre (soit encore au total 120 jours), on voit que, pratiquement, on peut disposer de l'énergie électrique correspondant aux hautes eaux pendant 220 à 240 jours, c'est-à-dire pendant sept à huit mois chaque année.

L'accouplement judicieux des deux régimes apparaît donc comme susceptible de modifier complètement le caractère d'instabilité de ces disponibilités exceptionnelles et, par suite, d'étendre notablement les possibilités relatives à leur utilisation.

VARIATION DE L'UTILISATION QUOTIDIENNE DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE. — En examinant les courbes représentant l'utilisation de l'énergie pendant la journée (fig. 3 et 4), il apparaît

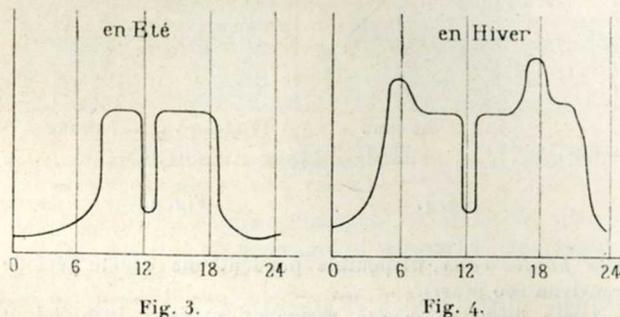


Fig. 3.

Fig. 4.

encore qu'il serait possible d'employer le courant au chauffage pendant la nuit et à la cuisson à midi.

Ceci aurait pour résultat une bien meilleure utilisation du matériel qu'il s'agisse d'une usine hydraulique ou d'une usine thermique.

Mais à propos de ces dernières, il convient de remarquer que l'utilisation éventuelle de leurs kilowatts-heure de nuit ne pourra être envisagée que lorsque les progrès de la technique auront amélioré considérablement le rendement global des transformations de l'énergie empruntée aux combustibles houillers.

Dans les conditions actuelles de fonctionnement des groupes électrogènes à vapeur, ou même des groupes électrogènes à gaz pauvres les plus perfectionnés, le prix de revient du kilowatt-heure atteint un taux trop élevé pour

que l'on puisse sérieusement envisager l'utilisation de l'énergie ainsi obtenue au chauffage normal, industriel ou domestique.

Ce n'est que dans l'avenir, sans doute, avec de très grandes centrales bien outillées, et lorsque le prix de la houille sera revenu à un taux plus normal qu'il sera possible de concevoir et de réaliser l'association sur les mêmes réseaux de distribution, dans les grandes agglomérations urbaines, des kilowatts-heure de nuit provenant, d'une part, d'usines hydroélectriques, situées à grande distance, et, d'autre part, des usines thermiques placées dans le voisinage ou tout au moins à courte distance de ces agglomérations.

EXEMPLE D'UTILISATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DE HAUTES EAUX. — Nous citerons le cas, très intéressant, d'une grande papeterie des Alpes françaises qui a installé au printemps 1920 deux chaudières électriques capables d'absorber chacune une puissance de 3500 kw sous forme de courant triphasé à 6300 v pour la production de la vapeur à 6 kg : cm² de pression nécessaire à ses machines à papier; celle-ci atteignait 4500 kg à l'heure, soit 1,2 kg de vapeur par kilowatt-heure consommé.

Ces chaudières ont permis d'alimenter complètement les machines à papier pendant la période des hautes eaux. Pendant les autres périodes, elles ont fonctionné en parallèle pendant le jour avec des chaudières chauffées au charbon, et seules pendant la nuit en utilisant l'excès de puissance disponible sur le réseau. Les résultats obtenus ont été des plus satisfaisants; l'amortissement de l'installation a été obtenu en quelques mois et cette papeterie a décidé d'augmenter le nombre de ses chaudières électriques.

CAS DES USINES THERMIQUES. — En nous reportant aux courbes des figures 3 et 4, nous constatons qu'il serait avantageux également pour un réseau d'usine thermique d'utiliser la puissance qui reste disponible la nuit. On obtiendrait ainsi un meilleur rendement du matériel et, par conséquent, un amortissement plus rapide du capital qu'il représente. Les abonnés trouveraient, comme dans le cas précédent, la possibilité d'utiliser le courant pour le chauffage.

Cette utilisation peut être réalisée sous la forme suivante: l'énergie dépensée la nuit serait emmagasinée dans un « accumulateur de chaleur », puis restituée sous forme de chaleur pendant la journée, pour le chauffage industriel et la production de vapeur ou pour les usages domestiques, tels que distribution d'eau chaude, chauffage, etc.; l'agent nécessaire à l'accumulation de la chaleur peut être l'eau ou un massif en matières réfractaires.

Dans le premier cas, l'eau peut être portée par le courant qui la traverse à la température de 200°, sous 15 kg : cm² de pression par exemple; pendant le jour, l'énergie absorbée serait restituée en laissant se détendre la vapeur jusqu'à 3 kg : cm² par exemple, ce qui fait baisser la température d'équilibre de l'eau à 143°.

Dans le second cas, l'accumulateur en matières réfractaires présente une chaleur spécifique inférieure à celle de l'eau et nécessite, par conséquent, un volume plus grand pour la même quantité de chaleur absorbée, mais il présente l'avantage de ne pas imposer de conditions de pression et d'être, par suite, d'un emploi plus souple.

CONCLUSION. — Le chauffage électrique qui peut paraître, après un examen superficiel, un mode très onéreux de la



production de la chaleur et avoir pour conséquence une mauvaise utilisation du charbon dans le cas où le courant est d'origine thermique, est au contraire un des moyens que nous avons de réaliser des économies sur l'énergie dépensée pour nos besoins industriels et domestiques.

L'emploi de l'excédent de courant des usines hydrauliques, en période de hautes eaux, et du courant de nuit des usines thermiques et hydrauliques doit donc être généralisé par tous les moyens possibles.

On peut concevoir, par exemple, l'organisation, dans les grandes agglomérations urbaines, d'entreprises de chauffage central distribuant la chaleur à tout un pêle de maisons, sans parler de la possibilité de satisfaire aux autres

besoins domestiques, tels que la cuisson des aliments, des applications industrielles bien connues déjà, et l'avenir verra se développer et se perfectionner rapidement.

Les producteurs d'électricité, notamment ceux qui disposent d'importants excédents d'énergie hydroélectrique, envisageront certainement avec le plus vif intérêt ces nouvelles applications de l'électricité et se prêteront à toutes les expériences qui pourront en favoriser le développement.

G.-A. MAILLET,
Ingénieur E. C. L.,
Directeur des Etablissements Joya.

Caractéristiques électriques de l'isolateur de suspension

L'isolateur d'alignement dans ses applications

aux tensions les plus élevées actuellement utilisées ou envisagées dans les projets les plus récents ⁽¹⁾

Rappelons d'abord que, tout récemment, MM. Ch. Dachary et Paul de la Gorce, d'une part, (Bulletin de la Société française des Electriciens, novembre 1920, p. 345-362) et M. P. Charpentier, d'autre part (R. G. E., 19 et 26 février 1921, t. IX, p. 243 et 271), dans des études très complètes sur les isolateurs et notamment sur les chaînes d'isolateurs, ont choisi, parmi les trois solutions qui permettent d'assurer une répartition uniforme de la tension entre tous les éléments de la chaîne, celle consistant à augmenter la capacité propre du maillon ou des maillons les plus voisins de la ligne; dans le présent article, on verra pour quelles raisons on semble préférer, en Amérique, les dispositifs ayant pour but la compensation de la capacité par rapport à la terre. Cette neutralisation est réalisée, très simplement, par l'adjonction, à la ligne, d'un écran ou « bouclier » sans avoir à toucher aux isolateurs. L'article contient aussi des résultats d'expériences sur les tensions de disrapture des isolateurs en service, leurs essais électriques, leurs défauts et, enfin, sur l'effet corona. Nous devons tous les renseignements ci-dessous à M. F. W. Peek, Jr, ingénieur de General Electric Co, de Pittsfield, qui nous a signalé sa communication dans J. A. I. E. E., juillet 1920, t. XXXIX, p. 623-630, qui, de plus, nous a envoyé quelques feuilles contenant des détails complémentaires et qui, enfin, nous a obligeamment prêté les clichés qui nous ont permis d'illustrer abondamment notre article. Nous tenons à lui adresser nos plus chaleureux remerciements.

La présente note a pour objet d'étudier les qualités requises de l'isolateur d'alignement pour les tensions supérieures à 100 kv, en faisant ressortir, par comparaison avec la pratique adoptée pour les tensions moins élevées, les différences résultant de l'accroissement de tension correspondant. Une pareille étude semble tout indiquée à un moment où il est nécessaire de donner l'assurance aux promoteurs que les lignes de transmission à haute tension dont la construction est projetée offriront des garanties de fonctionnement comparables à celles caractérisant les lignes actuelles; la discussion, au surplus, permettra de mettre en lumière les modifications qu'il convient d'apporter aux règles actuellement suivies dans cette branche de la construction électrique. La base de cette discussion sera fournie par les données recueillies au cours d'expériences nombreuses, dont quelques-unes, notamment, ont été effectuées par l'auteur lui-même durant ces dernières années. On trouvera plus loin, exposés avec quelque détail, les résultats de cette partie de ses essais qui se réfère à la répartition du potentiel le long de la chaîne d'isolateurs.

L'isolement d'une ligne de transmission, quel que soit le

système employé, est constitué principalement par l'air environnant les conducteurs. Il apparaît indiqué, en l'espèce, de traiter seulement en dernier lieu les questions se rattachant à la formation d'effluves.

I. Facteurs conditionnant les valeurs des tensions d'éclatement superficiel et de percement de la matière isolante solide dans les isolateurs usuels de ligne et les isolateurs spéciaux du type tubulaire.

— Les tensions d'éclatement d'isolateurs de modèle différent peuvent être les mêmes lorsqu'il s'agit de différences de potentiel alternatives de fréquence normale et varier, au contraire, dans de larges limites dans le cas d'impulsions ou tensions de la nature de celles développées par les décharges atmosphériques ⁽¹⁾. Cette particularité résulte de ce que l'étincelle, pour se former, exige un intervalle de temps appréciable bien que très faible et dont la grandeur dépend du genre de construction de l'isolateur et de la rapidité avec laquelle

⁽¹⁾ On considérera comme normale, toute fréquence basse de la valeur ordinairement rencontrée en exploitation, 60 p. s par exemple.

Quant aux tensions dites de décharge atmosphérique, elles sont caractérisées par ce fait que leur durée d'application est de l'ordre du millionième de seconde.

⁽¹⁾ F. W. PEEK JR., de la General Electric Co, Pittsfield, (Massachusetts. Journal of the American Institute of Electrical Engineers, juillet 1920, t. XXXIX, n° 7, p. 623-630, 4000 mots, 23 fig.

Revue, analyses et informations

Les aciers au nickel ternaire, l'invar stable et l'élinvar.

Les recherches de haute précision qu'il poursuit depuis plus de vingt-cinq ans sur la dilatation des métaux et alliages ont, ainsi que nos lecteurs le savent, conduit M. Ch.-Ed. Guillaume, directeur du Bureau international des Poids et Mesures de Sèvres, à la réalisation d'alliages, particulièrement d'alliages fer-nickel, qui ont trouvé de nombreuses applications industrielles dans la fabrication des chronomètres, des appareils métrologiques, des instruments de mesures, des appareils de chauffage électrique, des lampes à incandescence, etc. A la séance de la Société française de Physique du vendredi 18 mars 1921, M. Ch.-Ed. Guillaume a fait une communication sur les résultats de ses derniers travaux; nous donnons ci-dessous le résumé de cette communication.

Les aciers au nickel industriels ne sont pas des alliages de fer et de nickel seuls; ils contiennent toujours de petites quantités de manganèse, de carbone et de silicium, soit inévitables, soit nécessaires pour l'élaboration métallurgique. Le manganèse, dans les basses teneurs, facilite le forgeage; en proportion plus forte, il permet d'exécuter des pièces moulées. Le chrome et le carbone, ensemble ou séparément, élèvent la limite élastique. Le cuivre, essayé à titre documentaire, ne semble pas présenter un grand intérêt technique.

Dans les alliages pseudo-binaires, contenant des quantités d'additions considérées comme indispensables au travail du métal, ces quantités sont légèrement variables, et les courbes représentent l'ensemble d'une propriété (par exemple la dilatabilité) en fonction de la teneur en nickel, et utilisant les expériences directes, contiennent un élément d'incertitude; l'étude des alliages ternaires, dans lesquels on fait varier dans de larges limites la proportion du manganèse ou du carbone (le silicium joue un rôle assez effacé) permet, par la combinaison des résultats, de préciser le sens des courbes, qui se rapporte alors à une teneur déterminée en additions ou, par extrapolation, à partir des résultats relatifs aux alliages les plus pauvres en additions, de tracer la courbe pour les ferro-nickels purs.

L'action du manganèse jusqu'à 8 pour 100 et du carbone jusqu'à 0,05 pour 100 a été étudiée en détail; pour le chrome, les additions ont été groupées autour de 1,5 et 10 pour 100; pour le cuivre, on a fait une seule série à 5 pour 100.

La quantité de chaque addition n'est jamais exactement d'un nombre entier de centièmes (pour le carbone, de millièmes), et les résultats doivent subir une élaboration. Pour le manganèse, par exemple, où les données étaient très nombreuses, on a pu combiner les résultats relatifs à deux ou trois coulées situées de part et d'autre d'un centième entier, pour ramener les résultats au centième. Un premier réseau de courbes ayant été tracé en fonction du nickel, chaque courbe correspondant à un centième entier de manganèse, on l'a recoupé, et tracé des courbes représentant, pour chaque teneur en nickel, l'action du manganèse. Ces courbes, régularisées, ont fourni le coefficient de manganèse pour chaque teneur en nickel et ont permis de ramener les résultats immédiats des mesures à un manganèse exprimé en centièmes entiers. Des diagrammes plans et un diagramme triangulaire de Guthrie ont été réalisés, représentant les propriétés des alliages fer-nickel-manganèse. On a procédé de façon plus ou moins analogue pour le carbone et pour le chrome. Pour le cuivre, la teneur s'est toujours tenue très voisine de 5 pour 100, et la courbe a pu être tracée facilement.

L'action des additions sur la dilatabilité est très rapide; dans tous les cas, l'addition relève le minimum beaucoup plus vite que ne l'indiquerait la règle des mélanges. L'ac-

tion du carbone, par exemple, est telle, que la détermination de la dilatabilité dans un alliage situé au voisinage du minimum permet de conclure à la teneur avec une approximation de 0,0001. Afin d'atteindre une précision du même ordre dans les analyses, les aciéries d'Imphy ont, dans les cas les plus intéressants, effectué jusqu'à vingt analyses d'un même lingot, en employant les procédés les plus précis et en les appliquant avec le plus grand soin. Dans ces conditions, les courbes carbone-dilatabilité ont pris une allure parfaitement régulière.

Cette action très rapide du carbone s'explique bien, si l'on admet qu'il forme avec le fer la cémentite (Fe^3C), dans laquelle la masse du fer est quatorze fois celle du carbone, la cémentite agissant alors comme une addition proprement dite. Un ferro-nickel pur à 35 pour 100 de nickel serait pratiquement indilatable.

L'action sur l'instabilité des aciers au nickel (changement progressif ou changement passager) a été étudiée pour toutes les additions. Le fait le plus remarquable qui en résulte réside dans la découverte de l'action du carbone. Des expériences faites sur des alliages dont le carbone a varié de 0,03 à 0,05 pour 100, ont montré que l'instabilité est proportionnelle au carbone, et qu'un alliage de fer et de nickel, totalement dépourvu de carbone, serait parfaitement stable.

D'autre part, la présence du chrome et du manganèse accroît la stabilité; mais comme, en même temps, l'intensité de l'anomalie se trouve réduite, le sens du phénomène est bien celui que l'on devait attendre; toutefois, la stabilité arrive à être parfaite, alors que l'alliage révèle encore la moitié environ de son anomalie.

On peut expliquer l'instabilité par une transformation, au sein de l'alliage, de la cémentite, qui, comme on sait, peut exister à deux états distincts. L'action stabilisante du chrome et du manganèse se réduit alors au fait qu'en se combinant avec le carbone ils empêchent la formation de cémentite. Des alliages pauvres en carbone et additionnés d'une faible proportion de chrome peuvent posséder une stabilité parfaite, tout en conservant une très faible dilatabilité. Le coefficient thermoélastique des aciers au nickel pseudo-binaires part d'une valeur négative, donc normale, dans les alliages réversibles, monte rapidement, passe, au voisinage de l'invar, par un maximum à forte valeur positive, puis redescend et rejoint la valeur négative propre au nickel. Les deux points de la courbe qui prennent une valeur nulle correspondent à des alliages à module d'élasticité invariable, alliages désignés en abrégé par *élinvar*. Mais ces valeurs nulles ne sont que le maximum et le minimum très accusés des valeurs de E relatives à l'alliage, de telle sorte qu'on ne peut les utiliser comme alliage à module d'élasticité constant que dans un intervalle de température assez étroit.

Les alliages ternaires ont conduit à une solution complète du problème de l'élinvar; en effet, en donnant à l'addition (seule ou multiple) une valeur convenable, on amène le maximum de la courbe du coefficient thermoélastique à être tangent à la droite des valeurs nulles. En même temps, la valeur de E pour un même alliage en fonction de la température se compose de deux courbes descendantes reliées par une inflexion horizontale. C'est dans cette inflexion que se trouve l'alliage élinvar.

L'application de ces derniers alliages à la confection des spirales de montres permet d'assurer l'emploi du balancier compensateur non plus, comme jusqu'ici, dans les montres très ordinaires, mais dans les bonnes montres et même dans les chronomètres.

M. P. Chevenard a étudié les variations du module de torsion dans trois séries d'alliages à 5, 10 et 15 pour 100 de chrome, et montré que, pour la torsion, l'élinvar est obtenu avec une addition de 12 pour 100 environ.



Revues, analyses et informations

Quelques caractéristiques thermiques des fours électriques et des plaques de chauffage ⁽¹⁾.

En 1918, le National Physical Laboratory entreprit une série d'essais sur des plaques de chauffage et des fours de cuisine chauffés électriquement. Ces essais avaient, en par-

⁽¹⁾ Ezer GRIFFITHS et F.-H. SCHEFFIELD. Note émanant du National Physical Laboratory et publiée dans *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, janvier 1921, 7 000 mots, 14 fig., 4 tab.

ticulier, pour but de déterminer les épreuves thermiques auxquelles pourraient être soumis ces appareils. La présente note rend compte des résultats ainsi obtenus.

PLAQUES DE CHAUFFAGE. — Seize modèles de plaques de chauffage ont été expérimentés. Ils peuvent se ramener à deux types principaux, si l'on se place au point de vue du mode de transmission de la chaleur, de la plaque à l'ustensile de cuisine. Dans un premier type, la chaleur est transmise par conduction métallique et les éléments de chauff-



page sont montés à la partie inférieure d'une plaque de fer dont la partie supérieure a été dressée. Dans l'autre type, le transfert a lieu par conduction et radiation à travers l'air et l'on utilise alors la chaleur dégagée par un fil métallique nu et de grande résistance, disposé dans les rainures d'un disque en terre réfractaire.

On a étudié l'échauffement communiqué par ces plaques de chauffage à des disques de cuivre. Afin de se placer dans des conditions aussi peu différentes que possible en passant d'une plaque à l'autre, les disques reposaient sur les plaques par l'intermédiaire de courtes chevilles en acier. Ces disques de cuivre avaient mêmes dimensions (épaisseur 5 mm environ). Leur surface était légèrement oxydée.

Les essais ont consisté principalement dans la mesure des temps nécessaires pour porter un disque aux températures de 100° et de 200°, déterminées au moyen de couples thermoélectriques. On notait aussi les rendements (rapport de la quantité de chaleur absorbée par le disque de cuivre pour atteindre la température considérée à la quantité de chaleur fournie pendant le même temps à la plaque de chauffage).

Il est évident que de tels essais ne correspondent pas à la réalité et qu'ils n'ont qu'une valeur de comparaison pour des plaques d'un même type. C'est ainsi que la vitesse d'échauffement d'un disque de cuivre est presque doublée, si on le pose directement sur une plaque de chauffage au lieu de se servir des chevilles. De même, les rendements indiqués sont très faibles, parce que la capacité calorifique des disques est de beaucoup inférieure à celle des plaques. Une telle épreuve donne plutôt la mesure de l'énergie dépensée pour porter la plaque à sa température de travail que celle de son rendement.

Des expériences ont été faites, en outre, en vue de déterminer la distribution de la température à la surface des disques de cuivre. Cette distribution a toujours été trouvée uniforme pour des disques d'un diamètre inférieur à celui des plaques. En outre, deux disques de même épaisseur et de diamètres différents, mais inférieurs à celui de la plaque employée, ont très sensiblement la même loi d'échauffement (températures en fonction des temps).

On a cherché aussi à déterminer l'influence du degré d'oxydation de la surface du disque de cuivre. A cet effet, on a tracé, pour un même nombre de watts fournis, les courbes des températures en fonction des temps, de trois disques égaux : l'un, oxydé sur ses deux faces ; l'autre, nettoyé de chaque côté au papier émeri ; le troisième, poli sur sa face réceptrice et oxydé sur l'autre. Les courbes font ressortir les temps gagnés par le premier disque sur le second, et par le second sur le troisième pour atteindre une température donnée.

Des essais ont été également effectués sur des disques en acier de grande épaisseur (5 cm environ). On notait d'abord le temps nécessaire pour atteindre une température de 200°, puis, cette température étant atteinte, on mettait hors circuit la plaque de chauffage. Le disque alors continuait à s'échauffer pendant un certain temps, par suite de l'excès de température de la plaque. On notait ce temps ainsi que la température maximum atteinte. Les rendements étaient mesurés dans chaque cas.

La note relate encore des essais effectués avec des marmites en fonte contenant de l'huile de graine de coton. Mais elle fait observer que de grandes difficultés expérimentales ont été rencontrées, principalement en raison de la nécessité d'agiter le liquide et à cause des pertes par évaporation.

Finalement, la note conclut qu'il est préférable de s'en tenir aux disques de cuivre et que l'épreuve d'une plaque de chauffage pourrait être fixée ainsi qu'il suit : Pour une certaine consommation d'énergie, la plaque de chauffage doit élever la température du disque de cuivre jusqu'à un certain maximum (200° par exemple) dans un temps donné, l'énergie nécessaire pour maintenir ensuite le disque à cette température ne devant pas dépasser elle-même une

certaine valeur. La fixation des quantités d'énergie dépensées, bien entendu, des dimensions de la plaque.

FOURS DE CUISINE. — Quand on veut spécifier les épreuves à faire subir à un four de cuisine, il faut considérer deux périodes bien distinctes dans son fonctionnement : dans une première période, dite d'échauffement, la température est portée jusqu'à un certain maximum (soit 200°) en mettant en circuit tous les éléments de chauffage dont est pourvu l'appareil ; et le four fonctionne alors à pleine chaleur. Dans la seconde période, la température doit être maintenue constante ou tout au moins ne doit pas descendre au-dessous d'un certain minimum. Alors, on retire du circuit, au moyen d'interrupteurs appropriés, un plus ou moins grand nombre d'éléments de chauffage, et le four fonctionne, suivant le cas, soit à moyenne, soit à basse chaleur.

La détermination de l'énergie nécessaire pour assurer le fonctionnement du four au cours de chacune de ces périodes est immédiate, mais celle de la température est difficile à cause du retard thermométrique et de l'inégalité de la distribution de la chaleur dans le four.

On a réalisé, pour les épreuves, des couples thermoélectriques qui peuvent être disposés en des endroits inaccessibles au thermomètre à mercure, et pour lesquels le retard est négligeable, tandis qu'avec le thermomètre à mercure, le retard est d'autant plus grand que la vitesse d'élévation de la température est elle-même plus grande.

Mais un couple thermoélectrique présentant, dans la pratique, moins de commodités qu'un thermomètre à mercure, on a fait également des essais avec ce dernier instrument. La note décrit à cet effet le modèle de thermomètre adopté, en faisant observer toutefois que les différences trouvées entre ce thermomètre et les modèles du commerce sont négligeables eu égard au défaut d'uniformité de la chaleur dans le four.

On a expérimenté huit modèles de fours à double paroi ; les uns de construction légère à intervalle d'air entre leurs parois ; les autres, plus lourds et de plus grandes dimensions, avec leurs parois séparées par un isolant thermique (déchets de laine ou autres).

On a étudié la distribution de la chaleur dans chaque four. Les résultats sont représentés, pour chacun d'eux, par des courbes (temps-températures) correspondant à divers points de l'appareil. Elles ont été tracées en portant d'abord le four à la température maximum admise, et en le maintenant ensuite soit à moyenne, soit à basse chaleur ; ou encore en le laissant se refroidir après l'avoir mis complètement hors circuit.

Ces courbes montrent que la distribution, qui dépend évidemment de la répartition des éléments de chauffage, varie beaucoup d'un four à l'autre.

Aucune règle n'a pu être déduite de ces essais pour déterminer la température moyenne vraie. Aussi, suffit-il peut-être, pour des épreuves comparatives, d'opérer avec un seul thermomètre, disposé au centre du four. Une table résume les résultats qui ont été obtenus dans ces conditions (temps nécessaires pour atteindre la température de 205° ; températures, au bout d'un temps déterminé, des fours chauffés à moyenne chaleur à partir de la température maximum ; consommations d'énergie, rapportées, dans chaque cas, à l'unité de volume (pied cube).

Comme conclusion, la note appelle l'attention sur les points suivants dans l'épreuve d'un four :

Maximum de temps qui peut être admis pour porter le four à une certaine température en partant de la température de la pièce, et pour un certain nombre de watts fournis ;

Variation de la température du haut en bas du four ; Abaissement de température toléré au bout d'une demi-heure, dans le chauffage à moyenne chaleur ;

Détermination du rendement en prenant le rapport de l'énergie totale absorbée au volume du four.



Bibliographie : Le chauffage électrique, par Ch. Boileau, ingénieur-conseil, lauréat de l'Institut (1). — Comme le fait remarquer M. Herriot dans la préface qu'il a consacrée à cet ouvrage, l'idée directrice du livre dont nous nous occupons pourrait se résumer ainsi : « une politique du chauffage électrique » ; elle résulte, en effet, de la thèse que M. Boileau développe dans la troisième partie de son livre comme la conséquence naturelle des problèmes et de la théorie de caractère scientifique exposés dans la première. L'auteur commence donc par rappeler les lois qui régissent la production et la transmission de la chaleur, puis il étudie les principes de l'accumulation et de la récupération.

La seconde partie de l'ouvrage est une description rapide d'un grand nombre d'appareils domestiques tels que fours, plaques, grils, bouilloires, fers à repasser, ainsi que d'appareils mécaniques tels que aspirateurs de poussière, lessiveuse-repasseuse, glacière électrique. Le chauffage des immeubles y occupe plusieurs pages ; ainsi que la description de nombreux radiateurs et accumulateurs de chaleur. Dans un dernier chapitre sont décrits les appareils ou procédés de chauffage industriel.

Après avoir démontré les avantages pratiques qu'offre l'emploi de l'électricité, l'auteur expose sa thèse dans la troisième partie, qui a pour titre « le chauffage électrique à venir », et développe sa conception au sujet d'un réseau électrique de chauffage, conception qui consisterait dans l'utilisation des heures creuses des centrales, afin que celles-ci, fonctionnant à un meilleur rendement par rapport à la puissance installée, soient capables de céder l'énergie électrique pour le chauffage à un prix moins élevé qu'il ne pourrait l'être actuellement.

Faisons remarquer ici, que M. Boileau, désireux de faire aboutir et adopter sa thèse l'a de nouveau reprise et développée au cours d'une conférence faite tout récemment à l'occasion du troisième congrès de l'habitation qui a eu lieu à Lyon au début de cette année. Le rapport de cette conférence a été publié sous le titre : « Quelques réformes indispensables avec l'introduction du chauffage électrique par accumulation (2). »

(1) Un volume broché, 25 cm × 16 cm, 161 pages, 88 figures. Édité par Dunod, 47-49, quai des Grands-Augustins, Paris (VI^e)
Prix : 11 fr plus majoration temporaire de 100 pour 100.

(2) Une brochure, 21 cm × 13 cm, 30 pages, éditée par « l'Éclair de Nice », 27, avenue de la Victoire, Nice. Prix : 2 fr.