



LA Technique Moderne

Revue Universelle des Sciences appliquées à l'Industrie

Paraissant le 1^{er} et le 15 de chaque mois

Rédacteur en chef : Georges LÉVY, Ingénieur des Arts et Manufactures

COMITÉ DE RÉDACTION

AUBRUN, O *, Ingénieur au Corps des Mines.
 AURIC, O *, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.
 BARBILLION, O *, Prof. à la Fac. des Sciences de l'Université de Grenoble.
 BERGERON, C *, Professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures.
 L. BIETTE, C *, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées.
 A. BLONDEL, C *, Membre de l'Institut; Inspecteur Général des Ponts et Chaussées.
 BLUM, C *, Ancien Élève de l'École Polytechnique.
 BRANLY, G. O. *, Membre de l'Institut.
 J.-L. BRETON, Membre de l'Institut; D^r de l'Office nat^l des Recherches et Inventions.
 C.-B. BRULL, *, Ing^r des Arts et Manuf^{es}; Dir. G^d de la Société française des Munitions.
 A. CAQUOT, C *, Membre de l'Institut; Professeur à l'École supérieure des Mines.
 R. CHAMBAUD, Ing^r des Arts et Manuf^{es}, Ingénieur en Chef du Bureau Considère.
 G. CHAMPETIER, Chef des Travaux à la Faculté des Sciences de Paris.
 CHARPY, O *, Membre de l'Institut; Prof. à l'École Polytechnique.
 P. CHEVENARD, *, D^r scientifique de la Soc. Commentry-Fourchambault-Decazeville.
 J. DANTZER, C *, Prof. de Filature et Tissage au Conser^{vo} nat^l des Arts et Métiers.
 R. DAUTRY, C *, Directeur Général hon^{or} des Chemins de fer de l'État.
 E. DAVAUX, C *, Ingénieur Général du Génie maritime.
 DESOMBRE, *, Administrateur-délégué de la Compagnie Electro-Mécanique.
 J. DRACH, O *, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.
 P. DROSNE, *, Ingénieur-Conseil de l'Union d'Élect. et de la C^{ie} P^o de Dist. d'Élect.
 P. DUMANOIS, C *, Inspecteur Général de l'Aéronautique.
 DUMUIS, *, Directeur Général de la Société des Acieries et Forges de Firminy.
 ERNAULT, *, Ingénieur des Arts et Manufactures; Ingénieur-constructeur.
 EYDOUX, O *, D^r des Études de l'Éc. Polytechnique; Prof. à l'Éc. des Ponts et Chaussées.
 C. FABRY, C *, Membre de l'Institut, Directeur général de l'Institut d'Optique.
 FRIEDEL, Ing^r en chef des Mines; Sous-Directeur de l'École supérieure des Mines.
 GANNE, C *, Insp^r Gén^l de l'Ens^g techn.; Prof^r hon. à l'Éc. Cent^l des Arts et Man^{es}.

GIRARDEAU, C *, Administr^r-direct^r de la Société Française Radio-Électrique.
 GUILLERY, *, Ingénieur des Arts et Métiers.
 L. GUILLET, C *, Membre de l'Institut; Dir^r de l'École C^{ie} des Arts et Manuf^{es}.
 LABBÉ, G. C. *, Directeur honoraire de l'Enseignement Technique.
 P. LANGEVIN, C *, Membre de l'Institut; Dir^r de l'Éc. de Physique et de Chimie de Paris.
 LAUBEUF, C *, Membre de l'Institut.
 Th. LAURENT, G. O. *, Président de la C^{ie} des Forges et Acieries de la Marine et d'Homécourt.
 LÉBOUCHER, *, Ingénieur en Chef à la Compagnie des Chemins de fer du Midi.
 LECORNU, C *, Membre de l'Institut; Inspecteur Général des Mines.
 G. LEINEKUGEL LE COCQ, O *, Ancien Ing^r hydrographe de la Marine.
 LUC, C *, Directeur Général de l'Enseignement Technique.
 L. LUMIERE, C *, Membre de l'Institut.
 MARCHIS, O *, Professeur d'Aviation à la Faculté des Sciences de Paris.
 C. MONTEIL, C *, Professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures.
 A. MOUTIER, C *, Ingénieur en chef à la Compagnie du Chemin de fer du Nord.
 NICOLARDOT, O *, Prof. à l'École Supérieure d'Optique.
 L. NISOLLE, *, Rép. à l'École C^{ie}, Prof. à l'École des Combustibles liquides.
 D'OCAGNE, C *, Membre de l'Institut; Prof. à l'École Polytechnique.
 J. PÉRARD, O *, Prof. à l'École Centrale des Arts et Manufactures.
 J. PERRIN, G. O. *, Membre de l'Institut, Ancien sous-secrét. d'État à la Rech. Scient.
 L. PINEAU, C *, Directeur de l'Office national des Combustibles liquides.
 J.-B. POMEY, C *, Inspecteur Général des Télégraphes.
 A. PORTEVIN, O *, Directeur de l'École Supérieure de Fonderie.
 C. M. STEIN, *, Ingénieur civil des Mines; Ingénieur-constructeur.
 M. VÉRON, Prof. à l'École Centrale et au Conservatoire national des Arts et Métiers.
 A. VICAIRE, O *, Directeur Général des Établissements Schneider.
 WALL, O *, Ingénieur principal de la Marine.

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 15 MARS 1938

L'ÉLECTRICITÉ DANS L'INDUSTRIE MODERNE

INTRODUCTION. — Quelques perspectives d'avenir dans le domaine de l'électrotechnique, par R. ROUGE, Ancien Élève de l'École Polytechnique. p. 179

L'évolution des foyers de cuisson électrique, par L. VOLANT, Ingénieur à la C. P. D. E. p. 181

L'oscillographe à rayons cathodiques et ses usages industriels. Applications industrielles de l'oscillographe cathodique, par Marcel DEMONTVIGNIER, Ingénieur E. P. C. I., Ingénieur en chef à la Société anonyme Hewittic p. 187

Les fours électriques à résistance, par A. CLERGEOT, Ingénieur I. E. M., Electrometallurgiste. p. 195

Le four électrique dans l'industrie céramique, par H. MEUCHE, Ingénieur à la Société Brown-Boveri, et R. HUGOT, Ingénieur à la C^{ie} Electro-Mécanique p. 201

Télécommande et automatisme par équipements à contacteurs. Quelques réalisations récentes. p. 205

Dispositif d'alimentation des caténaires de la gare du Mans. p. 209

Le poste de Distré de la S. A. T. E. C. O. p. 212

Les applications de l'électricité dans les silos à céréales, par M. LALLOX, Ingénieur du Génie rural p. 215

L'équipement des stations de pompage des communes rurales, par H. LAFERRÈRE, Ingénieur du Génie rural. p. 220

Les applications du chauffage électrique en horticulture, par J. NIVARD, Ingénieur à la Société électrique de Travaux agricoles p. 224

Travaux des Sociétés scientifiques et industrielles. — Pénétration de l'eau dans le réseau de la cellulose. Réaction d'échange entre la cellulose et l'eau lourde (p. 226). — Un nouveau principe d'exploration des images en télévision (p. 226). — Les oscillations électroniques des lampes triodes (p. 226).

ANNEXE. — Catalogues (p. II et IV). — Encartages (p. IV). — **Documentation bibliographique :** Analyse systématique des principaux articles techniques parus dans les Revues et Périodiques français et étran-

gers (p. VI). — Liste des ouvrages parus en janvier 1938 (p. VI). — Analyse des principaux ouvrages récemment parus (p. VI, X et XVIII).
Biographie : Les Grands chefs de l'industrie : M. Pierre CHEVENARD (p. XXIII et XXVI).
Renseignements économiques. — Échos économiques et industriels (p. XX, XXVI et XXXVI). — Brevets (p. XXXVIII). — Petites informations (p. XL et LIV). — Cours commerciaux et industriels (p. XLVI). — Adjudications à l'Étranger (p. XLIV) et XLVIII). — Petites annonces (p. XLVIII).

ÉDITEUR **DUNOD** PARIS (6^e)

Chèques postaux : Paris 75-45

RÉDACTION (Tél. : Danton 05-22) — 92, Rue Bonaparte. — ADMINISTRATION (Tél. : Danton 99-15)

La présente livraison est vendue séparément : 13 fr. 50

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 0 fr. 80 en timbres-poste et nous parvenir huit jours avant la date de la première livraison à envoyer à la nouvelle adresse.

L'ÉVOLUTION DES FOYERS DE CUISSON ÉLECTRIQUE

Le remarquable développement des applications de l'électricité dans le ménage est dû, d'une part, aux nombreux avantages présentés par le matériel électrique et, d'autre part, aux progrès accomplis dans l'efficacité et la solidité des corps de chauffe utilisés dans le chauffage électrique.

Le chauffage électrique domestique s'applique aux appareils électriques de cuisson (foyers, fours, cuisinières), de chauffage de l'eau par accumulation, et enfin aux armoires frigorifiques électriques, qui ne constituent qu'un cas particulier du chauffage.

Dans l'article ci-dessous, M. Volant se limite à l'examen des foyers de cuisson, dont la technique a subi une très rapide évolution ces dernières années.

La construction d'une cuisinière électrique destinée à l'usage domestique pose un certain nombre de problèmes techniques :

Construction des bâtis d'appareils;

Étude et réalisation des foyers de cuisson;

Étude et réalisation des fours de cuisson;

Étude et construction des appareils de coupure et de commande d'allures de chauffe.

Parmi ces problèmes, le plus important et le plus intéressant est sans contredit celui relatif aux foyers de cuisson. Ces foyers sont pratiquement indispensables à l'usager.

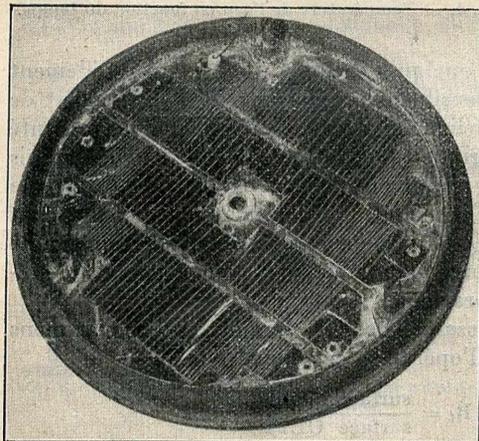


Fig. 1. — Détail de construction d'une plaque chauffante à ruban résistant isolé sous mica.

Constitution des foyers de cuisson.

Un foyer de cuisson comprend :

La partie active (l'élément chauffant proprement dit);

Le système de support;

Le système d'alimentation.

L'évolution de la cuisine électrique a surtout été

fonction des progrès réalisés sur la partie active des foyers de cuisson.

Les premiers éléments chauffants de cuisine ont été réalisés il y a une quarantaine d'années. A cette époque, l'imperfection des matériaux utilisés ne permettait pas de réaliser de véritables foyers de cuisson, la densité de puissance étant trop faible, et conférait aux éléments fabriqués une longévité nettement insuffisante.

A l'origine, on trouvait des « feux vifs » et des « plaques chauffantes ».

Les feux vifs comportaient un boudin de fil résistant tantôt soutenu par une série de petits supports isolants, tantôt maintenu dans les gorges d'un plateau en matière réfractaire.

Les isolants et la matière réfractaire utilisés étaient fragiles; le fil résistant s'oxydait rapidement et le rendement de la transmission de la chaleur aux ustensiles à chauffer était faible.

Pour soustraire le métal résistant aux éléments extérieurs, celui-ci a été enfermé dans un carter métallique. L'élément se présente alors sous l'aspect d'une plaque chauffante dont la surface a été dressée pour obtenir un bon rendement avec ustensiles à fond plan.

Le circuit chauffant est constitué par du ruban résistant

enroulé sur des bandes de mica et isolé sous mica (fig. 1). Cet élément est serré contre le boîtier de plaque par une contre-plaque. De l'homogénéité de ce serrage dépend généralement la tenue de l'élément. La densité de puissance, dans une plaque ainsi construite, ne peut dépasser 3 w/cm² de surface active.

Feu vif sur terre et plaque chauffante ont subi ensuite d'importantes améliorations. Le fil résistant généralement utilisé, dit « nickel-chrome », débarrassé de la plupart des impuretés qu'il contenait à l'origine, peut fonctionner sans dommage à des températures de l'ordre de 800 à 1 000°.

Le feu vif a été doté d'un boudin résistant très poussé. Le plateau réfractaire a été étudié pour subir les mauvais traitements qu'impose l'utilisation normale d'un foyer en cuisine. En Amérique, les usagers utilisaient jusqu'à ces dernières années des feux vifs

de 1 000 w, de diamètre D = 180 mm, et 2 000 w, D = 220 mm (fig. 2), dont la densité de puissance atteignait 5 w/cm². Ces foyers de cuisson n'ont jamais connu la faveur des utilisateurs français.

Dans la plaque chauffante, le fil résistant a été enrobé dans un ciment réfractaire (fig. 3). Les constructeurs suisses avaient acquis une certaine notoriété dans la fabrication de ces plaques. Celles-ci se présentent sous forme de disques en fonte à surface parfaitement dressée. Le fil résistant est logé et fixé, par du ciment spécial, dans le fond de rainures circulaires venues de fonderie avec le boîtier. La qualité du ciment utilisé, la répartition des circuits résistants, le centrage du boudin dans les rainures et le pressage du ciment, caractérisent les différentes fabrications. La densité de puissance est passée de 3 à 4,75 w/cm². Les plaques chauffantes sont devenues de véritables foyers de cuisson, pouvant servir à toutes les préparations culinaires.

Pendant de longues années, les appareils de construction européenne ont été équipés presque uniquement de plaques de cuisson en fonte.

Un constructeur américain a réalisé une plaque de cuisson en enrobant dans la fonte un élément Calrod. Le Calrod ne pouvait en effet, il y a quelques années, résister sans dommage au contact direct des ustensiles à chauffer. Cette plaque a donné des mécomptes et a été moins utilisée que le feu vif sur terre.

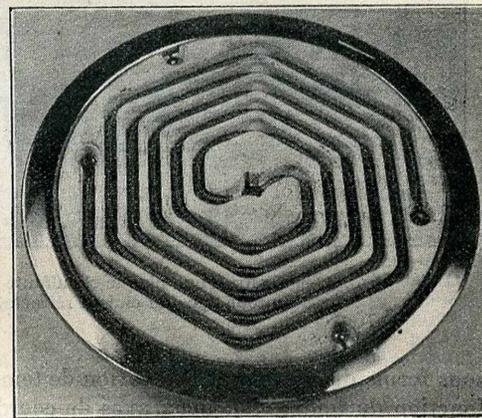


Fig. 2. — Feu vif sur terre de construction américaine.



Nous rappelons (1) que l'élément Calrod est constitué essentiellement par un boudin de fil résistant immobilisé au centre d'un tube métallique et isolé de celui-ci par de la poudre de magnésie fortement comprimée par le rétreint du tube. L'élément Backer présente le même aspect, la magnésie étant obtenue par transformation de magnésium métallique. Ces éléments sont appelés « serpents ».

Méthode de comparaison des divers types de foyers de cuisson.

Avant d'examiner les réalisations récentes de foyers de cuisson, nous allons étudier les caractéristiques de la plaque chauffante et du feu vif sur terre, les deux foyers de cuisson qui ont présidé à la diffusion de la cuisine électrique, le premier en Europe, le second en Amérique.

Pour comparer différents foyers de cuisson, il est nécessaire de relever les caractéristiques qui correspondent à des impressions d'usagers. Nous allons exposer une méthode qui nous a donné d'excellents résultats depuis 1932, et qui permet de prévoir avec une précision suffisante les réactions des usagers.

Si nous mettons sous tension un foyer de cuisson couvert par un ustensile contenant de l'eau, nous pouvons enregistrer,

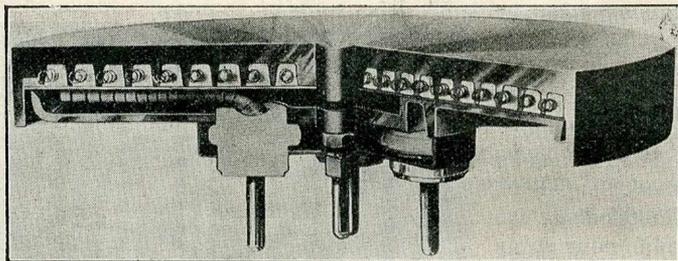


Fig. 3. — Coupe d'une plaque chauffante à fil résistant enrobé dans du ciment réfractaire.

sous forme de graphique, l'élévation de température de l'eau en fonction du temps. Sur deux axes de coordonnées (fig. 4), portons en abscisses les temps, en ordonnées les températures.

Nous constatons trois périodes distinctes :

1° Dès la mise sous tension, le foyer de cuisson emmagasine de la chaleur sans en transmettre à l'ustensile; la courbe se confond avec l'abscisse;

2° Le foyer commence à transmettre des calories à l'ustensile; la courbe quitte l'abscisse; pendant cette période, il y a accélération de la transmission;

3° Le foyer transmet normalement des calories à l'ustensile; la courbe suit un élément de droite jusqu'au moment de l'ébullition; pendant cette période, le rendement est sensiblement constant.

En multipliant les températures par la quantité d'eau chauffée, nous obtenons en ordonnée une nouvelle échelle représentant les calories totales absorbées par l'eau (fig. 5).

Portons sur ce graphique un élément de droite représentant les calories totales fournies par le foyer de cuisson (élément de droite OC).

Au bout du temps *t*, le rendement est donné par le rapport :

$$R_t = \frac{AB}{AC}$$

Examinons ce qui se passe pendant un temps très court *dt*. L'eau absorbe une quantité *bb'* de calories, tandis que le foyer

en fournit *cc'*. Pendant ce temps *dt*, le rendement a été

$$R_t = \frac{bb'}{cc'}$$

c'est le rendement à l'instant *t*.

Étudions la variation de ce rendement instantané depuis le début de l'opération. Sur un autre graphique (fig. 6), portons en ordonnées les calories instantanées fournies (droite EF) et les calories instantanées absorbées par l'eau (courbe OKLM).

Cette courbe peut aussi bien représenter les rendements instantanés en portant en ordonnées une échelle convenable.

Nous remarquons à nouveau que le rendement, nul pendant quelques instants (OK), croît rapidement (KL), pour devenir sensiblement constant (LM). L'élément de courbe KL est très délicat à préciser; nous l'avons représenté par un élément de droite, c'est-à-dire que nous avons admis que l'accélération du rendement était constante pendant cette période. En réalité, l'accélération du rendement constatée est plus vive au début. Quoi qu'il en soit, la détermination exacte de cet élément de courbe ne semble pas, pour le moment, présenter grand intérêt pratique.

Si nous arrêtons l'essai au bout du temps *t*, nous remarquons que le rendement de l'opération est donné par :

$$R_t = \frac{\text{surface KLMP}}{\text{surface OEFP}}$$

Ce rendement reste le même si nous remplaçons la surface KLMP par la surface RSMP, pourvu que les surfaces des triangles KNR et NSL soient égales.

Il est évident que l'usager, pendant les opérations culinaires, n'apprécie pas davantage le point K que le point L, mais constate, au bout d'un certain temps, que « le foyer chauffe ». Cette impression se situe entre K et L; elle n'est pas précise, elle varie d'un usager à l'autre. Pour la commodité des discussions, nous situerons cette impression en N, à mi-chemin, pourrait-on dire, entre le moment où la plaque commence à chauffer et celui où elle chauffe normalement. Cette interprétation conduit à l'hypo-

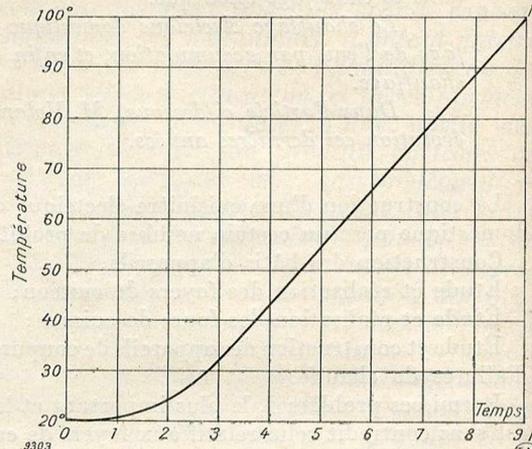


Fig. 4. — Température de l'eau en fonction du temps.

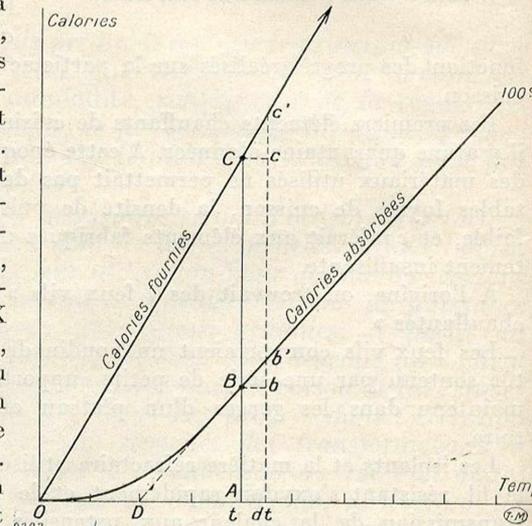


Fig. 5. — Calories fournies et calories absorbées en fonction du temps.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. XXIX, n° 6 (15 mars 1937), p. 199.

thèse suivante : pendant le temps OR, la plaque ne chauffe pas du tout; ensuite subitement, elle chauffe d'une façon normale. Nous appellerons OR l'inertie du système foyer-ustensile. Ce sera une sorte d'impression moyenne. Cette inertie se retrouve en OD sur la figure 5, D étant le point obtenu en prolongeant la partie sensiblement droite de la courbe jusqu'à sa rencontre avec l'abscisse.

Cette méthode, sujette à critique comme toutes les méthodes en usage, permet cependant une étude comparative des différents foyers en se plaçant au point de vue de l'utilisateur. Cette méthode ne suffit pas toujours aux constructeurs, qui ont souvent besoin de relever certaines caractéristiques techniques susceptibles d'amélioration. Elle donne les renseignements suivants :

1° *Inertie des foyers de cuisson.* Cette inertie varie d'un essai à l'autre, suivant la position de l'ustensile sur le foyer, suivant l'emplacement du thermomètre dans l'ustensile. Elle subit des variations que l'utilisateur peut lui-même constater. La multiplicité des essais donne une idée moyenne de l'inertie.

2° *Rendement en puissance.* Lorsque le foyer est arrivé à son régime normal de transmission, le rendement instantané reste sensiblement constant; c'est le rendement en puissance de chauffe.

Cette méthode permet également de recueillir les renseignements habituels :

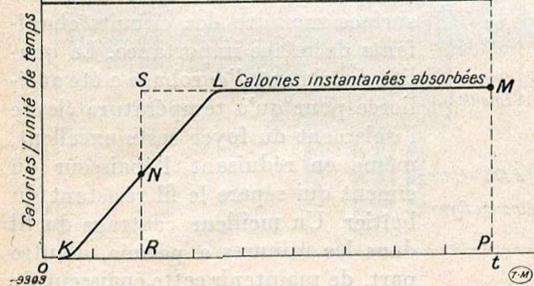


Fig. 6. — Calories fournies ou absorbées par unité de temps, en fonction du temps.

3° *Durée de l'essai.* — Pour pouvoir donner des chiffres pratiques aux agents chargés de la diffusion du matériel de cuisine, il faut définir d'une façon précise les conditions d'essai : élévation de n degrés de la température initiale de l'eau, quantité d'eau, ustensile utilisé.

4° *Rendement en énergie.* C'est le rendement final de l'opération.

5° *Watteurs consommés.* En fonction de la quantité d'eau et de l'ustensile utilisé.

Le point de vue de l'utilisateur.

L'utilisateur, généralement, apprécie les qualités des foyers de cuisson dans l'ordre de préférence suivant :

1° *Inertie : aptitude à démarrer.* L'utilisateur y attache une importance considérable. Tout l'effort technique de ces dernières années était orienté vers une diminution de l'inertie des foyers.

2° *Rapidité de chauffe : fonction de la puissance du foyer et de son rendement.* Les constructeurs ont été amenés à créer des foyers à grosse densité de puissance pour arriver, sous un diamètre déterminé, à chauffer le plus vite possible. Le rendement n'a qu'une importance relative lorsqu'il varie dans les limites qui modifient peu les quittances d'électricité de l'abonné.

3° *Consommation « cuisine ».* Il est évident qu'il faut tout d'abord donner à l'utilisateur les outils dont il a besoin, caractérisés par les qualités énoncées aux deux chapitres précédents. La cuisine étant possible à l'électricité, il faut alors que la dépense soit du même ordre de grandeur que celle des modes de cuisson

concurrents. La dépense varie assez peu suivant les types d'appareils utilisés; elle est fonction essentiellement du prix du courant.

4° *Agrément d'utilisation.* Ici interviennent les arguments mis en évidence par la publicité : propreté, hygiène, etc..., qualités communes à tous les appareils de cuisine électrique. Pour les foyers de cuisson, il est une caractéristique de fonctionnement qui frappe l'utilisateur : les foyers sont-ils à feu vif ou sont-ils obscurs? Les foyers à feu vif obtiennent beaucoup de succès auprès de la clientèle, mais leur prix d'achat est supérieur à celui des foyers obscurs.

Inertie et rendement en puissance.

De l'étude qui précède, il ressort que la caractéristique la plus importante d'un foyer de cuisson est son inertie. Son ren-

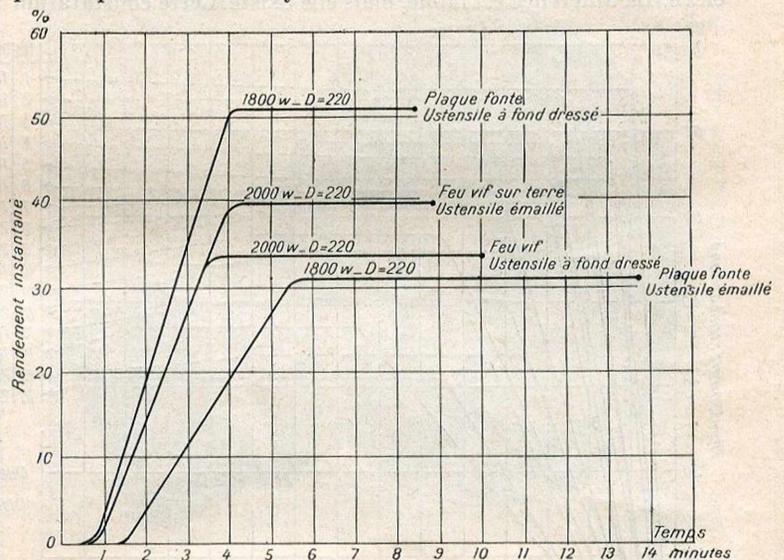


Fig. 7. — Variation du rendement instantané en fonction du temps.

dement en puissance doit varier dans des limites raisonnables; sa puissance spécifique y supplée au besoin pour obtenir une rapidité de chauffe convenable.

Examinons les caractéristiques inertie et rendement en puissance des deux foyers suivants :

Plaque fonte 1 800 w, D = 220 mm, de construction européenne (1930);

Feu vif sur terre 2 000 w, D = 220 mm, de construction américaine (1932).

Les essais ont été exécutés avec différents types de casseroles; parmi celles-ci, nous en avons retenu deux, de D = 220 mm, l'une en aluminium à fond épais et dressé, l'autre en tôle émaillée. Ces casseroles contenaient un litre d'eau.

Établissons les graphiques donnant les rendements instantanés en fonction du temps (fig. 7).

Nous remarquons, sur plaque fonte, que, si l'inertie et le rendement en puissance sont acceptables avec ustensile à fond dressé, il n'en est pas de même avec ustensile émaillé. Avec celui-ci, l'inertie croît sensiblement; autrement dit, la plaque fonctionne à une température plus élevée et met plus de temps à parvenir à son régime normal de transmission de chaleur. D'autre part, la température élevée de fonctionnement de la plaque et le manque de planéité du fond d'ustensile occasionnent des pertes considérables; le rendement en puissance est faible. Dans ces conditions, le rendement en énergie, ou rendement final, d'une opération de chauffage est médiocre parce qu'il faut vaincre, au démarrage, une inertie considérable et

qu'ensuite la transmission de la chaleur de la plaque à l'ustensile se fait mal.

Cette simple constatation indique l'intérêt évident qu'il y a à utiliser des ustensiles à fond épais (non déformable) et dressé, avec les plaques chauffantes en fonte.

Les deux autres graphiques se rapportent au feu vif sur terre, de construction américaine.

Les résultats sont moyens et sensiblement les mêmes quel que soit l'ustensile utilisé. Ils sont trop inférieurs à ceux obtenus dans les meilleures conditions sur plaques chauffantes en fonte, pour espérer concurrencer cette dernière. Sur les deux graphiques, la période de démarrage est identique et les rendements en puissance sont légèrement différents. On se rend compte qu'en prenant le « mi-chemin » de cette période de démarrage pour définir l'inertie moyenne du foyer, nous obtenons une inertie plus forte lorsque le rendement en puissance est plus élevé. La différence est faible, mais elle existe. Cette constatation

tion des caractéristiques des foyers de cuisson (Fig. 8). Nous avons dû renoncer à y faire figurer certains types de foyers de cuisson moins utilisés, ainsi que ceux de puissance inférieure à 1 400 watts, qui complètent généralement l'équipement des cuisinières. Les essais ont été effectués avec toutes sortes d'ustensiles; nous avons mentionné seulement les résultats obtenus d'une part avec casserole aluminium à fond épais et dressé, d'autre part avec casserole en tôle émaillée, parce que les autres résultats sont généralement intermédiaires entre ceux-ci.

FOYERS DE CUISON EN FONTE. L'ancienne plaque fonte à broches centrales 1 800 w, D = 220 mm, nous servira d'élément de comparaison. Ce genre de plaque équipait en effet, en 1930, la plupart des cuisinières de construction européenne. Les courbes 9 et 16 s'y rapportent; elles révèlent des résultats à peu près convenables avec ustensile à fond dressé et des résultats inacceptables avec ustensile émaillé. L'inertie de la plaque est considérable.

Les constructeurs ont beaucoup amélioré les caractéristiques des foyers en fonte, en diminuant le poids de la partie active.

La première solution consiste à réduire le diamètre du foyer: la plaque de 1 800 w aura désormais un diamètre de 180 mm.

Il faut alors faire tenir dans une surface moindre des circuits chauffants de même importance. La qualité du ciment d'enrobage a été améliorée pour qu'à température élevée l'isolement du foyer reste excellent, même en réduisant l'épaisseur du ciment qui sépare le fil résistant du boîtier. Un meilleur centrage du fil dans les rainures a permis, d'autre part, de maintenir cette épaisseur de ciment parfaitement régulière dans toute la plaque et d'éviter ainsi les points de mauvais isolement.

La surface du fil résistant est sensiblement réduite par la nécessité de diminuer sa longueur, afin de pouvoir

le loger dans un boîtier plus petit. Pour faciliter l'échange de calories entre le fil et le boîtier, il a fallu chercher le moyen d'intéresser toute la surface du fil à cet échange. D'excellents résultats sont obtenus en boudinant le fil résistant sous un petit diamètre et en écartant les spires les unes des autres; toute la surface du fil est ainsi largement présentée aux parois fonte du boîtier de plaque. En réduisant la largeur des nervures, on peut en augmenter le nombre et permettre le logement d'un boudin plus long, parce que de section plus petite.

Les nervures sont alors moins hautes que dans les anciennes plaques et, malgré leur nombre supérieur, leur poids est au total inférieur. Il en résulte un allègement de la plaque et une plus grande facilité de moulage, très appréciée pour l'emploi de fontes spéciales.

Ces fontes, moins oxydables, se déforment moins que les fontes habituelles sous l'action des efforts internes provoqués par les irrégularités de température du boîtier de plaque. Une répartition plus rationnelle des circuits chauffants peut atténuer ces irrégularités et permettre de diminuer l'épaisseur du boîtier.

On peut aussi diviser la surface active sous forme d'anneaux dans lesquels les irrégularités de température et les déformations sont moins à craindre. Cette réalisation permet de réduire l'épaisseur de la fonte, mais, malheureusement, elle présente le

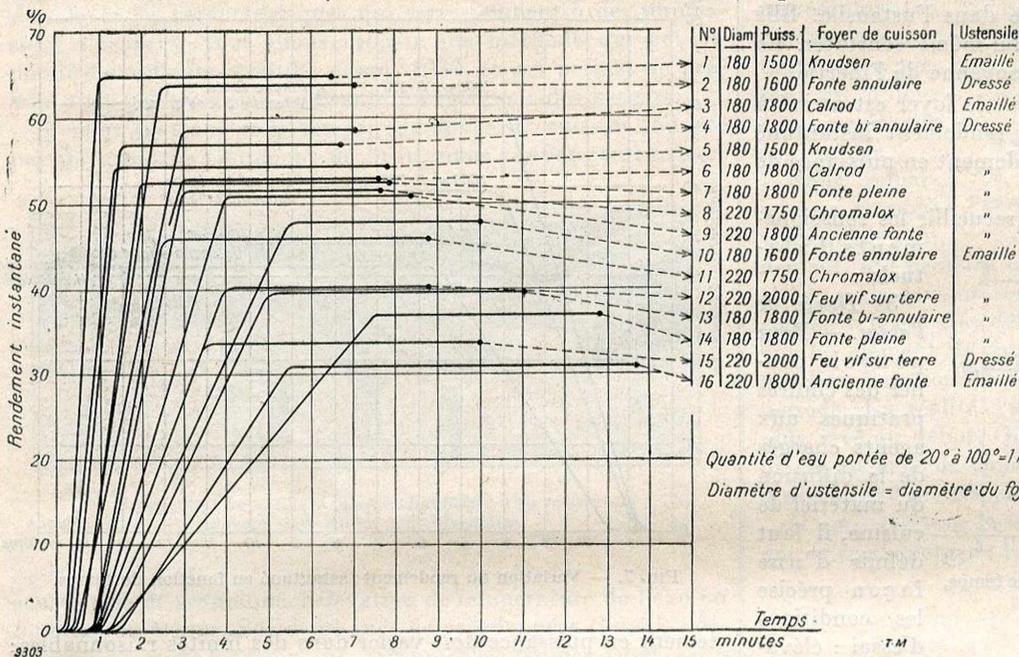


FIG. 8. — Caractéristiques des foyers de cuisson modernes.

indique qu'il faut tenir compte également du rendement en puissance, lorsqu'on examine les caractéristiques d'un foyer.

Pratiquement, les constructeurs ont tendance à augmenter la puissance d'un foyer lorsque son rendement est faible, pour obtenir la même rapidité de chauffage (le feu vif américain dont il est question a une puissance de 2 000 w contre 1 800 w pour la plaque fonte). Dès lors, notre définition de l'inertie moyenne est acceptable pour des foyers ayant sensiblement la même rapidité de chauffe.

Ces remarques mettent en évidence le caractère particulier de la méthode d'interprétation que nous indiquons; c'est une sorte de « caricature » des foyers de cuisson, qui a pour but de faire ressortir, en les exagérant, leurs qualités et leurs défauts. Dans un esprit plus pratique, nous ne devrions considérer que les durées d'échauffement et les énergies consommées en fonction des quantités d'eau. Quoi qu'il en soit, cette méthode permet d'annoncer qu'un foyer aura ou n'aura pas de succès auprès de l'utilisateur et de définir dans quelles conditions ce foyer donnera ou ne donnera pas satisfaction. C'est là l'essentiel.

Caractéristiques des divers types de foyers de cuisson.

Examinons maintenant, sur un graphique donnant la variation du rendement instantané en fonction du temps, l'évolu-

grave inconvénient d'augmenter considérablement la longueur développée des bords de plaque ou d'anneaux. Ces bords constituent un poids mort qui freine le démarrage de la plaque. On peut compenser en partie cet inconvénient en augmentant d'une part l'intervalle entre anneaux et, d'autre part, l'évidement de l'anneau central.

Un foyer à anneaux, malgré sa surface active réduite, fonctionne à vide à une température inférieure à celle d'une plaque pleine de même puissance, en raison de l'aération de la partie active. Cette constatation montre qu'un circuit chauffant de plaque à anneaux, plus poussé parce que logé dans une surface plus petite, fonctionne avec autant de sécurité que celui d'une plaque pleine.

Pour alléger encore le poids de la partie active d'un foyer fonte, il faut aussi réduire la hauteur des bords à une valeur minimum maintenant le ciment à l'abri du contact des liquides versés accidentellement.

Des remarques qui précèdent, il ressort que le foyer fonte à un seul anneau, largement évidé au centre, réunit les avantages suivants :

Poids réduit : large ouverture au centre ; épaisseur de la fonte réduite, les déformations étant moins à craindre que dans une plaque pleine ;

Prix réduit : du même ordre de grandeur que celui d'une

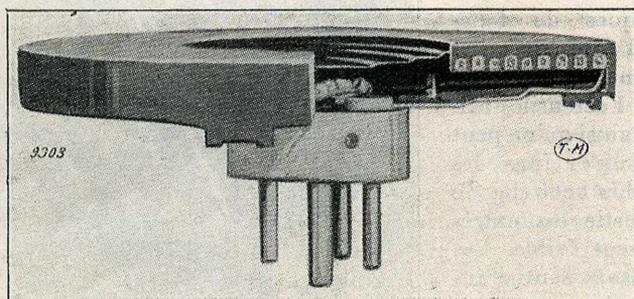


FIG. 9. — Plaque fonte annulaire à membrane tôle.

plaque pleine ; nettement moins cher que celui d'un foyer à deux anneaux ;

Planéité : les déformations sont moins à craindre ; il n'y a pas deux anneaux à maintenir au même niveau.

Par contre, la plaque bi-annulaire présente l'avantage suivant : l'anneau central peut fonctionner seul pour le chauffage d'ustensiles de faible diamètre.

Les progrès résumés précédemment ont été réalisés progressivement. Nous allons examiner les caractéristiques de deux des premières plaques poussées construites courant 1936. Leur densité de puissance est de $7,07 \text{ w/cm}^2$.

Les courbes 7 et 14 se rapportent à une plaque pleine ; les courbes 4 et 13 à une plaque bi-annulaire. Nous remarquons que les résultats sont nettement meilleurs avec ustensile à fond dressé que sur l'ancienne plaque fonte ; l'inertie est beaucoup plus faible. Avec ustensile émaillé, si l'inertie est peu modifiée en raison de la température élevée de fonctionnement des plaques, le rendement en puissance est supérieur. Les résultats sont alors d'autant meilleurs que la quantité d'eau à chauffer est plus grande.

La plaque bi-annulaire est supérieure à la plaque pleine. Il faut se méfier de conclure, car, en construction courante, il est difficile de régler parfaitement les deux anneaux au même niveau et, si les résultats sont meilleurs avec ustensile émaillé, ils peuvent être inférieurs avec ustensile à fond dressé.

Examinons maintenant une plaque fonte de conception étrangère, comportant un seul anneau dont l'évidement du centre est obturé par une membrane en tôle pour permettre le montage

d'un connecteur central à broches (fig. 9). Les courbes (fig. 8) donnent ses caractéristiques. Avec ustensile les résultats sont remarquables ; l'inertie est faible. Avec ustensile émaillé, ils sont bien moins mauvais que sur les autres types de foyers fonte. La puissance de cette plaque est de $1\,600 \text{ w}$.

Les nouveaux foyers fonte 1938, à surface pleine ou annulaire, présentent des caractéristiques analogues à celles de cette plaque. Leur rapidité de chauffe est supérieure, parce que leur puissance est de $1\,800 \text{ w}$. Ainsi, grâce aux derniers progrès réalisés, les foyers fonte donnent maintenant des résultats remarquables pourvu, toutefois, que les ustensiles utilisés soient à fond épais et plan.

FOYERS A FEU VIF. Nous prendrons comme élément de comparaison le feu vif sur terre réfractaire 2000 w , $D = 220 \text{ mm}$,

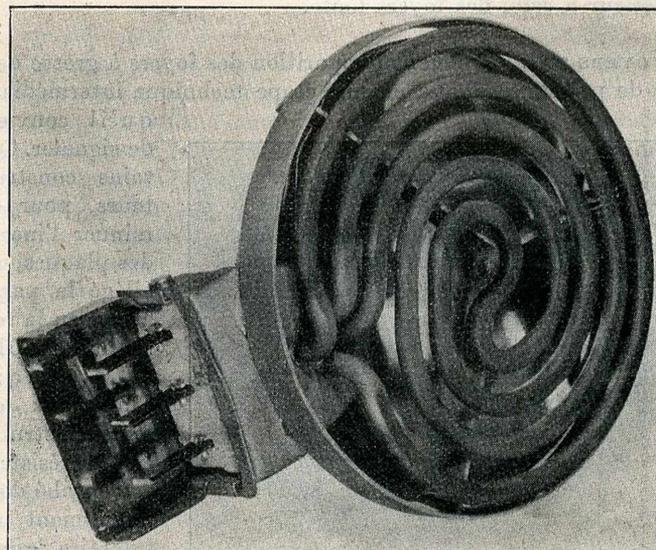


FIG. 10. — Feu vif à « serpentins ».

d'origine américaine, dont la construction était poursuivie encore en 1934. Les courbes 12 et 15 s'y rapportent. Les résultats sont médiocres quel que soit l'ustensile chauffé. L'inertie est importante.

Ce genre de foyer peut être amélioré en supprimant l'énorme masse réfractaire du support et en montant le circuit chauffant sur une série de supports réfractaires légers, conçus pour favoriser les radiations vers l'ustensile à chauffer et la transmission de la chaleur par convection. Les pièces réfractaires peuvent être montées sur un châssis métallique rigide servant de support à l'ustensile. Il est utile de prévoir un écran à la partie inférieure.

Ces feux vifs perdent de leur intérêt, malgré leur faible prix de revient, devant les éléments tubulaires Calrod et Backer, dits « serpentins », qui ont bénéficié de progrès décisifs ces dernières années. Les « serpentins » peuvent maintenant subir le contact direct des ustensiles à chauffer. Leur isolement est tel qu'ils peuvent fonctionner normalement à des températures atteignant 900° . Les soins apportés à l'exécution des bornes de sortie, désormais scellées au verre, évitent les ennuis éprouvés sur les éléments anciens. Avec ces serpentins, il est possible de réaliser des foyers de cuisson très poussés si, par un artifice quelconque, on arrive à limiter leur température de fonctionnement, dans les cas les plus défavorables, à une valeur inférieure à celle déterminée néfaste par expérience.

La figure 10 représente un foyer à serpentins dans lequel la densité de puissance atteint le chiffre considérable de 8 w/cm^2 . Pour permettre une mise en forme plus commode du tube et

une répartition convenable de la partie active, pour aérer les serpentins de façon à limiter leur température maximum de fonctionnement, le connecteur habituel à broches centrales a été remplacé par un connecteur latéral, dit « à couteaux ». Ce foyer comporte à sa partie inférieure un écran indispensable pour lui assurer un bon rendement; si cet écran fait office de réflecteur, les résultats sont encore meilleurs.

Les courbes 3 et 6 (fig. 8) donnent les caractéristiques de fonctionnement d'un « feu vif à serpentins » de 1 800 w, D = 180 mm. Nous remarquons immédiatement que les résultats sont excellents quel que soit le type d'ustensile utilisé; l'inertie est faible. Par un planage convenable des serpentins, on obtient, avec ustensile à fond dressé, des résultats supérieurs à ceux de la courbe 3.

Ce foyer fonctionne au rouge et, de ce fait, plaît énormément à l'usager. Malheureusement, son prix de vente est nettement supérieur à celui des foyers fonte.

FOYERS TÔLE. Avant l'apparition des foyers à grosse densité de puissance, il y a eu une étape technique intermédiaire

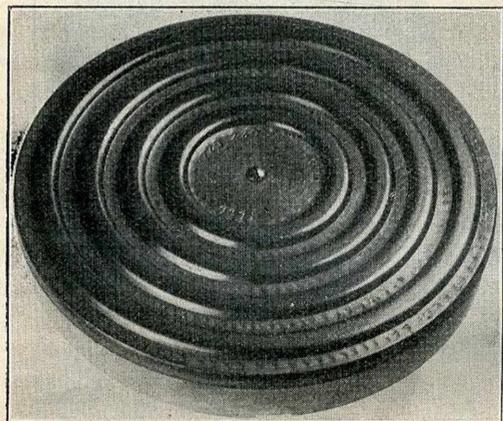


FIG. 11. — Plaque blindée Calor.

qu'il convient de signaler. Certains constructeurs, pour diminuer l'inertie des plaques, ont allégé la partie active en la réalisant en tôle. La plaque Chromalox est ainsi construite. Le fil résistant est enrobé dans un ciment réfractaire immobilisé entre deux anneaux en tôle inoxydable sertis ensemble. Pour éviter les déformations à chaud, et par suite une mise hors d'usage rapide, la plaque comporte deux anneaux chauffants concentriques. La densité de puissance atteint 4,70 w/cm². Les courbes 8 et 11 (fig. 8) montrent que l'inertie de ce foyer est faible. De plus, les résultats avec ustensile émaillé sont bien meilleurs que ceux relevés sur l'ancienne plaque fonte. Ces qualités expliquent le succès obtenu par cette plaque auprès de l'usager, il y a environ quatre ans.

Le foyer tôle à surface pleine, à forte densité de puissance, présente de grosses difficultés de construction, parce que la partie active, n'étant pas aérée, atteint en fonctionnement une température très élevée.

Certaines plaques sont obtenues en coiffant par un disque en acier inoxydable une sorte de foyer à feu vif sur terre réfractaire. En raison de la température élevée atteinte par le fil résistant fonctionnant à l'air, le montage de ce fil doit être exécuté avec le souci constant de favoriser par tous les moyens l'échange des calories entre le fil et son boîtier. Pour améliorer les conditions de fonctionnement du circuit résistant, il semble préférable de réaliser le foyer sous forme d'anneaux multiples.

On trouve actuellement des foyers tôle d'un type particulier, de marque Calor (fig. 11), constitués par des « serpentins » emprisonnés entre deux disques de tôle inoxydable emboutie, soudés ensemble par points. Leurs caractéristiques de fonctionnement sont à peu près analogues à celles des plaques Chromalox. Les résultats avec ustensiles émaillés sont très satisfaisants. La plaque Calor fonctionne au rouge et est, de ce fait, spectaculaire.

Les modifications successives appliquées à la construction de ces éléments permettent aujourd'hui de porter la densité de puissance à 6 w/cm². Il faut prévoir dès lors une amélioration sensible des caractéristiques de fonctionnement de ces plaques.

FOYERS « BASSE TENSION ». Depuis longtemps déjà, les constructeurs ont eu recours à des tensions de l'ordre de 10,15 ou 20 v pour alimenter des foyers de cuisson simples à construire et robustes à l'usage. Nous avons connu des éléments de ce genre fabriqués soit en Suisse, soit en Angleterre. Un constructeur danois obtient aujourd'hui des résultats absolument remarquables avec un foyer dont le circuit chauffant est soumis au contact direct des ustensiles (fig. 12). Ce circuit est obtenu en découpant en zigzag un disque en alliage résistant, de 0,5 mm d'épaisseur, agrafé sur un support calorifugé. La tension d'alimentation est de 13 v pour l'allure maximum et de 8,5 v pour les allures de mijotage.

Le disque est isolé des ustensiles à chauffer par une couche d'émail céramique qui fait place à la longue, aux endroits les plus vulnérables, à une sorte de scorie très adhérente qui suffit à l'isolement. Ce foyer rougit fortement, sauf à la périphérie. Ses caractéristiques de fonctionnement sont étonnantes quel que soit l'ustensile utilisé, ainsi qu'on peut en juger par les courbes 1 et 5 (fig. 8). L'inertie est extrêmement faible. Les résultats sont d'autant plus remarquables qu'ils sont obtenus sur un foyer de 1 500 w seulement,

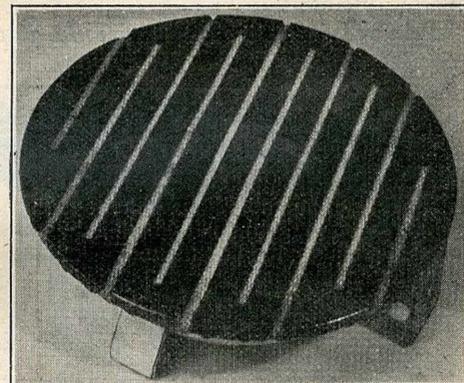


FIG. 12. — Foyer « basse-tension » Knudsen.

et compris les pertes du transformateur abaisseur de tension et du circuit « basse-tension ». Nous devons, de plus, faire remarquer que ce foyer était très déformé au moment des essais puisque, par endroits, les casseroles en étaient éloignées de 2 à 3 mm. Cette déformation paraissait anormale parce que les deux autres foyers, de diamètres l'un supérieur, l'autre inférieur, restaient à peu près plans.

Conclusions.

L'examen des caractéristiques des foyers de cuisson anciens et modernes nous fait constater les énormes progrès réalisés en quelques années dans leur fabrication. Ces progrès sont résumés par les courbes 2 et 10 (fig. 8) pour les plaques fonte, par les courbes 3 et 6 pour les feux « vifs », par les courbes 1 et 5 pour les foyers « basse-tension ».

Parallèlement, l'isolement des foyers a été considérablement amélioré, mettant ainsi l'usager à l'abri des incidents d'exploitation qui se produisaient sur les appareils anciens. Leur longévité accrue supprime pratiquement toute dépense d'entretien.

Les résultats obtenus répondent si bien aux désirs souvent exprimés par les usagers des anciens foyers qu'on est en droit d'attendre une diffusion encore plus rapide de l'emploi de l'électricité pour la cuisine.

L. VOLANT,

Ingénieur à la C. P. D. E.