



LA

# Technique Moderne

Revue Universelle des Sciences appliquées à l'Industrie

Paraissant le 1<sup>er</sup> 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<sup>r</sup> de l'Office nat<sup>l</sup> des Recherches et Inventions.  
 C.-B. BRULL, \*, Ing<sup>r</sup> des Arts et Manuf<sup>es</sup>; Dir. G<sup>d</sup> de la Société française des Munitions.  
 A. CAQUOT, C \*, Membre de l'Institut; Professeur à l'École supérieure des Mines.  
 R. CHAMBAUD, Ing<sup>r</sup> des Arts et Manuf<sup>es</sup>, 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<sup>r</sup> scientifique de la Soc. Commentry-Fourchambault-Decazeville.  
 J. DANTZER, C \*, Prof. de Filature et Tissage au Conser<sup>vo</sup> nat<sup>l</sup> des Arts et Métiers.  
 R. DAUTRY, C \*, Directeur Général hon<sup>or</sup> 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<sup>ie</sup> P<sup>o</sup> 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<sup>r</sup> 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<sup>r</sup> en chef des Mines; Sous-Directeur de l'École supérieure des Mines.  
 GANNE, C \*, Insp<sup>r</sup> Gén<sup>l</sup> de l'Ens<sup>g</sup> techn.; Prof<sup>r</sup> hon. à l'Éc. Cent<sup>le</sup> des Arts et Man<sup>es</sup>.

GIRARDEAU, C \*, Administr<sup>r</sup>-direct<sup>r</sup> de la Société Française Radio-Électrique.  
 GUILLERY, \*, Ingénieur des Arts et Métiers.  
 L. GUILLET, C \*, Membre de l'Institut; Dir<sup>r</sup> de l'École C<sup>ie</sup> des Arts et Manuf<sup>es</sup>.  
 LABBÉ, G. C. \*, Directeur honoraire de l'Enseignement Technique.  
 P. LANGEVIN, C \*, Membre de l'Institut; Dir<sup>r</sup> de l'Éc. de Physique et de Chimie de Paris.  
 LAUBEUF, C \*, Membre de l'Institut.  
 Th. LAURENT, G. O. \*, Président de la C<sup>ie</sup> 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<sup>r</sup> 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<sup>ie</sup>, 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<sup>ie</sup> 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<sup>e</sup>)

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.

## LE FOUR ÉLECTRIQUE DANS L'INDUSTRIE DE LA CÉRAMIQUE

*Le four électrique, par ses nombreux avantages et sa facilité d'adaptation aux différents genres de fabrications, prend une importance chaque jour plus grande.*

*Dans des industries spécialisées, telles que la céramique, son utilisation se généralise de plus en plus.*

*Nous étudions, dans l'article ci-dessous, les principaux fours électriques de céramique actuellement employés et décrivons tout particulièrement le premier four électrique à double tunnel pour la cuisson de la porcelaine dure, qui a été installé à la fabrique de Langenthal en 1937*

### Avantages du four électrique pour la cuisson des produits céramiques.

La cuisson est, en général, le point le plus délicat de toute la fabrication, qu'il s'agisse de biscuit ou de glaçure, de faïence ou de porcelaine, ou encore de décors.

Deux points importants sont à considérer : d'une part, les températures élevées à obtenir, qui s'échelonnent entre 800 et 1 450° C suivant les produits à traiter; d'autre part, les transformations physiques et chimiques que doit subir la matière première en cours de cuisson.

La matière première la plus employée est l'argile, qui se trouve dans la nature en très grande quantité et à un grand nombre de degrés de pureté. Le kaolin en est la variété la plus pure. Il contient encore de la silice, de la magnésie, de l'oxyde de fer et une plus ou moins grande quantité de sels alcalins. Un faible pourcentage de ces impuretés a une influence importante sur la qualité. La technique de la cuisson a pour but de veiller à ce qu'elles ne nuisent pas au produit obtenu. Les pièces qui, après cuisson, présentent des défauts, doivent être rebutées ou classées en deuxième ou troisième choix et vendues à des prix réduits. On est donc obligé, dans le calcul du prix de revient, de tenir compte de ce facteur important.

Les transformations physiques et chimiques de la matière, comme la formation de cristobalite, l'élimination des gaz, la vitrification et la formation de sillimanite, nécessitent que la cuisson soit conduite suivant une courbe de température bien déterminée, et dans des conditions d'atmosphère données.

Dans de nombreux cas, en particulier pour les faïences, terres à feu, grès et « vitreous China », la cuisson doit être effectuée entièrement en atmosphère oxydante. Pour la porcelaine, les conditions d'atmosphère sont différentes suivant le stade de la cuisson. L'atmosphère du four au début de la cuisson doit être oxydante, ensuite réductrice dans des limites de température données, puis neutre, et enfin de nouveau oxydante. Ces différentes conditions de température et d'atmosphère peuvent être actuellement réalisées facilement dans un four électrique.

De plus, on a cherché à supprimer l'influence du facteur personnel sur la cuisson en utilisant un réglage absolument automatique de la température; ceci est d'une importance capitale, car on évite ainsi tous les ennuis qui peuvent se présenter avec les fours à combustible en dépit de la meilleure surveillance.

Le four électrique permet d'avoir une atmosphère absolument pure et, en général, franchement oxydante, ce qui donne des émaux impeccables et des couleurs parfaitement homogènes. La suppression des poussières et des fumées réduit les rebuts et les déchets de cuisson. Grâce à un léger excès de température des résistances de chauffage, judicieusement distribuées autour de la chambre, on a une répartition homogène de la température dans le four ou dans ses différentes sections.

Pendant la cuisson, on peut régler automatiquement la montée en température d'après une courbe déterminée à l'avance : il suffit d'utiliser un régulateur de température à programme.

Le four électrique présente donc une grande souplesse de

marche et il est possible, pour la fabrication de produits spéciaux, de l'adapter à toute allure de cuisson désirée.

Enfin, l'expérience a montré que les frais d'entretien et de réparations sont très réduits.

### Les différents types de fours utilisés.

Nous donnons, ci-après, les caractéristiques et la description sommaire de quelques installations de fours à résistance utilisés dans l'industrie céramique. Dans de nombreux cas, les résultats obtenus avec le premier four installé ont été si favorables que l'équipement de toute l'usine avec des fours électriques a été décidé et progressivement réalisé.

#### A. FOURS A MOUFLE

La figure 1 représente un four électrique à moufle prévu pour une température maximum de 1 000 à 1 050° C. Ce type de four

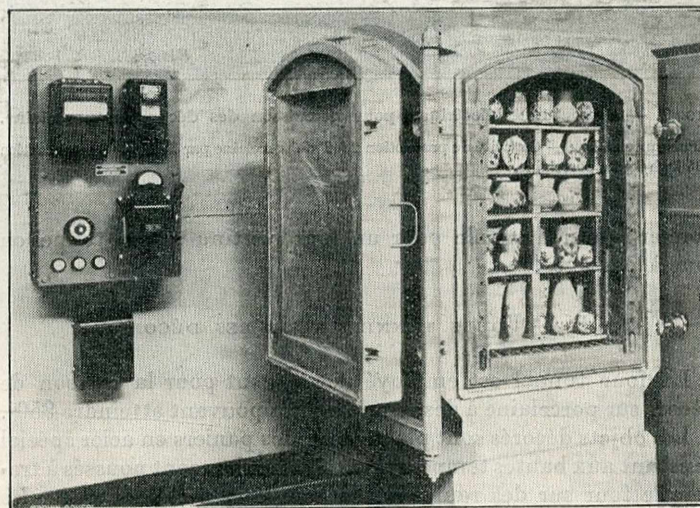


FIG. 1. — Four électrique à moufle de 0,5 m<sup>3</sup>, 25 kw, température maximum 1 000° C, à réglage automatique de la cuisson.

est surtout envisagé pour la cuisson ou la glaçure de poterie et de céramique d'art et pour la cuisson des décors sur porcelaine ou sur verre. Son fonctionnement est discontinu. La cuisson peut être réalisée pendant la nuit, c'est-à-dire durant les périodes de courant à tarif réduit.

L'équipement électrique du four avec réglage automatique de la température comprend alors une horloge provoquant la mise sous tension à une heure donnée.

Le four est chargé pendant la journée et l'horloge réglée pour l'enclenchement au début de la période à tarif réduit. A l'heure fixée, le four sera branché automatiquement et le courant ne sera coupé que le lendemain, après que la température du recuit aura été non seulement atteinte dans le four, mais maintenue pendant une heure ou deux pour permettre une égalisation de

cette température dans la charge. Il n'y a plus qu'à laisser le four se refroidir avant de procéder à l'opération suivante.

La porte du four est munie d'un contact électrique empêchant la mise sous tension si la porte n'est pas complètement fermée. On est ainsi à l'abri de toute manœuvre défectueuse et de tout accident pour le personnel.

Les résistances, en alliage nickel-chrome pur, sont réparties sur toutes les parois du four.

Ce four, d'une puissance maximum variant de 18 à 25 kw, peut être connecté à tous réseaux jusqu'à 500 v. La consommation d'énergie pour une charge nette de 170 kg à une température de 960° est de 170 kwh environ.

Dans certaines installations, on utilise deux fours fonctionnant alternativement avec le même appareillage électrique. La durée de refroidissement d'une charge étant supérieure à 24 h, on peut ainsi effectuer une cuisson chaque nuit.

Pour des productions plus importantes, on a intérêt à aban-

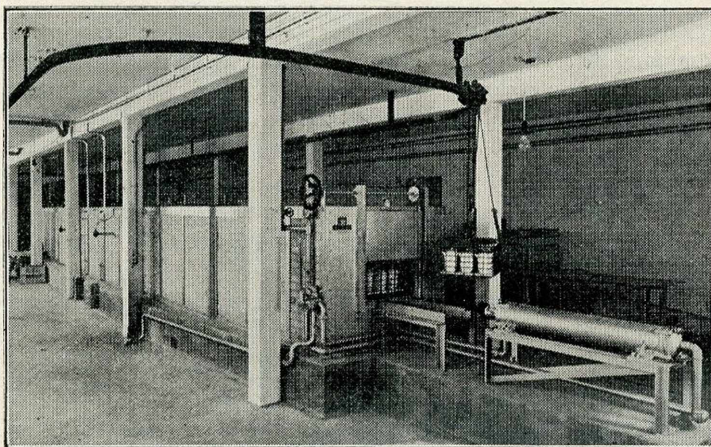


FIG. 2. — Four tunnel électrique pour la cuisson des décors sur porcelaine. — Puissance 63 kw; — Capacité de production 2,5 T de porcelaine par 24 h; — Consommation 0,25 kwh/kg de porcelaine.

donner le four à moufle pour un four continu : four tunnel ou four à passages.

#### B. FOURS TUNNELS POUR LES DÉCORS

La four tunnel est employé notamment pour la cuisson de décors sur porcelaine à des températures pouvant atteindre 950°.

Les objets décorés sont placés dans des paniers en acier spécial résistant aux hautes températures. Ces paniers sont poussés à travers le four sur des rouleaux. La température, dans toutes les zones du four, est réglée automatiquement. Le four est divisé en trois zones : une zone de préchauffage, une zone de chauffage à haute température et une zone de refroidissement. L'atmosphère de ce four est parfaitement oxydante et permet d'obtenir des couleurs du plus beau ton et très homogènes.

Un four de ce genre a été installé en 1927 à la fabrique de porcelaine de Langenthal et fonctionne depuis cette date sans aucune interruption.

Il a une longueur totale de 14 m; la zone de chauffage à haute température s'étend sur 2 m. Sa puissance est de 130 kw et la production pour 960° C est de 3 à 4 T par 24 h; la consommation d'énergie moyenne est de 0,7 kwh/kg de porcelaine traitée.

Le four représenté figure 2 est d'une exécution beaucoup plus moderne, pour laquelle on a tenu compte des résultats obtenus avec le précédent.

Ce four, installé au Danemark, a une longueur de 14,2 m et une puissance de 63 kw. Sa production est de 2,5 T par 24 h et

la consommation nette d'énergie est seulement de 0,25 kwh/kg de porcelaine traitée à la température de 830° C.

On introduit dans le four quatre paniers à l'heure, avec une charge unitaire de 26,5 kg de porcelaine.

#### C. — FOURS A PASSAGES

Le principe du four à passages n'est pas nouveau, et il existe un grand nombre de ces fours chauffés à l'huile ou au bois. Le gros inconvénient des fours à combustibles réside dans la difficulté de régler la température dans les différents canaux. Le four électrique a résolu cette difficulté, ce qui se matérialise par les faibles pourcentages des produits rebutés ou classés en deuxième choix.

Le four à passages est surtout utilisé pour le traitement des carreaux de faïence. Avec ce four, les frais d'établissement sont peu importants, le service simple et les frais d'exploitation extrêmement réduits. En particulier, ce four permet d'éviter l'emploi des cazettes, tandis que les autres systèmes de fours en

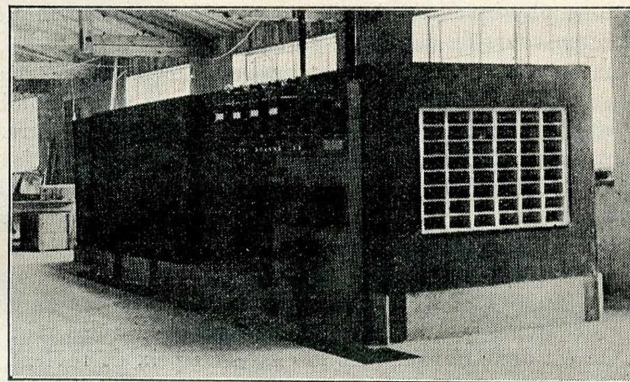


FIG. 3. — Four électrique à passages pour le glaçage des carreaux de céramique.

imposent l'utilisation, d'où dépenses supplémentaires résultant du coût de la cazetterie et de l'accroissement de la masse à chauffer, et, par conséquent, de la consommation d'énergie.

Dans les fours à passages, les carreaux sont poussés individuellement à travers les canaux de cuisson du four, sans cazetterie ni matériel auxiliaire quelconque. La température à laquelle ils sont ainsi soumis successivement varie régulièrement suivant la courbe désirée. La durée d'opération est de 6 à 8 h, au lieu de 50 et 60 h pour les fours ronds et fours tunnels.

Dans les fours électriques, les éléments de chauffage sont répartis de façon à obtenir une grande homogénéité de température dans chaque canal. La température est réglée automatiquement. Le refroidissement des carreaux s'effectue dans le four même, avec récupération de la chaleur correspondante. Les produits sortent du four à une température voisine de 80° C environ.

Le four représenté figure 3 est capable d'une production de 6 940 carreaux de 150 × 150 × 10 par 24 h pour une température de recuit de 1 000° C. La consommation d'énergie est de 21 kwh par 100 kg. Ce four, d'une puissance de 70 kw, comprend 48 canaux disposés sur huit étages. Un seul ouvrier suffit pour assurer le service, la longueur du four étant seulement de 8 m.

#### D. FOURS TUNNELS POUR GRANDE PRODUCTION

Lorsque de grandes productions entrent en jeu, la tendance actuelle est d'utiliser des fours tunnels permettant de travailler d'une façon absolument continue.

Il existe actuellement un grand nombre de fours tunnels à combustibles utilisés pour la cuisson de grès, faïence, vitreous

China; toutefois, l'utilisation de l'électricité pour le chauffage de ces grands fours ne s'est développée que ces dernières années. Aussi le nombre des fours installés est-il assez réduit.

Ces fours évitent la construction de magasins de stockage des produits en cours de fabrication et donnent une consommation d'énergie telle que, même avec un prix moyen du courant, le four électrique est plus avantageux que tout autre.

Pour les producteurs d'énergie, ce genre de four est également d'un gros intérêt : c'est un consommateur de courant important et régulier, qui absorbe jour et nuit la même puissance, et dont le facteur de puissance est voisin de l'unité.

La Société Brown Boveri, une des premières, s'est attachée à réaliser cette construction. Après un long examen de la question et une série d'expériences systématiques effectuées avec un four d'essai, elle a construit en 1933 un four à double tunnel de 40 m de longueur utilisé pour une température maximum de 1 300° C. Les résultats obtenus avec ce four confirmèrent plei-

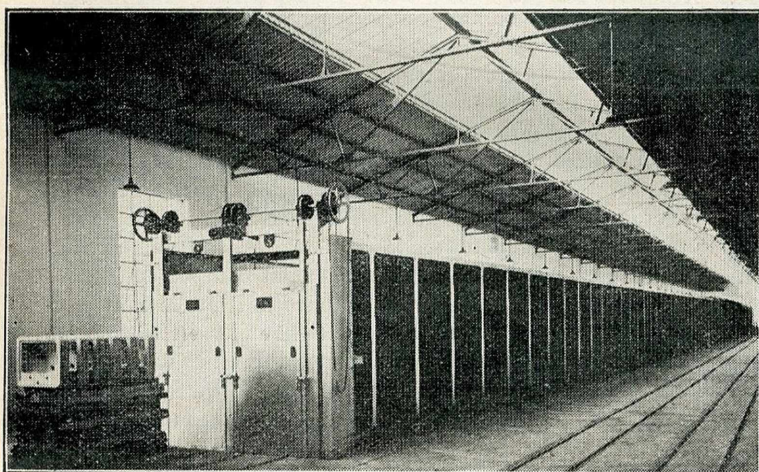


FIG. 4. — Four à double tunnel pour la cuisson de porcelaines sanitaires.  
Puissance 400 kw; — Production 12 T par 24 h; — Longueur 110 m.

nement les prévisions des calculs, et on eut ainsi la certitude de pouvoir réaliser un four donnant toute sécurité pour les fabrications céramiques, tant au point de vue régularité de production qu'au point de vue qualité des produits.

Le four tunnel s'impose d'autant plus qu'il a une grande souplesse : il est, en effet, possible de faire varier la production dans d'assez larges limites en agissant simplement sur la vitesse de déplacement des wagonnets. On peut ainsi adapter la fabrication à la demande du marché.

La figure 4 représente un four à double tunnel installé à la Société Materiali Refrattari, à Milan, pour la cuisson d'appareils sanitaires, en une seule opération.

Ce four est constitué par deux tunnels juxtaposés communiquant entre eux aux deux extrémités; seule la partie centrale à haute température est séparée. Les objets à traiter sont chargés sur les chariots et traversent chacun des deux tunnels en sens inverses; ainsi, les objets en cours de refroidissement cèdent une partie de leurs calories à ceux qui entrent dans l'autre tunnel, permettant une récupération importante de chaleur.

Le réglage de la température est réalisé automatiquement dans chacune des zones au moyen de dix-huit régulateurs.

Le service du four ne nécessite qu'un seul homme à chaque extrémité, pour assurer l'enfournement et le défournement des wagonnets.

En dessous du four et sur toute la longueur est prévue une galerie permettant le passage d'un homme pour l'inspection et les réparations éventuelles en marche. A l'une des extrémités de cette galerie est situé le mécanisme d'avancement des wagon-

nets, qui se déplacent régulièrement et d'une façon continue.

Les caractéristiques de ce four sont : longueur 110 m, puissance 400 kw, dimensions de chaque tunnel 750 × 820 mm, production nette 12 T par 24 h, consommation 0,87 kwh/kg.

#### E. FOURS TUNNELS POUR LA PORCELAINE DURE

Le problème le plus important, et qui a présenté le plus de difficultés pour sa réalisation, est la cuisson de la porcelaine dure qui, ainsi que nous l'avons indiqué précédemment, doit être effectuée dans des conditions d'atmosphère bien déterminées et variables avec la température.

D'autre part, ce produit exige une température plus élevée, de l'ordre de 1 380 à 1 425° suivant les qualités.

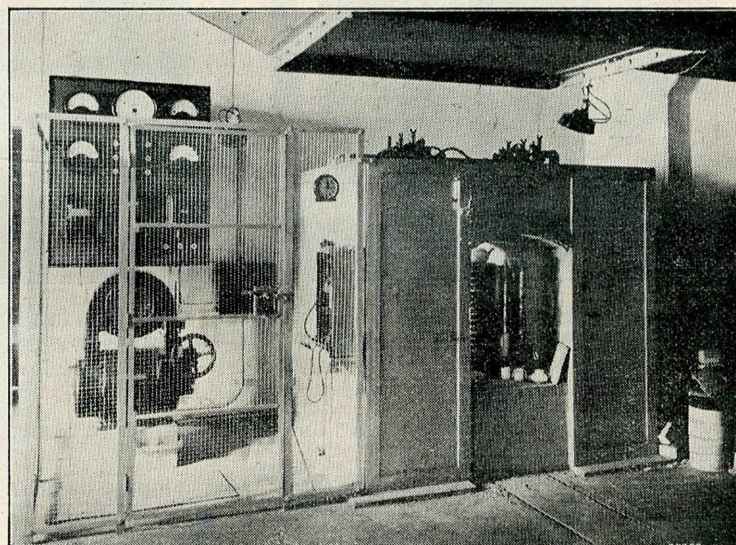


FIG. 5. — Four à moufle ayant servi aux essais de cuisson électrique de la porcelaine dure à Langenthal.

L'obtention de porcelaine dans des fours électriques à moufle n'a présenté aucune difficulté; on utilise des fours analogues à ceux des figures 1 et 5.

Les résistances de chauffage sont réalisées avec des éléments Globar alimentés au moyen d'un variateur de tension (régulateur à noyaux tournants, régulateur d'induction, etc...) permettant de compenser les modifications de leur résistance.

L'atmosphère réductrice est réalisée par injection de gaz de gazogène à charbon de bois, par exemple.

Lorsqu'il s'est agi d'appliquer ce procédé dans les fours tunnels, on s'est heurté à une grosse difficulté du fait qu'il y a lieu de créer dans le four une atmosphère tantôt oxydante, tantôt réductrice, suivant les phases de l'opération.

Dans les fours à combustibles, c'est-à-dire dans les fours ronds chauffés au charbon, employés en général jusqu'à ce jour, les variations d'atmosphère sont réalisées par l'étranglement ou l'ouverture de l'amenée d'air, mais cela présente l'inconvénient de produire de la suie, préjudiciable à la qualité de la porcelaine.

Le premier four électrique à double tunnel pour la cuisson de la porcelaine dure a été installé à la fabrique de porcelaine de Langenthal et mis en route le 15 mai 1937; il fonctionne depuis sans aucune interruption.

La construction de ce four n'a été décidée qu'après plusieurs années d'essais exécutés dans un four à moufle (fig. 5).

Ce four a la même section qu'un four tunnel et il est possible d'y introduire un chariot; on se trouvait ainsi placé dans des conditions analogues à celles de l'installation à réaliser. Ces essais ont eu pour but de déterminer la courbe de température

nécessaire pour la cuisson, et également les différentes conditions d'atmosphère en fonction de cette courbe de température.

La collaboration des électriciens (Société Brown Boveri) et des céramistes (Fabrique de Langenthal) a permis la mise au point de la production automatique de l'atmosphère réductrice, de composition donnée, devant régner dans une partie du four tunnel.

Ce four (fig. 6 et 7) est installé dans un bâtiment neuf, de

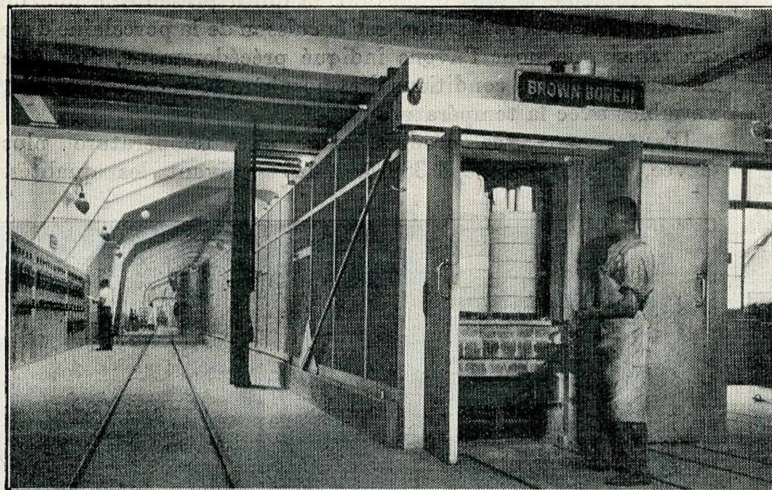


Fig. 6. — Four électrique à double tunnel de la Fabrique de porcelaine de Langenthal pour la cuisson de porcelaine dure. Côté entrée du biscuit et sortie de la porcelaine.

Puissance 600 kw; — Production 3 500 kg de porcelaine par 24 h; — Longueur 90 m.

120 m de long et 20 m de large. A l'une des extrémités se trouve l'atelier d'émaillage.

Le four a une longueur totale de 90 m; il est composé de deux tunnels juxtaposés de sections différentes; le tunnel à plus faible section est utilisé pour la cuisson du dégourdi ou biscuit à la température de 900 à 1 000° C. Ce tunnel est chauffé uniquement par récupération de la chaleur cédée par le tunnel à haute température, de plus forte section et dans lequel s'opère la cuisson proprement dite de la porcelaine.

Les wagonnets circulent en sens inverses dans les deux tunnels.

L'atelier d'émaillage étant à l'extrémité du tunnel, côté sortie du dégourdi, les produits sont revêtus de la couche d'émail et introduits immédiatement dans l'autre tunnel. On réduit ainsi au minimum la manutention, et par suite les risques de casse et de rebut. A la sortie du four, la porcelaine est dirigée sur les ateliers de décoration.

Le four comprend une armature en fers profilés avec remplissage en briques ordinaires. A l'intérieur se trouve un premier revêtement calorifuge en briques isolantes spéciales, dont l'épaisseur est variable suivant la température. Un deuxième revêtement en briques réfractaires supporte les différents éléments de résistances. Ces dernières sont, suivant la température, soit en alliage nickel-chrome, soit en alliage fer-chrome-aluminium, soit en carborundum (Globar).

Elles sont disposées le long des parois latérales du four et peuvent, s'il y a lieu, être facilement remplacées en service.

La sole du four est formée par une série de 66 wagonnets.

La plate-forme supérieure de chacun des wagonnets a reçu un revêtement en briques réfractaires dans lequel s'opère la chute de température entre l'intérieur du four et la partie inférieure des wagonnets, qui se trouve à l'air libre grâce à un couloir situé au-dessous et tout le long du four.

De plus, l'étanchéité, au point de vue thermique, est réalisée par un joint en chicane formé par ce revêtement et les piédroits du four (voir figure 6 et wagonnet de droite de la figure 7).

Au milieu du four se trouve la zone réductrice; cette dernière est fermée au moyen de deux portes en alliage spécial résistant

aux très hautes températures. Elles s'effacent automatiquement par en dessous. Ce mouvement est commandé synchroniquement avec l'avancement des wagonnets et également avec le dispositif de renouvellement de l'atmosphère réductrice.

Les caractéristiques de la cuisson (température et atmosphère) sont fonction de la distance parcourue par les wagonnets alors que, dans les fours ordinaires, elles sont fonction du temps.

Le réglage de la température est réalisé automatiquement, selon une courbe fixée à l'avance et qui est susceptible d'être modifiée à volonté suivant les objets à traiter, ce qui a permis de réduire les rebuts dans des proportions très sensibles.

Il en est de même pour la teneur en oxyde de carbone dans la zone réductrice, qui est enregistrée et réglée au moyen d'un dispositif automatique agissant sur la marche du four tout entier.

Les objets de porcelaine à cuire sont placés dans des cazettes; le four électrique permet une réduction importante du poids de ces accessoires, car ils n'ont plus qu'un rôle de support à remplir.

Dans le four rond, le rapport du poids de la porcelaine à celui de la cazetterie est de 1 à 6; dans le four actuel, ce rapport n'est plus que de 1 à 3.

La puissance de ce four est de 600 kw, la consommation d'énergie de 1 kwh/kg brut, soit environ 4 kwh/kg net; la production est de 3 500 kg par 24 h.

Jusqu'à ce jour, toutes les résistances, tant métalliques qu'en carborundum, se sont très bien comportées.

Ainsi, on peut considérer aujourd'hui que le four électrique peut être utilisé industriellement en céramique pour toutes les applications. Il permet d'obtenir une grande régularité dans la production, au point de vue qualité, en rendant la cuisson indépendante de l'habileté plus ou moins grande

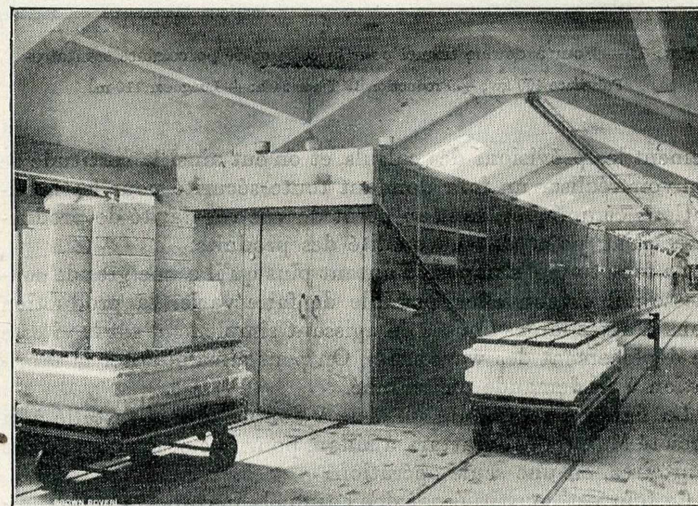


Fig. 7. — Four électrique à double tunnel de la Fabrique de porcelaine de Langenthal pour la cuisson de porcelaine dure. Côté atelier d'émaillage; à droite, chariot avec sa garniture réfractaire.

de la main-d'œuvre, puisque cette dernière n'intervient pas dans la conduite du four.

Il limite au minimum les rebuts qui grèvent lourdement l'industrie céramique.

La mise au point d'un four électrique à double tunnel pour la cuisson de la porcelaine laisse prévoir une nouvelle extension de l'utilisation de l'énergie électrique dans ce domaine.

H. MEUCHE, et R. HUGOT,  
Ingénieur à la Société Ingénieur à la  
Brown Boveri. Cie Electro-Mécanique.