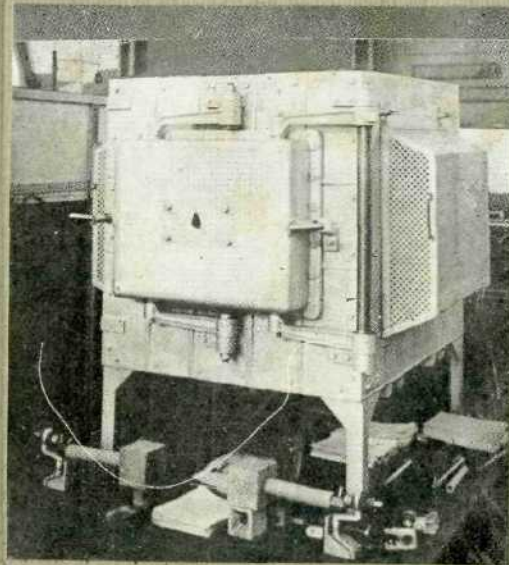


# FOURS ÉLECTRIQUES

A

## RÉSISTANCE



### MECI

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE DE CONTROLE ET INDUSTRIEL

PARIS (16<sup>e</sup>) — 4, Rue Foucault — PARIS (16<sup>e</sup>)

TÉLÉPHONE : KLÉBER 89-20

*L'usage des fours électriques tend à se substituer à celui des fours à combustible pour toutes les opérations thermiques exigeant quelque précision.*

*La supériorité des fours électriques tient en particulier aux points suivants :*

*1<sup>o</sup> L'uniformité de température est plus grande dans un four électrique que dans tout autre four.*

*2<sup>o</sup> Une mesure correcte des températures y est possible, alors que dans un four de marche moins régulière et où se fait sentir l'influence de flammes ou de gaz chauds, il n'est pas possible d'établir une relation aussi sûre entre la température des pièces et celle qui est mesurée par l'intermédiaire d'un thermocouple.*

*3<sup>o</sup> Un four électrique se prête mieux qu'un autre au réglage automatique de la température.*

*4<sup>o</sup> Il est facile d'y régler au mieux l'allure de chauffe.*

*Ces différentes considérations montrent pourquoi l'usage du four électrique permet d'obtenir des traitements corrects et réguliers et de réduire dans une proportion considérable les défauts (tapures, déformations, etc...) qu'occasionne souvent le traitement thermique des aciers.*

*Un avantage accessoire, mais non négligeable, du four électrique, est sa propreté, qui permet d'autant mieux de le placer là où on le désire et en particulier, s'il y a lieu, dans une chaîne d'usinage, qu'un four électrique bien fait dégage peu de chaleur à l'extérieur et ne saurait incommoder le personnel.*

*Les fours électriques à résistances sont tous basés sur un même principe. Ils diffèrent cependant beaucoup entre eux par leur disposition, par la qualité des matériaux employés, par le soin apporté à leur construction.*

*Il en résulte des différences importantes dans le rendement, l'uniformité de température, la possibilité de monter à des températures élevées, la durée des résistances, la facilité de changement de ces résistances, la durée du four lui-même, les possibilités d'alimentation et de réglage.*

*Nos fours ont été étudiés pour présenter à tous ces points de vue le maximum de garanties.*

*Le présent catalogue a pour but de donner quelques détails sur ceux d'entre eux qui peuvent être considérés comme fours de série.*

*Sur demande, nous pouvons proposer, soit des fours analogues de plus grandes dimensions, soit des fours spéciaux.*

*Les seuls fours mentionnés ici sont ceux que nous construisons. Pour les fours « Hunph » de trempe et « Homo » de revenu de la Leeds & Northrup Company, dont nous sommes les Agents exclusifs pour la France, il y a lieu de se reporter à notre catalogue spécial.*

*Nos fours étant équipés avec des pyromètres-potentiomètres du type Leeds & Northrup, nous avons cru bon de rappeler brièvement à la fin du présent catalogue le principe de fonctionnement de ces appareils. Nous attirons à ce sujet l'attention du lecteur sur notre pyromètre-potentiomètre différentiel, dont l'emploi peut rendre de grands services pour le traitement des grosses pièces.*

MECI.



## Renseignements à nous fournir pour l'établissement d'une proposition

Nature du courant dont on dispose.

Nature de l'opération à réaliser, de la matière à traiter (s'il s'agit d'un acier, nature de l'acier), température à laquelle se fait l'opération.

Poids, forme et dimensions des pièces.

Poids horaire à traiter.

---

## Fours à résistances métalliques

Ce sont eux qu'il y a lieu d'utiliser pour des traitements au-dessous de 1000° C. La qualité de nos fours permet même de dépasser un peu cette température.

Nous pouvons fournir à notre clientèle des fours de ce type, soit verticaux, soit horizontaux, leur description étant donnée ci-dessous.

### FOURS VERTICAUX

Les fours électriques verticaux donnent une température très uniforme.

D'autre part, leur emploi est souvent commode en raison des facilités de manutention qu'il comporte, puisqu'il est possible d'utiliser des engins de levage.

On peut ainsi traiter des pièces longues et lourdes dans des fours de grande hauteur qu'il est facile d'enterrer (fig. 1).

Toutefois, les difficultés que présente généralement le changement de résistances avariées sont une objection qui

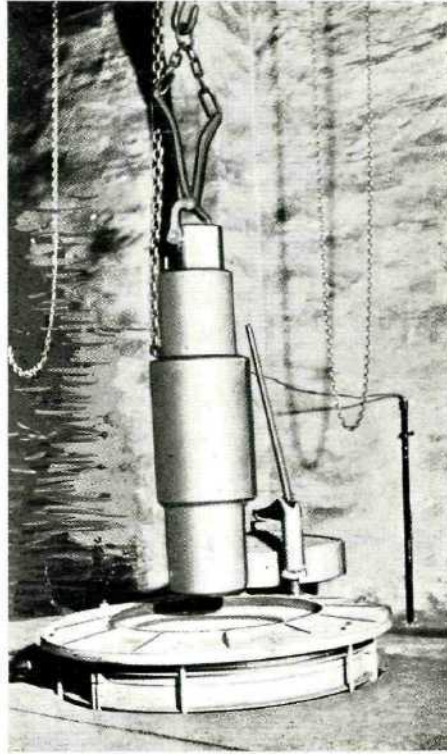


FIG. 1.

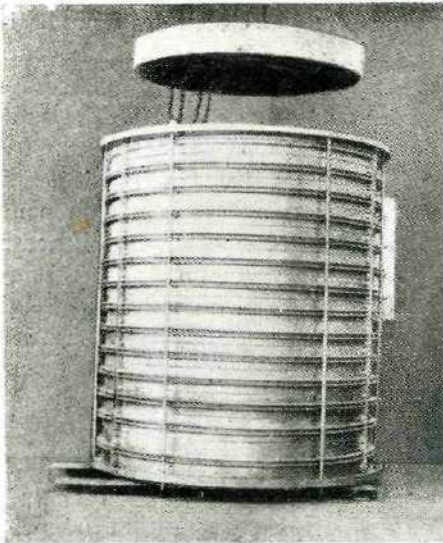


FIG. 2.

prend une importance particulière dans le cas de fours de cette profondeur.

Nos fours ont été étudiés de telle sorte que le changement des résistances puisse être effectué très facilement. Ils sont en effet constitués, comme on peut s'en rendre compte sur la figure n° 2, par un certain nombre de sections assemblées. La résistance du four est formée par l'ensemble des résistances logées dans chacune des sections.

\*

Il est possible de démonter très facilement et rapidement une section pour changer l'élément de résistance avarié.

Cette constitution en sections indépendantes permet de connecter à volonté les éléments, de manière à utiliser le mode d'alimentation adéquat.

Dans un très grand four où on recherche une uniformité de température absolue, elle permet de le distribuer en plusieurs zones et de régler la température automatiquement dans chaque zone.

Nous donnons ci-dessous une liste de fours indiquant les diamètres de nos fours de série. En ce qui concerne les hauteurs, il est bien évident que l'adjonction d'anneaux nouveaux permet de réaliser à volonté des hauteurs diverses.

### FOURS VERTICAUX POUR TEMPÉRATURES JUSQU'A 1.000° C.

Type	Diamètre intérieur	Profondeur intérieure
Cx.....	250 mm.	375 mm. et au-dessus
C-II.....	350 —	480 — —
C-III.....	500 —	480 — —
C-IV.....	750 —	730 — —
C-V.....	1.100 —	730 — —

### FOURS HORIZONTAUX

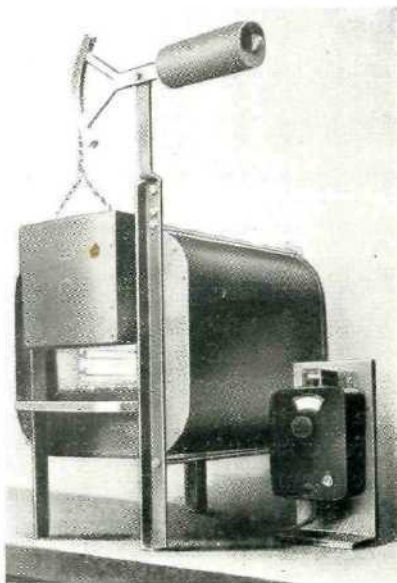


FIG. 3.

Une constitution en anneaux présenterait un intérêt moindre pour des fours horizontaux et serait d'une réalisation plus délicate.

Nos fours horizontaux ont donc une autre disposition, mais celle-ci comporte également l'emploi d'éléments de résistances indépendants. On peut ainsi, comme pour les fours verticaux, connecter ces éléments de la façon la plus appropriée et les remplacer isolément en cas d'avarie.

Les résistances sont logées dans des encoches. Chaque élément a la forme « d'épingle à cheveux » et occupe par conséquent deux encoches.

On voit que le remplacement d'un élément avarié est extrêmement simple.

D'autre part, la disposition adoptée permet de loger dans chaque four le maximum de puissance.

Ce point est capital pour un four électrique. Joint aux qualités d'isolement de nos fours, il nous permet d'arriver, sans surchauffage des résistances, à des températures élevées.

Les résistances logées dans les encoches sont ondulées suivant une certaine loi, de manière à tenir compte des pertes de chaleur au voisinage de la porte et à maintenir, malgré ces pertes, une température uniforme à l'intérieur du four.

Nos fours horizontaux vont du petit four de laboratoire (fig. 3), utilisable également à l'atelier pour le traitement de petites pièces et de petit outillage, aux grands fours, utilisables dans les usines métallurgiques pour la cémentation, le recuit, la trempe et le revenu de pièces de grandes dimensions (fig. 4).

Le tableau ci-dessous donne la liste de nos fours de série en ce qui concerne les sections.

Les longueurs de ces fours peuvent être très variées.

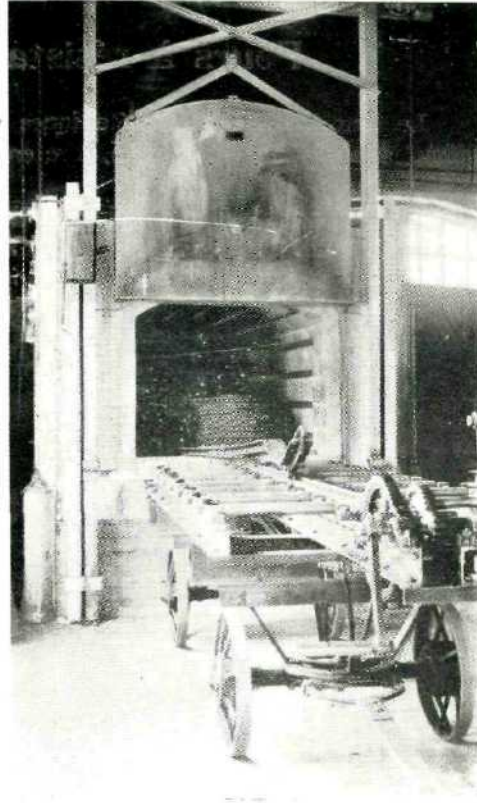


Fig. 4.

#### FOURS HORIZONTAUX POUR TEMPÉRATURES JUSQU'A 1.000° C.

Type	Largeur intérieure	Hauteur intérieure	Profondeur intérieure
N-I .....	170 mm.	130 mm.	300 et 520 mm.
N-II .....	300 —	175 —	400 mm. et au-dessus
N-III .....	450 —	250 —	600 — —
N-IV .....	550 —	375 —	800 — —
N-V .....	650 —	500 —	800 — —
N-VI .....	900 —	650 —	1.400 — —
N-VII .....	1.100 —	845 —	1.400 — —

## Fours à résistances "Globar"

Le four à résistances métalliques est utilisable jusqu'à 1.000° C. Il peut même, avec notre construction, être employé pour des températures légèrement supérieures.

Quand on reste dans ces limites, il est toujours préférable de s'en tenir à ce genre de fours, qui donne aux températures relativement basses un chauffage uniforme et suffisamment lent.

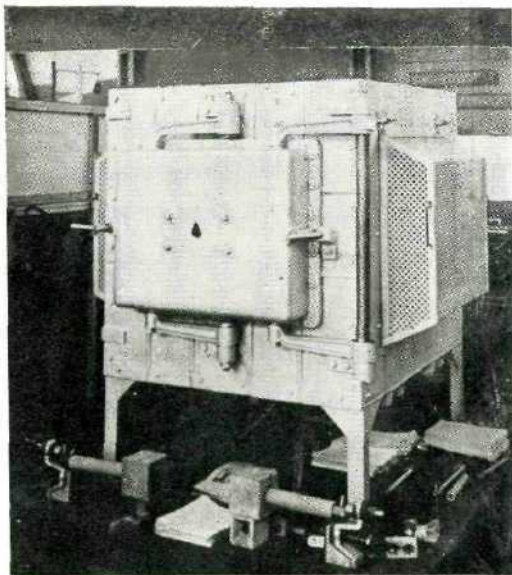


FIG. 5.

Mais la chose n'est plus possible pour des températures plus élevées, par exemple pour le chauffage avant trempe de l'acier rapide ou pour un grand nombre de cuissons céramiques.

On est alors amené à utiliser des fours (fig. 5) à résistances non métalliques à base de carborundum, qui ont la forme de baguettes.

Celles que nous employons pour nos fours sont des résistances marque « Globar », qui présentent en particulier sur des produits similaires l'avantage d'avoir une meilleure résistance mécanique et de ne pas s'effriter.

Avec les fours de notre construction et en prévoyant un refroidissement par eau des extrémités des résistances, il est

possible d'atteindre une température de 1.400° C.

L'emploi de fours de ce type nécessite parfois un système de préchauffage, car, aux basses températures, ils donnent un chauffage trop brutal.

Ceci est d'importance réduite dans le cas de pièces compactes et de forme régulière, de dimensions moyennes, comme, par exemple, les outils de tour.

Au contraire, pour traiter des pièces comme des fraises ou des matrices, il est essentiel d'avoir un chauffage uniforme et de chauffer assez lentement jusqu'aux environs de 800° C.

Il est alors nécessaire de prévoir une installation de préchauffage.

Celle-ci peut être constituée par un four séparé à résistances métalliques. C'est une solution recommandable, car elle donne un chauffage plus uniforme et permet de mieux graduer la chauffe. Il est par ailleurs à noter qu'un tel four peut en même temps trouver son utilisation à d'autres travaux quand le four « Globar » n'est pas en service ou est utilisé à des traitements qui ne nécessitent pas de préchauffage.

Toutefois, pour donner satisfaction à ceux de nos clients qui recherchent une installation plus compacte et un peu moins coûteuse, nous pouvons également fournir des fours « Global » comportant une chambre de préchauffage, celle-ci étant chauffée par en bas par la chaleur venant de la chambre « Global », par en haut par des résistances métalliques (fig. 6).

Il est une autre question qui préoccupe beaucoup d'industriels : c'est celle des moyens à mettre en œuvre pour éviter l'oxydation.

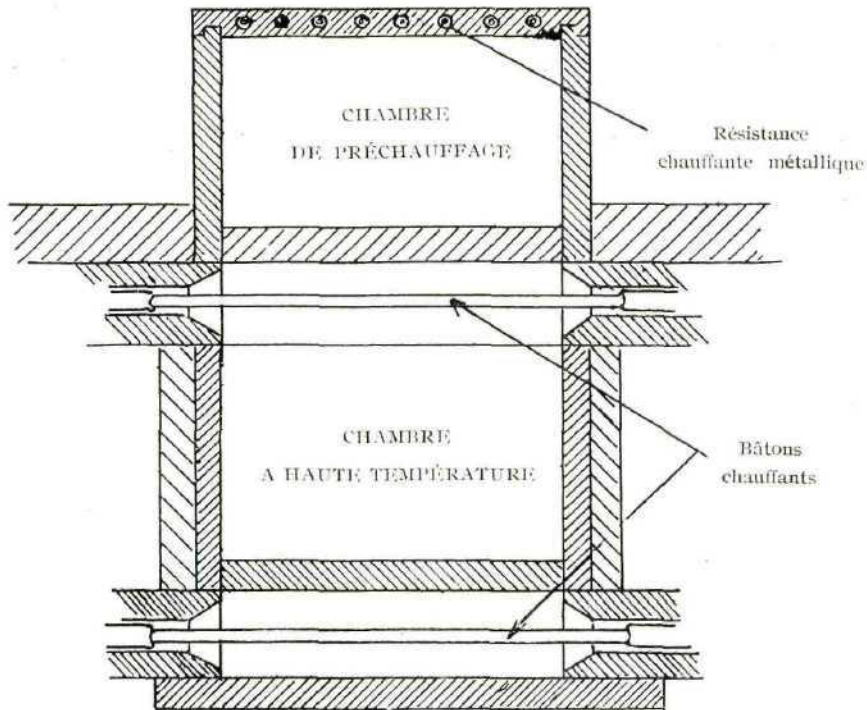


FIG. 6.

Une telle préoccupation n'existe aux températures inférieures à 1.000° C. que dans des cas très spéciaux.

Par contre, aux températures élevées réalisées dans les fours « Global », on est souvent obligé d'en tenir compte.

Là encore, cependant, la question a plus ou moins d'importance suivant le travail envisagé, et une protection contre l'oxydation est beaucoup plus souhaitable par exemple pour le chauffage avant trempe de fraises en acier rapide que pour celui d'outils de tour.

Un procédé assez courant consiste à remplir la chambre de chauffe de gaz d'éclairage. Toutefois, ce procédé n'est pas absolument sans danger et peut nuire dans certains cas à la qualité du traitement.





Nous pouvons offrir sur demande des fours comportant un système de protection, dont l'aménagement est plus coûteux, mais qui présente plus de garanties.

Ce système consiste, à protéger la chambre de trempe par un rideau de gaz combustible brûlé dans une chambre séparée. Le réglage des constituants des gaz brûlés, gaz d'éclairage par exemple et air, se fait en agissant sur des vannes et en se reportant aux indications de manomètres de telle façon que, par la suite, il soit toujours possible de retrouver la composition du mélange ayant donné les résultats désirés. Un dispositif spécial automatique augmente le débit des gaz quand on ouvre la porte du four, de façon à empêcher toute introduction d'air dans le four.

On trouvera ci-dessous les dimensions les plus usuelles de nos fours « Global ».

Nous pouvons, en outre, proposer des fours spéciaux pour la forge. Les fours de forge sont en effet des fours à chauffage rapide et qu'il est préférable de chauffer avec des résistances « Global ».

#### FOURS « GLOBAL » HORIZONTALS A UNE CHAMBRE POUR TEMPÉRATURES JUSQU'A 1.400° C.

Type	Largeur	Hauteur	Profondeur
B <sub>1</sub> .....	85 mm.	80 mm.	120 mm.
B <sub>4</sub> .....	160 —	120 —	250 —
B <sub>6</sub> .....	200 —	150 —	300 —
B <sub>8</sub> .....	250 —	180 —	400 —
B <sub>11</sub> .....	300 —	200 —	500 —
B <sub>11</sub> .....	400 —	300 —	600 —

#### FOURS « GLOBAL » HORIZONTALS A 2 CHAMBRES, DONT UNE POUR TEMPÉRATURES JUSQU'A 1.400° C., L'AUTRE JUSQU'A 1.000 C.

Type	Chambre à 1.400° C.			Chambre à 1.000° C.		
	Largeur	Hauteur	Profond.	Largeur	Hauteur	Profond.
C <sub>1</sub> .....	85 mm.	85 mm.	120 mm.	85 mm.	65 mm.	120 mm.
C <sub>4</sub> .....	160 —	120 —	250 —	160 —	95 —	250 —
C <sub>6</sub> .....	200 —	150 —	300 —	200 —	120 —	300 —
C <sub>8</sub> .....	250 —	180 —	400 —	200 —	145 —	400 —
C <sub>11</sub> .....	300 —	200 —	500 —	300 —	160 —	500 —



**FOURS « GLOBAL » HORIZONTALS A UNE CHAMBRE AVEC PROTECTION GAZEUSE POUR TEMPÉRATURES JUSQU'A 1.400° C.**

Type	Largeur	Hauteur	Profondeur
HS-00.....	100 mm.	75 mm.	225 mm.
HS-10.....	125 —	100 —	300 —
HS-20.....	175 —	150 —	300 —
HS-30.....	225 —	150 —	450 —
HS-40.....	275 —	200 —	600 —

**FOURS « GLOBAL » VERTICAUX A UNE CHAMBRE AVEC PROTECTION GAZEUSE POUR TEMPÉRATURES JUSQU'A 1.400° C.**

Type	Dimensions de l'ouverture	Profondeur
VHS-40.....	100 × 100 mm.	900 mm.
VHS-60.....	150 × 150 —	1.050 —
VHS-90.....	150 × 150 —	1.800 —

## Tableaux de contrôle

Chaque four est généralement accompagné d'un tableau de contrôle qui comporte les divers accessoires suivants montés sur un panneau en tôle émaillée,

**A l'arrière**, on trouve en général :

Des coupe-circuits principaux;

Un contacteur avec pôles à soufflage magnétique et son relais auxiliaire;

Un système permettant d'obtenir une gamme de vitesses de chauffage du four et qui consiste, soit en un inverseur modifiant le couplage des divers éléments chauffants, soit en un auto-transformateur avec commutateur de prises, permettant d'alimenter le four sous différentes tensions;

Un coupe-circuit pour le circuit d'alimentation du contacteur.

**A l'avant :**

Un emplacement pour le pyromètre;

Un interrupteur pour le moteur du pyromètre;

Un interrupteur pour le circuit d'alimentation du contacteur;

Une lampe-témoin;

Une poignée de manœuvre de l'inverseur de couplage ou un volant de commande du commutateur de prises.

En outre, par l'adjonction éventuelle d'une horloge à contact, on peut, soit mettre en marche, soit arrêter le four automatiquement à un moment déterminé. Ceci présente un gros intérêt, surtout lorsque l'on désire utiliser le courant de nuit dans des opérations d'assez longue durée telle que la cémentation.

## Pyromètres-Potentiomètres type Leeds & Northrup

Les pyromètres thermo-électriques habituellement employés pour la mesure des températures dans les traitements thermiques ont, dans leurs indications, même quand ils sont bien construits, des variations d'une importance telle qu'elles dépassent de beaucoup la tolérance admissible pour des traitements thermiques corrects.

De là des irrégularités dans les produits qu'ont bien remarquées les industriels et qui les font douter souvent de l'opportunité de l'emploi même du pyromètre.

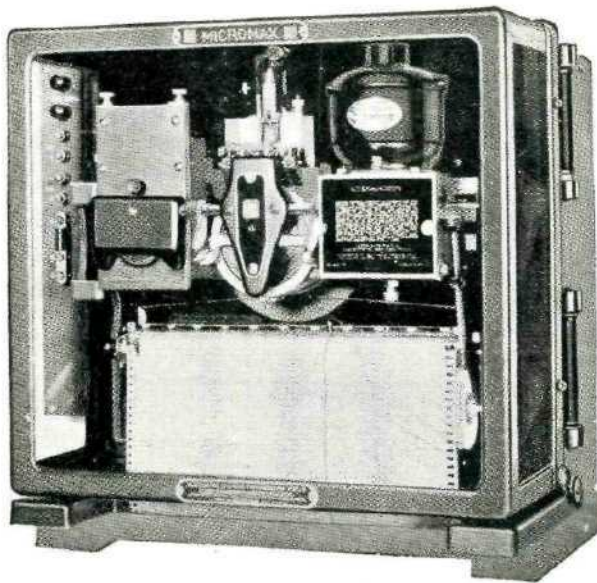


FIG. 7.

Les variations des pyromètres courants proviennent pour une grande part de ce que ce sont des millivoltmètres qui mesurent la force électromotrice du thermocouple par l'intensité du courant qu'elle fait passer dans le circuit pyrométrique.

Or, la résistance d'un tel circuit varie constamment par suite de variations de températures le long du circuit, et notamment dans l'appareil lui-même, et de variations de résistances de contact aux bornes de l'appareil et, éventuellement, dans le commutateur.

Le pyromètre-potentiomètre élimine ces erreurs en mesurant directement la force électromotrice du thermocouple sans que celui-ci débite aucun courant.

Le principe de la mesure est indiqué sur le schéma ci-contre (fig. 8) : le couple thermoélectrique H est opposé au potentiomètre DGE. On déplace le curseur G jusqu'à ce que le galvanomètre soit au zéro ; à ce moment, la tension du potention-

mètre est égale à la force électromotrice du thermocouple et on fait la lecture.

En dehors des erreurs dont il est parlé ci-dessus, cette méthode élimine celles dues à l'appareil de mesure lui-même : variations d'aimantation, variations de la force antagoniste, etc., puisqu'on emploie une méthode de zéro.

Enfin, l'appareil est muni d'un dispositif de compensation automatique de la soudure froide, ce qui dispense de faire la correction de soudure froide. Il est toujours ennuyeux d'avoir à faire une correction de ce genre dans un atelier; la mesure de la température de soudure froide y est souvent faite de façon approximative, et, par ailleurs, si on ajoute, comme cela a lieu le plus souvent, cette température à celle lue sur l'appareil, on fait une correction inexacte.

Nous renvoyons, pour plus de détails sur tous ces points, à notre notice spéciale concernant nos pyromètres. Nous avons seulement voulu expliquer ici pourquoi nous tenons, autant que possible, à équiper nos fours électriques avec des pyromètres-potentiomètres à compensation automatique de soudure froide, dût le prix total de l'installation en devenir un peu plus élevé.

Un des avantages principaux du four électrique est de rendre facile la mesure des températures et le réglage de la chauffe, de manière à toujours reproduire dans les mêmes conditions optima un traitement déterminé. Ceci suppose évidemment l'emploi d'un pyromètre sur la fidélité duquel on puisse compter; il serait tout à fait illogique de faire l'achat d'un four électrique et de le munir, sous prétexte d'économie, d'un pyromètre inexact.

Enfin, il y a toujours avantage à prévoir pour un tel four un pyromètre pouvant donner le réglage automatique de la température. La sûreté de fonctionnement des régulateurs type « Leeds et Northrup », qui fonctionnent pendant des années sans un incident, est une nouvelle raison déterminante de leur emploi.

### RÉGLAGE AUTOMATIQUE DE L'ALLURE DE CHAUFFE PAR UN PYROMÈTRE RÉGULATEUR DIFFÉRENTIEL

Le réglage de l'allure de chauffe peut avoir, dans certains cas, une grande importance. Les déformations, criques, tapures et autres défauts dus aux traitements thermiques n'ont souvent pas d'autre raison qu'une inégalité de température exagérée entre différents points de la pièce au cours du chauffage. Certains métallurgistes ne s'en sont aperçus qu'après avoir cherché bien loin pendant longtemps les causes d'accidents de ce genre.

Le réglage de cette allure de chauffe est d'autant moins simple que la chaleur absorbée par la pièce aux points de transformation complique le problème.

Dans le cas de pièces importantes et où on désire que ce réglage soit bien fait,

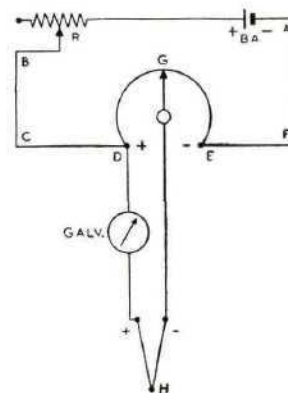


FIG. 8.



nous conseillons l'emploi de notre pyromètre différentiel qui l'effectue automatiquement.

Un thermocouple est placé très près de la pièce en un point correspondant à l'endroit le plus froid qu'il est possible d'atteindre. Un autre thermocouple est placé à l'extérieur de la pièce au point le plus chaud.

Le pyromètre enregistre, d'une part, la température donnée par le premier thermocouple, et d'autre part la différence entre la température des deux thermocouples. Il règle automatiquement l'allure de chauffe, de manière que cette différence reste constante et égale à une valeur fixée à l'avance.

Bien entendu, quand la pièce est introduite dans un four déjà plus ou moins chaud, cette condition n'est pas remplie d'emblée; le pyromètre ne donne automatiquement le courant, que quand un équilibre s'est établi pour qu'il en soit ainsi.

### **PYROMÈTRE RÉGULATEUR A PROGRAMME**

Pour certains traitements, il est nécessaire de chauffer suivant une certaine loi, c'est-à-dire de réaliser un chauffage tel que la courbe temps-température qui sera enregistrée par le pyromètre soit exactement conforme à une courbe déterminée à l'avance.

Nous sommes en mesure de proposer, dans ce cas, des pyromètres-potentiomètres à programme réglant l'allure de chauffe de manière à résoudre automatiquement ce problème.

