

D'après ce que nous avons démontré la fonction F a les valeurs suivantes :

$$\text{pour } t \text{ compris entre : } \begin{cases} 0 \text{ et } \frac{2l}{a}, \\ \frac{4l}{a} \text{ et } \frac{6l}{a}, \\ \frac{8l}{a} \text{ et } \frac{10l}{a}. \end{cases} \quad F(t) = \frac{av_0}{2g} + \frac{y_0}{2}$$

$$\text{pour } t \text{ compris entre : } \begin{cases} \frac{2l}{a} \text{ et } \frac{4l}{a}, \\ \frac{6l}{a} \text{ et } \frac{8l}{a}. \end{cases} \quad F(t) = \frac{av_0}{2g} - \frac{y_0}{2}$$

D'ailleurs, en un point quelconque M de la conduite situé à une distance x de l'extrémité aval, on a $AM = x$.

$$y = y_0 + F\left(t - \frac{x}{a}\right) - E\left(t - \frac{2l}{a} + \frac{x}{a}\right).$$

Etudions par exemple le graphique des pressions en C, premier tiers amont. Le manomètre est placé en C :

$$AC = \frac{2l}{3}$$

on a :

$$\begin{aligned} \text{époque } \frac{2l}{a}, y &= y_0 + F\left(\frac{2l}{a} - \frac{2l}{3a}\right) - F\left(\frac{2l}{a} - \frac{2l}{a} + \frac{2l}{3a}\right) = y_0 \\ \text{époque } \frac{3l}{a}, y &= y_0 + F\left(\frac{3l}{a} - \frac{2l}{3a}\right) - F\left(\frac{3l}{a} - \frac{2l}{a} + \frac{2l}{3a}\right) = 0 \\ \text{époque } \frac{4l}{a}, y &= y_0 + F\left(\frac{4l}{a} - \frac{2l}{3a}\right) - F\left(\frac{4l}{a} - \frac{2l}{a} + \frac{2l}{3a}\right) = y_0 \\ \text{époque } \frac{5l}{a}, y &= y_0 + F\left(\frac{5l}{a} - \frac{2l}{3a}\right) - F\left(\frac{5l}{a} - \frac{2l}{a} + \frac{2l}{3a}\right) = 2y_0 \end{aligned}$$

Le cliché 15 donne l'inscription de la pression, en c, au moyen du graphique 15 et du graphique correspondant pris à l'extrémité aval, on peut, en distinguant les secondes par un signal, vérifier la concordance des phases.

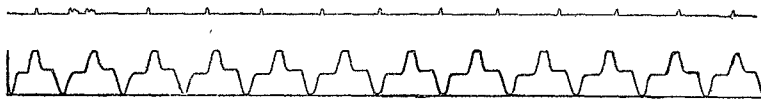


Fig. 15 - Résonance du fondamental; premier tiers amont.

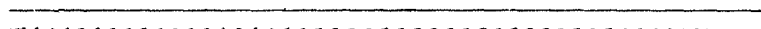


Fig. 16 - Résonance de l'harmonique 3 au deuxième tiers aval.

VIII. — RÉPARTITION DE L'HARMONIQUE 3 LE LONG DE LA CONDUITE.

Dans certaines conduites industrielles, nous avons remarqué, avec M. Eydoux, l'existence de l'harmonique 3.

La répartition de cet harmonique est évidente, il présente un nœud en A et en C et un ventre en B et en D.

La pression au deuxième tiers aval B sera constante et égale à y_0 dans le cas d'une conduite horizontale.

Les formules l'indiquent également.

On a en B :

$$y = y_0 + F\left(-\frac{l}{3a}\right) - F\left(t - \frac{2l}{a} + \frac{l}{3a}\right) = y_0.$$

puisque la fonction F a $\frac{4l}{3a}$ comme période.

Le cliché 16 représente l'inscription de la pression au deuxième tiers aval au moment de la résonance de l'harmonique 3.

Prenons le premier tiers amont C. Les surpressions en A

et C seront décalées d'une demi-période, c'est-à-dire constamment égales et de signes contraires.

La pression en A est :

$$y_A = y_0 + F(t) - F\left(t - \frac{2l}{a}\right);$$

en C :

$$y_C = y_0 + F\left(t - \frac{2l}{3a}\right) - F\left(t - \frac{2l}{a} + \frac{2l}{3a}\right).$$

Or :

$$F(t) - F\left(t - \frac{2l}{a}\right) = -F\left(t - \frac{2l}{3a}\right) + F\left(t - \frac{2l}{a} + \frac{2l}{3a}\right),$$

toujours pour la même raison.

Donc :

$$\begin{cases} y_A = y_0 + \delta. \\ y_C = y_0 - \delta. \end{cases}$$

Pendant la résonance de l'harmonique 3, l'amplitude de la surpression est donc la même au premier tiers amont et à l'extrémité aval de la conduite.

Le décalage d'une demi-période des pressions en A et C se vérifie aisément en observant, au moment de la résonance de l'harmonique 3, les équipages mobiles des deux manomètres placés en A et C ; c'est même un procédé qui permet de régler avec précision la vitesse du robinet tournant, pour obtenir la résonance de cet harmonique.

Le cliché 17 représente l'inscription de la pression en C au premier tiers amont. La pression est sensiblement doublée par la résonance comme à l'extrémité aval.

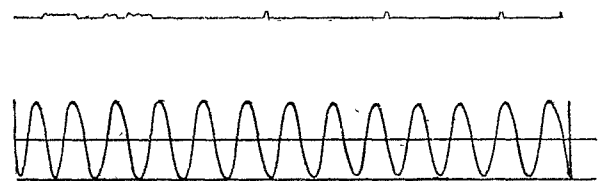


Fig. 17. — Harmonique 3; premier tiers amont.

J'attire l'attention des industriels sur le cliché 17 qui montre la nécessité du renforcement des conduites au premiers tiers amont, lorsque l'harmonique 3 a une tendance marquée à se produire. Il ne faudrait pas croire d'ailleurs que les harmoniques ne se produisent que sous l'influence des régulateurs des turbines, ils peuvent prendre naissance spontanément dans des fermetures ; quand celles-ci ne sont que partielles, le grand amortissement supprime tout danger, il n'en est pas de même à la fin de la fermeture. C'est là encore un point sur lequel je me propose de revenir ultérieurement.

(A suivre.)

G. CAMICHEL,

Professeur à la Faculté des Sciences,
Directeur de l'Institut électrotechnique de Toulouse.

LES FOURS A INDUCTION ET LEUR APPLICATION dans l'industrie du fer et de l'acier






CHAPITRE PREMIER

APERÇU HISTORIQUE

Les fours à induction employés jusqu'à présent dans l'industrie sont des transformateurs dont le secondaire est formé d'une seule spire en court-circuit, dans laquelle la densité de courant est telle que le conducteur qui forme la spire est maintenu à l'état de fusion.

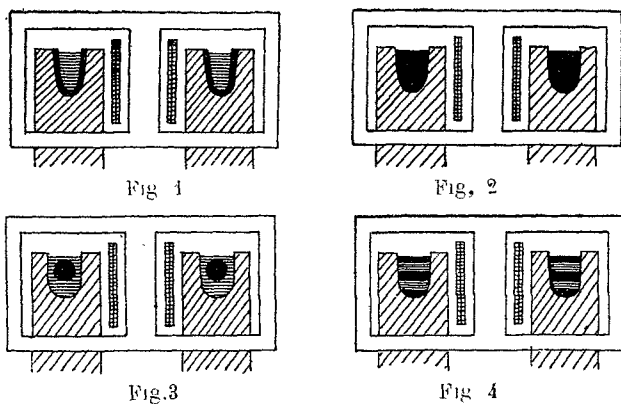
Le premier projet d'emploi industriel de ces fours remonte au brevet anglais, Ziani de Ferranti, numéro 700 de l'année 1887. Sans parler, pour le moment, de l'agencement au point de vue électrique des fours proposés par Ferranti, je vais résumer brièvement et représenter par des croquis schématiques les modes de production de la chaleur qu'il voulait appliquer. Pour ce qui est des positions relatives du circuit magnétique, de la bobine primaire et du canal annulaire de fusion, j'adopterai, dans ces croquis, le type le plus usuel, celui des fours Kjellin.

Convenons de plus que la signification des hachures sera la suivante :

-  Diélectriques fondus.
-  Circuit magnétique.
-  Conducteurs.
-  Bobine primaire.
-  Diélectriques infusibles.

Cela posé, voici quels étaient les procédés considérés par Ferranti.

1. Echauffement de corps non conducteurs à l'état froid remplissant des canaux en matière conductrice (figure 1).
2. Echauffement d'un conducteur remplissant un canal construit en matière infusible non conductrice à l'état froid (figure 2).
3. Echauffement par le moyen d'un noyau en matière conductrice d'un corps non conducteur remplissant le canal de fusion (figure 3).
4. Echauffement de couches alternées de matières conductrices et non conductrices, remplissant le canal de fusion.



Par ce brevet de Ferranti, les divers procédés d'échauffement des fours à induction étaient définitivement fixés. Que ce brevet n'ait pas, à son époque, attiré l'attention et n'ait pas eu d'application pratique, cela tient probablement au peu de développement qu'avait alors la technique des courants alternatifs et au défaut de sources d'électricité à bon marché dans les centres industriels. Le brevet de Ferranti ne fut tiré de l'oubli que lorsque d'autres constructeurs eurent obtenu des résultats pratiques. Mais étant donné la généralité des conceptions du brevet Ferranti, les projets ultérieurs, dont quelques-uns, arrivèrent à une réalisation industrielle, ne purent viser que des modifications dans la construction des fours ou la recherche de données électriques mieux appropriées.

Vers la fin de l'année 1880, l'américain Dewey fit le projet d'échauffer, par induction, des cercles de roues et de les dilater ainsi. Vint ensuite, en 1890, Colby avec un brevet également américain, pour un four à induction ; et lorsqu'enfin le Suédois Kjellin eût construit à Gysinge, en 1899, le premier four à induction pour l'obtention de l'acier et

l'eût amené dans les années suivantes à être utilisable industriellement, alors les brevets les plus divers relatifs à ces fours se succédèrent rapidement. Avant tout, signalons que tous ces fours appliquent le deuxième procédé d'échauffement, ci-dessus exposé (corps conducteurs remplissant un canal en matière conductrice) et visent presque exclusivement la production du fer et de l'acier, encore que les termes des brevets revendiquent des applications plus étendues.

CHAPITRE II

CLASSIFICATION DES FOURS A INDUCTION D'APRÈS LEUR AGENCEMENT ÉLECTRIQUE.

Les principaux types de fours à induction actuellement connus se divisent en deux groupes à savoir :

Fours à induction pure. — Dans lesquels la matière à fondre est répartie dans tout l'anneau secondaire et n'est échauffée que par induction, et *fours mixtes* dans lesquels on a ajouté une matière résistante infusible qui est directement échauffée par le courant primaire ou qui constitue une partie du circuit secondaire.

Il est à remarquer par ailleurs que dans les opérations sidérurgiques — qui sont évidemment les plus importantes à considérer, — le métal liquide est couvert d'une couche plus ou moins épaisse de scories c'est-à-dire de substances chimiques (silicates) qui se comportent comme des conducteurs de la seconde classe. Or les deux conducteurs, le métal et la scorie, peuvent dans les fours être placés en parallèle ou en série. Il y a là le principe d'une nouvelle subdivision.

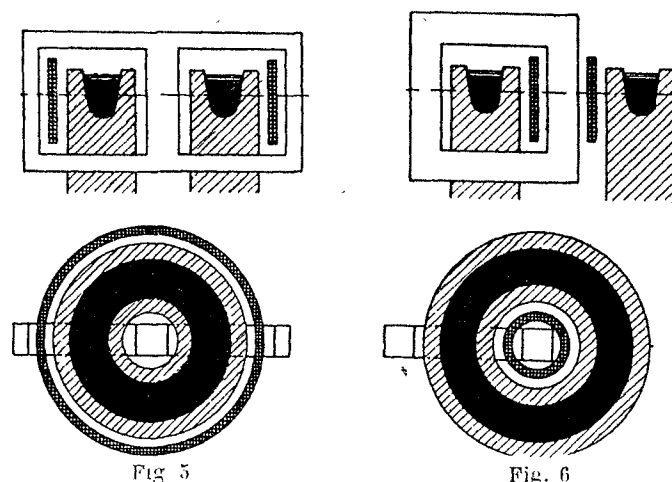
§ 1. — Fours à induction pure.

A. *Métal et scorie sont en parallèle.* — Le courant secondaire se partage entre les deux conducteurs en raison de leur conductibilité. Dans ce type le canal de fusion est sensiblement horizontal et contient donc dans toute son étendue deux couches liquides non miscibles.

a Le métal liquide a dans toute l'étendue du canal la même section, abstraction faite des petites variations qui pourraient résulter d'une usure irrégulière des revêtements du four dans ses différentes parties. La température du bain sera alors uniforme.

La bobine primaire est cylindrique. Le four correspond alors à un transformateur à enroulements cylindriques.

1) *Four de Colby, 1890.* (Fig. 5). — La bobine primaire et le canal de fusion sont concentriques, la bobine entourant le canal. Le circuit magnétique constitue deux anneaux accolés.



2) *Four de Kjellin, 1900.* (Fig. 6). — La bobine primaire et le canal de fusion sont concentriques. Le canal entoure la bobine. Le circuit magnétique forme une simple boucle.

3) *Four de Kjellin, 1905.* (Fig. 7). — La seule différence avec le précédent c'est que le circuit magnétique forme une double boucle.

4) *Four de Hjorth, 1905.* (Fig. 8). — La bobine primaire et le canal sont extérieurs l'un à l'autre. Le circuit magnétique est un simple anneau. Dans ce four il n'y a que le noyau embrassé par la bobine primaire qui soit fixe : le reste de l'armature peut être fixé alternativement à gauche et à droite, pour pouvoir opérer avec un même transformateur sur deux canaux de fusion différents.

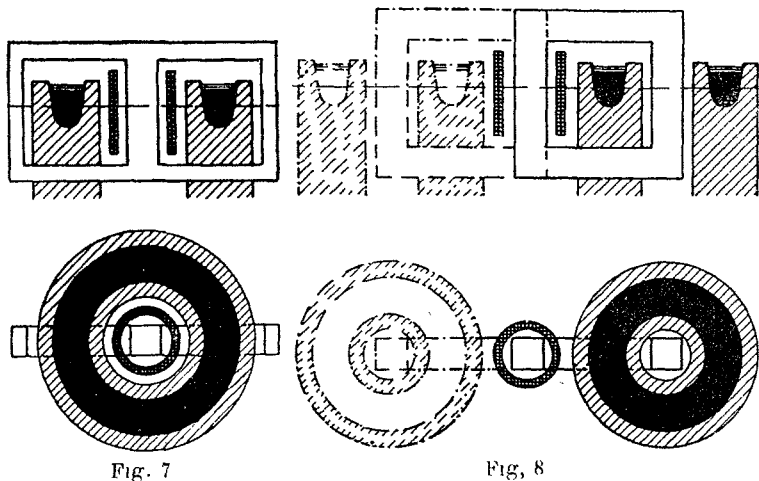


Fig. 7

Fig. 8

B. La bobine primaire est en forme de disque. — Le four correspond à un transformateur à enroulements en disques.

5) *Four de Ferranti, 1887.* (Fig. 9). — Les bobines plates primaires sont disposées en dessus et en dessous du canal de fusion. Le circuit magnétique forme un double anneau.

6) *Four de Frick, 1904.* (Fig. 10). — La bobine plate primaire est au-dessus ou bien au-dessous du canal de fusion. Le circuit magnétique forme un simple anneau.

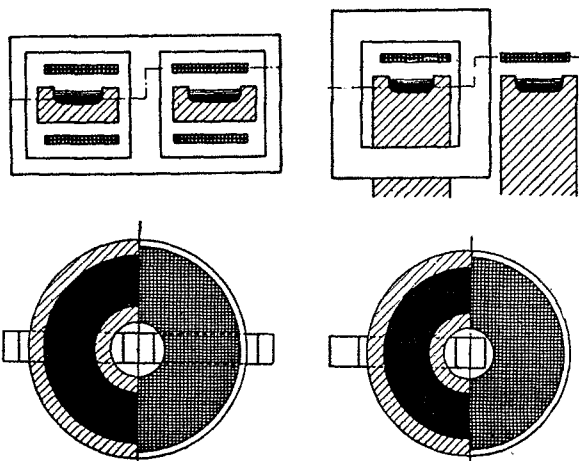


Fig 9

Fig 10

b. Le métal liquide remplissant le canal a des sections différentes dans les différentes parties du canal. La raison d'être de cette disposition est d'obtenir un meilleur brassage du métal fondu qui s'échauffe plus là où la section est plus faible ce qui le porte à monter à la surface et produit dans le canal une circulation du métal dans un sens prévu à l'avance.

7) *Four de Schneider au Creusot, 1903.* (Fig. 11). — Le canal de fusion se compose d'un large réservoir et d'un conduit annulaire en forme d'anse. Le réservoir est ouvert à l'air libre, le conduit ne l'est pas. Le métal plus chaud doit constamment monter de cette anse dans le réservoir et provoquer ainsi des courants de convection. Le primaire est

en dehors du canal de fusion. L'enroulement est de forme cylindrique.

8) *Four de Gin, 1906.* (Fig. 12). — Le canal de fusion se compose de deux larges réservoirs rectangulaires dont les fonds sont inclinés en sens inverses et reliés par des conduits annulaires inclinés eux aussi, de sorte que l'ensemble forme quatre canaux en zig-zag. La bobine primaire et le canal de fusion sont concentriques. Le circuit magnétique forme un double anneau. L'enroulement primaire est cylindrique. A part la forme du canal ce four reproduit celui de Kjellin, 1905.

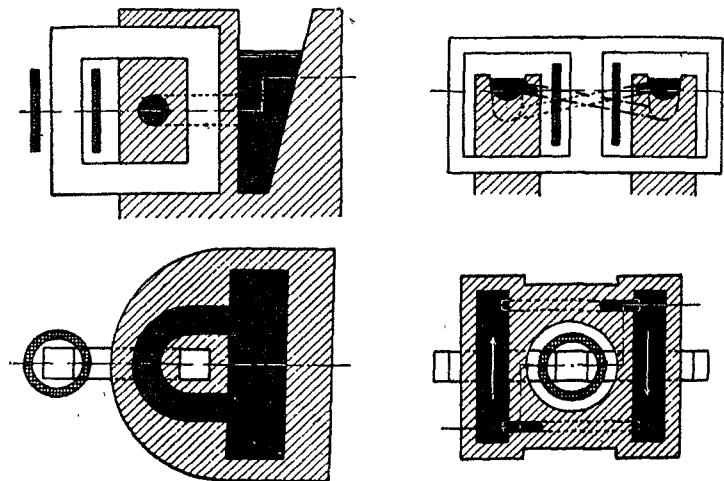


Fig 11

Fig 12

B. Le métal et la scorie sont en série. Le canal de fusion est vertical et le courant secondaire passe en même intensité à travers le métal et à travers la scorie. Une partie du canal de fusion n'est remplie qu'avec du métal, l'autre n'est remplie qu'avec de la scorie.

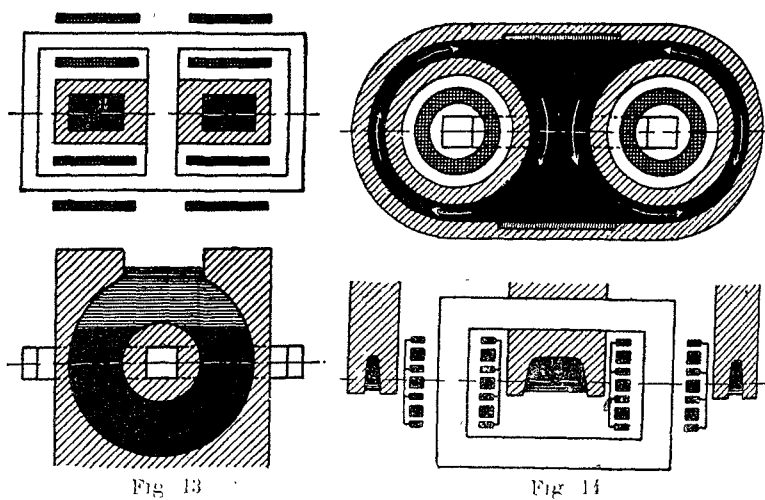


Fig 13

Fig 14

9. *Four de Wallin, 1904* (figure 13). La chambre de fusion se compose d'un canal annulaire, construit verticalement dans la maçonnerie. Le chargement se fait à travers la couche de scorie. L'enroulement primaire se compose de quatre cylindres horizontaux.

FOURS MIXTES

10. *Four de Röchling-Rodenhauser, 1905* (figure 14). Le secondaire se compose de deux parties : d'une part, deux canaux de fusion en court-circuit avec foyer commun ; d'autre part, des spires conductrices en série avec certaines parties du revêtement du four construites en matière conductrice. On réchauffe ainsi encore plus le foyer commun.

11. *Four de Hjorth, 1906* (figure 15). Ce four correspond pour la disposition du primaire, du noyau, et du canal de

fusion au premier four de Hjorth (1905). Le canal de fusion est cependant interrompu par une paroi infusible, enjambée elle-même par une électrode dont les extrémités ne baignent que dans la scorie. C'est, en somme, une combinaison du four Héroult à électrodes et du four à induction

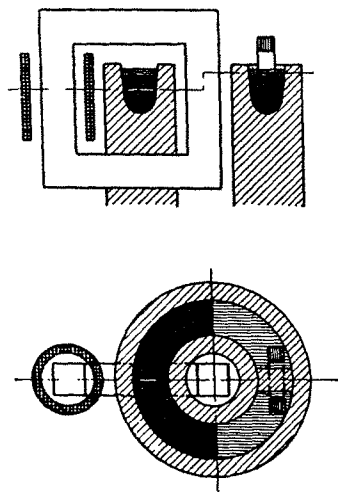


Fig. 15

12. Four de Hjorth, 1906 (figure 16). Le secondaire est constitué par une électrode en forme d'U renversé, qui ne plonge encore que dans la scorie. Combinaison encore d'un four Héroult et d'un four à induction.

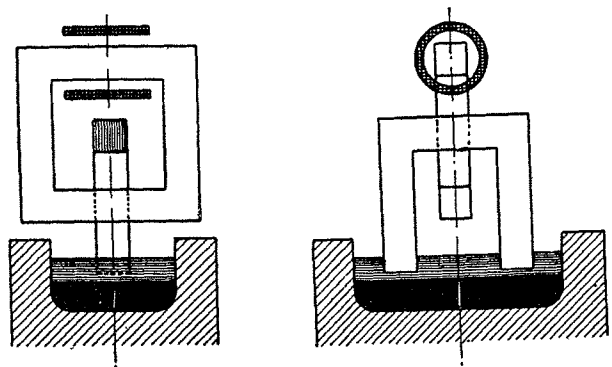


Fig. 16

CHAPITRE III

EXIGENCES AUXQUELLES LES FOURS A INDUCTION DOIVENT SATISFAIRE

Il y a trois conditions principales et parfois incompatibles, à réaliser :

- 1° Réduire au minimum la dépense d'énergie électrique ;
- 2° Utiliser le mieux possible la chaleur produite ;
- 3° Faciliter les opérations métallurgiques.

Au point de vue électrique, ce qui importe le plus, c'est de diminuer les fuites en rapprochant le primaire et le secondaire. En principe, cela pourrait être obtenu aussi bien avec un enroulement en disques qu'avec un enroulement cylindrique. Il faut donc faire intervenir d'autres considérations pour pouvoir établir un parallèle entre ces deux enroulements.

Enroulement cylindrique. — Dans l'enroulement cylindrique, pour avoir une moindre dispersion, on mettra le primaire à l'intérieur du canal de fusion et on fera celui-ci profond et étroit. On sera arrêté dans cette voie par la nécessité de pouvoir charger le canal avec des matériaux solides d'une certaine grosseur. De plus, la profondeur du bain augmente la pression sur les parois et le risque d'une rupture de celles-ci par le métal en fusion. Enfin, si l'accroissement de profondeur du bain et la diminution de surface

libre qui en résulte réduisent les pertes par rayonnement, en revanche l'extension donnée à la surface de contact rend plus considérables les pertes par conductibilité.

Le rapprochement du primaire et du secondaire est limité également par la nécessité de donner à la paroi du canal de fusion, une solidité suffisante pour résister à la poussée du métal. Par ailleurs, il faut entre le primaire et le secondaire, disposer des appareils de réfrigération par eau ou par air, afin de protéger contre la chaleur la bobine primaire et le noyau.

Je signalerai, par contre, un avantage indiscutable de l'enroulement cylindrique, à savoir que le canal de fusion est facilement accessible.

Enroulement en disques. — L'enroulement en disques ne devient avantageux qu'avec un canal de fusion large et peu profond et avec une bobine primaire formant un disque de mêmes dimensions générales que le canal. Mais il faut distinguer deux cas suivant que la bobine est en dessus ou en dessous du bain.

Si elle est en dessus, on pourra la rapprocher autant qu'on voudra du métal en fusion, mais cela gênera et rendra peut-être impossible le chargement. Et la bobine primaire sera exposée à des avaries qui, avec les grands modèles de fours à induction, seront d'autant plus à redouter qu'il y a des mouvements tumultueux dans la masse en fusion. D'autre part si, pour utiliser complètement les avantages des enroulements en disques, on fait un canal large et aplati, on augmente les pertes par rayonnement et la surface de contact du métal fondu avec le revêtement, ce qui rend plus importante l'usure du revêtement.

Si, au contraire, on met la bobine primaire en dessous du canal de fusion, la maçonnerie du canal empêchera de réduire au-delà d'une certaine limite l'intervalle entre primaire et secondaire. Sans compter que la bobine courra un plus grand danger d'être détériorée par des éclaboussures de métal liquide. D'autre part, le canal étant encore large et aplati, les pertes par rayonnement ne sont pas diminuées.

Ce qui ressort le plus clairement de ce parallèle entre les deux types d'enroulements, c'est qu'il faut toujours établir un compromis entre le métallurgiste et l'électricien.

Tension primaire. — Un avantage des fours à induction de tout système, c'est qu'on peut choisir arbitrairement la tension primaire sur une échelle très étendue. Si l'on fait abstraction de la question de sécurité du personnel, il s'agit seulement de savoir combien, en tenant compte des particularités locales, on veut immobiliser de cuivre dans le primaire sans faire renchérir à l'excès l'installation, ni accroître par trop le diamètre du canal.

Masse du chargement. — Ce qui influe grandement aussi sur les données électriques, c'est la masse du chargement. Sans doute, les fours Kjellin de huit tonnes, sont déjà d'une grandeur notable, mais il y a tendance à faire de plus grandes unités encore, surtout dans les installations adjointes à des fours Thomas ou Martin-Siemens, afin de pouvoir mettre dans le four électrique le chargement entier du convertisseur ou du four à flammes.

Avec l'augmentation du chargement, la résistance ohmique du secondaire diminue, mais sa self induction augmente, ce qui amoindrit le facteur de puissance. Kjellin et Röchling-Rodenhauser ont paré à cet inconvénient par deux méthodes différentes.

Kjellin diminue la fréquence à mesure que la grandeur du four augmente. Cela nécessite naturellement un géné-

rateur spécial qui revient plus cher qu'une machine normale. Mais, comme le choix d'une faible fréquence ne s'impose que pour de très grosses unités (cinq périodes pour 1.000 chevaux) qui justifient l'installation d'un générateur spécial, l'augmentation du prix d'achat n'intervient que pour majorer les frais d'amortissement, ce qui ne doit pas entrer en considération, vu le débit énorme de ces fours. Cependant, il serait désirable de pouvoir brancher le primaire d'un four sur un réseau à fréquence normale, surtout pour les petits fours destinés à des usages spéciaux, comme la fonderie de bronze.

Dans ce sens, Röchling-Rodenhauser a réalisé un progrès considérable en ajoutant au four Kjellin un dispositif de chauffage par résistances. D'une part, le canal en forme de huit enveloppant les deux noyaux, cela permet de réduire la section du bain et d'augmenter sa résistance ohmique. Même avec des chargements de grandeurs croissantes, il n'est pas utile d'augmenter dans la même proportion la section des deux boucles du canal de fusion, l'augmentation de volume se reportant principalement sur le foyer central. D'autre part, le facteur de puissance est encore augmenté par le fait qu'une part du courant secondaire circule dans les résistances de chauffage du foyer central. Ces fours peuvent être alimentés à la fréquence 50, même s'ils atteignent des dimensions très notables, et pour les plus grandes unités, il n'est pas nécessaire de dépasser la fréquence encore usuelle de vingt-cinq périodes.

(A suivre.)

L'ÉLECTRIFICATION DE NOS RÉSEAUX FERRÉS

Nous avons indiqué à nos lecteurs les efforts faits en vue de remplacer, avec toutes les chances de succès possible, la traction à vapeur par la traction électrique sur nos voies ferrées. Nous avons annoncé le départ d'une mission d'étude, sous la direction de M. MAUDUIT, Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, pour l'Amérique et nous avons promis de publier le résultat de l'enquête de cette mission : un compte rendu sommaire a été adressé au Ministre des Travaux publics et publié dans le Journ. Offic. du 13 août 1919. Nous le reproduisons ci-dessous in-extenso.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS, DES TRANSPORTS
ET DE LA MARINE MARCHANDE
COMPTE RENDU SOMMAIRE

adressé au Ministre des Travaux publics par la mission envoyée en Amérique pour l'étude de l'électrification des grands réseaux de chemins de fer.

Le ministre des Travaux publics a institué, par arrêté du 14 novembre 1918, au sein du Conseil supérieur des Travaux publics, un comité d'études chargé d'examiner les projets présentés par les réseaux de Paris-Lyon-Méditerranée, d'Orléans et du Midi, pour l'électrification de 10.000 kilomètres environ de lignes de leurs réseaux.

Ce comité, composé de techniciens les plus qualifiés de l'administration et des réseaux de chemins de fer, a cru devoir proposer au ministre d'envoyer aux États-Unis une mission d'ingénieurs spécialistes, chargée de recueillir toutes les informations relatives aux progrès récents de la traction électrique.

1°. — ORGANISATION ET COMPOSITION DE LA MISSION

Cette mission comprenait treize membres, savoir :

Commandant d'Adglards et professeur A. Mauduit, de la Faculté des Sciences de Nancy, attaché à la direction des chemins de fer, délégués du ministère des travaux publics et des transports ;

MM. Pomey, ingénieur en chef des postes et des télégraphes et Lecorbeiller, ingénieur, délégués de l'administration des postes et des télégraphes ;

MM. Debray, inspecteur principal, et Barillot, inspecteur, délégués des chemins de fer de l'État ;

M. Sabouret, ingénieur en chef adjoint à la direction ;

MM. Balling, ingénieur principal au service de la voie et Parodi, ingénieur, chef du service électrique, délégués de la compagnie des chemins de fer d'Orléans ;

MM. Japiot, ingénieur en chef du matériel et Ferrand, ingénieur au service central du matériel, délégués de la compagnie Paris-Lyon-Méditerranée ;

MM. Bachellery, ingénieur en chef adjoint à la direction, et Leboucher, ingénieur principal à la traction, délégués de la compagnie des chemins de fer du Midi.

La plupart des membres de la mission sont partis le 15 avril pour l'Amérique et sont rentrés à Paris, le 22 juillet 1919.

2°. — ITINÉRAIRE ET TRAVAUX DE LA MISSION

Arrivés à New-York, le 25 avril, nous avons pris contact avec les représentants des diverses usines de construction et compagnies de chemins de fer et visité les chemins de fer électrifiés suivants :

New-York central, courant continu à 600 volts, 3° rail ;

New-York New-Haven and Hartford, monophasé à 11.000 volts, 25 périodes ;

Pensylvania railroad et Long Island R. R. continu 600 volts, 3° rail ;

Chemins de fer de banlieue, assurant cependant un trafic appréciable de marchandises.

Nous avons également visité un certain nombre de centrales électriques puissantes à vapeur, de la Interborough Transit C° et de la Edison Power C° à New-York, ainsi que les centrales du Niagara (hydrauliques) et de Buffalo (à vapeur).

Du 8 au 10 mai, visite des ateliers de la General Electric Company (G. E. C°) à Schenectady (N. Y.) et discussion avec les principaux ingénieurs de cette société, sur les questions concernant l'électrification des chemins de fer, en général, et notamment l'électrification en courant continu à haute tension (3.000 volts) du Chicago Milwaukee Saint-Paul (710 kilomètres en fonctionnement), exécutée par cette société.

Du 11 au 25 mai, visite des installations suivantes

Electrification du Norfolk and Western railway, en courant monotriphasé, à 11.000 volts-25 périodes, de Bluefield à Vivian (Virginie).

Electrification du Pensylvania railroad, en monophasé 11.000 volts, 25 périodes, de Philadelphie à Paoli.

Chemin de fer électrique Baltimore-Washington-Annapolis, en courant continu 1.200 volts (interurbain).

Ateliers de construction de locomotives Baldwin à Philadelphie.

Ateliers de réparation et de construction du Pensylvania railroad à Altona.

Du 25 au 28 mai, visite des ateliers de la société de construction Westinghouse electric and manufacturing company,