

ÉLECTRICITÉ

SOUS-STATIONS AUTOMATIQUES DE TRANSFORMATION

Pour toute exploitation, les installations mécaniques sont de plus en plus désirées, pour des raisons économiques et techniques, avec fonctionnement complètement automatique. L'augmentation des salaires qui coïncide avec la diminution des heures de travail est cause de l'accroissement des frais d'exploitation.

Il est par conséquent indiqué de faire fonctionner automatiquement les sous-stations qui jusqu'à présent occupent irratiounellement un personnel de surveillance permanent, en particulier les sous-stations de transformation par commutatrices, pour tramways, chemins de fer ou pour autres services spéciaux. Les sous-stations de transformation uniquement par transformateurs n'entrent pas ici en ligne de compte, car une surveillance permanente est, dans ce cas, presque toujours superflue. Depuis plusieurs années déjà des stations automatiques fonctionnent en Amérique.

En Europe, la Société A. Brown Boveri et Cie (1) a, depuis quelque temps, achevé les études et les essais de sous-stations équipées avec des commutatrices fonctionnant tout à fait automatiquement. Les résultats ont été particulièrement satisfaisants. Une sous-station de ce genre a été mise en service à Riehen, près de Bâle, et alimente le tramway Bâle-Loerrach. Elle est, sauf erreur, la première sous-station automatique de l'ancien continent. En Amérique, par contre, il existe, comme nous l'avons dit, depuis plusieurs années, des sous-stations semblables, mais elles sont basées sur un autre principe.

Les conditions auxquelles une sous-station automatique doit satisfaire sont la mise en service le matin et la mise hors service le soir, de même que l'arrêt et la mise en service lors de cessation passagère du courant primaire ou de courts-circuits dans le réseau secondaire. La solution apportée par Brown à ces différentes questions consiste en une combinaison de relais, d'interrupteurs et de commandes à distance. La mise en marche le matin et l'arrêt le soir sont exécutés à l'aide d'un dispositif à horloge.

Grâce à ce système, les sous-stations existantes peuvent être équipées pour fonctionnement automatique en relativement peu de temps. La transformation peut se faire pendant les heures d'arrêt ordinaires. Il est évident qu'elle exige le remplacement d'une partie des appareils existants. Malgré cela, le fonctionnement automatique est avantageux, même s'il faut compter environ 15 % annuellement pour l'intérêt et l'amortissement des accessoires automatiques. Pour de nouvelles installations automatiques, ces proportions sont encore plus avantageuses, car le prix de revient est approximativement le même que celui de sous-stations nécessitant une surveillance permanente.

STATIONS AUTOMATIQUES DE TRANSFORMATION

1. — Généralités.

Dans l'exposé ci-dessous, nous passerons en revue le mode de fonctionnement, ainsi que la disposition des différents organes d'une sous-station de ce genre.

Les conditions auxquelles doit satisfaire une sous-station de transformation fonctionnant tout à fait automatiquement, c'est-à-dire sans le secours d'aucun personnel, sont : la mise en service le matin, la mise hors service le soir, la remise en service après un déclenchement survenu lors d'une interruption de courant primaire ou lors de courts-circuits dans le secondaire et finalement le déclenchement permanent et l'averlissement en cas de perturbations continues. La solution apportée à tous ces problèmes consiste en une combinaison spéciale de relais, de dispositif de contact et de commandes électriques à distance agissant sur différents interrupteurs. La mise en service le matin et la mise hors service le soir sont exécutées à l'aide d'un dispositif automatique à mouvement d'horlogerie, du genre de celui qu'on utilise, par exemple, pour l'éclairage des rues.

Le fonctionnement entièrement automatique convient particulièrement aux sous-stations destinées à la transformation de courant alternatif en courant continu. De tous les groupes convertisseurs qui entrent ici en ligne de compte, ce sont les commutatrices et les redresseurs à vapeur de mercure qui se prêtent le mieux à ce genre de service.

(1) Voir Revue BBC, 1919, n° 12 et n° 11, novembre 1920.

2. — Indications concernant les stations de transformation pour commutatrices.

Avant de commencer la description détaillée des stations automatiques de transformation, nous allons relever quelques points essentiels caractérisant les commutatrices. Ces remarques serviront à mieux faire saisir la portée de certains dispositifs dont nous parlerons plus loin.

Pour la mise en marche des commutatrices, trois méthodes sont habituellement en usage, savoir : le démarrage par le côté courant continu à l'aide de rhéostats de démarrage, le démarrage par le côté courant alternatif à l'aide d'un moteur de démarrage, et le démarrage par le côté alternatif en faisant fonctionner la commutatrice momentanément comme machine asynchrone. De ces trois méthodes, nous avons employé la dernière qui est d'ailleurs la plus répandue.

Le démarrage asynchrone est effectué comme suit : on amène aux bagues collectrices de la commutatrice du courant alternatif à une tension relativement basse, soit environ 25 à 30 % de la tension normale de service. Ce courant est pris aux bornes secondaires du transformateur d'alimentation faisant partie du groupe convertisseur. L'enroulement de champ et le circuit amortisseur (breveté) qui est logé dans les encoches pratiquées dans les épanouissements polaires des commutatrices Brown, jouent pendant le démarrage le rôle d'induit en cage d'écureuil. En raison de la tension relativement faible, au démarrage, et de la construction spéciale des commutatrices, le démarrage asynchrone se fait pratiquement sans étincelles, pour des machines de puissance allant jusqu'à 1.000 Kw et des tensions pouvant atteindre environ 600 V. C'est là d'ailleurs une des raisons principales pour lesquelles ces commutatrices se prêtent si avantageusement à l'exploitation des sous-stations automatiques. A puissance unitaire plus élevée, qui ne se présente cependant que rarement dans les sous-stations automatiques, le démarrage par le côté alternatif exige en général des moteurs de démarrage accouplés aux commutatrices. Au début du démarrage asynchrone, l'enroulement du champ de la commutatrice reste constamment fermé sur le rhéostat de champ, qui est connecté sur une position fixée une fois pour toutes et correspondant à un $\cos \phi = 1$ à pleine charge. Si le champ n'était pas fermé sur des résistances, au début du démarrage, il serait en ce moment-là le siège de tensions induites de plusieurs milliers de volts qui pourraient donner lieu à des effluves dans l'enroulement de la commutatrice et le circuit d'excitation. Le démarrage se faisant donc comme indiqué ci-dessus, la commutatrice à auto-excitation atteint très vite la vitesse synchrone. Une commutatrice de 250 Kw par exemple met environ 30 secondes pour arriver à la vitesse synchrone.

La commutatrice à auto-excitation démarrant comme une machine asynchrone prend une polarité arbitraire, de sorte que la polarité existant au synchronisme dépend du hasard. Si elle ne correspond pas au fonctionnement normal, on est obligé de la modifier artificiellement. A cet effet, trois méthodes sont encore à notre disposition ; nous n'en mentionnerons que les deux plus importantes.

La vitesse synchrone étant atteinte, on met la commutatrice hors circuit pendant environ deux à trois secondes, ensuite on essaie encore une ou plusieurs fois de la brancher sur le réseau, jusqu'à ce qu'on ait obtenu la polarité désirée ; en général, le premier essai donne le résultat voulu.

Une autre méthode consiste à couper l'excitation de la commutatrice au moyen d'un interrupteur, ceci toutefois seulement au moment où la machine tourne à peu près à la vitesse synchrone. Cela peut se faire sans autre précaution, étant donné qu'au voisinage de la vitesse synchrone la tension induite et la fréquence du courant d'excitation sont très faibles. Cette façon de couper le courant d'excitation momentanément, pendant un laps de temps déterminé et au moment à peu près où la vitesse synchrone est atteinte, a pour effet de faire glisser le rotor de la commutatrice d'un espace polaire en arrière. Il suffit en général de couper une seule fois le circuit d'excitation pour faire prendre à la machine la polarité désirée.

C'est cette seconde méthode de changement de polarité que nous utilisons dans les sous-stations automatiques de transformation pour commutatrices. Le circuit d'excitation est ouvert et fermé par un relais spécial de polarisation, appelé polarisateur. Une fois la vitesse synchrone et la polarité voulue atteintes, la commutatrice est mise sous pleine tension. L'opération de la mise en marche est alors terminée.

3. — Mode de fonctionnement des sous-stations automatiques.

Dans chaque station automatique de transformation, les différents appareils agissant sur les interrupteurs, tels que commandes électriques, jeux de contacts et relais, sont verrouillés électriquement entre eux et forment dans leur ensemble un système d'enclenchement et de déclenchement. Ces deux systèmes à leur tour peuvent être divisés en différents groupes. Les appareils sont en outre disposés de telle sorte

qu'à la mise en marche et à la mise hors service les interrupteurs sont actionnés toujours dans l'ordre voulu et pour autant que les conditions de service de l'installation principale le permettent. Cet arrangement (breveté) fournit donc toute la sécurité qu'on est en droit de demander à une installation automatique.

L'alimentation des relais et des commandes électriques des interrupteurs exige différentes sources de courant auxiliaires. On emploie en général comme telles :

a) Un transformateur monophasé branché sur le réseau primaire alimentant la commutatrice et prévu pour une charge momentanée d'environ 5 Kva. Le circuit secondaire de ce transformateur alimente les commandes à distance par moteur des interrupteurs du côté courant alternatif ainsi que tous les enroulements de tension des relais à maximum et à action différée et le relais à tension nulle.

b) Une petite batterie d'accumulateurs portative d'une tension d'environ 60 V. et d'une capacité d'un ampère-heure. La batterie est chargée tous les quinze jours. Elle fournit le courant nécessaire pour le déclenchement des interrupteurs principaux du groupe convertisseur auquel elle est adjointe, et pour l'alimentation d'une bobine du relais de polarisation, pendant la période de démarrage.

Les interrupteurs des feeders sont pourvus d'un dispositif de déclenchement à tension nulle. Les commandes par aimant branchées sur le réseau du côté courant continu sont alimentées par le courant continu de la commutatrice même.

La mise en service le matin et l'arrêt le soir sont commandés par un dispositif automatique à mouvement d'horlogerie qui met sous tension, à une heure déterminée, les barres collectrices « enclenchement ». Les relais branchés sur ces barres sont ainsi mis en action, et enclenchent l'un après l'autre, et dans l'ordre voulu, les différents interrupteurs correspondants.

D'autre part, les organes de déclenchement des interrupteurs principaux sont connectés sur un second système de barres collectrices « déclenchement » qui sont mises sous tension, au moment du déclenchement, par la batterie d'accumulateurs mentionnée plus haut.

Nous allons passer maintenant en revue les différents phénomènes qui se produisent à la mise en marche et à l'arrêt ainsi qu'à la reprise du service après une interruption survenue à la suite de perturbations, soit du côté courant continu, soit du côté courant alternatif.

A) MISE EN SERVICE

a) Le dispositif automatique à mouvement d'horlogerie 11 (fig. 1) qui peut être remplacé par un interrupteur à main 10, ferme son contact. Les barres collectrices « enclenchement » 14 sont alors mises sous tension. Le relais R₁ agit au bout de trois secondes environ et ferme ainsi le circuit « enclenchement » de la commande à distance par moteur M₁.

Il en résulte que :

b) L'interrupteur du transformateur 1 est déclenché et le jeu de contacts C₂ se ferme, tandis que C₁ et C₉ s'ouvrent.

c) Le jeu de contacts C₂ étant fermé de même que C₃ et C₄, le circuit de démarrage de la commande à distance par moteur M₂ est fermé. Les contacts de verrouillage C₃ et C₄ sont fermés si l'interrupteur de démarrage 4 et le disjoncteur de la machine 5 sont ouverts.

d) La fermeture du circuit de démarrage de M₂ a ainsi pour effet de mettre l'interrupteur de démarrage 4 dans sa position de démarrage, immédiatement après l'enclenchement de l'interrupteur du transformateur.

e) L'interrupteur de démarrage 4 étant maintenant dans sa position de démarrage (à droite dans le schéma fig. 1) son jeu de contacts C₅ est fermé. Par conséquent, le relais à maximum et à action différée R₂ est sous tension et ferme son contact au bout d'environ cent secondes au maximum. Or, la commutatrice met à peu près trente secondes pour atteindre la vitesse synchrone. Si, un peu avant ce temps, la polarité de la commutatrice n'est pas celle qu'il faut, le relais de polarisation R₃ agit en coupant, en ce moment-là, le circuit d'excitation de la commutatrice et en déclenchant en outre le relais R₂ qui revient donc à sa position initiale. Grâce à cette combinaison, le relais à maximum et à action différée R₂ ne peut donc fermer son contact que lorsque la polarité de la commutatrice est celle qu'on désire ; en d'autres termes, il faut que les contacts du relais de polarisation R₃ restent fermés pendant un temps égal à celui pour lequel le relais R₂ est réglé, c'est-à-dire environ cinquante à cent secondes. Si tel est le cas, le relais R₂ ferme son contact et produit par là la fermeture du circuit « service » de la commande à distance par moteur M₂.

f) Par suite de cette fermeture, l'interrupteur de démarrage 4 est mis dans sa position de service et son jeu de contacts C₆ est fermé. Le relais à maximum et à action différée R₄ agit au bout d'environ trois secondes. Le disjoncteur de la machine 5 étant encore ouvert, le contact de verrouillage C₇ sera fermé ; par conséquent, la fermeture

du contact du relais R₄ a pour effet de mettre sous tension l'aimant d'enclenchement de la commande à distance par aimant M₃.

g) Le disjoncteur de la machine 5 est fermé. Les barres collectrices principales du côté courant continu (16) seront alors sous tension.

h) De cette façon, le circuit de la commande à distance par aimant du feeder M₄ est mis également sous tension et provoque la fermeture du disjoncteur du feeder 6, à moins que les contacts du relais du feeder R₆ et du relais correspondant R₇ ne soient ouverts.

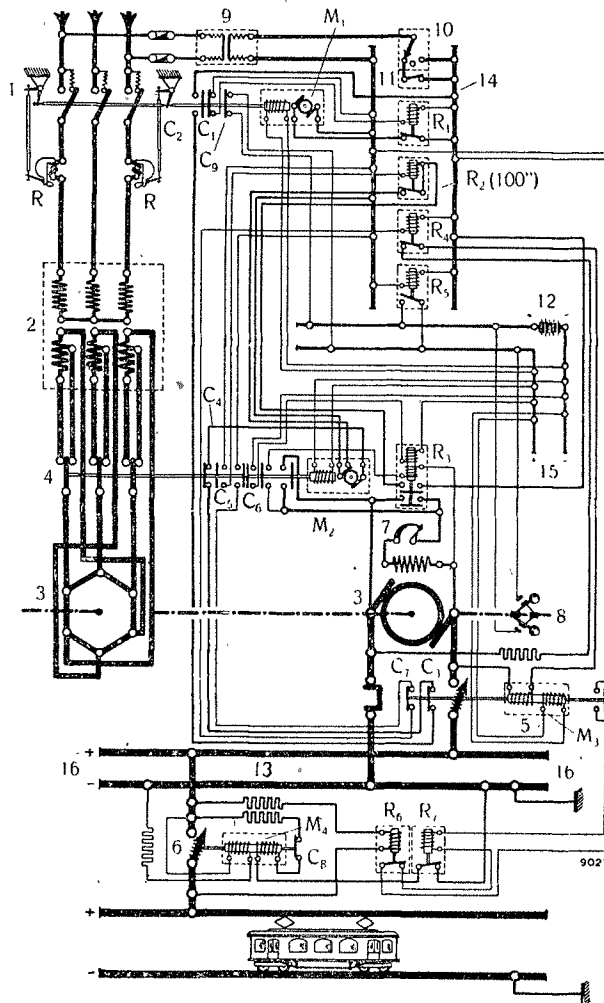


Fig. 1. — Station automatique de transformation.

Schéma des connexions au cas d'une commutatrice hexaphasée avec un feeder.

- | | |
|---|---|
| 1 = Interrupteur du primaire du transformateur. | 10 = Interrupteur à main. |
| 2 = Transformateur. | 11 = Dispositif automatique à mouvement d'horlogerie. |
| 3 = Commutatrice. | 12 = Batterie auxiliaire. |
| 4 = Interrupteur de démarrage | 13 = Résistance série. |
| 5 = Disjoncteur de la commutatrice. | 14 = Barres collectrices « enclenchement ». |
| 6 = Disjoncteur du feeder. | 15 = Barres collectrices « déclenchement ». |
| 7 = Rhéostat de champ. | 17 = Barres collectrices de départ. |
| 8 = Interrupteur centrifuge. | |
| 9 = Transformateur auxiliaire. | |
- R = relais à maximum et à action différée.
 R₁ R₂ R₄ R₇ = relais à action différée.
 R₃ = relais de polarisation.
 R₅ = relais à tension nulle.
 R₆ = relais du feeder.
- C₁-C₉ = jeux de contacts.
 M₁ M₂ = commande à distance par moteur.
 M₃ M₄ = commande à distance par aimant.

La mise sous tension des lignes de départ est dépendante encore de la résistance qui les caractérise. S'il se produit par exemple des mises à la terre ou même des courts-circuits, les relais R₆ et R₇ coupent le circuit « enclenchement » de l'aimant de déclenchement du feeder. Nous aurons du reste l'occasion de revenir sur le fonctionnement des deux relais R₆ et R₇.

Un autre moyen de régler l'enclenchement du disjoncteur du feeder consiste à substituer aux deux relais R₆ et R₇ un relais à maximum, à action différée et à déclié, qui reste bloqué dans la position « déclenchement » lorsque l'interrupteur s'ouvre trois fois de suite dans un intervalle de temps déterminé.

Tous ces mouvements étant donc effectués comme nous venons de le voir, le groupe convertisseur est en marche et l'interrupteur du feeder de la sous-station est fermé.

B) FONCTIONNEMENT EN SERVICE

a) *Effets des perturbations survenues du côté courant alternatif.* — Supposons qu'il se produise une surcharge du côté courant alternatif. Le résultat en est que les relais à maximum et à action différée R branchés sur le groupe déclanchent. L'interrupteur du transformateur revient à sa position de repos et provoque ainsi la fermeture de ses jeux de contacts C₁ et C₉.

Par la fermeture de C₉ les barres collectrices « déclanchement » 15 sont mises sous la tension de la batterie d'accumulateurs, d'où l'interrupteur de démarrage 4 et le disjoncteur de la machine 5 déclanchent immédiatement sous l'action des aimants de déclanchement des commandes à distance correspondantes ; les disjoncteurs des feeders déclanchent à leur tour, la tension étant nulle sur les barres collectrices du côté courant continu (à moins qu'un autre groupe ne fournisse du courant au même système de barres). Dans ce dernier cas, on est obligé de faire dépendre en outre le déclanchement des disjoncteurs des feeders d'un relais à retour de courant.

La fermeture du jeu de contacts C₁ de son côté détermine la mise en action du relais à action différée R₁ qui déclanche au bout d'environ trois secondes et prépare de nouveau le démarrage du groupe, comme nous l'avons vu ci-dessus.

On peut combiner également un relais spécial à déclic avec les relais à maximum et à action différée R de façon à provoquer le blocage et l'arrêt de l'interrupteur du transformateur dans sa position de repos. Le relais à déclic peut être réglé de telle sorte qu'il immobilise l'interrupteur du transformateur au bout de trois déclanchements qui se suivent en très peu de temps, par exemple en cas de court-circuit produit dans le transformateur 2 ou dans la commutatrice 3.

Il se peut aussi que la centrale coupe le courant alternatif qui alimente la sous-station. La tension de la commutatrice tombant alors à zéro, le relais à tension nulle R₅ provoque le déclanchement de tous les interrupteurs. La sous-station est par conséquent mise hors service jusqu'à ce que la tension normale de la ligne d'amenée se rétablisse à nouveau.

b) *Effets des perturbations survenues du côté courant continu.* — Supposons maintenant qu'il se produise pendant le service et du côté courant continu, une forte surcharge ou même un court-circuit. Dans ce cas, le disjoncteur du feeder 6 et même, selon les cas, le disjoncteur de la machine 5, déclanchent sous l'action de leurs relais à maximum. Comme le jeu de contacts C₇ est alors fermé, le relais R₄ ferme à nouveau le disjoncteur de la machine, au bout d'environ trois secondes. Le disjoncteur du feeder, de son côté, enclenche à nouveau dès que les contacts des relais du feeders R₆ et R₇ seront rétablis, c'est-à-dire dès que la résistance du feeder aura repris une valeur admissible. Ajoutons ici qu'on peut employer également pour le disjoncteur de la machine 5 un relais semblable à celui faisant partie des disjoncteurs des feeders. Cette disposition n'a cependant d'intérêt que dans les cas où il faut s'attendre à des courts-circuits sur les bases collectrices 16.

c) *Mise à l'arrêt par le dispositif automatique à mouvement d'horlogerie.* — Ce dispositif, qui est réglé une fois pour toutes, pour un temps déterminé, ouvre le soir son circuit. Le relais à tension nulle R₅ agit donc à ce moment-là et les barres collectrices 5 sont mises sous tension. De cette façon, les interrupteurs 1, 4, 5, ainsi que 6, déclanchent.

d) *Commande à main.* — L'interrupteur à main 10 sert à effectuer les couplages que nous allons indiquer :

1° Placé dans la position de repos (position médiane), il produit le déclanchement de tous les interrupteurs de la sous-station, grâce à la fermeture du contact du relais à tension nulle R₅.

2° Placé dans la position de commande à main (à droite), il permet de mettre toute l'installation en service, à la main : il remplace alors tout simplement le dispositif automatique à mouvement d'horlogerie.

3° Placé dans la position de commande par dispositif automatique à mouvement d'horlogerie (à gauche), il ne joue aucun rôle. Lorsqu'il est placé dans cette position, qui est du reste la position normale, les manœuvres de mise en service et hors service sont effectuées par le dispositif 11, comme il est indiqué plus haut.

e) *Signaux d'avertissement.* — Si pour une perturbation ou une autre, la sous-station ne peut exceptionnellement être mise en marche, des signaux spéciaux avertissent le poste de contrôle le plus proche. Dans des installations très importantes, où il existe un poste de contrôle commun pour plusieurs stations automatiques de transformation, on prévoit, dans ce but, une distribution et un appareillage spéciaux et électriquement indépendants de l'installation automatique de transformation. On arrive ainsi, au moyen de quelques lignes de liaison, à signaler automatiquement au poste de contrôle tous les différents troubles pouvant éventuellement se produire.

(A suivre.)

V. SYLVESTRE,
Ingénieur A.M. et I.E.G.

L'ALUMINIUM

ET

SON APPLICATION AUX LIGNES ÉLECTRIQUES (1)

Je vais avoir l'honneur de vous entretenir de l'aluminium, de sa fabrication, de ses propriétés et de son application à l'industrie de l'électricité en général et aux lignes électriques en particulier. Je ne suis malheureusement pas un spécialiste de la télégraphie et de la téléphonie et, de ce fait, je ne pourrai certainement pas donner à cette communication tout l'intérêt que vous pouvez en attendre.

Cependant la technique des distributions d'énergie, que je pratique à peu près depuis ses débuts industriels, a suffisamment de parenté avec la technique des lignes de transmission de la pensée, pour que je puisse espérer vous montrer l'aluminium sous le jour convenable à vos desseins et alors, confiant dans le large esprit d'initiative qu'il caractérise votre corporation, je sais que vous saurez largement suppléer dans la suite à mon insuffisance et tirer le profit qu'il conviendra de ce que je vous aurai dit.

C'est avec cette pensée que j'ai accepté l'honneur de parler devant vous.

Pour être complet, et bien que cette première partie de ma communication ne soit pas d'un intérêt immédiat pour vous, je vous demande la permission de commencer par quelques renseignements sommaires sur la métallurgie de l'aluminium.

MÉTALLURGIE DE L'ALUMINIUM

En raison de son affinité chimique énergique pour l'oxygène et la plupart des métalloïdes, l'aluminium n'existe pas à l'état métallique dans la nature. C'est en 1827 qu'il a été isolé pour la première fois par Wöhler, par la réduction du chlorure d'aluminium par le potassium, mais c'est à Sainte-Claire Deville que l'on doit le premier procédé de fabrication industrielle de l'aluminium et c'est ce savant français qui en a établi définitivement les propriétés chimiques et physiques. Son procédé (purement chimique), qui consistait à réduire au rouge, par le sodium, le chlorure double d'aluminium et de sodium dans un fondant de cryolithe, a été exploité en France de 1857 à 1886 par les usines Péchiney. La production annuelle, qui satisfaisait à la consommation mondiale, était de 2 à 3 tonnes et le prix de revient de 200 francs environ le kilogramme.

En 1885, les frères Cowles obtinrent l'aluminium en réduisant l'oxyde d'aluminium par le charbon en présence du fer ou du cuivre, sous l'effet de la haute température d'un arc voltaïque. L'aluminium mis en liberté s'unissait au cuivre et on obtenait un alliage renfermant de 5 à 30 % d'aluminium. C'est le procédé électrothermique qui fut exploité en Angleterre de 1886 à 1892.

En 1886, Héroult, autre savant français, imagina le procédé électrolytique devant lequel disparaurent toutes les méthodes de fabrication antérieures. Le procédé Héroult consiste à électrolyser l'alumine, dissoute dans un bain de cryolithe et de fondants de la même famille, à l'aide d'un courant électrique puissant de 15 à 20.000 ampères, qui produit à la fois l'effet électrolytique désiré et l'effet calorifique nécessaire au maintien des matières en fusion. La circulation du courant se fait entre une anode en charbon qui plonge dans le bain et une cathode également en charbon qui est constituée par le revêtement intérieur du four et sur laquelle l'aluminium métallique provenant de l'alumine électrolysée, vient se rassembler. L'oxygène de l'alumine, libéré à l'anode, brûle le charbon de celle-ci à raison de 650 grammes environ par kg. d'aluminium en donnant de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique.

Les fours, appelés communément des *marmites*, qui absorbent chacun une tension de 7 à 8 volts, sont disposés par séries de 15, 30 et même 60 unités entre les bornes des génératrices à 120, 250 ou 500 volts.

Les usines de fabrication de l'aluminium sont toutes situées dans les centres de houille blanche où l'énergie électrique peut être obtenue et abondance et à un prix suffisamment réduit. Il faut, en effet, dépenser de 30 à 40 kWh. par kg. d'aluminium, ce qui correspond à une production de 150 à 200 kg. d'aluminium par cheval-an. Il est de toute évidence que l'énergie thermique, beaucoup trop coûteuse, ne peut être prise en considération et que seule, l'énergie hydraulique peut être utilisée.

Trois sociétés françaises pratiquent actuellement la fabrication de l'aluminium : la Compagnie des produits chimiques d'Alais et de la Camargue, la Société Electro-Métallurgique Française et la Société d'Electro-Chimie. Ces trois sociétés affectent à la production de l'aluminium une dizaine d'usines dont la puissance totale moyenne est de 130.000 chevaux

(1) Conférence faite le 22 mai 1920 à l'École supérieure des Postes et Télégraphes.