

| | | | |
|---------------------------------------|------------------------------|--------------------|----------------------------|
| Poids du matériel électrique | } à petite vitesse (26 km) | 31,8 kgs. | |
| par HP effectif. | | | } à grande vitesse (70 km) |
| Puissance effective en HP | } à petite vitesse (26 km) | 1100 HP | |
| à la jante des roues | | | } à grande vitesse (70 km) |
| Puissance effective en HP, à la jante | } à petite vitesse | 45 HP | |
| des roues et par tonne des moteurs, | | | } à grande vitesse |
| Efforts de traction | aux démarrages (*) | 12000 kgs | |
| | en palier | } à petite vitesse | 11300 » |
| | | } à grande vitesse | 6000 » |
| | aux crochets | en rampe de 25 ‰ | } à petite vitesse |
| } à grande vitesse | | | 4300 » |

Les puissances et les efforts de traction indiqués sur ce tableau sont bien supérieures à ce qui est nécessaire pour la traction des trains de 300 tonnes à la vitesse de 70 km. ; ou de 480 tonnes à la vitesse de 35 km., sur la rampe maxima à 7 ‰ du tunnel du Simplon. On les a néanmoins adoptés en prévision de l'accroissement du poids des trains, et de l'extension de la traction électrique entre Iselle et Domodossola, où se trouve une rampe de 25 ‰.

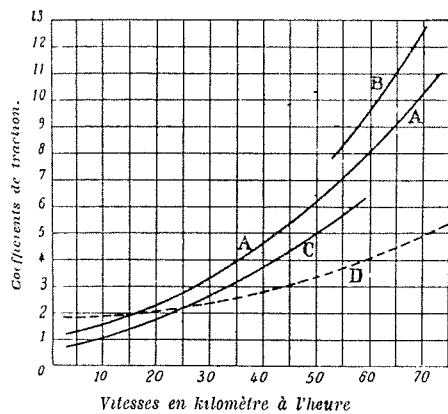


FIG. 7. — Variations du coefficient de traction en fonction des vitesses.

On a tenu compte aussi de ce fait que la résistance de l'air au passage des trains dans le tunnel est vraiment considérable. Il résulte en effet de l'expérience que cette résistance absorbe 700 chevaux à la vitesse de 70 kilomètres à l'heure. Le train forme piston pour chasser l'air. A ce point de vue, il eût été préférable de ne construire qu'une galerie de grande dimension, comme cela se fait actuellement pour le Loetschberg, au lieu de deux galeries parallèles, comme on l'a fait ici.

Les graphiques de la figure 7 ci-jointe montrent comment varie le coefficient de traction (**) en fonction de la vitesse des trains. Pour les établir, on a fait circuler dans les deux sens un train de 333 tonnes, long de 203 m., soit pendant l'arrêt de la ventilation (courbe A), soit en sens inverse de cette ventilation (courbe B), cette ventilation se faisant avec une vitesse de 3 m. à la seconde (ou de 11 km. à l'heure), soit dans le sens de la ventilation (courbe C). Rappelons que la section du tunnel est de 23,5 m², et celle d'une locomotive de 9,5 m². Enfin, à titre de comparaison, on a reporté sur ces graphiques la courbe D, qui correspond aux expériences de traction électrique à très grande vitesse effectuées sur la ligne de Marienfelde à Zossen (***) .

Avant de terminer, signalons que des essais de double traction ont été effectués à diverses reprises en mettant, soit deux machines en tête, soit une en tête et une en queue, et même en accouplant une des anciennes locomotives avec l'une des nouvelles. Ces essais ont montré que la répartition des efforts se faisait d'une façon très satisfaisante, et sans précautions spéciales, de sorte que les craintes conçues à ce sujet étaient exagérées.

J. COLLIGNON,
Ingenieur-Electricien.

(*) Maximum permis par l'adhérence.

(**) C'est-à-dire l'effort de traction, exprimé en kilogrammes par tonne du train.

(***) Pour la description de ces expériences, voir *La Houille Blanche* de janvier 1904.

LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES

pour la traction des trains de marchandises et des trains à grande vitesse

Communication faite le 7 août 1908, au Congrès de Clermont-Ferrand de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences, par M. DE MARCHENA, ingénieur en chef de la C^o Française Thomson-Houston.

(Suite)

CONSTITUTION ÉLECTRIQUE DES LOCOMOTIVES

Si nous passons maintenant à l'examen de la manière dont doivent être électriquement constituées les locomotives, nous abordons une des questions les plus vivement débattues de l'heure actuelle, une de celles qui ont fait, de la part de praticiens éminents de plusieurs pays, l'objet des controverses les plus étendues et les plus approfondies, sans cependant qu'une conclusion bien nette ait paru jusqu'à présent pouvoir être dégagée de ces débats.

Il semble bien à tout le monde qu'au point de vue de l'unification des installations futures, il y ait intérêt primordial à déterminer les grandes lignes et les grandes règles communes auxquelles il conviendrait de les plier ; mais il apparaît également impossible à tous les spécialistes de définir avec certitude ce qu'elles devront être. Les données expérimentales suffisantes manquent encore à l'heure actuelle et aucune controverse théorique ne peut les suppléer.

La difficulté résultant de ce manque de données expérimentales est accrue de ce fait que le choix à faire doit tenir compte d'une quantité d'éléments différents parmi lesquels ne figurent que pour une petite partie les conditions d'établissement des locomotives électriques proprement dites ; enfin, de ce que les raisonnements n'ont pas à porter sur un cas concret bien déterminé dont toutes les données sont bien fixées à l'avance, mais, au contraire, sur un problème vague dont les bases essentielles ne sont prises pour personne.

Néanmoins, nous allons essayer d'examiner cette question, non pas pour en tirer des conclusions fermes qui pourraient trop facilement être démenties par les faits du lendemain, mais seulement quelques déductions sur les possibilités offertes,

À l'heure actuelle, pour l'électrification des voies ferrées, trois systèmes différents sont principalement envisagés qui ont chacun leurs partisans convaincus et leurs avantages propres indéniables. Ces systèmes sont :

1° Le système à courant alternatif triphasé.

2° Le système à courant alternatif monophasé.

3° Le système à courant continu, analogue à celui actuellement en usage courant, mais avec voltage d'alimentation considérablement plus élevé.

Nous allons en passer en revue les caractéristiques essentielles, en essayant de faire la séparation entre celles de ces caractéristiques qui peuvent se trouver heureusement modifiées dans la suite par les progrès continus de l'électricité, et celles, au contraire, qui, par leur essence même, sont permanentes et sans modification possible.

Système triphasé. — Nous n'aurions peut-être pas compris ce système dans l'énumération ci-dessus sans les belles installations réalisées en Italie par MM Ganz et Cie, et dont le succès a eu trop de retentissement et a marqué un pas trop important dans la traction des chemins de fer pour qu'il fût permis de passer sous silence le système dont elles sont dérivées.

Comme on le sait, les premières expériences de traction par moteurs triphasés sont déjà anciennes. Elles datent déjà d'une douzaine d'années, et sont dues à MM. Brown-Boveri.

En dehors des lignes à crémaillère ayant un caractère trop spécial, nous pouvons citer notamment la ligne de Burgdorf à Thun, en Suisse, qui constitue un vrai chemin de fer d'intérêt local et qui est en exploitation depuis une dizaine d'années.

Toutefois, malgré la faveur qui les a accueillies, et les

espérances qu'elles avaient fait concevoir, ces applications ne se sont guère répandues, tandis que celles du courant continu prenaient au contraire le formidable développement que l'on sait.

Il faut arriver à la ligne de la Valteline, mise en service en 1902, pour retrouver une nouvelle, mais celle-ci très importante, application du système triphasé. Cette application a été caractérisée non pas seulement par une augmentation très notable des puissances mises en jeu, mais aussi par une augmentation des voltages d'alimentation, et par la création d'un type entièrement nouveau et original de locomotives électriques.

L'installation du Simplon qui a suivi de près celle de la Valteline a eu le même succès, et n'a pas peu contribué à populariser le système triphasé chez les ingénieurs italiens et à le leur faire envisager en toute première ligne pour les nouvelles et les importantes électrifications qu'ils projettent.

Il est indéniable que le moteur triphasé possède des qualités remarquables qui lui sont propres, qu'aux points de vue du faible entretien, du rendement, du poids spécifique, de la capacité de surcharge, de la possibilité de récupération, il possède peut-être la supériorité sur tous les types de moteurs de traction, y compris le moteur-série à courant continu. Il permet donc de constituer (et les machines de la Valteline et du Simplon l'ont prouvé) d'excellentes locomotives qui, dans des cas spéciaux, peuvent être considérées comme n'ayant pas de rivales.

Mais il présente deux vices de construction indélébiles, et auxquels aucun perfectionnement futur ne pourra remédier. Ce sont :

1° La constance de la vitesse

2° La nécessité pour son alimentation d'au moins deux conducteurs d'alimentation de polarité différente (en outre des rails qui servent de troisième circuit)

Pour ce qui concerne la constance de la vitesse, tous les ingénieurs de chemins de fer se rendront compte de l'influence fâcheuse qu'entraîne pour l'élasticité du service, et surtout pour le service des trains de voyageurs, l'impossibilité de modifier la vitesse de marche normale.

Il est exact que, dans les diverses installations citées par nous, les locomotives triphasées présentaient des combinaisons paraissant leur permettre différentes vitesses de marche, mais ce n'est qu'une apparence ; en réalité, ces combinaisons n'ont pour but essentiel que de diminuer les pertes au démarrage (principalement au point de vue de l'importance des résistances à prévoir), de fournir pour les manœuvres, et certaines marches spéciales, des vitesses réduites entraînant une moindre dépense d'énergie, enfin, de réduire la puissance totale maxima absorbée par la locomotive sur certaines parties du profil où l'effort de traction à développer est particulièrement considérable. Mais ces combinaisons n'ont nullement pour effet de permettre un réglage véritable de la vitesse suivant les besoins de l'horaire.

D'autre part, si on considère que dans certaines machines ces combinaisons ont consisté à établir des moteurs supplémentaires spéciaux, utilisés seulement durant les périodes de vitesse réduites, on reconnaîtra qu'en définitive les locomotives triphasées doivent bien être considérées comme des machines à vitesse rigidement constante.

Nous n'entrerons pas dans la discussion des conséquences qui résultent de ce fait, conséquences qui ne sont d'ailleurs pas toutes également fâcheuses ; cette discussion a été trop souvent faite pour qu'il soit bien utile d'y revenir. Nous retiendrons seulement la suivante, qui a parfois été perdue de vue, et qui a une grande importance pratique :

Les moteurs triphasés de traction travaillant dans un même convoi mais sur des essieux indépendants les uns des autres, se répartissent d'autant plus mal la charge qu'ils possèdent un glissement moindre et par suite un rendement plus élevé. Sur une locomotive électrique, les essieux moteurs doivent donc nécessairement être tous accouplés, ce qui exclut, *ipso*

facto, certains types de locomotives, et non les moins intéressants.

Par voie de conséquence, deux locomotives ne peuvent que très difficilement être accouplées, et même si elles sont identiques, elles se partageront très mal la charge. Cet accouplement devient impossible si les machines sont de types différents. L'emploi du système à unités multiples devient donc à peu près impraticable, ce qui entraîne la renonciation à tous les avantages d'immense importance dont il peut faire bénéficier l'exploitation des chemins de fer.

La nécessité d'établir en dehors des rails au moins deux conducteurs de prise de courant constitue une limitation non moins fâcheuse.

Déjà, l'établissement d'une simple ligne de trolley au-dessus de nos voies ferrées actuelles n'est pas sans soulever bien des difficultés qui ne sont pas toutes d'une solution facile.

Ces difficultés seraient énormément accrues s'il s'agissait d'établir non plus seulement un seul conducteur, mais deux, ayant entre eux les différences de potentiel élevées dont l'adoption est la seule raison d'être des systèmes alternatifs ; cela, sans parler de la dépense de premier établissement déjà fort considérable avec un conducteur simple, et qui s'augmenterait encore avec deux.

Enfin, le bas facteur de puissance des moteurs d'induction triphasés, la chute de tension plus considérable qui en résulte sur les lignes conductrices, les faibles variations de potentiel d'alimentation qu'il convient d'admettre pour le bon fonctionnement des moteurs d'induction, sont autant d'inconvénients d'importance plus ou moins grande, mais qui tous concourent à augmenter la section des conducteurs, c'est-à-dire la dépense d'établissement des lignes.

Il est à remarquer que ces différents défauts sont inhérents au système, et ne peuvent guère être corrigés. Il y a donc tout lieu de croire que, dès la première application, le système triphasé (basé d'ailleurs sur un type de moteurs parfaitement connu et déterminé, et déjà arrivé à son point de perfection), a produit ce qu'il pouvait donner, et qu'il ne présente qu'une bien faible marge de progrès futur.

Ces considérations nous conduisent à ne pas admettre le système triphasé parmi ceux auxquels un grand avenir peut être réservé dans la transformation électrique des chemins de fer.

Système monophasé. — La première apparition de ce système est encore toute récente puisqu'elle ne date que de quatre ou cinq ans. Mais il a pris dans ce court laps de temps un développement des plus remarquables, et à l'heure actuelle, d'après une statistique communiquée par M. Lomme à l'Association des Ingénieurs Electriciens Américains, le total des moteurs établis d'après ce système par les diverses maisons de constructions européennes et américaines représente une puissance globale qui dépasse 250.000 chevaux. Ce rapide développement n'a rien qui puisse surprendre, car, dès leur première apparition, les moteurs à courant alternatif monophasés, par leur caractéristiques spéciales et les perspectives nouvelles qu'ils ouvraient, ont inspiré aux spécialistes l'intérêt le plus vif, et ont fait naître parmi eux les plus belles espérances. De suite, ils ont été considérés par beaucoup d'entre eux comme apportant enfin la solution idéale de la traction électrique des chemins de fer et même la seule solution admissible.

Dans le rapport résumant son étude, concernant la transformation des chemins de fer suédois, l'ingénieur en chef, M. Dahlander, conclut nettement à l'adoption du système monophasé, et il l'a seul admis aux essais préliminaires effectués sous son contrôle, en vue de cette transformation.

De même, en Allemagne, les premières installations faites à titre d'essais préliminaires en vue de la transformation des chemins de fer bavarois comporteront des moteurs monophasés.

Prochainement enfin, il va être essayé en France, sur la ligne de Cannes à Grasse, une locomotive monophasée, d'un type spécial il est vrai, étudiée pour le compte de la Compagnie P.-L.-M. et servant de type à celles qui seront appelées à fonctionner dans le tunnel du Loetschberg.

Aux Etats-Unis, dans une discussion approfondie qui s'est engagée l'année dernière sur l'électrification des voies ferrées, plusieurs ingénieurs éminents ont été jusqu'à proposer de déclarer les moteurs monophasés comme unique *Standard* pour la traction électrique des chemins de fer.

Le système monophasé mérite-t-il cette faveur exclusive et doit-il vraiment être seul envisagé désormais pour les électrifications futures ? Il nous semble qu'il serait un peu téméraire de l'affirmer, et, sans chercher à contester ni ses nombreux avantages, ni l'importance incontestable de l'avenir qui lui est ouvert, on peut se demander si sa supériorité est vraiment telle que tout autre système concurrent doive nécessairement disparaître devant lui.

Il nous paraît difficile de répondre affirmativement à cette question. Le système monophasé, à côté de grands avantages, possède deux points faibles, et tout en reconnaissant que ces points faibles sont susceptibles de s'atténuer à bref délai avec la marche incessante du progrès, nous pensons que l'on peut de même escompter à très brève échéance des perfectionnements non moins décisifs du principal rival du système monophasé, c'est-à-dire du système à courant continu.

La caractéristique et l'avantage essentiel du système monophasé réside dans la tension élevée sous laquelle peut se faire l'alimentation des trains. Cette tension a été graduellement portée de 3 à 600 volts, et des expériences déjà multiples ont démontré qu'elle pouvait se faire sans aucune espèce d'inconvénients sous des tensions encore plus grandes, atteignant et dépassant même 10 à 11.000 volts. Il est superflu d'insister sur les avantages que donne l'emploi d'une tension aussi élevée, aussi bien pour permettre l'alimentation économique d'un réseau, que pour réduire la difficulté de la prise de courant des locomotives.

Les intensités, qu'il est possible pratiquement de capter, sont limitées à certaines valeurs maxima différentes dépendant du type et du modèle des appareils de prise de courant. Les difficultés disparaissent donc quand ces intensités peuvent, grâce à l'élévation du voltage, être toujours maintenues très notablement au-dessous de ces limites.

D'autre part, pour la même densité moyenne du courant dans les conducteurs de ligne, la section de ces conducteurs décroît dans une proportion inverse de la tension, tandis que la distance entre les points d'alimentation peut être augmentée proportionnellement à celle-ci, sans que le rendement en soit modifié.

Avec les tensions de 10 à 11.000 volts, la section des conducteurs n'est plus guère limitée que par des considérations de résistance mécanique, et les distances possibles entre les points d'alimentation deviennent telles que ce sont plutôt d'autres considérations, tirées en particulier du sectionnement rationnel du réseau, qui interviendront pour les limiter.

Sur les locomotives ou les voitures automotrices, le voltage est ramené par une transformateur à la valeur convenable pour l'alimentation des moteurs. Aussi le développement du câblage soumis à la haute tension est-il extrêmement réduit, et il ne présente entre l'appareil de prise de courant et le transformateur que quelques points délicats qui demandent des précautions spéciales pour leur isolement.

Tout le reste du câblage et de l'appareillage est établi à basse tension, et ne diffère en rien à ce point de vue des équipements ordinaires à courant continu.

L'emploi d'un transformateur sur lequel peuvent être établies facilement de nombreuses prises à voltages différents donne toutes les facilités désirables au réglage de la vitesse. Le système monophasé présente à ce point de vue un avantage très marqué sur tous les autres systèmes, particulièrement

avec certains systèmes de moteurs qui permettent, en pleine marche, de pousser notablement les valeurs admises pour l'induction, c'est-à-dire qui peuvent, en pleine marche, être alimentés au besoin sous des voltages sensiblement supérieurs à la normale.

Le point faible du moteur monophasé réside, comme on le sait, dans sa commutation, et tous les inconvénients qu'il présente aux points de vue du faible voltage admissible, du poids spécifique élevé, du couple de démarrage moindre, proviennent des limitations qu'impose le problème de la commutation.

Si nous cherchons à nous rendre compte de plus près à quoi tient la difficulté, nous constaterons en premier lieu que, l'intensité du courant dans un moteur monophasé variant suivant une loi périodique, en passant par zéro, les valeurs maxima du courant à commuter sont, pour un même voltage et une même puissance, de 40 à 50 % supérieures à celles correspondant au moteur à courant continu.

D'autre part, dans la bobine en court-circuit sous les balais au courant principal se superpose un courant local induit par le flux alternatif qui traverse l'induit. Ce courant local est analogue à celui qui se produirait dans une bobine mise en court-circuit du secondaire d'un transformateur et il peut avoir, si des dispositions spéciales ne sont pas prises, une valeur bien plus élevée que le courant principal.

Les divers types de moteurs monophasés diffèrent surtout par ces dispositions spéciales.

Dans certains types de moteurs, on a cherché à réduire le courant induit dans la bobine court-circuitée en augmentant sa résistance ohmique par l'interposition de connexions résistives entre diverses bobines et les lames du collecteur. Ces résistances sont calculées pour augmenter très considérablement la résistance du circuit constitué par chaque bobine, les lames correspondantes du collecteur et les balais ; néanmoins, elles n'augmentent pas beaucoup les pertes ohmiques dans l'induit car elles ne sont traversées par un courant que pendant le passage sous les balais des lames correspondantes du collecteur.

Dans d'autres types de moteurs, on a surtout cherché à améliorer la commutation en vitesse, en sacrifiant quelque peu celle au démarrage. Cela est rationnel dans beaucoup d'applications du courant monophasé, dans lesquelles les démarrages sont infiniment moins fréquents que dans les applications de tramways urbains.

Les dispositions prises dans ce but consistent généralement à induire dynamiquement dans les bobines en court-circuit à l'aide d'un flux supplémentaire, produit tantôt dans le rotor et tantôt dans le stator, une force électromotrice opposée à celle due à l'induction statique. A une certaine vitesse, la compensation est complète, et les conditions de communications deviennent parfaites.

Cette condition est réalisée d'une manière différente dans les moteurs à répulsion, les moteurs Latour, Winter-Eichberg, Siemens-Schückert, etc... Dans d'autres moteurs, tels que les moteurs série-répulsion d'Alexanderson, on a été plus loin, et on a pu étendre à une zone considérable de vitesses les conditions de commutation parfaite.

Il nous entraînerait trop loin d'entrer dans le détail de ces différents dispositifs. Nous dirons seulement que la plupart ont rempli leur but, et que l'on peut considérer comme entièrement résolu, et d'une manière pleinement satisfaisante, le problème de la commutation en pleine marche, et cela même pour des fréquences relativement élevées.

Mais il faut toujours arriver à une commutation acceptable aux démarrages, et c'est là que résident finalement les conditions limitatives du moteur monophasé de *quelque type qu'il soit*.

Aux démarrages, quand n'est possible aucune compensation du flux statique dans les bobines en court-circuit, il n'y a pas, pour réduire la force électro-motrice induite, d'autre moyen que de réduire l'induction. Cette réduction doit natu-

rellement être d'autant plus grande que la fréquence adoptée est plus élevée, puisque la force électromotrice qu'il s'agit de limiter est proportionnelle au produit de l'induction par la fréquence.

Ceci explique l'intérêt considérable qu'il y a, pour les systèmes, à réduire la fréquence du courant d'alimentation à la plus faible valeur possible. En effet, pour un même nombre d'ampères admis par centimètre de périphérie de l'induit, le couple et la puissance développée varient en proportion de la valeur admise pour l'induction, c'est-à-dire en raison de la fréquence, jusqu'au moment où l'induction se trouve limitée par les considérations de saturation, c'est-à-dire où on approche des inductions admises en courant continu.

On voit que même, à l'unique point de vue de la constitution des moteurs, il arrive un moment où l'abaissement de la fréquence cesse d'être utile, et n'amènerait que des inconvénients sans compensation. C'est ce que nous appellerons la fréquence la plus favorable du moteur. Pour les gros moteurs, cette fréquence paraît être de 15 ou 16 périodes environ.

Dans certains systèmes monophasés, et notamment dans ceux étudiés en vue d'une fréquence plus élevée que la fréquence favorable, on a cherché à tourner la difficulté en diminuant l'induction au démarrage, sauf à la relever à sa valeur normale une fois en vitesse, quand les dispositifs de compensation peuvent remplir leur but. C'est en particulier le principe du système Winter-Eichberg, suivant lequel ont été exécutées les plus intéressantes installations de traction monophasée.

Cette manière de faire a pour inconvénient de réduire plus ou moins considérablement le couple au démarrage d'un moteur déterminé ; par suite, et contrairement à ce que l'on croit parfois, le système Winter-Eichberg, quoique plus applicable que d'autres aux fréquences élevées, laisse toujours subsister l'avantage que nous avons appelée « la plus favorable ».

Nous ferons remarquer que, même avec l'adoption de la fréquence la plus favorable, le moteur monophasé ne peut rivaliser au point de vue du poids et de l'utilisation des matériaux avec le moteur à courant continu. En effet, l'induction variant dans une même période, entre zéro et sa valeur maxima, sa valeur moyenne, de laquelle dépend la valeur moyenne du couple, est inférieure à celle admissible dans le moteur à courant continu. De même, pour un égal échauffement de l'induit, la valeur efficace du courant est légèrement inférieure à la valeur correspondante dans le courant continu.

Pour ces deux raisons, et pour d'autres tirées de la différence de constitution mécanique du stator, les dimensions d'un moteur monophasé devront toujours, même à la fréquence la plus favorable, être supérieure d'au moins 20 à 25 % à celles d'un moteur à courant continu calculé d'après les mêmes bases et en vue du même effort de traction. Bien entendu, cette infériorité s'accroît de plus en plus quand la fréquence admise s'écarte de la valeur la plus favorable.

Toutefois, dans une comparaison rationnelle, il ne faut pas perdre de vue que les moteurs de traction, et surtout ceux destinés à la grande traction, ont bien rarement leurs dimensions déterminées par la considération du couple maximum à développer. Presque toujours ces dimensions sont déterminées par la condition de l'échauffement maximum admissible en service courant. Si l'on prend cette considération comme base, l'infériorité des moteurs monophasés est moindre (surtout quand il s'agit de ceux dont la fréquence d'alimentation est plus grande que la fréquence la plus favorable).

D'une manière générale, et toutes choses égales d'ailleurs, les pertes intérieures dont dépend l'échauffement seront toujours plus grandes dans un moteur monophasé que dans un moteur à courant continu, car, en outre de toutes les causes de pertes de ce dernier, le moteur monophasé en possède d'autres qui lui sont spéciales, notamment : les pertes supplémentaires par hystérésis dans le stator ; les pertes ohmiques par induction dans les bobines court-circuitées ; les pertes ohmiques correspondant à la composante dérivée du courant

principal, et, dans certain cas, les pertes ohmiques dans les connexions résistantes du rotor.

Dans les circonstances les plus favorables, il est bien difficile de réduire l'importance de ces pertes supplémentaires à moins de 10 à 15 % de l'ensemble des autres catégories de pertes. On peut donc dire qu'au point de vue de l'échauffement, en régime permanent, et toutes choses égales d'ailleurs, le moteur monophasé ne pourra développer qu'une puissance moyenne inférieure d'au moins 10 à 15 % à celle que pourra développer le moteur à courant continu de dimensions équivalentes, et qu'un couple maximum inférieur de 20 à 25 %.

Pour la grosse traction où le problème essentiel consiste précisément à loger dans un espace et sous un poids limités la plus grande puissance possible, ce défaut ne laisse pas que de présenter une importance très grande et peut-être décisive.

Nous faisons remarquer que dans ces considérations nous n'avons pas fait entrer en ligne de compte le poids et l'encombrement des appareils auxiliaires entrant dans la constitution des équipements monophasés, et notamment ceux des transformateurs abaisseurs de tension. C'est à dessein, car on n'est pas soumis pour ces appareils aux mêmes limitations que pour les moteurs, et ils n'interviennent que pour augmenter d'une quantité relativement peu importante le poids mort total. Toutefois, au fur et à mesure qu'augmente la vitesse des trains, et par suite la puissance et la proportion de poids des équipements par rapport au poids total du convoi, cette considération prend à son tour plus d'importance et elle vient encore accentuer l'infériorité du système monophasé pour la très grosse traction à très grande vitesse.

Si, après ces considérations d'ordre général, nous passons à un point de vue plus immédiatement pratique, nous devons reconnaître que l'emploi de moteurs monophasés pour la constitution des locomotives électriques ne se concilie pas également bien avec toutes les dispositions envisagées dans la première partie de cette note pour la commande des essieux-moteurs.

En particulier, il exclut les dispositions si intéressantes des locomotives Auvert et du New-York Central ; il ne se prête même pas toujours bien à la commande par arbre creux et accouplement élastique qui, avec certains types de moteurs, rendrait difficile l'accès des parties intérieures.

Ces difficultés d'ordre un peu spécial ont une grande importance pratique, et ce sont surtout elles qui ont inspiré certains types de locomotives dans lesquelles la captation du courant est prévue sous forme de courants monophasés et son utilisation dans les moteurs sous forme de courant continu.

Sur ces machines, la transformation de monophasé en continu peut être envisagé soit au moyen de groupes moteurs générateurs ordinaires, soit au moyen du très ingénieux redresseur inventé par MM. Auvert et Ferrand. Ces appareils auxiliaires spéciaux peuvent d'ailleurs fort bien ne pas faire partie de la locomotive proprement dite. S'il convenait, pour une raison ou une autre, d'alléger celle-ci, ils pourraient au besoin être portés sur des véhicules spéciaux attelés à la locomotive.

Les moteurs monophasés présentent de telles difficultés d'emploi sur les grosses locomotives électriques que nous ne serions pas étonnés, si bizarres que puissent, au premier abord, paraître de telles combinaisons, qu'elles soient en définitive préférées pour la constitution de ces machines au cas où le système monophasé viendrait à se répandre vraiment sur les chemins de fer.

(A suivre.)

M. A. GRATIER venant de se retirer des affaires, tout ce qui concerne l'Administration de la Revue doit être adressé à M. Jules REY, successeur, 23, Grande-Rue, à Grenoble.

Toutefois, les clichés d'annonces doivent être adressés directement à l'imprimerie LEGENDRE, 14, rue Bellecordière, Lyon.