

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 54 (1928)
Heft: 3

Artikel: Les tendances actuelles dans la construction des moteurs de traction
Autor: Choisy, E.G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-41847>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D^r H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN
 ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES
 ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Les tendances actuelles dans la construction des moteurs de traction*, par E.-G. CHOISY, ingénieur E. I. L. — *Examen des résultats de l'épreuve du réservoir de douze mille mètres cubes au Calvaire sur Lausanne. Essais de charge par remplissage unilatéral*, par A. PARIS, ingénieur, professeur à l'Université de Lausanne. — SOCIÉTÉS : *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes*. — *Section genevoise de la Société suisse des Ingénieurs et des Architectes*. — BIBLIOGRAPHIE. — CARNET DES CONCOURS — *Service de placement*.

Les tendances actuelles dans la construction des moteurs de traction

par E. G. CHOISY, ingénieur E. I. L.

I. — Généralités.

A partir du début de ce siècle tous les perfectionnements qui furent apportés à la construction des machines électriques ont eu pour but d'en réduire le poids et les dimensions ; c'est ainsi que l'on a muni les dynamos à courant continu de pôles de commutation pour en diminuer le volume, que l'on a amélioré les conditions de ventilation pour permettre une utilisation plus poussée des matériaux actifs et que, plus récemment, l'augmentation dans une large mesure, de la vitesse de rotation a conduit aux machines du type turbo de poids et de dimensions relativement très réduits. Le but à atteindre a nécessité successivement la solution de questions d'ordre électrique (commutation) thermique (ventilation) pour aboutir enfin à des problèmes purement mécaniques (rotors à grande vitesse).

Les moteurs de traction du type « série », à courant continu et courant monophasé, ont non seulement bénéficié des progrès effectués dans la construction des machines fixes, mais ont également contribué à les réaliser. Tant que l'on se borna à appliquer l'électricité à la traction des tramways et des locomotives de faible puissance, le poids et l'encombrement des moteurs ne jouèrent qu'un rôle secondaire, mais dès que l'on utilisa des locomotives électriques pour la grande traction, une des principales difficultés consista à loger dans l'espace réduit dont on dispose un moteur aussi puissant que possible, sans cependant dépasser le poids par essieu fixé par les conditions de résistance de la voie et des ouvrages d'art.

L'augmentation de la « puissance massique » des moteurs de traction est donc une question fondamentale et les tendances actuelles dans la construction de ces machines ne sont en définitive que les méthodes et procédés utilisés par les constructeurs pour résoudre ce problème.

L'application de ces procédés, que nous étudierons

plus loin, a conduit, depuis une quinzaine d'années, à des résultats remarquables qu'illustre la comparaison suivante entre deux moteurs de même type, de dimensions analogues et de poids identique, construits à 14 ans de distance :

Année de la construction	1912	1926
Chemin de fer	New York-New Haven	Lötschberg
Type des moteurs	Moteurs doubles monophasés, type « série compensé »	
Constructeur	Westinghouse	Sécheron
Puissance unihoraire	425 ch	850 ch*
Vitesse correspondante	810 t/m	1150 t/m
Puissance à 1150 t/m	600 ch	850 ch
Puissance relative	100 %	142 %

Bien que le moteur Westinghouse soit à 25 périodes/sec. tandis que le moteur Sécheron est construit pour 16 ²/₃ pér/sec. ce qui fausse légèrement la comparaison en faveur de ce dernier les chiffres ci-dessus permettent d'apprécier les progrès effectués en un laps de temps relativement court.

Nous bornerons notre étude aux moteurs de traction dont l'utilisation est la plus fréquente, c'est-à-dire aux moteurs série à courant continu et aux moteurs à collecteur à courant alternatif, du type série également, et nous emprunterons tous les exemples de constructions que nous aurons l'occasion d'étudier aux moteurs exécutés au cours des dernières années par la « S. A. des Ateliers de Sécheron », à Genève et ses licenciés. Nous examinerons tout d'abord les dispositions adoptées dans le but d'augmenter la vitesse des moteurs, puis celles destinées à améliorer leur rendement et leur facteur de puissance et enfin, nous étudierons les procédés utilisés pour accroître l'efficacité de la ventilation.

II. — Augmentation de la vitesse.

Ainsi qu'on le sait, le volume du rotor est, pour une puissance donnée, à peu près inversement proportionnel à la vitesse de rotation ; toute augmentation de la vitesse se traduit donc par une réduction du poids de la machine,

* Puissance correspondant à l'échauffement admissible suivant les normes américaines.

aussi tous les moteurs modernes sont-ils rapides et il n'est pas rare que la vitesse d'emballage atteigne 50 m/sec. au collecteur et 60 m/sec. à la périphérie de l'induit.

L'adoption de moteurs à vitesse aussi élevée, exige non seulement une construction appropriée des éléments du rotor et l'emploi de matériaux spécialement résistants, mais nécessite encore un système d'attaque des essieux qui permette la réduction de la vitesse du moteur, dans une proportion convenable, pour assurer l'entraînement des roues motrices à l'allure envisagée.

Or, la construction d'un moteur rapide ne présente plus guère de difficultés et les procédés utilisés dans ce but sont analogues à ceux qui caractérisent les machines fixes ; nous ne nous y arrêterons donc pas. En revanche,

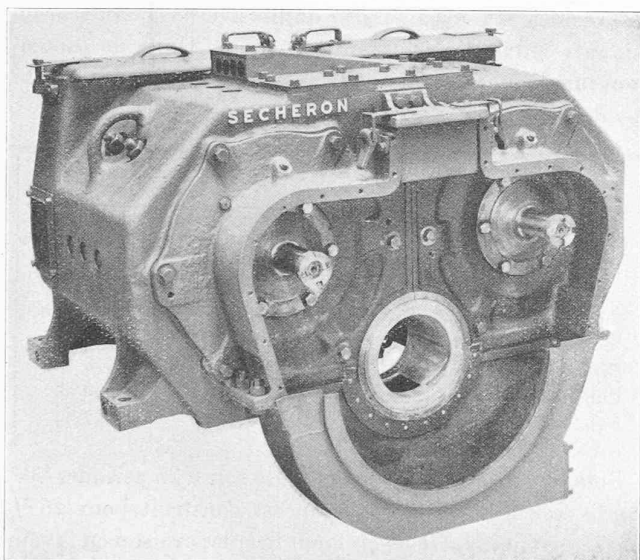


Fig. 1. — Moteur double de 160 ch. pour la locomotive AA-AA à voie étroite du chemin de fer de la Bernina.

L'emploi de la commande par arbre creux et accouplement à ressorts a permis de donner aux moteurs de traction une vitesse relativement élevée, malgré l'allure normale de la locomotive, exceptionnellement basse (12 km/h).

le problème de l'attaque des essieux au moyen de moteurs rapides a donné lieu à un grand nombre de solutions intéressantes, tant pour les locomotives à commande individuelle des essieux et à moteurs entièrement suspendus que pour les automotrices des réseaux urbains et interurbains dont les moteurs ne sont que partiellement suspendus.

Pour les locomotives à commande individuelle, tout d'abord, le dispositif d'attaque des essieux doit remplir trois fonctions distinctes :

- a) opérer la réduction de la vitesse du moteur ;
- b) transmettre le couple par l'intermédiaire d'un organe élastique ;
- c) assurer la liaison entre le moteur solidaire du châssis, donc suspendu, et les roues motrices qui reposent directement sur le rail.

Ces trois fonctions sont, en général, assurées par trois organes distincts à savoir : un ou plusieurs trains d'engrenages pour la réduction de la vitesse, un dispositif élastique, souvent logé dans une des roues dentées, pour éviter les chocs sur les dents et enfin, un système déformable (bielles ou ressorts) pour assurer la transmission du couple tout en permettant les déplacements relatifs de la roue motrice et du moteur.

Dispositifs d'attaque intérieurs et extérieurs.

Tout le dispositif d'attaque peut être logé, soit à l'extérieur des roues motrices (locomotives à longerons intérieurs) soit à l'intérieur de celles-ci (longerons extérieurs). Parmi les inconvénients que présente le premier système, nous citerons spécialement la nécessité de monter la grande roue dentée sur un pivot en porte à faux solidaire d'un flasque extérieur lourd et de construction irrationnelle, l'accessibilité difficile aux boîtes à huile et surtout la limitation imposée dans le choix du rapport de transmission. Dans ce système, en effet, le diamètre maximum de la grande roue dentée est fixé par le gabarit et l'entraxe minimum du train d'engrenages dépend du diamètre de la roue motrice puisque l'axe du pignon passe au-dessus de celle-ci ; c'est pourquoi, pour des locomotives d'express, par exemple, dont le diamètre des roues motrices est de 1600 mm. il est impossible de dépasser le rapport de réduction 1 : 2,6.

En revanche, lorsque le dispositif d'attaque des essieux est placé à l'intérieur des roues motrices, la valeur du rapport de réduction n'est limitée que par des sujétions inhérentes à la construction même des roues dentées, le diamètre minimum admissible pour le pignon, notamment. C'est ainsi que le rapport de transmission des engrenages vaut 1 : 5,71 pour les locomotives IAAI-AAI du Gothard, 1 : 5,87 dans les locomotives IAAA-AAAI du Lötschberg, et atteint 1 : 7 pour les locomotives AA-AA du chemin de fer de la Bernina.

Les dispositifs d'attaque des essieux montés à l'intérieur des roues permettent d'autre part l'emploi de moteurs doubles comportant deux rotors à axes parallèles montés dans la même carcasse (Voir fig. 1) ; ces derniers moteurs présentent, par rapport aux moteurs simples, un grand nombre d'avantages, notamment le poids plus réduit, la fabrication plus facile, la meilleure utilisation de l'espace disponible dans la locomotive, le moment d'inertie plus faible des induits et enfin, la possibilité de coupler les deux rotors en série. Cette dernière caractéristique est aussi avantageuse à courant continu qu'à courant monophasé ; dans le premier cas, en effet, elle permet de construire des moteurs dont la tension par induit n'est que la moitié de celle de la ligne de contact souvent trop élevée pour être appliquée aux bornes d'un seul collecteur, et ce, sans aucun risque de répartition inégale de tension entre les deux rotors d'un même moteur, puisqu'ils sont accouplés mécaniquement par la roue dentée et donc astreints à tourner rigoureusement

à la même vitesse ; quant au moteur monophasé, qui est toujours à basse tension et donc à intensité relative-ment élevée, le couplage en série de deux induits permet d'appliquer aux bornes du moteur une tension double et donc une intensité moitié de celle nécessaire à l'alimentation d'un moteur simple de même puissance ce qui entraîne une réduction sensible du poids de tout l'équipement électrique.

Engrenages et accouplement déformable.

Dans toute locomotive à commande individuelle, à l'exception des machines « gearless », la réduction de la vitesse du moteur est réalisée par un ou plusieurs trains d'engrenages. Grâce aux progrès réalisés par la métallurgie et aux améliorations apportées aux procédés de taille et de rectification des dentures, les engrenages constituent à l'heure actuelle un organe mécanique dont le rendement et l'entretien ne laissent plus rien à désirer. Un train d'engrenages pour locomotives, de construction soignée, comportant un pignon en acier traité thermiquement et une roue en acier coulé, a un rendement supérieur à 97 % et sa durée est au moins de 1 000 000 km., correspondant à 10 ans de service d'une locomotive express.

La disposition et le nombre des engrenages varient suivant le type d'attaque des essieux utilisé mais comme c'est le cas pour tout le matériel de traction, le système le plus avantageux pour l'exploitant sera évidemment le plus simple et le plus robuste, c'est-à-dire celui qui permettra de satisfaire le mieux aux conditions suivantes :

- Simple rapport de réduction,
- Parallélisme absolu des deux axes du train d'engrenages,
- Simplicité de construction des roues dentées.

Ces conditions sont réalisées si le rapport de réduction peut être choisi suffisamment grand pour n'avoir pas besoin de deux réductions successives, si les paliers des deux roues dentées sont solidaires tous deux de la même carcasse et si, enfin, il n'est pas nécessaire d'interposer un organe élastique entre la jante et le centre de l'une des roues dentées. Or, à l'heure actuelle, un seul type d'attaque des essieux permet de résoudre simultanément ces trois problèmes : le système comportant un arbre creux qui tourne dans des paliers venus de fonte avec la carcasse du moteur et un accouplement à ressorts, logé dans la roue motrice.

Dès les débuts de la traction électrique, on a cherché à résoudre les trois questions énoncées plus haut et depuis une quarantaine d'années, on compte un grand nombre de dispositions souvent plus ingénieuses que pratiques qui ont abouti en 1910 au « Quill Drive

Westinghouse » bien connu¹. Ce système a donné lieu à de multiples applications en Amérique et en Suisse notamment et n'a guère varié, dans sa forme, jusqu'en 1924, époque à laquelle on y apporta diverses améliorations en Allemagne et en Amérique et une modification essentielle, en Suisse, par la transformation complète de la disposition des ressorts d'accouplement.

Ce dernier système dont la conception est due à M. J. Werz, ingénieur en chef des « Ateliers de Sécheron », permet l'emploi d'un accouplement à ressorts pour tous les diamètres de roues pratiquement utilisés, tandis que le système Westinghouse ne peut être logé dans des roues d'un diamètre inférieur à 1600 mm. La fig. 2 permet de comparer l'ancien et le nouveau système (locomotives 2AAA1 des C. F. F. et IAAA-AAA1 du Lötschberg) ; ce dernier a été appliqué notamment aux roues de 975 mm seulement de la locomotive AA-AA du chemin de fer de la Bernina.

rendu ateliers Sécheron, Genève le 30.4.28.

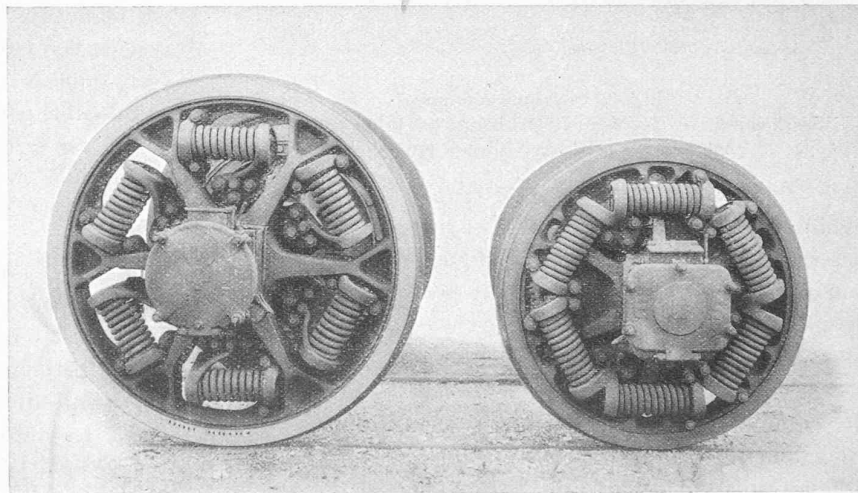


Fig. 2. — Accouplements élastiques système Westinghouse (à gauche) et système Sécheron (à droite).

Grâce à la réduction du diamètre des roues le poids non suspendu de l'essieu diminue, ainsi du reste que la distance entre essieux-moteurs et, par conséquent, le poids total du véhicule, ce qui explique le faible poids de la locomotive IAAA-AAA1 de 4500 ch (en régime unihoraire) du Lötschberg qui pèse 31,4 kg seulement par cheval. Quant aux ressorts eux-mêmes, ils peuvent être dimensionnés plus largement et sont moins sensibles que ceux du dispositif Westinghouse aux déplacements de l'essieu par rapport à l'arbre creux.

L'accouplement élastique est toujours bilatéral ; les engrenages en revanche, peuvent être disposés soit d'un seul côté, soit de part et d'autre du moteur. Dans le premier cas on utilise, en général, la denture droite ou en chevrons, ce qui ne serait guère possible dans le second, car le moindre décalage d'une des roues dentées par rapport à celle qui lui est symétrique entraînerait une répartition inégale du couple moteur sur les deux trains

¹ Voir : E. SAVARY. — « Les locomotives électriques type 1C1 des C.F.F. », *Bulletin technique* du 2 février 1924.

d'engrenages ; pour remédier à cet inconvénient on peut munir une des roues dentées d'une couronne amovible dont le serrage sur son centre n'est effectué qu'au moment du montage. Ce procédé compliqué et coûteux a été avantageusement remplacé sur les locomotives IAAA-AAAI du Lötschberg notamment par l'utilisation de deux engrenages à dentures obliques opposées (voir

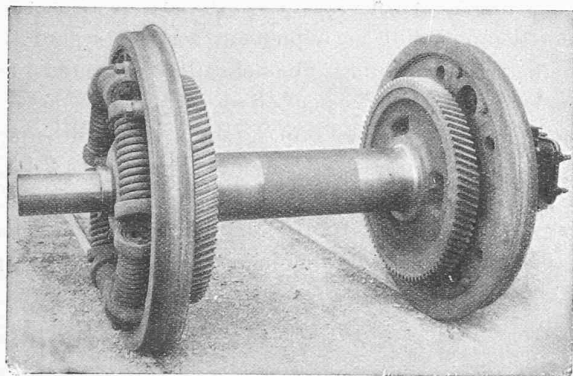


Fig. 3. — Essieu moteur des locomotives ICCI du Lötschberg avec arbre creux et engrenages à dentures obliques opposées.

fig. 3) ; dans ce cas, les rotors des moteurs de traction possèdent un jeu axial de quelques millimètres, qui leur permet de se placer dans une position telle que le couple transmis par chaque engrenage soit rigoureusement le même.

Ainsi que nous l'avons vu plus haut, tout dispositif de commande individuelle des essieux doit remplir trois fonctions distinctes nécessitant, en général, trois organes différents, dont l'un, l'accouplement déformable est, dans plusieurs systèmes, constitué par une combinaison de biellettes, d'articulations et de segments dentés. Or ces pièces nécessitent un graissage délicat, leur bon fonctionnement est compromis par l'usure inévitable, et leur rupture accidentelle, enfin, entraîne l'immobilisation de la locomotive.

Ce sont là de graves inconvénients qui sont autant d'arguments en faveur de l'accouplement à ressorts, qui ne nécessite aucun graissage et n'est soumis à aucune usure puisqu'il ne comporte aucune pièce frottante et dont la rupture fortuite d'un des 12 ressorts de chaque essieu n'influe pas sur la marche de la locomotive, qui peut continuer son service sans inconvénient jusqu'à sa rentrée au dépôt.

Si l'on tient compte, en outre, du fait que l'accouplement à ressorts remplit simultanément deux fonctions, qui, dans tout autre système d'attaque nécessitent deux organes distincts, (dispositif élastique dans la roue dentée et système déformable dans la roue motrice), on est logiquement conduit à admettre que la commande des essieux par arbre creux et accouplement élastique résout tous les problèmes qui se posent de la façon la plus complète, la plus simple et la plus économique.

Dispositif d'attaque des essieux pour automotrices.

La presque totalité des automotrices, tant pour le service urbain que pour la grande traction, sont pourvues de moteurs du type « tramways » à suspension par le nez ; ces moteurs reposent d'un côté directement sur l'essieu et sont suspendus de l'autre au châssis de la voiture ou du bogie. Le moteur étant solidaire de l'essieu, il n'est donc plus nécessaire de prévoir un système déformable entre ces deux organes et il ne reste, dans ce cas, qu'à assurer la réduction de la vitesse et la transmission du couple par un organe élastique ; le dispositif élastique n'est, du reste, indispensable que pour les moteurs monophasés d'une certaine puissance.

La transmission du couple et la réduction de la vitesse ont lieu par un simple train d'engrenages, unilatéral ou bilatéral, élastique ou non. Ce système, simple et robuste, nécessite dans la plupart des cas l'emploi de moteurs lents, donc lourds et chers ; pour les automotrices de tramways, notamment, la vitesse normale des moteurs est de 600 t/min, environ seulement. Cette faible vitesse est imposée, d'une part, par le diamètre maximum admissible pour la roue dentée calée sur l'essieu et d'autre part, par le diamètre minimum du pignon, fixé par des conditions de résistance. Le rapport maximum de réduction est donc ainsi fixé ; il est en général voisin de 1 : 5.

Comme pour les locomotives, tous les constructeurs de matériel de traction électrique se sont ingénies à établir des dispositifs permettant l'emploi de rapports de réduction plus élevés pour utiliser des moteurs rapides. Cette question revêt une importance toute particulière pour les automotrices de tramways dont la vitesse est en général faible et, par conséquent, les moteurs relativement très lents.

La solution qui, à première vue, semble la plus simple,

exp. à Berne le 16.3.32.

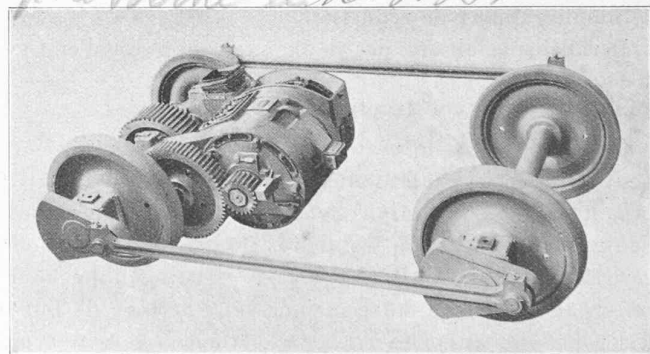


Fig. 4. — Transmission par double train d'engrenages, des locomotives de manœuvre des C. F. F., type Ee 2/2.

consiste à utiliser une double réduction d'engrenages comportant quatre roues dentées cylindriques ; ce système employé parfois dans des cas particuliers (voir fig. 4) est très difficile à adapter aux châssis des voitures de tramways étant donné le peu de place dont on dispose. On a donc été conduit à envisager une disposition com-

plètement différente dans laquelle on a largement tenu compte des progrès réalisés dans les véhicules automobiles. En France la « C^{le} des transports en commun de la région parisienne » a étudié et construit un système de ce genre appliqué actuellement à plus de 400 automotrices à deux essieux. En Suisse, après quelques essais de dispositifs divers, les Tramways de Zurich, ont récemment passé commande aux « Ateliers de Sécheron », d'une série importante de moteurs d'un nouveau type étudié par cette Société et représenté par la fig. 5; ce système a été adopté également par les Tramways de Saarbrücken, et, à titre d'essai, par ceux de Bâle.

La fig. 5 permet de se rendre compte des caractéristiques de cette nouvelle disposition¹; le moteur dont l'axe est parallèle à celui du véhicule attaque un arbre intermédiaire par une couple d'engrenages coniques et un accouplement élastique destiné à réduire l'intensité des chocs sur le rotor; cet arbre, à son tour, transmet la puissance du moteur aux roues par un engrenage cylindrique.

Quant au moteur, il est du type série habituel, à quatre pôles, ventilé; la ventilation est possible dans ce cas, par suite de la réduction des dimensions du moteur qui permet d'utiliser des filtres à air, ce qui n'était pas possible avec les anciens moteurs du type « tramways », beaucoup plus larges.

Le tableau suivant donne la puissance et le poids des anciens et des nouveaux moteurs :

	Moteurs type « Tramway » hermétiquement clos	Moteurs type « Sécheron » ventilés
Puissance unihoraire . .	50 ch	65 ch
Vitesse correspondante	18 km/h	18 km/h
Puissance continue . .	25 ch	50 ch
Poids, y compris engrenages et carter	1000 kg	800 kg

Autrement dit, alors que la puissance continue des nouveaux moteurs a doublé par rapport à celle des anciens, leur poids a été réduit de 20 %.

Ce système, qui permet l'emploi de roues motrices de petit diamètre (550 mm), donc de voitures à plate-forme très surbaissée, est certainement appelé à un grand développement. (A suivre.)

¹ Cette disposition est brevetée dans la plupart des pays industriels.

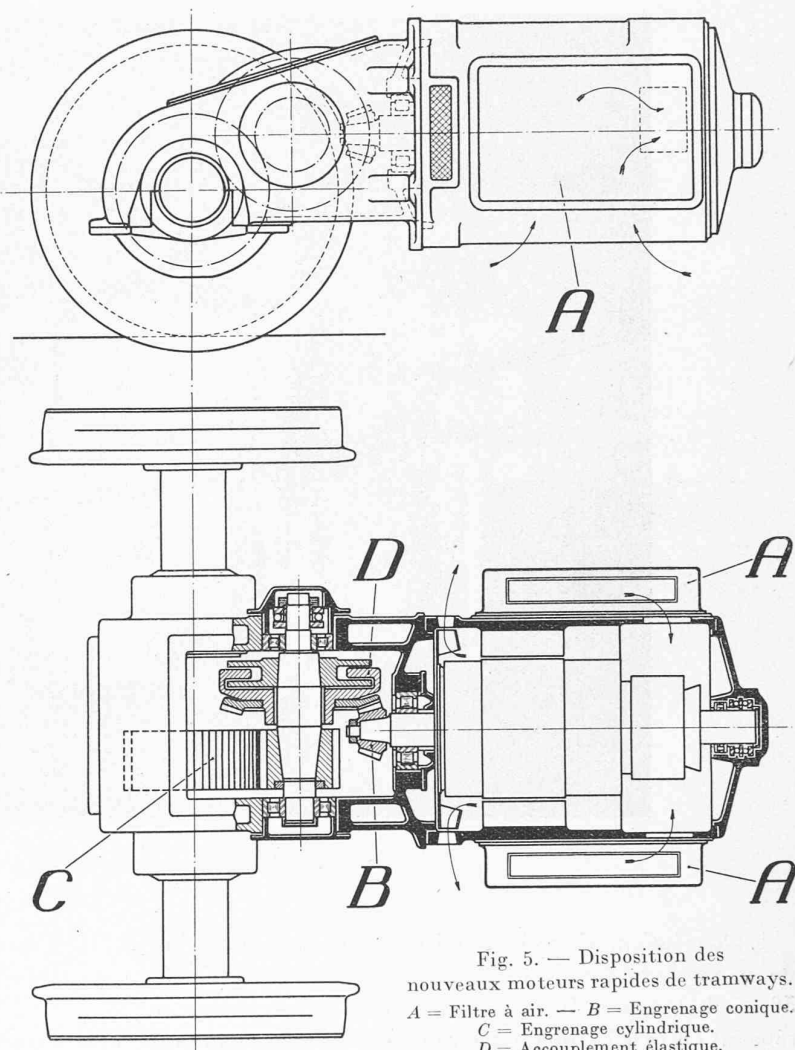


Fig. 5. — Disposition des nouveaux moteurs rapides de tramways.
A = Filtre à air. — B = Engrenage conique.
C = Engrenage cylindrique.
D = Accouplement élastique.

Examen des résultats de l'épreuve du Réservoir de douze mille mètres cubes au Calvaire sur Lausanne. Essai de charge par remplissage unilatéral.

*Rapport concernant les opérations
dirigées par le Groupe professionnel du béton dans la
Société suisse des Ingénieurs et des Architectes,
sur demande de la Ville de Lausanne, au printemps 1924*

par A. PARIS, ingénieur,
professeur à l'Université de Lausanne.

I. Introduction.

La Ville de Lausanne, d'une population de 80 000 habitants environ, possède actuellement des réservoirs d'eau de source potable répartis sur les points principaux de son territoire; leur fonctionnement solidaire est réglé par le plus grand d'entre eux, le réservoir supérieur du Calvaire, d'une contenance totale de 12 000 m³; les autres réservoirs font ensemble plus de 10 000 m³ supplémentaires.