Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 61 (1935)
Heft: 22

Artikel: Etude comparative des moteurs de traction actuels
Autor: Kummer, W.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-47027

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: 05.05.2025

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

61e année 26 octobre 1935 N° 22

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

ABONNEMENTS :
Suisse : 1 an, 12 francs
Etranger : 14 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 10 francs
Etranger : 12 francs
Prix du numéro : 75 centimes.
Pour les abonnements s'adresser à la librairie F. Rouge & Cie, à Lausanne.

Paraissant tous les 15 jours

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale. — Organe de publication de la Commission centrale pour la navigation du Rhin.

COMITÉ DE RÉDACTION. — Président : R. NEESER, ingénieur, à Genève. — Secrétaire : EDM. EMMANUEL, ingénieur, à Genève. — Membres : *Fribourg :* MM. L. HERTLING, architecte ; A. ROSSIER, ingénieur ; *Vaud :* MM. C. BUTTICAZ, ingénieur ; E. ELSKES, ingénieur ; EPITAUX, architecte ; E. JOST, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; CH. THÉVENAZ, architecte ; *Genève :* MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; E. ODIER, architecte ; CH. WEIBEL, architecte ; *Neuchâtel :* MM. J. BÉGUIN, architecte ; R. GUYE, ingénieur ; A. MÉAN, ingénieur cantonal ; E. PRINCE, architecte ; *Valais :* MM. J. COUCHEPIN, ingénieur, à Martigny ; HAENNY, ingénieur, à Sion.

RÉDACTION : H. DEMIERRE, ingénieur, 11, Avenue des Mousquetaires, LA TOUR-DE-PEILZ.

ANNONCES
Le millimètre sur 1 colonne, largeur 47 mm. : 20 centimes.
Rabais pour annonces répétées.
Tarif spécial pour fractions de pages.
Régie des annonces : Société Suisse d'Edition, Terreaux 29, Lausanne.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DU BULLETIN TECHNIQUE
A. DOMMER, ingénieur, président ; G. EPITAUX, architecte ; M. IMER ; E. SAVARY, ingénieur.

SOMMAIRE : *Etude comparative des moteurs de traction actuels*, par Dr le W. KUMMER, professeur à l'Ecole polytechnique fédérale (suite et fin). — *Les coups de bélier dans les conduites simples et dans les conduites complexes*, par le Dr CH. JÆGER. — *Les architectes et l'électricité. — Comment respire une ville. — Société suisse des ingénieurs et des architectes : rapport de gestion pour 1934* (suite et fin). — *Société vaudoise des ingénieurs et des architectes : Rapport sur la création de possibilités de travail dans le canton de Vaud, pour les professions techniques. — Psychotechnique.* — NÉCROLOGIE : *Romain de Schaller.* — BIBLIOGRAPHIE. — INFORMATIONS : *Un nouveau procédé de sondage pour la prise des échantillons de terrain sans altération de leur structure.*

Etude comparative des moteurs de traction actuels

par le Dr W. KUMMER,
professeur à l'Ecole polytechnique fédérale.

(Suite et fin.) [1]

2. L'ajustage des moteurs aux essieux.

Le genre de l'ajustage des moteurs aux essieux est d'une importance fondamentale, surtout dans la conception des locomotives puissantes pour les grandes lignes de chemins de fer. S'il s'agit par exemple d'amener la puissance de 2000 chevaux à un groupe de quatre essieux, tournant à 250 tours par minute, l'ajustage peut se faire au moyen d'une commande en commun pour les quatre essieux, avec un moteur unique, ou avec deux moteurs attaquant ensemble le mécanisme de transmission aux essieux. En outre, les essieux peuvent former deux groupes de deux essieux, chaque groupe ayant son propre moteur de 1000 ch et sa transmission correspondante. Enfin, chacun des quatre essieux peut être commandé individuellement par un moteur de 500 ch ou par deux moteurs jumelés, équivalents à 2×250 ch. L'application de l'une ou de l'autre variante de commande est hautement influencée par les relations puissance-vitesse, valables pour une série donnée de moteurs de traction. Ces relations peuvent être formulées analytiquement par des hyperboles de la formule commune :

$$P \cdot n^x = n_s^x$$

P signifiant la puissance de pleine charge, n le nombre de tours correspondant par unité de temps, et n_s une constante, c'est-à-dire le nombre de tours dit « spécifique », ou valable pour $P = 1$; l'exposant x détermine l'ordre de l'hyperbole. La série des moteurs considérée peut accuser des vitesses lentes, normales, hautes ou extra-hautes, et cela suivant la valeur numérique de n_s.

Cette formule est basée sur trois suppositions fondamentales, sur la proportionnalité qui existe entre le couple du moteur développé et un volume « actif » de ce moteur, en outre sur une règle relative à la constitution de ce volume, et enfin sur une norme concernant la vitesse de régime du moteur. Le volume actif est donné soit par le volume des cylindres de machines à piston, soit par le volume des vides cylindriques dans lesquels ont lieu les révolutions des rotors de turbomoteurs ou d'électromoteurs ; normalement, c'est-à-dire pour une construction toute libre, ces cylindres accusent un rapport fixe entre le diamètre et la longueur axiale ; pour les rotors, dont les axes doivent être orientés parallèlement aux essieux des véhicules qu'ils commandent, la longueur axiale des rotors est fixée constante dans toute la série de moteurs pour un écartement donné des roues sur l'essieu. La norme pour la vitesse de régime est fixée dans les séries de machines à piston proportionnellement à la racine carrée de la course du piston ; la vitesse de régime des turbomoteurs est constante pour des séries ayant la même pression du fluide moteur ; pour des séries d'électromoteurs, la vitesse de régime est normalisée, soit suivant un maximum de vitesse donné à la périphérie des rotors, assurant une solidité donnée pour le bandage des rotors de moteurs série, soit suivant un maximum de force centrifuge donné par unité de masse à la jante des rotors des moteurs triphasés et des générateurs formant partie des groupes électrogènes dans

[2] Voir *Bulletin technique* du 12 octobre 1935, page 241.

des transmissions électromécaniques des véhicules utilisant de grands moteurs à combustion interne.

L'élimination du volume actif des trois équations, auxquelles donnent lieu les trois suppositions fondamentales, variées suivant les cas, fait ressortir pour la formule :

$$P \cdot n^x = n_s^x$$

quatre valeurs consécutives de l'exposant x, à savoir :

$$x = 1, \quad = 2, \quad = 3, \quad = 5,$$

dont la justification sera donnée plus loin.

Pour l'exemple pris en considération, d'une locomotive de 2000 ch, à 4 essieux moteurs, tournant à 250 tours par minute, on trouve pour n_s, suivant l'exposant considéré, les valeurs numériques suivantes :

$$\begin{aligned} n_s &= 500\,000 \quad \text{pour} \quad x = 1, \\ n_s &= 11\,180 \quad \text{pour} \quad x = 2, \\ n_s &= 3\,150 \quad \text{pour} \quad x = 3, \\ n_s &= 1\,143 \quad \text{pour} \quad x = 5. \end{aligned}$$

La figure 7 représente les quatre hyperboles correspondantes. Quant à la provenance de l'exposant de

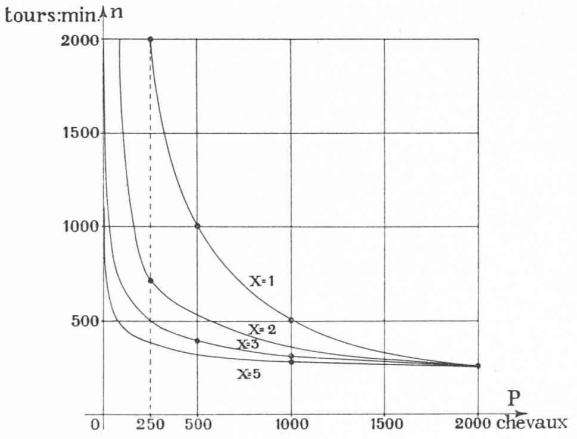

Fig. 7.

chacune de ces courbes, et pour ce qui concerne le contenu de celles-ci, il faut remarquer ce qui suit :

L'hyperbole pour $x = 1$ représente une série de moteurs électriques, à courant continu ou monophasé, excités en série, les axes des rotors de ces moteurs ajustés parallèlement aux essieux d'un véhicule moteur. Les points sur la courbe, marqués aux abscisses $P = 250$ et $= 500$ ch, se rapportent à des exemples de commande individuelle des essieux pour la locomotive de 2000 ch, moyennant des renvois de vitesse ; pour chacun des 4 essieux on aura alors, soit des moteurs jumelés de 2×250 ch, soit des moteurs normaux de 500 ch. Pour cette même locomotive, d'autres conceptions comportent des commandes d'essieux en commun ; les points sur la courbe, marqués aux abscisses $P = 1000$ et $= 2000$ ch, donnent les éléments de l'ajustage des moteurs ; pour 1000 ch par moteur, il faudra des renvois de vitesses, soit que les deux moteurs travaillent ensemble sur le groupe de tous les quatre essieux, soit que chacun d'eux commande un groupe de deux essieux en commun ; un moteur unique de 2000 ch attaquera le groupe de tous les 4 axes sans renvoi de vitesse. L'exposant $x = 1$ est valable également pour la relation puissance-vitesse de séries de turbomoteurs dont les axes sont ajustés parallèlement aux essieux de véhicules moteurs ; mais la valeur numérique de n_s de l'hyperbole correspondante est bien 4 à 5 fois plus élevée que pour les moteurs électriques caractérisés par cette équation avec l'exposant $x = 1$. Pour une locomotive attaquée par des turbines à vapeur, l'encombrante chaudière ne permettra l'ajustage que d'une seule turbine équipée d'un renvoi de vitesse et commandant en commun les quatre essieux prévus.

L'hyperbole pour $x = 2$ est valable pour une série de moteurs électriques, à courant continu ou monophasé, excités en série, les rotors des moteurs accusant un rapport donné entre le diamètre et la longueur axiale. Une pareille liberté constructive pour les moteurs n'est possible que par l'orientation des axes des moteurs soit verticalement dans les caisses de locomotives, soit horizontalement sous le plancher de voitures motrices dans le sens longitudinal de celles-ci. La première application conduit, pour l'exemple d'une locomotive de 2000 ch à 4 essieux moteurs, à l'emploi de 4 moteurs jumelés de 2×250 ch par essieu ; cette solution est connue surtout comme caractéristique de la série 1670 des locomotives électriques de l'Etat autrichien ; la puissance en est même de 3000 ch pour 4 essieux-moteurs. En principe, l'exposant $x = 2$ pourrait caractériser aussi des turbomoteurs disposés et installés d'une façon analogue à celle indiquée pour les électromoteurs de la série que nous venons de traiter ; cependant, un pareil ajustage de turbomoteurs à vapeur serait gêné par la chaudière.

L'hyperbole pour $x = 3$ représente uniquement une série de moteurs à courant triphasé, dont les axes des rotors sont parallèles aux essieux de véhicules moteurs. Les points sur la courbe, correspondant aux abscisses $P = 500$, $= 1000$, $= 2000$ ch caractérisent des commandes absolument analogues à celles décrites à l'occasion de l'hyperbole pour $x = 1$ selon les abscisses indiquées.

L'hyperbole pour $x = 5$ peut représenter une série de machines à vapeur à piston, les cylindres accusant un rapport donné entre le diamètre et la longueur axiale, ces machines commandant toujours en commun un groupe de plusieurs essieux de véhicules moteurs, et notamment de locomotives. Pour l'exemple d'une locomotive de 2000 ch à 4 essieux moteurs, il y a les variantes de $P = 1000$ et de $P = 2000$ ch, suivant les points marqués sur la courbe ; la première variante vise une locomotive à 2 paires d'essieux couplés, tandis que la seconde variante se rapporte à une locomotive à 4 essieux couplés. La petite différence dans le nombre de tours qu'accusent les moteurs des deux variantes pourra être corrigée par le choix des diamètres des roues, afin de donner à chaque variante des locomotives la même vitesse

à la jante des roues. L'hyperbole pour $x = 5$ peut représenter aussi des séries de groupes électrogènes de locomotives à moteurs Diesel, et cela aussi bien pour le moteur Diesel que pour le générateur électrique accouplé. Pour l'exemple d'une locomotive de 2000 ch à 4 essieux moteurs, une pareille locomotive Diesel sera composée de deux unités, chacune à deux essieux moteurs et à 2 ou à 3 essieux porteurs, et chacune équipée d'un groupe électrogène de 1000 ch, par exemple, suivant le point marqué sur l'hyperbole, ou d'un groupe d'un n_s un peu plus haut ou plus bas. Pour des moteurs à combustion interne, à puissance relativement faible, appropriés à la traction par voitures motrices sur rail, ou bien aux automobiles de route, les valeurs n_s de l'hyperbole pour $x = 5$ sont très hautes comparativement au cas de tels moteurs pour locomotives. Par la transformation de la caractéristique mécanique des moteurs à combustion interne, par les moyens énoncés plus haut, les engins attaquant immédiatement les essieux peuvent présenter des relations puissance-vitesse spéciales. Ainsi, les séries de renvois à roues dentées comportent aussi des hyperboles avec $x = 5$; les séries d'électromoteurs, parallèles aux essieux qu'ils attaquent, comportent normalement les hyperboles avec $x = 1$, les moteurs secondaires des transmissions hydromécaniques ou aéromécaniques, toujours à piston, conduisent à des hyperboles avec $x = 5$, ces deux séries justifiées par ce qui a été dit.

La comparaison des genres de l'ajustage des moteurs aux essieux, tels que nous les avons rencontrés lors de notre examen des relations puissance-vitesse des différents moteurs de traction, démontre une richesse particulière de solutions techniques pour la commande immédiate des essieux par des moteurs électriques. D'autre part, pour l'attaque des essieux par des machines à vapeur, les solutions techniques, du moins pour la grande traction, présentent un caractère plutôt uniforme. Quant aux moteurs à combustion interne, une richesse de systèmes se manifeste surtout dans le domaine de la transformation de la caractéristique mécanique des moteurs, conduisant alors, quant aux engins attaquant immédiatement les essieux, à des solutions techniques que l'on rencontre également, soit dans la traction électrique, soit dans la traction à vapeur.

Les coups de bélier dans les conduites simples et dans les conduites complexes.

Dans le *Bulletin technique du 14 septembre 1935*, MM. Calame et Gaden ont fait paraître la première partie d'un article intitulé : « Influence des réflexions partielles de l'onde aux changements de caractéristiques de la conduite et au point d'intersection d'une chambre d'équilibre ». Cet article est nettement dirigé contre nos travaux relatifs aux coups de bélier, les deux auteurs s'étant engagés à démontrer dans la seconde partie que rien n'est neuf dans nos travaux qui ne soit faux ! Tant que cette seconde partie n'aura point paru, il nous est évidemment impossible de répondre sur le fond aux critiques que l'on voit poindre dans la première partie. MM. Calame et Gaden semblent cependant interpréter fort tendancieusement les rapports existant entre nos travaux et ceux d'autres auteurs. Une mise au point immédiate sur ce point particulier est, dès maintenant, possible et même utile :

1. Nous avons, à plus d'une reprise, et plus particulièrement au début de notre « Théorie générale » [1] rendu, aux travaux d'Allievi, l'hommage qu'ils méritent : les abaques d'Allievi résument exactement *tout* ce que nous savons du coup de bélier dans les conduites *simples*. Il n'y a rien à ajouter à ce chapitre ; nos travaux portent sur un domaine qu'Allievi a volontairement laissé de côté.

Avant nous, de Sparre (1918) [2], et Schnyder (1932) [3] ; après nous, Glower (1933) [4], Bergeron (1935) [5] et Schnyder (1935) [3] ont abordé l'étude rigoureuse des conduites à caractéristiques multiples. Ces divers travaux se basent sur les *mêmes hypothèses* que les nôtres, et, abordant par des voies diverses les *mêmes problèmes*, arrivent aux *mêmes résultats* et aux *mêmes conclusions*. Prétendre, comme le font MM. Calame et Gaden, que notre théorie ne fait que retrouver des résultats connus et accessibles par des méthodes approximatives de calcul, c'est implicitement déclarer qu'il en est de même de toutes les méthodes mentionnées et que les efforts de tous ces auteurs furent vains.

2. MM. Calame et Gaden prétendent que nous avons jeté indûment des cris d'alarme : imputation tout à fait gratuite. En fait, nous ne pouvions ignorer certains travaux modernes que MM. Calame et Gaden ne citent nulle part dans leur article. C'est ainsi que l'Américain Billings [6] a fait récemment une très vive critique tant des méthodes approchées de calcul — préconisées par MM. Calame et Gaden — que de la notion même de sécurité des conduites forcées. Dans notre commentaire [7], nous avions repris un certain nombre de *faits* signalés par Billings et conformes à ce que d'autres spécialistes ont observé. Nulle part nous n'avons dit que nous adoptions sans autres les *conclusions* de Billings. On comparera utilement les conclusions de MM. Calame et Gaden à celles de Billings [6], que nous traduisons ici :

[1] *Jæger :* « Théorie générale du coup de bélier », Dunod (Paris), 1933.

[2] *de Sparre :* « Bulletin spécial N° 2 de la Société Hydrotechnique de France », 1918.

[3] *Schnyder :* « Wasserkraft und Wasserwirtschaft » N^{os} 5 et 7, 1932, et N° 12, 1935.

[4] *Glower :* « Symposium on Water Hammer », A. S. M. E. New-York 1933.

[5] *Bergeron :* « Revue générale de l'Hydraulique N^{os} 1 et 2, 1935. Voir en particulier pages 21 et 22 la démonstration rigoureuse de l'identité des méthodes Bergeron et Jæger.

[6] *Billings*, vice-président de « The Brazilian Light and Power Co. Ltd. », *Dookin*, *Knapp* et *Santos :* « Symposium on Water Hammer », A. S. M. E., New-York, 1933.

[7] *Jæger :* « Wasserkraft und Wasserwirtschaft », N° 7, 1er avril 1935.