

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 93 (1967)
Heft: 2: Revision des normes SIA, nos 161, 161, 162

Artikel: Essais de freinage de véhicules routiers
Autor: Derron, Maurice H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-69056>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.07.2025

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

routiers, les nouvelles prescriptions sont fondées sur les résultats des essais exécutés en 1958 à la station de Desching par les chemins de fer de l'Allemagne fédérale.

Séismes

Le nouveau projet de norme n° 113 pour le calcul et l'exécution de maçonneries de pierres naturelles et de pierres artificielles précise, en se référant à la norme n° 160, que le calcul des maçonneries doit aussi tenir compte des actions dynamiques, du trafic, des machines et autres causes au nombre desquelles figurent naturellement les séismes. Bien que les résultats d'observations ne soient pas suffisants pour résoudre ce problème, il est apparu indispensable de ne pas remettre à plus tard l'introduction dans les normes d'un article relatif aux séismes, étant donné l'extension que prend actuellement la construction d'édifices toujours plus élevés et les dangers qu'ils représentent en cas de catastrophe. A défaut de résultats de mesures, les nouvelles dispositions sont fondées sur les prescriptions en vigueur aux Etats-Unis, simplifiées et adaptées à nos conditions. Elles donnent l'ordre de grandeur des efforts à prendre en considération pour permettre à l'ingénieur d'étudier des solutions d'autant plus élégantes sur le plan technique et d'autant moins onéreuses que le problème est abordé plus tôt au cours des études.

Transports exceptionnels

L'acheminement de machines lourdes et de grand encombrement se révèle plus difficile au fur et à mesure que s'ouvrent les chantiers de construction des routes

nationales et que sont supprimés les passages à niveau des voies ferrées sur le reste du réseau routier. Le Service fédéral des routes et des digues, ainsi que plusieurs associations industrielles, ont demandé à la Conférence des directeurs des travaux publics et à l'Union suisse des professionnels de la route de désigner d'un commun accord le réseau des parcours qui doivent rester ouverts aux transports lourds. En octobre 1964, le groupe de travail de l'USPR a déposé son rapport, qui prévoit des artères d'exportation sur lesquelles devront pouvoir circuler des convois de 480 t et des routes d'approvisionnement sur lesquelles le poids maximum des convois est limité à 240 t.

En marge de ces nouvelles conditions, les bases de calcul des ouvrages situés sur ces itinéraires ont fait l'objet d'un projet de dispositions nouvelles, dont la publication est prévue sous forme d'une annexe et d'un commentaire à l'article 12 du projet de normes.

Cependant, d'une part, le rapport du groupe de travail de l'USPR soulève des problèmes d'ordre financier qui n'ont pas encore été réglés et, d'autre part, en vertu de l'ordonnance du 21 août 1962 sur les normes de construction, les normes édictées par les associations et organisations techniques représentatives sont considérées comme règles reconnues de la technique et ont par conséquent, en principe, force de loi. Il n'était donc pas possible de publier ces normes de calcul avant que les problèmes soulevés par ce nouveau réseau de routes aient été réglés par les autorités fédérales et cantonales intéressées. Le projet de normes de calcul de ces ouvrages sera publié ultérieurement, après que les questions encore en suspens auront été réglées.

ESSAIS DE FREINAGE DE VÉHICULES ROUTIERS

par MAURICE H. DERRON, professeur à l'EPUL, Lausanne

1. Introduction. But des essais

Lorsqu'il s'avéra nécessaire d'introduire dans les normes une prescription relative aux efforts de freinage à envisager sur les ponts-routes, la Commission de révision des normes 160 fit ce qu'il est d'usage en pareil cas : elle commença par se renseigner sur les ordonnances en vigueur dans d'autres pays. Elle se trouva placée alors devant un choix embarrassant : fallait-il (voir fig. 7), comme au Japon, admettre une valeur constante, relativement basse, ou comme en Autriche, une valeur proportionnelle à la longueur de l'ouvrage ? Quel devait être, dans ce cas, le facteur de proportionnalité ? Les efforts admis sur les ponts-rails ne semblent pas fournir un point de comparaison convenable ; ils sont, en tout cas, nettement supérieurs à ceux que l'on admet partout pour les ponts-routes.

Faute de trouver dans la littérature technique une justification des différentes formules proposées, la commission décida de procéder à des essais. Un crédit lui fut accordé par le Département fédéral de l'intérieur,

sur proposition de la Commission fédérale de recherches en matière de construction de routes. L'exécution des essais fut confiée au Laboratoire de statique des constructions de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne, selon un programme établi avec la commission, ainsi qu'avec le Service fédéral des routes et des digues. L'idéal eût été de pouvoir lancer un convoi de véhicules sur une plate-forme mobile, comme le tablier d'un pont, posée sur des rouleaux, et de mesurer l'effort de butée à l'extrémité de cette plate-forme. La réalisation d'un tel essai est matériellement impossible. Il fut décidé de mesurer la décélération de camions circulant en colonne, et d'en déduire l'effort de freinage par un calcul, connaissant le poids des véhicules.

2. Lieu et nature des essais

Les essais furent exécutés sur la piste pour blindés de la caserne de Thoune ; un circuit de plusieurs kilomètres de longueur permettait d'accélérer la colonne

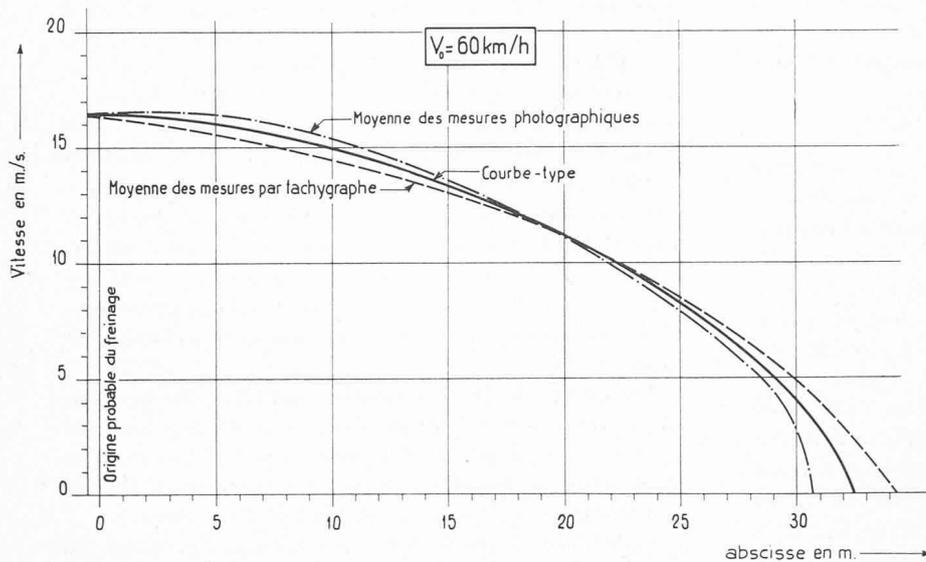


Fig. 1. — Valeur de la vitesse durant le freinage en fonction du chemin parcouru, courbe type $v = f(s)$.

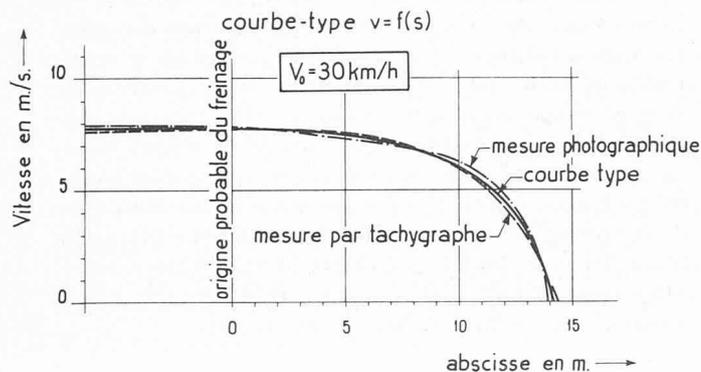


Fig. 2. — Valeur de la vitesse durant le freinage en fonction du chemin parcouru.

jusqu'à une vitesse de régime uniforme, puis de stopper les véhicules sur un tronçon rectiligne.

Le convoi était formé de quinze camions Henschel à trois essieux, mis à disposition par le Service technique militaire, avec chauffeurs professionnels. Les véhicules étaient neufs ainsi que les pneus, ce qui a permis de réaliser un freinage particulièrement énergique, d'autant plus que l'on a opéré par temps couvert, sur une chaussée en béton absolument sèche. La longueur d'un camion était de 8 m et son poids en charge de 14,7 t (tare 9,7 t + surcharge 5 t).

Le 2 juin 1964 et dans la matinée du 3 juin, une série d'essais, de beaucoup la plus étendue, avec nombreuses répétitions des mesures, a été exécutée à partir d'une vitesse initiale constante de 60 km/h. Cette première série a été complétée par des essais, moins nombreux, à la vitesse initiale de 30 km/h à titre de comparaison. Chaque fois, la colonne mise en marche exécutait un tour de piste, au besoin deux, pour acquérir la vitesse de régime constant à partir de laquelle s'opérait le freinage. L'intervalle libre entre camions était imposé d'avance, par exemple 30 m pour une vitesse de 60 km/h, de manière à réaliser la plus forte densité possible de véhicules. On a constaté que le maintien de cette distance imposait une attention très soutenue de la part des chauffeurs, dont la tendance naturelle était de laisser

l'écartement s'augmenter par mesure de prudence. L'ordre de stopper était donné par un signal optique au chauffeur du premier camion, chacun des suivants ayant pour consigne de s'arrêter aussitôt qu'il voyait s'allumer le feu « stop » du camion situé devant lui. On a cherché à réaliser les conditions normales de circulation d'une suite de véhicules roulant en colonne lorsque, pour une raison quelconque, l'un d'eux freine brusquement.

Pour terminer, la décélération maximum a été mesurée sur des véhicules isolés pour des vitesses initiales de 10, 20, 40 et 50 km/h.

3. Dispositifs de mesure

Grâce à la complaisance de quelques maisons spécialisées dans la mesure des vitesses et des temps, on put équiper les véhicules d'appareils d'observation de différents types.

Un tachygraphe Hasler entraîné par une roue auxiliaire fixée sur le côté du véhicule et roulant sur la chaussée, a été placé successivement sur le premier, le huitième et le dernier camion de la colonne. De plus, le mouvement du même camion a été photographié en même temps que celui des voisins, au moyen d'un appareil donnant cinq images par seconde.

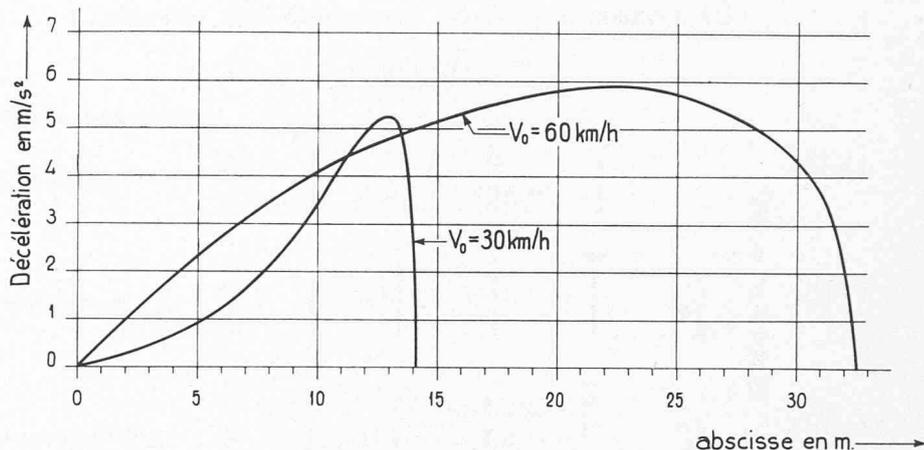
La valeur maximum de la décélération en cours du freinage a été contrôlée sur chaque véhicule au moyen d'un décéléromètre « Dessel » de la maison Hasler.

Enfin, chaque véhicule était équipé d'un chronographe « Heuer » enclenché électriquement par un contacteur « Favag » relié à la pédale du frein.

4. Résultats et interprétation des mesures

Il convient de remarquer tout d'abord que le freinage a été beaucoup plus rapide qu'on ne l'avait imaginé avant les essais. En effet, même à partir d'une vitesse de 60 km/h, sa durée n'a guère dépassé 4 secondes. Ceci provient certainement de la qualité des chauffeurs, de l'état d'entretien parfait des véhicules et des bonnes conditions d'adhérence sur la chaussée. Il en est résulté certaines difficultés dans l'interprétation des mesures, du fait, par exemple, que le tachygraphe ne donnant

Fig. 3. — Valeur de la décélération durant le freinage en fonction du chemin parcouru : $a = f(s)$.



qu'une mesure par seconde, le nombre de ces mesures est extrêmement faible ; nous estimons toutefois avoir pu tirer des conclusions valables, grâce au fait que les essais avaient été répétés un grand nombre de fois, en particulier pour la vitesse initiale de 60 km/h. Les photographies ont été un moyen de contrôle très précieux, puisqu'elles ont permis de faire cinq mesures par seconde.

L'observation des chronographes a montré que le temps de réaction, c'est-à-dire l'intervalle séparant le début du freinage de deux véhicules successifs, est compris entre 0,3 et 1,3 seconde. Nous avons admis une valeur moyenne de 0,7 seconde. A partir du moment où le freinage a commencé, il se déroule d'une façon pratiquement identique pour chaque véhicule et dans chaque essai fait à partir de la même vitesse initiale. Il est donc indépendant du chauffeur dans une très large mesure.

La distance moyenne entre deux camions a été mesurée sur les photographies ; on peut vérifier que quand la colonne roule à 60 km/h, la distance entre axes est de 38 m, conformément aux instructions données aux chauffeurs (espace libre 30 m + longueur du camion 8 m) ; à la vitesse de 30 km/h, la distance entre axes est de 23,0 m.

A partir des enregistrements au tachygraphe et des mesures photographiques, on a pu tracer les diagrammes de la vitesse en fonction du chemin parcouru (voir fig. 1 et 2) pour les vitesses initiales de 60 km/h et 30 km/h. On peut y trouver la confirmation d'une règle très simple qu'enseignent certaines auto-écoles : dans de bonnes conditions, la longueur du chemin de freinage s'exprime, en mètres, par la moitié de la vitesse en kilomètres à l'heure jusqu'à 50 km/h, et par le carré du dixième de la vitesse au-delà de 50 km à l'heure. Cette règle, qui donnerait des longueurs de freinage de 15 m pour 30 km/h et 36 m pour 60 km/h, correspond assez bien aux essais.

On constate, en outre, que les résultats obtenus au tachygraphe concordent de façon satisfaisante avec ceux des mesures photographiques.

La bande d'enregistrement du tachygraphe n'est pas entraînée par un mouvement d'horlogerie, mais par la roue auxiliaire fixée au véhicule ; cette bande ne se déroule donc pas à une vitesse constante. L'appareil est conçu pour indiquer la vitesse en fonction du chemin parcouru, donc en fonction de la position du véhicule,

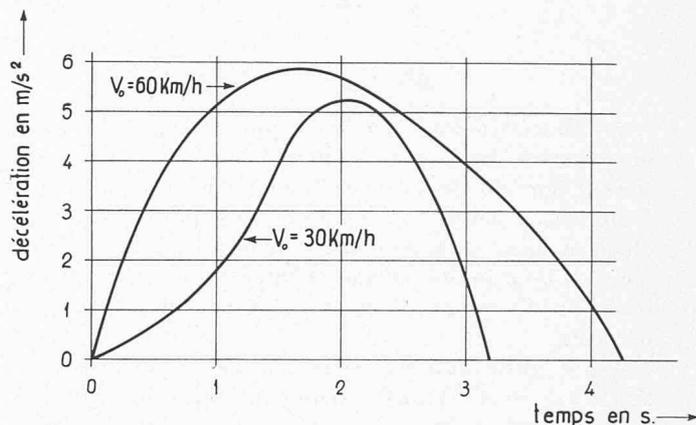


Fig. 4. — Valeur de la décélération durant le freinage en fonction du temps : $a = f(t)$.

plutôt qu'en fonction du temps. Pour le but poursuivi, il est nécessaire de connaître la décélération, d'où l'on tirera l'effort de freinage, en fonction de la position des véhicules à chaque instant. Le diagramme des décélérations en fonction du chemin parcouru (fig. 3) a été transformé en un diagramme de la décélération en fonction du temps (fig. 4). On constate que l'effort de freinage maximum intervient relativement près de l'extrémité du chemin parcouru, mais environ à la moitié du temps de freinage, les derniers mètres étant franchis à une vitesse de plus en plus faible.

5. Effort de freinage maximum

Connaissant :

- la valeur de la décélération en fonction du chemin parcouru (c'est-à-dire en fonction de la position du véhicule) et en fonction du temps ;
- la distance entre les véhicules ;
- le temps de réaction des chauffeurs, c'est-à-dire la durée qui s'écoule entre le début du freinage d'un camion et celui du suivant,

il a été possible de définir tous les $\frac{1}{10}$ de seconde la position de chaque véhicule et la valeur de la décélération correspondante. La figure 5 montre, à titre d'exemple, quelle est la position relative des camions à trois instants donnés, ainsi que les valeurs correspondantes des décélérations, pour une vitesse initiale de 60 km/h.

Décélération et positions simultanées des véhicules

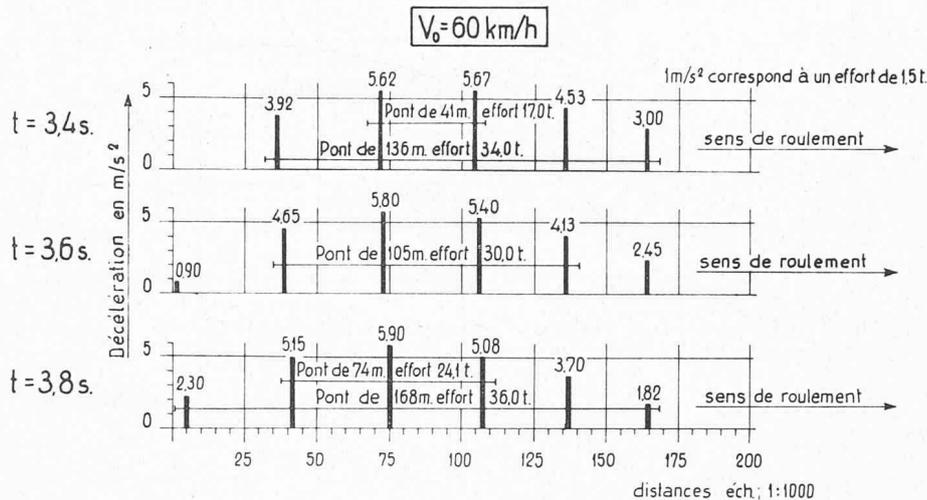


Fig. 5. — Détermination de l'effort de freinage maximum.

Au fur et à mesure que la colonne freine, l'intervalle des camions diminue et le nombre de véhicules intéressant un pont de longueur donnée tend à augmenter. Toutefois, ce nombre ne dépasse jamais six unités, parce qu'au moment où le septième camion intervient, le premier est déjà arrêté. Quand la vitesse est de 30 km/h, le nombre de camions freinant simultanément ne dépasse pas cinq.

Ayant tracé toute une série de schémas analogues à la figure 5, on a cherché à chaque instant, et pour différentes longueurs de pont, quelle est la combinaison qui donne l'effort de freinage maximum agissant sur le pont. Les valeurs obtenues sont les suivantes :

a) Pour une vitesse initiale de 60 km/h

Nombre de camions intéressés	Longueur du convoi m	Sommes des décélérations maxima m/s ²	Effort de freinage t
1	8	5,9	8,9
2	41	11,3	17,0
3	74	16,1	24,1
4	105	20,0	30,0
5	136	22,7	34,0
6	168	24,0	36,0

b) Vitesse initiale de 30 km/h

Nombre de camions intéressés	Longueur du convoi m	Sommes des décélérations maxima m/s ²	Effort de freinage t
1	8	5,3	7,9
2	28	9,5	14,2
3	49	11,7	17,6
4	70	12,7	19,0
5	93	12,8	19,2

Ces résultats sont représentés sur la figure 6.

6. Commentaires et conclusions

La mesure des décélérations maximums au moyen du décéléromètre « Dessel » a montré que cette valeur ne varie guère avec la vitesse initiale ; elle se situe géné-

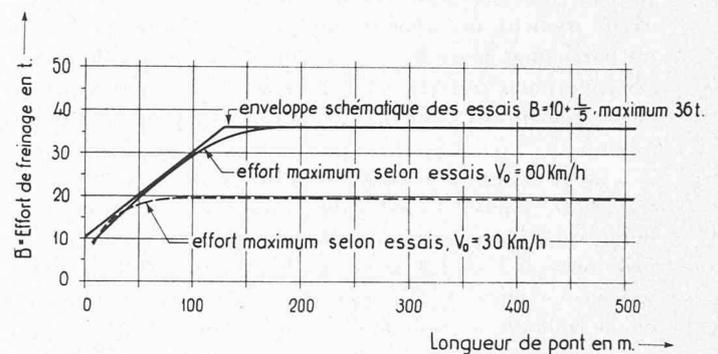


Fig. 6. — Effort de freinage maximum.

ralement entre 5 et 6 m/s² ; bien qu'elle soit toujours limitée à quelques secondes seulement, la durée du freinage est d'autant plus longue que la vitesse initiale est plus grande. De ce fait, le nombre de camions exerçant simultanément un effort de freinage intense est d'autant plus grand que la vitesse est plus forte. On remarque, sur la figure 6, que l'effort maximum total est d'environ 19 t pour une vitesse initiale de 30 km/h, alors qu'il atteint près du double pour une vitesse de 60 km/h.

On peut penser que si l'essai avait pu être exécuté avec des véhicules roulant à une vitesse supérieure, par exemple 80 km/h, l'effort de freinage aurait été encore plus grand. On doit remarquer toutefois que :

- les conditions dans lesquelles les essais ont été exécutés étaient, du point de vue de l'effort de freinage, particulièrement sévères : convois formés uniquement de véhicules neufs, en parfait état, et conduits par des chauffeurs très expérimentés ;
- en pratique, la distance entre les véhicules sera certainement supérieure à celle qui a été imposée pour les essais, et qu'il a d'ailleurs été assez difficile de faire respecter ;
- cet écartement des véhicules augmentera encore si la vitesse s'accroît, de sorte que le nombre de camions intéressant un ouvrage de longueur donnée aura tendance à diminuer.

Il ne semble donc pas qu'il faille envisager un effort de freinage total notablement supérieur à celui qui a été déterminé par les essais pour une vitesse initiale de 60 km/h.

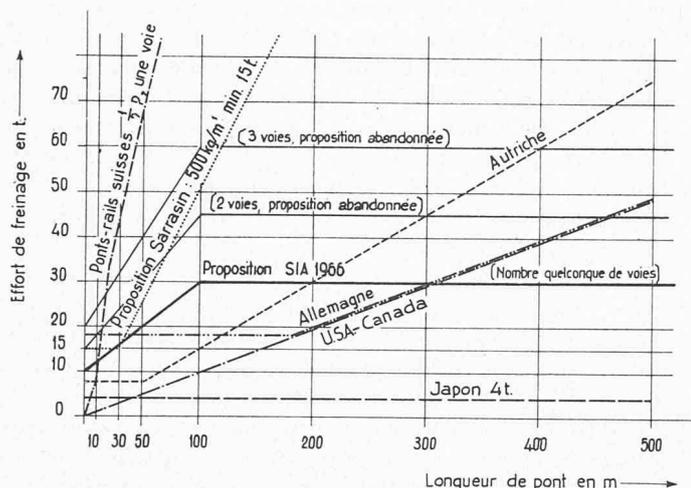


Fig. 7. — Efforts de freinage sur les ponts-routes admis dans différents pays.

(Pour deux voies de circulation dans le même sens).

Les résultats des essais sont assez bien enveloppés par un diagramme composé de deux droites répondant à l'équation

$$B = 10 + \frac{L}{5} \text{ avec un maximum de } 36 \text{ t,}$$

B étant l'effort exprimé en tonnes,

L la longueur du pont exprimée en mètres.

En ce qui concerne la forme de la fonction, on peut remarquer, en tout cas, que l'effort de freinage ne croît pas indéfiniment avec la longueur du pont ; il est limité par le fait que le nombre de véhicules freinant simultanément ne dépasse jamais quelques unités (six camions pour une vitesse initiale de 60 km/h dans les conditions de l'essai). Si le nombre de véhicules en état de freinage était plus grand, cela signifierait que

l'intensité de la décélération de chacun d'eux est plus faible, et l'effort total exercé par la colonne ne serait pas supérieur.

Considérant que les essais ont été exécutés dans des conditions très sévères, la commission propose de limiter la valeur maximum à 30 tonnes, qui dépasse déjà celle que l'on admet dans tous les autres pays pour des ponts de longueur inférieure à 200 m.

Si, dans certains pays comme l'Autriche, les normes prescrivent des valeurs de freinage supérieures pour les ponts de grande longueur, on a vu que cette hypothèse est trop pessimiste pour les grandes portées.

Au début de ses travaux, la commission avait envisagé de tenir compte du nombre de voies de circulation disponibles sur le pont dans un même sens, en multipliant l'effort par 1,5 dans le cas de deux voies et par 2 dans le cas de trois voies. Les courbes représentées dans la figure 7 pour les normes étrangères correspondent à deux voies de circulation dans le même sens ; même pour une seule voie, les valeurs proposées par le projet de nouvelles normes 160 dépassent déjà celles des autres pays pour les ponts de moins de 200 mètres.

Dans ces conditions, la commission a renoncé à majorer les efforts de freinage en fonction du nombre de voies. Elle l'a fait d'autant plus facilement que la probabilité est extrêmement faible de voir plusieurs colonnes parallèles d'une pareille densité de véhicules circuler simultanément sur un pont à une vitesse de l'ordre de 60 km/h. Il suffit que cette vitesse tombe à 30 ou 40 km/h pour qu'aussitôt les efforts diminuent notablement. Enfin, les efforts de freinage ne représentent de toute manière qu'une fraction de ceux qu'engendrent les autres cas de charge normaux.

Les essais de Thoune sont une première tentative de défrichage d'un terrain qui paraît n'avoir guère été exploré jusqu'ici. Ils n'ont pas la prétention de donner des résultats définitifs, mais une base objective meilleure que toute spéculation théorique.

Lausanne, octobre 1966.

LA REVISION PARTIELLE DE LA NORME 161 RELATIVE AUX CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES ¹

par CH. DUBAS, ing. civil dipl. EPF, Dr ès sc. techn.,
directeur général des Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey S.A.

Introduction

L'augmentation extraordinaire de la population du globe, depuis la dernière guerre, a été rendue possible par le foudroyant développement industriel des pays les plus avancés, dont notre patrie fait heureusement partie. Il en est résulté une activité intense et parfois désordonnée dans tout le secteur hypersensible de la construction.

Un pareil développement de la construction s'est heurté très vite au problème de la main-d'œuvre, devenue rare et chère, d'où la nécessité de rationaliser, de

standardiser et d'automatiser autant que faire se peut. On peut donc parler d'une véritable industrialisation de l'art de bâtir, qui avait conservé très longtemps le chantier comme théâtre essentiel d'activité et était resté de ce fait assez artisanal. Il n'est dès lors pas étonnant, et tout le laissait prévoir, que la construction métallique, utilisant un matériau très évolué aux caractéristiques mécaniques élevées, et modèle de préfabrication

¹ Conférence donnée lors des journées d'études organisées par la SIA, Groupe professionnel des ingénieurs des ponts et charpentes, les 14 et 15 octobre 1966, à Zurich.