Charges réelles de ponts-rails en acier et leurs effets sur le comportement à la fatigue

Autor(en): **Kummer, Erwin / Joye, Michel / Hirt, Manfred A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **109 (1983)**

Heft 20

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74992

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Charges réelles de ponts-rails en acier et leurs effets sur le comportement à la fatigue

par Erwin Kummer, Michel Joye et Manfred A. Hirt, Lausanne

Résumé

Dans le but de contrôler le modèle de charge utilisé pour la vérification à la fatigue proposé par la norme de construction métallique, un certain nombre de mesures sous charges de trafic réelles ont été faites sur un pont de chemin de fer en Suisse. Ces mesures ont permis d'une part d'analyser quelle est l'influence des convois marchandises par rapport aux convois voyageurs sur la durée de vie d'un ouvrage; d'autre part, il a été possible d'apprécier la qualité du facteur de correction donné par la norme. Les résultats montrent que l'utilisation de ce facteur, pour des conditions de trafic réelles, est tout à fait raisonnable et qu'il existe même une certaine marge de sécurité supplémentaire.

1. Introduction

Lors de la préparation en 1977 de la nouvelle norme SIA 161 [1][1], un certain nombre de questions se posèrent concernant les charges des ponts-rails et leurs effets sur la fatigue de ces structures. Pour pouvoir vérifier la durée de vie d'une manière aisée, on propose d'utiliser le schéma de charge du dimensionnement statique (norme SIA 160 [2] ou UIC [3]) moyennant un facteur de correction α_T qui tient compte des trafics réels sur les voies de chemin de fer.

Cet article décrit les aspects les plus pertinents d'une étude concernant le trafic et ses effets sur le pont d'Oberrüti qui se trouve sur la ligne du Gothard. Ce travail a été effectué entre 1977 et 1979 dans le cadre des recherches entreprises dans le domaine de la fatigue à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (ICOM — Construction métallique). Il a permis d'une part de récolter un certain nombre de données statistiques concernant le trafic et d'autre part de vérifier dans un cas réel les valeurs du facteur de correction α_T données par la norme SIA 161.

2. Acquisition des données

2.1 *Description du pont ausculté*

Le pont CFF d'Oberrüti a été construit en 1910 entre les localités de Sins et d'Oberrüti (AG) sur la ligne Bâle - Olten - Aarau - Arth-Goldau - Gothard (fig. 1). Il s'agit d'un pont d'une seule portée, entièrement en acier, permettant le passage d'une des deux voies, l'autre empruntant un pont en béton. L'ouvrage est constitué de 2 poutres maîtresses à âme pleine avec tablier inférieur. Les traverses en bois sont fixées sur les longerons situés entre les entretoises. Ces dernières sont en forme de cadre et constituées de profilés composés à âme pleine également. On trouvera des renseignements plus détaillés dans les rapports d'essais [4] et [5].

2.2 *Mesures effectuées*

Trois catégories de mesures différentes ont été effectuées:

1. *Essais statiques:* Les contraintes dues à une charge statique ont été enregistrées dans les différents éléments d'ouvrage. Cette charge a été matérialisée par une locomotive de manœuvre à l'arrêt.
2. *Essais dynamiques:* L'évolution des contraintes dans les différents éléments d'ouvrage lors du passage de la même locomotive à différentes vitesses a été enregistrée.
3. *Enregistrements sous trafic réel:* Les charges par essieux, les écartements des essieux ainsi que les contraintes dans les différents éléments d'ouvrage ont été mesurés durant 24 h. On a ainsi enregistré 163 convois.

Les deux premières catégories de mesures montrèrent en résumé que:

— les contraintes statiques mesurées sont inférieures de 7 à 13% de celles calculées pour la même charge;
— les valeurs des longueurs d'influence effectives pour les entretoises et les longerons sont passablement plus élevées que les valeurs théoriques, à savoir celles admises dans un système statique simplifié;
— les facteurs d'amplification dynamique sont plus petits que ceux proposés par l'UIC [3].

On trouvera des résultats plus détaillés dans le rapport d'essais [4]. Quant aux résultats de la troisième catégorie de mesures, ils font l'objet de cette publication.

3. Analyse statistique du trafic enregistré

Durant les 24 h au cours desquelles les mesures ont été effectuées, les passages de 163 trains, sur 168 dénombrés, ont été enregistrés sur bandes magnétiques. Ces enregistrements contiennent les charges par essieu, l'écartement des essieux, la vitesse et les valeurs des contraintes dans les éléments porteurs principaux lors du passage de chaque convoi.

Le matériel ferroviaire roulant utilisé par les CFF est très varié, les possibilités de composition des trains sont donc très nombreuses, ce qui provoque des

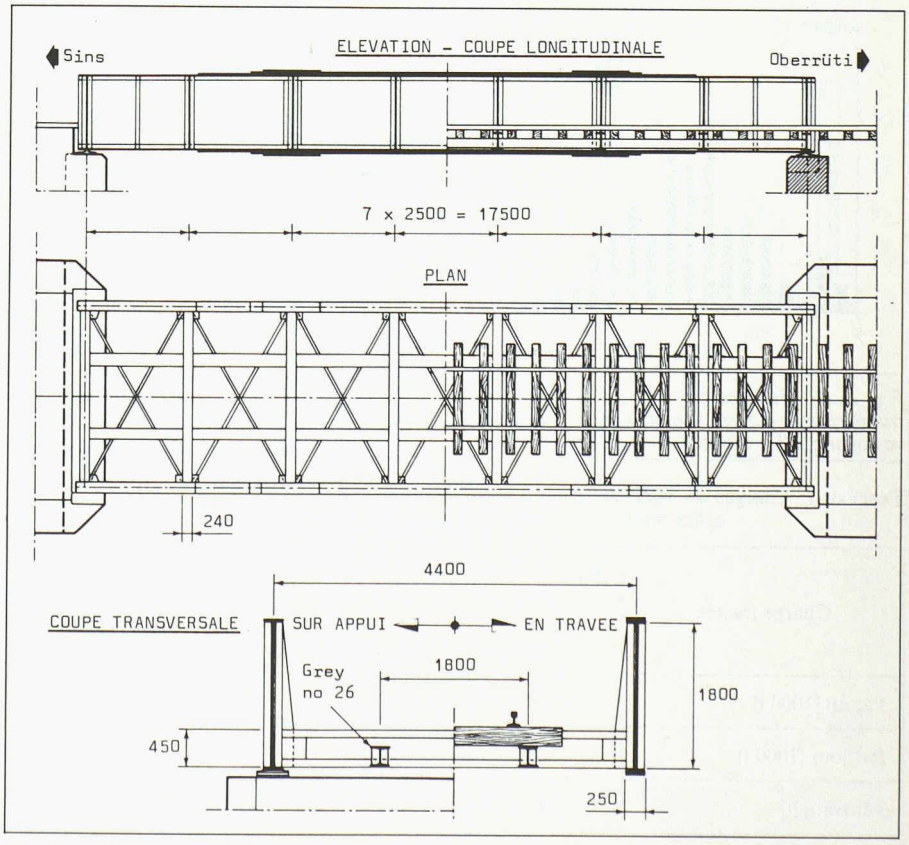


Fig. 1. — Description de l'ouvrage.

[1] Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

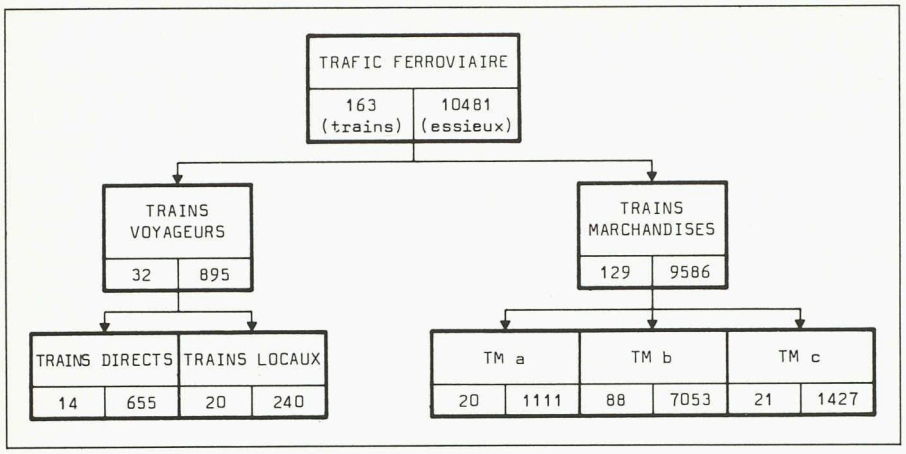


Fig. 2. — Répartition des différents types de trains du trafic ferroviaire observé.

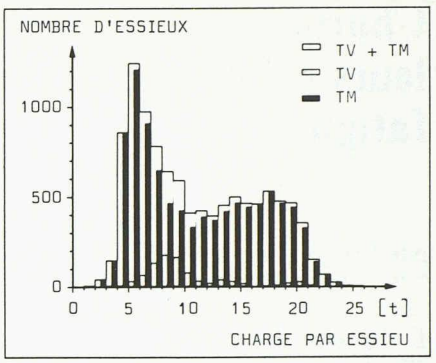


Fig. 4. — Histogramme des charges par essieu des trains classés d'après leur fonction (TV: trains voyageurs, TM: trains marchandises).

charges différentes. Une classification selon la fonction des convois a été adoptée. On distingue:

1. Les trains voyageurs (TV), qu'ils soient directs ou régionaux.
2. Les trains marchandises (TM). Etant donné l'importance variable de la charge de ces derniers, on les répartit encore en TM a, TM b, TM c, selon la valeur du rapport v entre le poids total mesuré du convoi considéré et le poids total d'un train fictif comportant le même nombre d'essieux, mais de 20 t chacun:
   — TM a: $100\% \geqslant v \geqslant 85\%$,
   — TM b: $85\% \geqslant v \geqslant 20\%$,
   — TM c: $20\% \geqslant v \geqslant 0\%$.

La figure 2 montre la répartition des trains enregistrés dans ces différentes catégories.

Sur la figure 3, on montre un histogramme des trains d'après leur fonction et leur poids total. Le nombre de trains marchandises représente environ 79% du trafic enregistré, les trains voyageurs 21%.

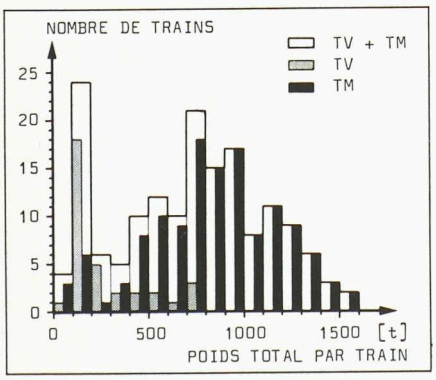


Fig. 3. — Histogramme du poids total des trains classés d'après leur fonction (TV: trains voyageurs, TM: trains marchandises).

En poids total durant les 24 h, le 92% provient des trains marchandises et le 8% seulement des trains voyageurs. On remarque donc d'ores et déjà l'importance que prennent les trains marchandises dans ce trafic enregistré.

Mentionnons encore le tableau I, où on peut constater que le poids moyen des trains enregistrés ce jour-là correspond assez bien aux valeurs données par l'annuaire statistique des CFF [6]. Cependant, une partie des valeurs concernant les trains marchandises ne sont pas comparables car dans les convois dénombrés lors des essais sont compris certains qui normalement circulent sur la ligne du Simplon, étant donné que cet axe était fermé durant plusieurs mois en 1977.

La figure 4 montre que la répartition des charges par essieu des trains voyageurs est assez faiblement dispersée et séparée en deux zones. La première, centrée aux environs de 20 t, est due aux locomotives; la deuxième, centrée vers 8 t, provient des wagons. Cette constatation s'explique, pour ces convois, par l'importance du poids propre par rapport à la charge due aux voyageurs. Au contraire, la distribution concernant les trains marchandises a une plus grande dispersion, car les poids par essieu dépendent fortement des chargements des wagons. La pointe entre 5 et 6 t présente le poids des wagons non chargés.

En examinant la distribution du nombre d'essieux par train (fig. 5), on remarque que les trains marchandises comportent en moyenne trois fois plus d'essieux que les trains voyageurs. La répartition de ces derniers dans les classes de 10 à 20 essieux est fortement influencée par les trains régionaux.

TABLEAU I: *Charges de trafic de la ligne Sins-Oberrüti. Comparaison des valeurs mesurées avec celles tirées de l'annuaire statistique des CFF de 1977 [6].*

Charge tractée	Annuaire statistique des CFF		Valeurs mesurées	
	Trains voyageurs	Trains marchandises	Trains voyageurs	Trains marchandises
Par an [1000 t]	2447	23 923	2324[1]	33 737[1,2]
Par jour [1000 t]	6,7	65,5	6,4	92,4[2]
Par train [t]	197	721	187	717

[1] Ces valeurs sont extrapolées à partir des mesures pendant 24 h.
[2] Ces valeurs sont influencées par la fermeture du Simplon.

4. Paramètres intervenant dans le comportement à la fatigue

4.1 *Charges*

Afin de considérer les différentes variables caractérisant un trafic réel, nous avons proposé d'introduire le facteur de réduction décrit plus loin. Pour ce faire, il est nécessaire de connaître l'évolution, par exemple, des moments de flexion dans une section lors du passage d'un train, ainsi que le moment maximum engendré par le schéma de charge statique de la norme. Les efforts dus au trafic peuvent être déterminés si on connaît pour chaque type de convoi:

— le nombre de passages,
— les charges par essieu,
— l'entraxe des essieux.

C'est ce qui a notamment été enregistré lors de notre campagne de mesures.

4.2 *Résistance à la fatigue*

Le nombre de cycles de contraintes N que peut supporter une éprouvette soumise à des sollicitations d'amplitude constante $\Delta\sigma$ jusqu'à sa rupture par fatigue est donné par la relation suivante [7], [8], [9]:

$$N = C\,\Delta\sigma^{-m}. \qquad (1)$$

La constante C dépend du détail constructif, qui influence fortement les concentrations de contraintes, et partant la résistance à la fatigue. En construction métallique, m vaut généralement 3. En réalité, l'évolution des contraintes dans le temps, lors du passage d'un train sur le pont, est beaucoup plus complexe (fig. 6). Il faut donc trouver un moyen pour ramener le problème à celui de l'essai de laboratoire.

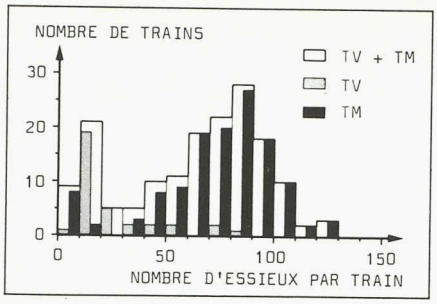


Fig. 5. — Histogramme des nombres d'essieux des trains classés d'après leur fonction (TV: trains voyageurs, TM: trains marchandises).

La première question à résoudre est la définition de la différence de contraintes $\Delta\sigma$ et du nombre de cycles N correspondant. Il existe pour cela plusieurs méthodes de comptage [10]. Dans notre cas, nous utilisons celle de Rainflow qui est également recommandée par l'UIC [11]. La seconde consiste à remplacer le graphe de l'évolution des contraintes dans un élément d'ouvrage par une différence de contrainte équivalente $\overline{\Delta\sigma}$. On la résout en utilisant la loi du cumul linéaire des dommages de Palmgren-Miner:

$$\overline{\Delta\sigma} = \left[\frac{\Sigma n_i \Delta\sigma_i^m}{\Sigma n_i} \right]^{1/m}. \qquad (2)$$

Sous réserve des hypothèses des différentes théories utilisées, la différence de contrainte équivalente $\overline{\Delta\sigma}$ et le nombre de cycle N entraînent ainsi le même dommage de fatigue que celui résultant du passage d'un train.

L'ingénieur qui doit vérifier une structure à la fatigue doit faire un pas de plus. En effet, le dimensionnement est basé sur un schéma de charges fictif (fig. 7) et les données concernant le trafic sont généralement limitées au nombre de trains circulant sur la voie pendant un certain temps. Pour cette raison,

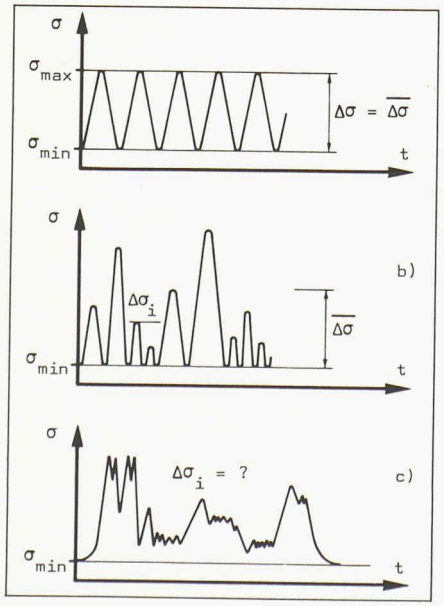


Fig. 6. — Comparaison de diagrammes de contraintes en fonction du temps. a) Evolution sinusoïdale à amplitude constante des contraintes au cours du temps. b) Suite aléatoire d'amplitudes variables. c) Contraintes réelles.

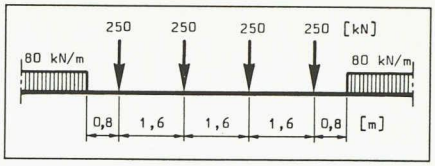


Fig. 7. — Schéma de charge UIC 71.

on introduit le facteur de réduction r, corrigeant les charges fictives de la norme, pour obtenir la même durée de vie que sous les charges réelles [12], [13]:

$$r = \frac{\overline{\Delta\sigma}}{\Phi_2 \Delta\sigma_{UIC}} \overline{N}^{1/m}; \qquad (3)$$

$\overline{\Delta\sigma}$: différence de contrainte équivalente;
$\Delta\sigma_{UIC}$: différence de contrainte calculée selon la norme;
Φ_2: coefficient d'amplification dynamique;
$\overline{N}$: nombre de cycles moyen par train.

Ajoutons que pour le trafic réel déterminé à l'aide des données enregistrées, on peut obtenir un facteur de réduction mesuré et un facteur de réduction théorique. On détermine r_{mes} en calculant $\overline{\Delta\sigma}_{mes}$ et $\overline{N}_{mes}$ à l'aide de l'évolution réelle des contraintes enregistrées. Pour déterminer r_{th} on fait passer les charges réelles des trains sur la ligne d'influence des efforts dans une section déterminante d'une poutre quelconque. On en déduit une évolution théorique des contraintes pour laquelle on peut calculer de la même façon $\overline{\Delta\sigma}_{th}$ et $\overline{N}_{th}$.

4.3 *Définition du facteur de réduction*

Le facteur de réduction r_k pour chaque train s'obtient à partir des moments de flexion par:

$$r_k = \frac{(1+\varphi_k)\overline{\Delta M}_k}{\Phi_2 \Delta M_{UIC}} N_k^{1/m}; \qquad (4)$$

$(1+\varphi_k)$: coefficient d'amplification dynamique pour le train k;
$\overline{\Delta M}_k$: différence de moment équivalente pour le train k;
N_k: nombre de cycles pour le train k.

Pour obtenir les moments de flexion pour chaque position de train sur le pont, les charges d'essieux des différents convois ont été placées sur des lignes d'influence de poutres simples d'une portée variant entre 0 et 70 m. Les traitements numériques ont été exécutés à l'aide d'un programme d'ordinateur.

Dans nos calculs, il a été admis $(1+\varphi_k) \equiv \Phi_2$ [5]. Ensuite, un facteur de réduction global correspondant à tout le trafic enregistré durant les 24 h de mesures a été calculé:

$$r = \left[\frac{1}{N_T} \Sigma_{k=1}^{N_T} r_k^m \right]^{1/m};$$

N_T: nombre total de trains.

5. Facteur de réduction des trains enregistrés

5.1 *Comparaison des valeurs théoriques avec celles données par la norme*

Sur la figure 8, le facteur de réduction r_{th} en fonction de la portée est représenté. On y distingue la courbe donnée par la formule de la norme SIA 161 [1], la courbe résultant de l'utilisation du modèle de trafic des CFF [14], [15] et la courbe calculée sur la base des convois enregistrés lors des mesures. On remarque une bonne correspondance des courbes pour des portées entre 20 et 40 m; pour les autres portées, les valeurs données par la norme et par le modèle CFF se situent du côté de la sécurité par rapport au trafic du type Oberrüti.

5.2 *Influence des trains marchandises*

En séparant les trains voyageurs des trains marchandises comme représenté à la figure 9, on remarque très clairement une différence entre les effets de ces deux types de train. Comme on pouvait s'y attendre, les trains marchandises qui comportent des essieux plus lourds et en plus grand nombre ont une influence déterminante sur le comportement à la fatigue de l'ouvrage, exprimée par un coefficient de réduction plus élevé.

Afin de généraliser l'étude de l'effet des trains marchandises, une simulation créant différents modèles de trafic a été entreprise. Le résultat est donné à la figure 10, où r est représenté en fonction de la portée L pour différentes proportions de trains marchandises dans le trafic global. On obtient ces différentes courbes en utilisant la relation:

$$r(p_{TM}) = \left[\frac{p_{TV} r_{TV}^m + p_{TM} r_{TM}^m}{p_{TV} + p_{TM}} \right]^{1/m}; \qquad (5)$$

p_{TM}, p_{TV}: proportions de trains marchandises et de trains voyageurs respectivement.

Il apparaît à nouveau à quel point il est important de connaître la structure du

TABLEAU II: *Nombre de cycles de charges N_T pour ponts-rails, pour une durée d'exploitation de 100 ans (tiré de [1]).*

N_T (= N_e)	Tonnes brutes◊ par an et par voie	Nombre de trains◊ par jour et par voie	Domaine d'application, à fixer par le maître de l'ouvrage
10^6	$\leq 6 \cdot 10^6$	≤ 40	lignes secondaires à faible trafic
$2 \cdot 10^6$	$\leq 12 \cdot 10^6$	≤ 60	lignes secondaires
$4 \cdot 10^6$	$\leq 26 \cdot 10^6$	≤ 120	lignes principales
nombre correspondant à la limite de fatigue	$> 26 \cdot 10^6$	> 120	lignes principales à trafic intense

◊ On considérera la valeur la plus défavorable

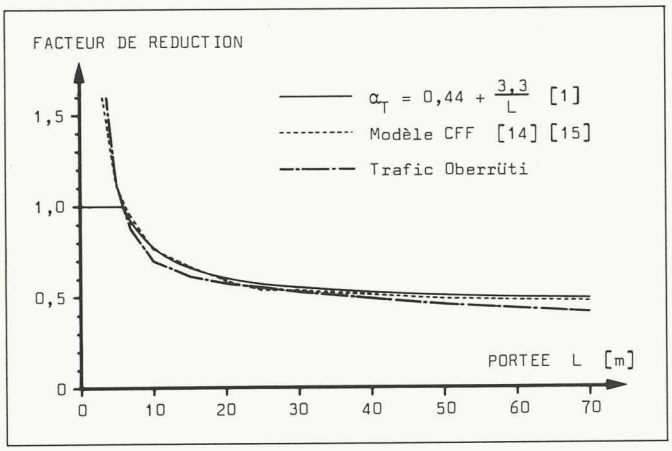


Fig. 8. — Facteur de réduction du trafic Oberrüti comparé avec celui du modèle de trafic des CFF et avec le facteur de correction α_T de la norme SIA 161.

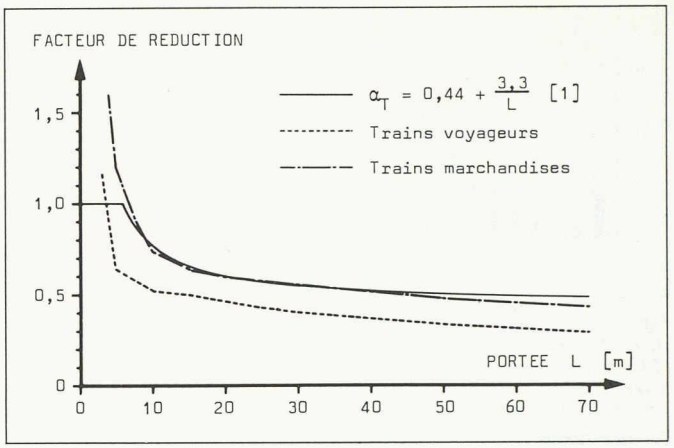


Fig. 9. — Facteurs de réduction des trains voyageurs et marchandises du trafic Oberrüti comparés avec les valeurs α_T de la norme SIA 161.

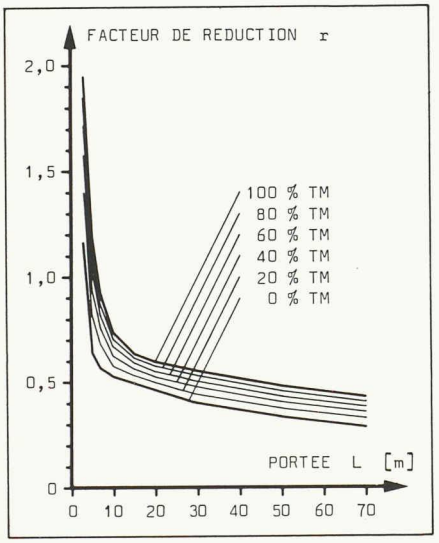


Fig. 10. — Facteurs de réduction pour différentes compositions du trafic en pourcentage du nombre total de trains.

trafic pour évaluer les dommages de fatigue.

La norme SIA 161 [1] indique le nombre de cycles N_T à utiliser lors de la vérification à la fatigue, en fonction du nombre de trains par jour ou du tonnage brut par an circulant sur la voie (tableau II). La relation entre ces deux variables est représentée, pour les convois enregistrés sur le pont d'Oberrüti et pour différentes compositions du trafic (fig. 11).

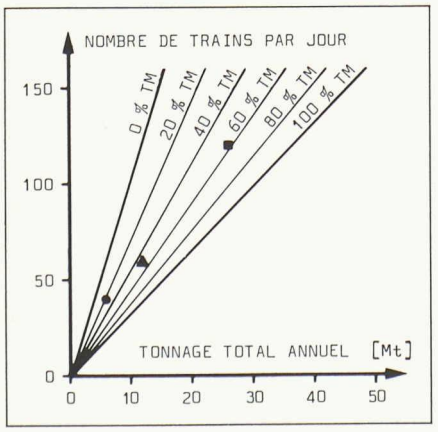


Fig. 11. — Relation entre le volume du trafic et le tonnage annuel pour différentes compositions du trafic en pourcentage du nombre total de trains.

Les 3 points qui sont mis en évidence représentent les 3 couples de valeurs (nombre de trains par jour - tonnes brutes) indiqués dans le tableau II. On remarque que, dans la norme SIA 161, pour les lignes secondaires, un pourcentage plus faible de trains marchandises est admis par rapport aux lignes principales.

6. Sollicitations de service

6.1 *Evolution des contraintes mesurées*

Rappelons que les longueurs d'influence L_E mesurées des entretoises et des longerons s'écartent passablement des valeurs théoriques [4], [5]. On peut à nouveau faire cette constatation si on compare l'évolution des contraintes mesurées avec celle des contraintes calculées. Sur la figure 12, on a reporté l'évolution des contraintes mesurées dans les entretoises ainsi que celles calculées à partir de poutres simples de 5 et 8,33 m de portée représentant 2 modèles statiques des longerons. La longueur de 5 m n'est rien d'autre que la double distance entre les entretoises, soit la longueur d'influence théorique admise des entretoises; la valeur de 8,33 m est la longueur d'influence mesurée sur les enregistrements. En comparant ces 3 graphes, indépendamment de l'amplitude des contraintes, on remarque que la forme et le nombre de cycles obtenus à partir de la longueur d'influence mesurée se rapprochent le plus de la réalité.

6.2 *Comparaison entre les facteurs de réduction mesurés et théoriques*

Le facteur de réduction basé sur les contraintes théoriques, calculées avec les charges mesurées, peut être appelé r_{th} (éq. 6). D'autre part, on peut déterminer une valeur r_{mes} à l'aide des enregistrements des contraintes réelles obtenus durant le passage des trains, selon la relation (7):

$$r_{th} = \frac{\overline{\Delta\sigma}_{th}}{\Phi_2 \Delta\sigma_{UIC}} \overline{N}_{th}^{1/m}, \qquad (6)$$

$$r_{mes} = \frac{\overline{\Delta\sigma}_{mes}}{\Phi_2 \Delta\sigma_{UIC}} \overline{N}_{mes}^{1/m}. \qquad (7)$$

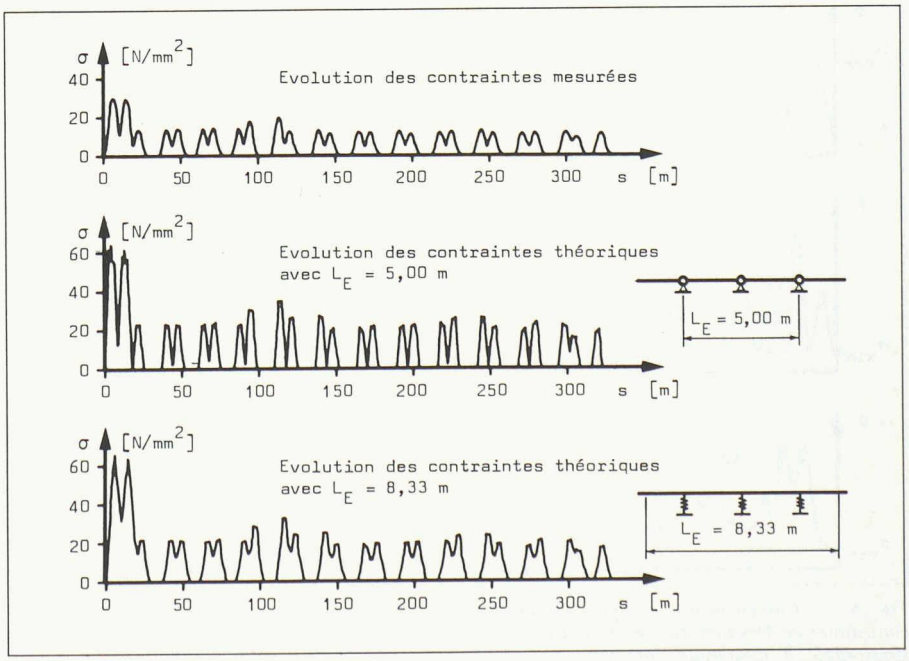


Fig. 12. — Comparaison des évolutions des contraintes mesurées et théoriques dans l'entretoise au cours du passage du train n° 73.

Notons que le nombre de cycles N dans r_{th} peut être déterminé sur la base de la longueur d'influence L_E théorique ou mesurée.

Sur la figure 13 on a représenté le facteur de correction α_T proposé par la norme SIA 161 et le facteur de réduction calculé pour l'ensemble du trafic Oberrüti en fonction de la portée. De plus, on y a reporté les histogrammes des facteurs de réduction des trains formant une fraction représentative du trafic observé, pour les différents éléments d'ouvrage et selon leur longueur d'influence mesurée. On constate que les facteurs de réduction calculés pour l'ensemble du trafic sont généralement supérieurs aux facteurs de réduction mesurés. Il en découle qu'en vérifiant un pont à la fatigue selon la norme [1], il existe une marge de sécurité. Cette dernière n'est pas encore mesurable, mais qualitativement on peut l'expliquer par deux constatations. D'une part le modèle de calcul, généralement utilisé en simplifiant le système statique, induit une surestimation des contraintes; d'autre part, ces contraintes sont encore majorées par des coefficients dynamiques plus élevés que ceux mesurés en réalité [4].

Remarquons encore que les histogrammes des facteurs de réduction sont bimodaux, les modes inférieurs représentant les trains voyageurs.

7. Conclusion

En guise de conclusion, rappelons les quatre points importants qui découlent de cette étude:

1. Les résultats de cette recherche sont hautement représentatifs de l'ensemble du trafic CFF.
2. La proportion du trafic marchandise dans le trafic global est un facteur décisif dans la détermination du facteur de réduction. Les trains marchandises comportent des essieux plus lourds et en plus grand nombre provoquant respectivement de plus grandes différences de contraintes et un plus grand nombre de cycles dans les différents éléments d'ouvrage. On peut faire cette même constatation à partir des facteurs de réduction des trains voyageurs qui sont notablement plus petits que ceux des trains marchandises.
3. Les facteurs de réduction mesurés pour les trains enregistrés sont inférieurs aux facteurs de réduction calculés. Cette différence conduit à une réserve de sécurité cachée. Elle s'explique par une surestimation de l'effet d'amplification dynamique dans le calcul et par les simplifications in-

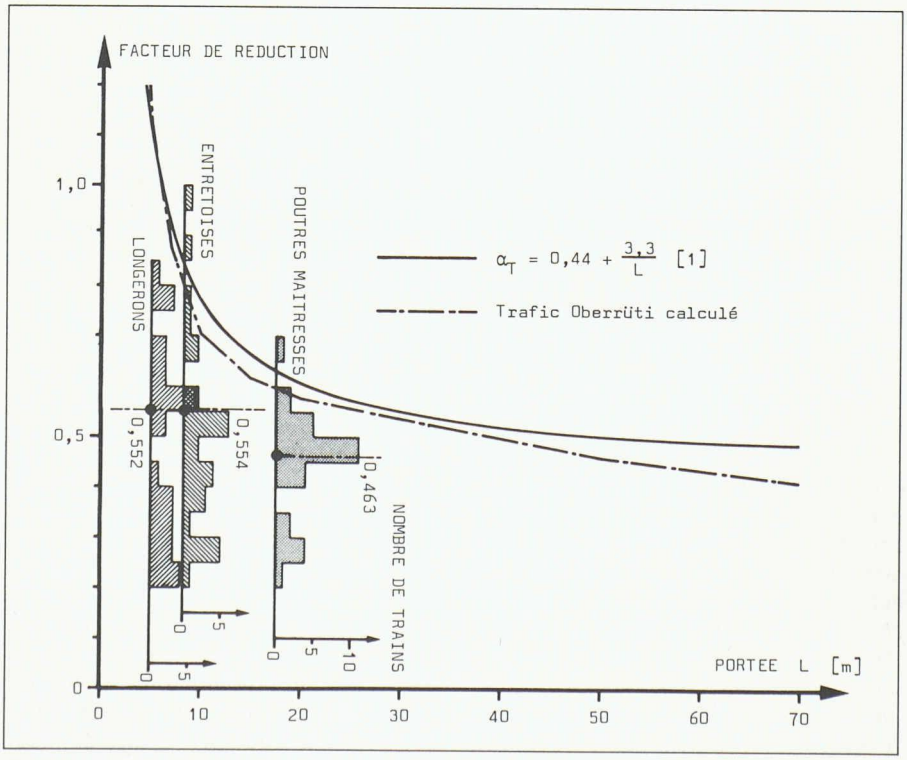


Fig. 13. — Comparaison entre les facteurs de réduction mesurés sur une portion représentative du trafic Oberrüti (histogrammes), les facteurs de réduction théoriques de l'ensemble du trafic Oberrüti et le facteur de correction α_T de la norme SIA 161.

Bibliographie

[1] Normes SIA 161: *Construction métallique.* Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich, 1979.

[2] Normes SIA 160: *Normes concernant les charges, la mise en service et la surveillance des constructions.* Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich, 1970.

[3] UIC: Union internationale des chemins de fer, Code UIC, R 776-1, 1977.

[4] HIRT, M. A., GERTSCH, A., KUMMER, E., *Comportement statique et dynamique du pont d'Oberrüti.* Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, ICOM 064, 1979.

[5] HIRT, M. A., KUMMER, E., *Die Ermüdungswirkung der Betriebslasten von Eisenbahnbrücken aus Stahl anhand der Messungen an der Brücke Oberrüti.* Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, ICOM 063, 1979.

[6] CFF: annuaire statistique 1977. Direction générale des CFF, département de l'organisation et de l'informatique, Berne, 1978.

[7] FISHER, J. W., FRANK, K. H., HIRT, M. A., MCNAMEE, B. M., *Effect of Weldments on the Fatigue Strength of Steel Beams.* NCHRP Report 102, Highway Research Board, Washington, D.C., 1970.

[8] FISHER, J. W., ALBRECHT, P. A., YEN, B. T., KLINGERMANN, D. J., MCNAMEE, B. M., *Fatigue Strength of Steel Beams with Welded Stiffeners and Attachments.* NCHRP Report 147, Highway Research Board, Washington, D.C., 1974.

[9] HIRT, M. A., *Amerikanische Untersuchungen über die Ermüdungsfestigkeit von geschweissten Vollwandträgern.* Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, ICOM, 1973.

[10] BUXBAUM, O., *Statistische Zählverfahren als Bindeglied zwischen Beanspruchungsmessung und Betriebsfestigkeitsversuch.* Laboratorium für Betriebsfestigkeit, TB-65, Darmstadt, 1965.

[11] *Distribution statistique des charges d'essieu et des sollicitations des ponts de chemin de fer.* Introduction et définition. Union internationale des chemins de fer, Rapport ORE D 128/RP 1, Utrecht, 1973.

[12] HIRT, M. A., *Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Ermüdung und deren Berücksichtigung bei der Bemessung von Eisenbahnbrücken.* Bauingenieur, Berlin, Vol. 52, nº 7, 1977, p. 255-262.

[13] HIRT, M. A., *Fatigue Considerations for the Design of Railroad Bridges,* TRB Record nº 654, National Research Council, Washington, D.C., 1978, p. 86-92.

[14] *Distribution statistique des charges d'essieu et des sollicitations des ponts de chemin de fer.* Union internationale des chemins de fer, Rapport ORE D 128/RP 5, Utrecht, 1976.

[15] *Distribution statistique des charges d'essieu et des sollicitations des ponts de chemin de fer.* Union internationale des chemins de fer, Rapport ORE D 128/RP 6, Utrecht, 1976.

Remerciements

L'étude présentée dans cet article fait partie intégrante de la recherche traitant du comportement à la fatigue des ponts et en particulier des ponts-rails. Nous tenons à remercier ici la Direction générale des CFF et l'Union des entreprises suisses de transports publiques (UST) de leur intérêt pour cette étude et de leur appui financier. La recherche théorique est financée par le Fonds national de la recherche scientifique. Notre gratitude va aussi à tous les collaborateurs de l'ICOM — Construction métallique qui ont participé à l'élaboration de ce travail.

duites par le modèle de calcul des efforts.

4. Le facteur de correction α_T des charges statiques de la norme SIA 160, permettant une vérification à la fatigue selon la nouvelle norme SIA 161 (1979), correspond assez bien au facteur de réduction calculé pour l'ensemble du trafic enregistré et se trouve légèrement du côté de la sécurité.

Pour clore, il convient de faire remarquer que le facteur de correction est un moyen simple mais puissant pour exprimer l'effet d'un trafic sur le comportement à la fatigue. Ceci est d'autant plus important et étonnant que le trafic englobe un très grand nombre de paramètres qui semblaient interdire une analyse ou pire rendre impossible une analyse paramétrique.

Adresses des auteurs:
Erwin Kummer, ing. dipl. EPFZ/SIA
Alesa Alusuisse Engineering AG
Max Högger-Strasse 6
8048 Zurich
Michel Joye, ing. dipl. EPFL/SIA
Manfred A. Hirt, prof., ing. dipl. EPFZ/SIA
ICOM — Construction métallique
Ecole polytechnique fédérale
GCB (Ecublens)
1015 Lausanne

Géologues suisses et travaux à l'étranger[1]

par Bernard-A. Schindler

Lors de sa Journée de printemps 1983, le GSH a choisi pour thème les «Travaux d'hydrogéologues suisses à l'étranger». Par tradition et par nécessité, les géologues de notre pays ont toujours connu l'expatriation temporaire ou définitive, liée à une science éminemment planétaire et assortie souvent de dures conditions d'existence.
L'hydrogéologie, en plus de ses aspects purement scientifiques, est aussi un des domaines essentiels de la géologie appliquée, suscitée et stimulée par des besoins en eau précis, parfois dramatiques, dans les régions arides. La majorité des hydrogéologues sont engagés à résoudre des problèmes pratiques et connaissent donc des préoccupations comparables à celles des architectes et ingénieurs du secteur privé ou public, employeurs ou employés. Mais qui sont ces géologues suisses, que font-ils et que veulent-ils?

1. Structure de l'emploi

Actuellement, nous pouvons estimer à 500 le nombre de géologues exerçant une activité avec domicile en Suisse.
La répartition par secteurs se présente ainsi:

Bureaux de conseils	30%	Secteur privé 60%
Prospection: minière, pétrolière, matières premières	20,5%	
Industrie: céramique, fonderies, gypse, sel	9,5%	
Hautes écoles	19%	
Enseignement: autres écoles	9,5%	
Administrations	11,5%	

L'effectif implique, à la suite des mises à la retraite, un renouvellement annuel de 12 à 15 emplois. En comparaison du nombre de diplômés disponibles, en moyenne d'une soixantaine par année, la disproportion est flagrante. Elle n'est certes pas nouvelle, mais doit-on pour autant s'en accommoder passivement?
L'importance et le développement du secteur privé ne sont certainement pas étrangers à la prise de conscience des problèmes d'emploi. Connaissant la forte proportion d'expatriés et confrontés à une avalanche de demandes d'emploi, les responsables ne peuvent éviter de s'interroger sur les causes d'une telle situation et sur les moyens d'y remédier.

L'employeur, de même que l'enseignant, ne peuvent pas oublier leur responsabilité morale vis-à-vis des jeunes collègues prêts à exercer leur activité: on souhaiterait donner une réponse encourageante à leur interrogation face à l'avenir.

2. Perspectives d'avenir

Le géologue, homme de science et citoyen, s'insère lui aussi dans le «grand circuit» économique. Il a évidemment conscience que son activité reste globalement bien modeste et il sait qu'elle est assez méconnue. Les hautes écoles dépendent directement des finances publiques et doivent peu ou prou rendre compte de l'impact de leur enseignement. Le secteur privé, s'il veut survivre, but minimaliste, ou assurer un certain développement, devra consentir à un effort certain. Celui-ci portera d'une part sur la matière traitée, par la tenue à jour des connaissances, le perfectionnement, la spécialisation et la diversification, d'autre part sur l'espace, par le maintien des activités dans le rayon géographique déjà atteint et par l'ouverture vers d'autres régions et pays. L'extension en Suisse étant limitée par la relation entre les besoins et le nombre de géologues disponibles, on retrouvera ici, fatalement, la notion de travaux à l'étranger.
Nous énoncerons maintenant trois axiomes, relevant en partie de l'évidence première et en partie de l'opinion de l'auteur:

1) l'exportation de services est préférable à l'exportation de cerveaux, ceci pour améliorer la situation professionnelle des géologues et leur participation à l'économie nationale;
2) seuls les pays du tiers monde peuvent être raisonnablement visés, parce que les besoins y sont grands et parce que l'exportation de services géologiques vers des pays industrialisés est, sauf cas d'exception, pratiquement exclue;
3) le secteur privé doit prendre les initiatives, cela de par la philosophie économique de notre pays, qui n'envisage pas du tout l'étatisation de notre activité et qui, en matière d'exportation, veut bien accorder aide et soutien mais n'entreprend rien sans sollicitation.

Nous n'aborderons pas ici les aspects techniques et tactiques de l'exportation de services mais nous relèverons quelques éléments importants, spécifiques à la géologie. Il est clair qu'une vive concurrence internationale existe entre les exportateurs de tous les secteurs et chacun doit s'y adapter. Mais pour la géologie, la situation est très sérieusement aggravée pour plusieurs raisons, externes et internes.
Tout d'abord, le soutien donné par d'autres pays exportateurs atteint un niveau sans commune mesure avec celui que nous pouvons espérer, même en mobilisant toutes les possibilités offertes: nous avons en face de nous des institutions étatiques ou semi-étatiques, qui bénéficient d'appuis politiques très efficaces, qui peuvent mettre en œuvre des moyens très importants en personnel et en matériel, pour lesquelles le problème de rentabilité ne se pose pas dans les mêmes termes que pour le secteur privé. Au niveau interne, il faut relever la dispersion des efforts, née de la division helvétique des tâches, du fédéralisme qui favorise l'implantation de bureaux locaux à moyens limités et de l'individualisme prononcé des géolo-

[1] Introduction à la «Journée de printemps» du Groupe suisse des hydrogéologues (GSH), La Neuveville, le 22 avril 1983.