Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 1 (1932)

Rubrik: b) Reports on mesurements carried out on structures

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: 04.07.2025

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

b) Rapports sur des mesures effectuées sur des ponts et des charpentes.

Berichte über durchgeführte Messungen an Bauwerken.

Reports on measurements carried out on structures.

O. SESINI,

Professeur à l'Ecole Polytechnique de Pise.

La Commission Italienne chargée de l'étude de la dynamique des ponts métalliques, dont les travaux sont encore à leurs débuts, s'est occupée jusqu'ici d'étudier et d'essayer les moyens expérimentaux les plus aptes à permettre des expériences systématiques ayant pour but de déterminer le comportement des ponts des chemins de fer italiens au passage des locomotives actuellement employées dans le réseau de l'État.

Dans ces essais, faute d'instruments suffisamment exacts et bien éprouvés au cours de mesures antérieures, et dans l'attente de ceux qui sont encore à l'étude, on s'est borné à mesurer les fléchissements des travées, à l'aide des appareils « Rabut », qui à la suite de modifications et additions opportunes, ont été mis en état de répondre d'une manière satisfaisante au but proposé.

Pour les détails de ces modifications et pour ce qui concerne l'emploi de l'instrument, de même que la vérification de l'exactitude des résultats, nous renvoyons au mémoire paru dans les « Annali dei Lavori Pubblici », 1931, No. 8.

A ce qui a été exposé dans cette note, nous n'ajouterons que ceci : l'emploi des appareils « Rabut » avec point de repère fourni par un pieu en tube d'acier, dont il est question à la fin de la note, et à laquelle on a eu fréquemment recours, a donné des résultats tout à fait satisfaisants.

Les mesures susdites ont été effectuées sur les 5 travées suivantes :

1) Pont sur l'Arno à Pise : Travée à 4 poutres à âme pleine (2 pour chaque rail), de 20, 90 m. de portée; hauteur des poutres 1 m.; travée très flexible. La surcharge a été constituée par des locomotives électriques triphasées à 6 essieux, dont 4 couplés, avec bielles triangulaires (E. 431 et E. 432 des FF. SS.).

2) Pont sur l'Adige, près de Mezzocorona : Poutres en treillis d'une portée de 29 m. Locomotives à vapeur à 5 essieux dont 3 couplés (685).

3) Pont sur l'Aniene, près de Lunghezza : Poutres en treillis d'une portée de 39 m. Locomotives à vapeur à 5 essieux dont 3 couplés (685) et à 6 essieux dont 4 couplés (940).

4) Pont sur le Pô, près de Piacenza : Poutres en treillis. Une travée de 60 mètres.

5) Idem-idem. — Une travée de 74 m. — Locomotive à vapeur à 6 essieux, dont 3 couplés (691).

A la suite de ces expériences, on a noté pour toutes les travées, deux vitesses critiques, dont ont déjà parlé plusieurs observateurs, et qui se manifestent par des oscillations sensibles et relativement régulières.

Les oscillations correspondant à la première vitesse critique ont une fré-

quence presque égale à celle de la succession des essieux; elles sont parfois assez faibles pour ne pas produire d'importantes augmentations des flèches maxima.

Comme on supposait que ces oscillations étaient dues aux chocs des roues sur les joints des rails, on a répété les essais, sur les ponts de Pise et de Lunghezza, après avoir posé des rails sans joints, plus longs que les travées. On a constaté alors que ces oscillations ne changeaint pas. Les joints des rails paraissent ne pas avoir d'influence sensible sur ces oscillations, qui dépendent probablement d'autres irrégularités de la voie.

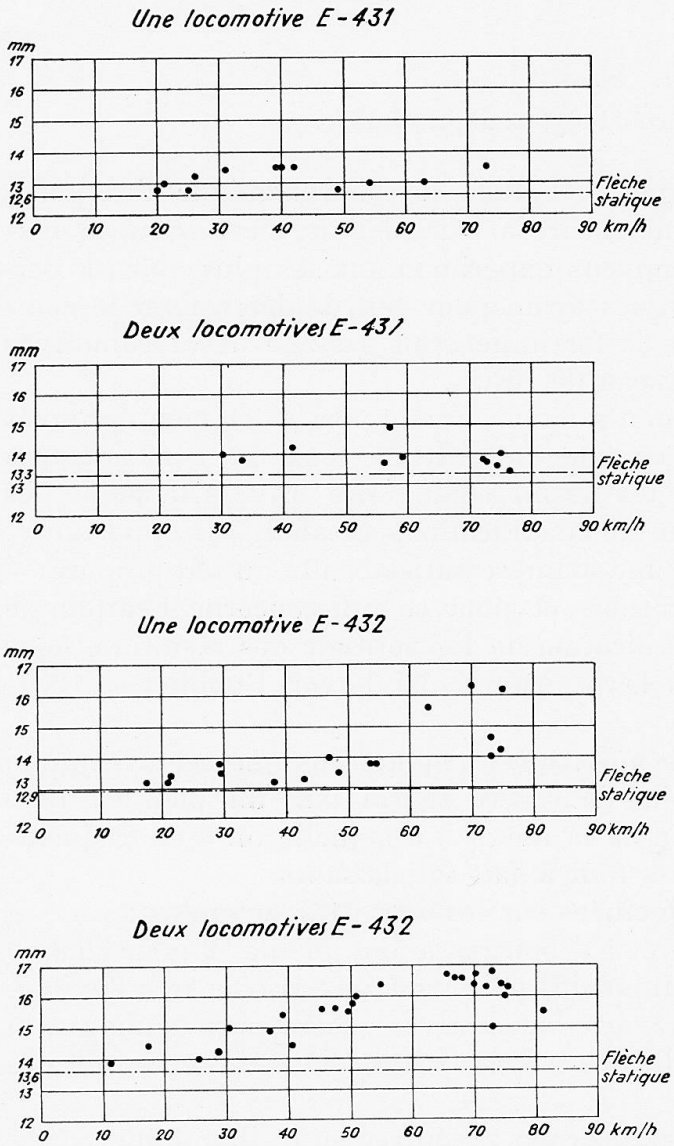

Fig. 1. — Flèche statique = Statische Durchbiegung = Static deflection.

Les oscillations correspondant à la 2e vitesse critique sont très approximativement synchrones de la rotation des roues couplées.

Ces oscillations parfois très accentuées, sont à attribuer en partie aux forces d'inertie des masses en mouvement rotatif ou alternatif.

Cependant, il y a lieu de remarquer que dans les essais effectués avec des locomotives électriques, où les forces d'inertie sont équilibrées, on a de même observé (tout au moins avec les locomotives type E. 432) des oscillations très sensibles, qui n'ont par contre pas été enregistrées avec locomotives E. 431, qui se différencient des précédentes surtout par le système des bielles.

Ces oscillations paraissent pourtant relever des mouvements anormaux bien connus des locomotives électriques et des irrégularites de la transmission du couple moteur [1].

Les graphiques de la fig. 1 donnent des flèches dynamiques maxima (ordonnées) mesurées au pont sur l'Arno, avec des locomotives électriques E. 431 et E. 432, lancées aux vitesses indiquées en abscisses.

1. Des essais qui ont été effectués par la suite avec des locomotives de type semblable, ont confirmé ces résultats.

Les oscillations susdites sont plus nettement en évidence sur la fig. 2, où sont reproduits quelques-uns des diagrammes tirés des essais susdits effectués avec deux locomotives E. 432. Les abscisses représentent l'espace parcouru par les locomotives à partir de l'instant de l'entrée du premier essieu sur la travée.

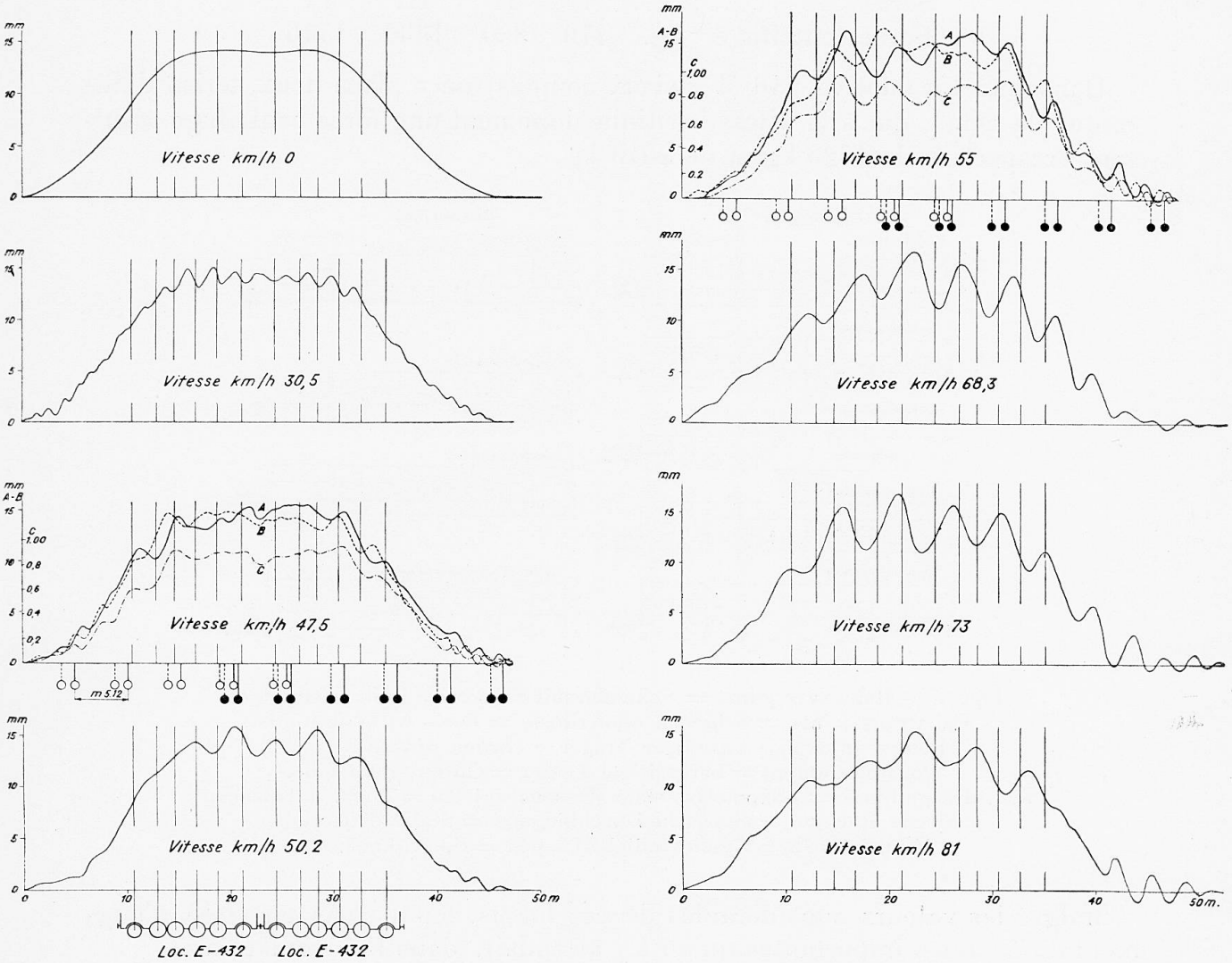

Fig. 2. — Vitesse km/h = Geschwindigkeit km/h = Speed km/hour.

Les traits verticaux indiquent les passages des essieux au milieu du pont, où l'appareil était placé. Dans les diagrammes 3 et 5, qui sont les plus complets, les lignes pleines A donnent les fléchissements de la poutre en amont ; les lignes pointillées B ceux de la poutre en aval. Les signes ♁ et ♁ indiquent les moments où les manivelles en amont et en aval de la première locomotive étaient en bas. Les signes ⚲ et ⚲ donnent les mêmes indications pour la seconde locomotive.

Il est aisé de voir la relation entre les positions des manivelles et les oscillations des poutres, aussi bien que l'action de torsion sur la travée.

Pour mieux mettre en évidence l'effet des forces d'inertie des masses tour-

nantes, dans les essais au pont de Lunghezza, on a ajouté aux contrepoids des masses supplémentaires, pour déséquilibrer les locomotives.

Dans une locomotive 685 (3 essieux couplés) on a ajouté 4 séries différentes de poids, qui à la vitesse critique donnaient une force d'inertie totale respective de :

Série	I	II	III	IV
Force centrifuge kg.	470	890	1330	1746

Dans une locomotive 940 (4 essieux couplés) on a placé deux séries différentes de poids, qui à la vitesse critique donnaient une force centrifuge résultante respective de 1623 kg et de 2546 kg.

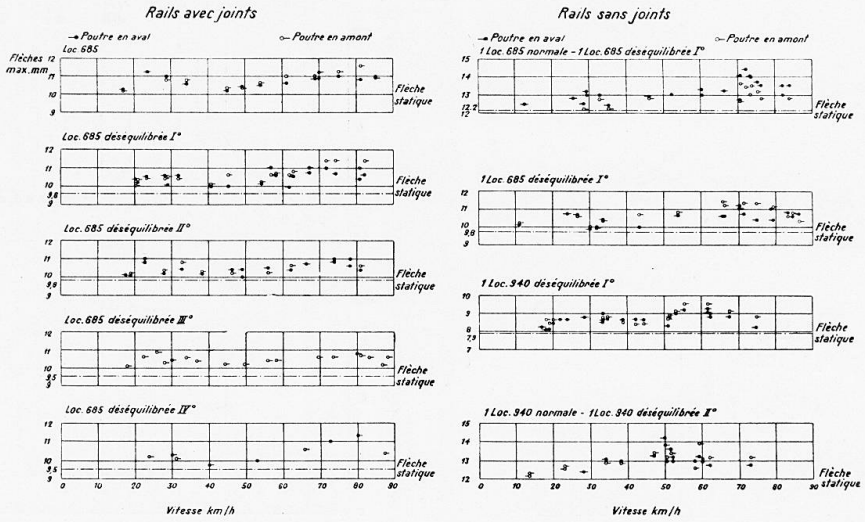

Fig. 3. — Rails avec joints = Schienen mit Stössen = Rails with joints.
Rails sans joints = Schienen ohne Stösse = Rails without joints.
Poutre en aval = talseitiger Träger = Girder, downhill side.
Poutre en amont = bergseitiger Träger = Girder, uphill side.
Loc. déséquilibrée = Lokomotive ohne Massenausgleich = Loco. unbalanced.
Flèche statique = Statische Durchbiegung = Static deflection.
Vitesse km/h = Geschwindigkeit km/h = Speed km/hour.

Malgré les valeurs considérables de ces forces, on n'a pas constaté d'augmentations aussi importantes qu'on s'y attendait, dans les oscillations.

Les flèches maxima observées ressortent du tableau 3.

Majoration dynamique des flèches. Les coefficients de majoration dynamique des flèches sont remarquablement différents d'une expérience à l'autre, même sans changement ni de travée ni de locomotive ni de vitesse.

Le maximum des coefficients susdits a été de 1,24 au pont de Pise, plus court et relativement plus flexible. Les valeurs atteintes dans les autres essais avec locomotives normales, ont été de 1,18 au pont sur l'Aniene et de moins de 1,10 dans les ponts de Mezzocorona et de Piacenza.

Fréquence des oscillations. L'examen des diagrammes, là où ils présentent des oscillations régulières, nous a permis de terminer avec une approximation suffisante, les fréquences des oscillations fondamentales des travées sans charge et sous charge. On en a tiré les valeurs ν_g et ν_{p+g} du tableau suivant.

On a aussi calculé les fréquences théoriques correspondantes ν'_g et ν'_{p+g} par la formule :

$$\nu' = \frac{5,61}{\sqrt{f}} \text{ Hertz.}$$

(où f désigne la flèche au milieu, en centimètres), valable pour la poutre prismatique de poids uniforme.

On a calculé les flèches dues au poids fixe en employant le module d'élasticité tiré des rapports entre les flèches théoriques dues aux surcharges et les flèches mesurées.

	Fréquences			
	Sans charge		Sous charge	
	Théoriques $\nu'_g =$ Hertz.	Mesurées $\nu_g =$ Hertz.	Théoriques $\nu'_{p+g} =$ Hertz.	Mesurées $\nu_{p+g} =$ Hertz.
Pont de Pise : poutres à âme pleine ; $l =$ m. 20, 90	7, 09	6, 90	3, 98	3, 95
Pont de Mezzacorona : Poutres en treillis ; $l =$ m. 29, 12	8, 58	8, 21	5, 00	4, 95
Pont de Lunghezza : poutres en treillis ; $l =$ m. 39	6, 94	6, 90	4, 12	3, 60
Pont de Piacenza : poutres en treillis ; $l =$ m. 61, 02	4, 72	4, 38	3, 21	3, 16
Pont de Piacenza : poutres en treillis ; $l =$ m. 74, 52	3, 89	3, 82	2, 80	2, 71

Si l'on fait leur part aux nombreuses causes d'erreur et au degré d'approximation des formules, aux erreurs éventuelles dans l'évaluation des poids fixes, peut-être parfois inférieurs aux poids réels, à l'effet des ressorts et aux autres causes de perturbation, pour ce qui concerne les surcharges, l'accord entre les données théoriques et les résultats expérimentaux est souvent satisfaisant.

Pour le pont sous charge, l'erreur paraît s'accentuer lorsque la surcharge est de beaucoup plus courte que la poutre, ce qui tient évidemment au fait que pour une charge de petite longueur le coefficient des formules qui donnent ν' devrait être inférieur.

Dans le pont sur l'Aniene, les deux locomotives 940 avaient une longueur totale entre les essieux extrêmes de m. 23 vis-à-vis de la longueur du pont de m. 39.

Avec une seule locomotive, qui n'occupe que m. 9, 90 la différence augmente encore ($\nu'_{p+g} = 4,75$ Hertz ; $\nu_{p+g} = 3,90$ Hertz).

Appareil pour la mesure des fléchissements des poutres du tablier.

Pour la mesure des flèches des poutres du tablier, on vient de construire à l'Institut de Mécanique appliquée aux Constructions de l'École polytechnique

de Pise, un appareil qui peut servir aussi à la mesure des flexions d'autres membrures de ponts.

Comme il s'agit de mesurer de petites flèches de poutres soumises à de fortes vibrations, on a eu recours à un système optique (fig. 4).

A une extrémité A de la poutre, est fixé un appareil d'éclairage qui donne un mince pinceau lumineux horizontal ; une lentille convergente placée au centre C de la poutre reproduit l'image de cette fente à l'autre extrémité B, où une mince fente verticale réduit l'image à un point lumineux qui est enregistré par un film sensible.

Les déplacements enregistrés sont doubles des flèches du milieu de la poutre par rapport aux extrémités.

Pour la mesure des flèches très petites, on a ajouté un jeu de prismes à deux faces réfléchissantes perpendiculaires, placés aux extrémités de l'appareil, qui permettent d'obtenir aussi une amplification 6.

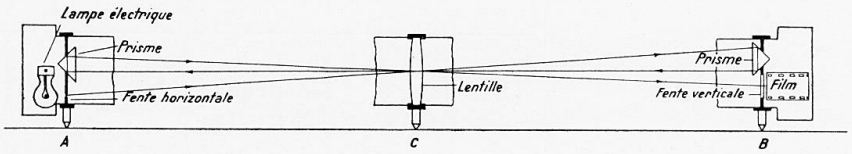

Fig. 4. — Lampe électrique = Elektrisches Licht = Electric lamp.
Fente horizontale = Horizontaler Spalt = Horizontal gap.
Lentille = Linse = Lentil.
Prisme = Prisma = Prism.

A l'aide du microscope, on peut alors aisément apprécier des déplacements de 0, 01 mm.

L'appareil peut aussi se placer sur les barres des poutres en treillis pour en mesurer les fléchissements. L'appareil qu'on vient de construire a une longueur de 4, 70 m. convenable pour les essais des poutres du tablier.

Pour chaque longueur, il faut avoir une lentille convenable.

L'appareil a été appliqué à la partie centrale des poutres du pont sur l'Arno à Pise. Il donnait ainsi la flèche relative à une longueur de 4, 70 m. (longueur de la poutre, 20, 90 m.), ce qui correspond à peu près à la courbure au centre de la poutre.

Les résultats acquis sont montrés par les lignes C des diagrammes 3 et 5 fig. 2, qui représentent les flèches susdites, à échelle convenable, indiquée sur l'axe des ordonnées, à droite.

Si l'on compare ces diagrammes avec ceux des flèches totales des poutres en aval et en amont, attendu que l'appareil optique était placé sur une des poutres intérieures, proche de la poutre en amont, on peut remarquer un bon accord entre les flèches et la courbure au milieu. La majoration dynamique est à peu près la même.

Ce procédé nous offre cependant le moyen de mesurer les déformations d'une partie du pont et d'avoir ainsi une donnée intermédiaire entre les fléchissements totaux et les déformations locales.

L. CAMBOURNAC,
Ingénieur en Chef du Chemin de Fer du Nord, Paris.

Parmi les constructions soumises à l'action des charges dynamiques, il convient de placer au premier rang les tabliers métalliques de chemin de fer.

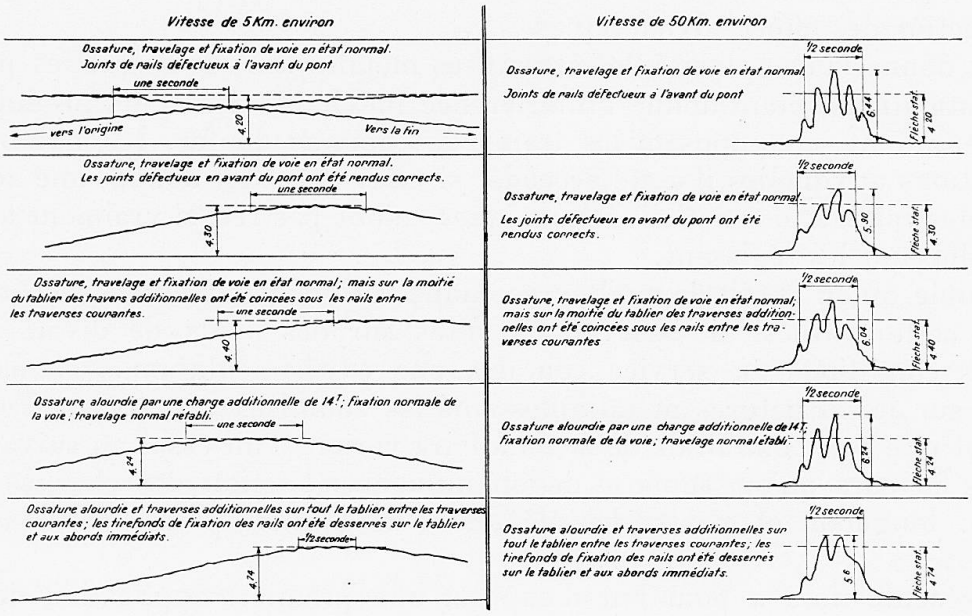

Fig. 1. — Vitesse de 5 km environ = Geschwindigkeit von ungefähr 5 km. = Speed about 5 km/hour.

Ossature, travelage et fixation de voie en état normal. Joints de rails défectueux à l'avant du pont = Gebälk, Verbände und Schienenbefestigung in Normalzustand. Schadhafte Schienenstösse ausserhalb der Brücke = Floor framing, sleepers and fixing of rail in normal condition. Rail joints defective before the bridge.

Une seconde = Eine Sekunde = One second.

Vers l'origine = Gegen den Anfang = Towards the beginning.

Vers la fin = Gegen das Ende = Towards the end.

Les joints défectueux en avant du pont ont été rendus corrects = Die schadhaften Stösse ausserhalb der Brücke sind in Stand gesetzt worden = The defective rail joints before the bridge have been put in order.

...; mais sur la moitié du tablier des traverses additionnelles ont été coincées sous les rails entre les traverses courantes.

...; auf halber Fahrbahn sind zusätzliche Schwellen zwischen den laufenden Schwellen unter die Schienen gekeilt worden.

...; but on half the floor of the bridge additional sleepers have been laid between the normal sleepers, and wedged to the rails.

Ossature alourdie par une charge additionnelle de 14 t.; fixation normale de la voie = Balken durch eine zusätzliche Last von 14 t beschwert. Normale Befestigung der Schiene = Floor framing loaded with an additional weight of 14 tons. Normal fixing of the rails.

Ossature alourdie et traverses additionnelles sur tout le tablier entre les traverses courantes; les tirefonds de fixation des rails ont été desserrés sur le tablier et aux abords immédiats = Balken beschwert, zusätzliche Schwellen zwischen den laufenden Schwellen auf ganze Fahrbahn; die Schienenbefestigungsschrauben sind auf der Fahrbahn und den anschliessenden Strecken losgeschraubt = Floor framing loaded and additional sleepers along the whole floor between the normal sleepers; the fishplates have been loosened along the bridge and in its immediate neighbourhood.

En vue d'établir les lois de l'action des charges roulantes sur les ponts de chemins de fer, on a multiplié des observations consistant à mesurer et à

enregistrer — soit les efforts développés dans les divers éléments de tabliers en service, par le passage des charges roulantes au pas et en vitesse — soit les déformations qui en résultent.

Le rapport entre les efforts ou les déformations « en vitesse » et les efforts ou les déformations « au pas » constitue le coefficient d'impact ou coefficient de majoration dynamique et les recherches visent à déterminer comment varie ce coefficient en fonction des multiples facteurs qui interviennent dans la production des efforts dynamiques.

Étant donné la complexité des structures métalliques sur lesquelles portent les investigations, étant donné l'interférence inévitable des effets produits par les essieux dont se composent les trains de chemins de fer, les nombreuses observations auxquelles il a été procédé, si elles ont bien donné une idée de l'ordre de grandeur des actions dynamiques, n'ont pas réussi vraiment à dégager les lois qui les régissent.

Il semble qu'on aurait de meilleures chances de dégager ces lois en substituant à cette synthèse d'observations faites sur des ponts de divers types, dans les conditions du service courant, une expérimentation systématique, portant sur des structures métalliques simples soumises au passage d'essieux isolés, et que l'on conduirait de façon à faire varier, d'un essai au suivant, un seul des facteurs qu'on suppose devoir influencer l'action des charges dynamiques : longueur et poids des éléments de tablier, poids et vitesse des essieux.....

La présente note a pour but d'exposer une première application de cette méthode analytique qui a été tentée à Douai, sur le chemin de fer du Nord, en 1931.

Pont d'essai. — Il importait de commencer par une structure métallique aussi simple que possible, de manière à éviter les résonances résultant de la solidarité des divers éléments d'une structure ordinaire.

Le premier pont d'essai a donc été constitué par deux poutres sous rails, de 9 m. 40 de portée, réunies par des entretoises. Ce tablier, qui pèse 11 t., est d'ailleurs susceptible d'être alourdi de manière à porter son poids mort à 25 t., sans faire varier ni sa portée ni son module de résistance mécanique.

Cette structure permet d'étudier l'action des surcharges roulantes sur des poutres droites simplement appuyées à leurs extrémités, pour des valeurs différentes du rapport des surcharges roulantes au poids mort du tablier.

Il sera loisible de substituer ultérieurement au tablier d'essai de 9 m. 40 de portée deux tabliers de 4 m. 50 de portée, simplement appuyés sur un appui médian, ou un tablier à poutres continues en deux travées de 4 m. 70 chacune, à la manière des longerons sous rails dans les tabliers à poutres latérales ; l'appui médian pourra être lui-même constitué par un chevêtre transversal appuyé ou encastré en des points extérieurs aux poutres sous rails, à la manière des entretoises dans les tabliers des ponts.

On pourra ainsi étudier l'action des surcharges roulantes sur des éléments tout à fait comparables aux longerons et entretoises que comportent les tabliers en service sous voie ferrée.

Surcharge roulante. — Cette surcharge a été réduite à un essieu isolé,

de manière à éviter le brouillage qui résulte, dans les enregistrements sur des ponts en service, de la superposition des effets produits par les différents essieux dont se compose un train de chemin de fer.

Cette surcharge consistait en un véhicule construit par les Chemins de fer Fédéraux Suisses et comportait un essieu unique sans ressort pouvant peser jusqu'à 36 t. Ce véhicule est susceptible de rouler à une vitesse atteignant jusqu'à 50 km. à l'heure.

On avait donc la possibilité de faire varier le poids et la vitesse de cet essieu unique.

Il est loisible d'envisager que cet essieu unique puisse être ultérieurement muni de ressorts, de manière à étudier l'influence des dispositifs de suspension élastique, puis remplacé par un véhicule à deux essieux, de manière à étudier la composition des efforts dynamiques.

Essais effectués. — En raison du court délai dont on disposait on se borna à expérimenter le passage du véhicule suisse aux vitesses extrêmes du pas, de 50 km. à l'heure environ et sans faire varier le poids de l'essieu qui resta fixé à 36 t.

Le tablier fut alourdi de 11 à 25 t. pour certains passages et on fit varier le mode de fixation des rails sur les poutres et la stabilité de la voie sur le tablier et aux abords.

Les efforts dans les poutres et les flèches du tablier furent enregistrées à l'aide des appareils suivants :

a) Tensimètres :

l'appareil suisse Meyer-Bühler à enregistrement par organes exclusivement mécaniques ;

l'appareil anglais Fereday-Palmer à enregistrement mécanico-optique ;

l'appareil allemand de la Reichsbahn dit « à charbon » à enregistrement électro-optique.

b) Fleximètres :

l'appareil suisse Stoppani ;

l'appareil français Rabut,

tous deux à enregistrement par organes exclusivement mécaniques.

Résultats obtenus. — Réserve étant faite que la vitesse de 50 km. n'a pu être réalisée qu'approximativement et n'était donc pas identique d'un essai au suivant, le dépouillement des enregistrements conduit aux constatations suivantes :

1) le coefficient de majoration dynamique est, toutes choses égales d'ailleurs, plus élevé dans les membrures supérieures des poutres qui sont comprimées que dans les membrures inférieures qui sont tendues.

2) Le mode de fixation de la voie sur le tablier, la stabilité de la voie sur le pont et en amont du pont paraissent avoir une influence sensible sur les effets dynamiques : des joints de rails défectueux aux abords, des traverses plus ou moins espacées, des rails plus ou moins bien assujettis par les tirefonds font varier le coefficient d'impact.

3) Le poids mort du tablier, ou plus exactement le rapport entre ce poids mort et la surcharge roulante, paraît, toutes choses égales d'ailleurs, sans influence sur le coefficient d'impact.

A titre d'exemple, on a reproduit, en annexe, des diagrammes obtenus au fleximètre Rabut pour les divers états du tablier et de la voie indiqués et aux vitesses du pas et de 50 km. à l'heure.

Ces constatations n'ont pas une valeur définitive, parce que les essais ont été trop peu nombreux et qu'il n'a pas été possible de donner à la surcharge roulante une vitesse rigoureusement constante.

Il a paru intéressant, néanmoins, de les faire connaître, pour illustrer les possibilités de la méthode d'expérimentation systématique préconisée dans la présente note comme moyen de déterminer les lois de l'action des charges dynamiques.

Dr. Ing. W. GEHLER,
Professor der Technischen Hochschule und
Direktor beim Staatl. Versuchs- und Materialprüfungsamt, Dresden.

Während die üblichen Versuche zur Bestimmung der Dauerfestigkeit von Stabverbindungen des Stahlbaues in der Regel mit den sogenannten Pulsometer-Maschinen durchgeführt werden, ist bei den vorliegenden Versuchen der Grundgedanke massgebend gewesen, unmittelbar an einem Fachwerkträger aus Baustahl einen bestimmten Fachwerkstab hinsichtlich seiner Beanspruchungen durch Schwingungen dauernd zu beobachten. Zu diesem Zwecke wurde im Versuchs- und Materialprüfungsamt nach Vorschlag des Verfassers ein 15,0 m weitgespannter Parallelträger von 1,0 m Höhe aufgestellt, dessen mittlerer Untergurtstab entweder als Augenstab ausgebildet und jeweils ausgewechselt werden kann oder mittels besonderer Klemmbacken eingespannt wird (s. Bild 1). Die Schwingungen werden durch einen Losenhausen-Schwinger erzeugt, bei dem 2 exzentrisch angeordnete Massen in entgegengesetztem Sinne rotieren. Die höchste, hiermit erreichbare Zentrifugalkraft beträgt 10^t bei 12 Umdrehungen in der Sekunde. Der Träger ist derart ausgebildet, dass er sowohl auf 4 Punkten, als auch auf 3 Punkten (statisch bestimmt) gelagert werden kann. Auch besteht die Möglichkeit, nach Bedarf die Stützweite auf 10 m einzuschränken.

Ferner kann in der Mitte des Untergurtes entweder ein Stab eingesetzt werden, sodass der Träger als Dreigurt-System aufzufassen ist, oder es werden daselbst 2 Stäbe in den Tragwandebenen eingebaut, sodass er in der üblichen Weise als Viergurtträger wirkt (Bild 2). An Stelle der zuerst vorgesehenen Verbindungen mit Bolzengelenken wurde für die Durchführung der Versuche eine Verbindung mittels Klemmbacken gewählt, um ungünstige örtliche Beanspruchungen an der Einspannstelle zu vermeiden.

Die Messung in dem Versuchsstab selbst geschieht mit Hilfe eines Schwingungsmessers, System Sektionschef Meyer-Bern, ferner aber auch durch besonders hierfür ausgebildete Spiegelapparate.

Ein Vorversuch bestand in der Feststellung der Eigenschwingungszahl des Trägers. Sie wurde zunächst auf rechnerischem Wege nach dem Verfahren

von Pohlhausen (s. Bleich, Theorie und Berechnung der eisernen Brücken) zu 5,25 Hertz ermittelt, als Näherungswert ergibt sich nach der bekannten Formel des geraden Stabes 5,7 Hertz. Der Versuch wird nach dem Grundgedanken des Anzupfens einer Violinseite derart durchgeführt, dass der Träger

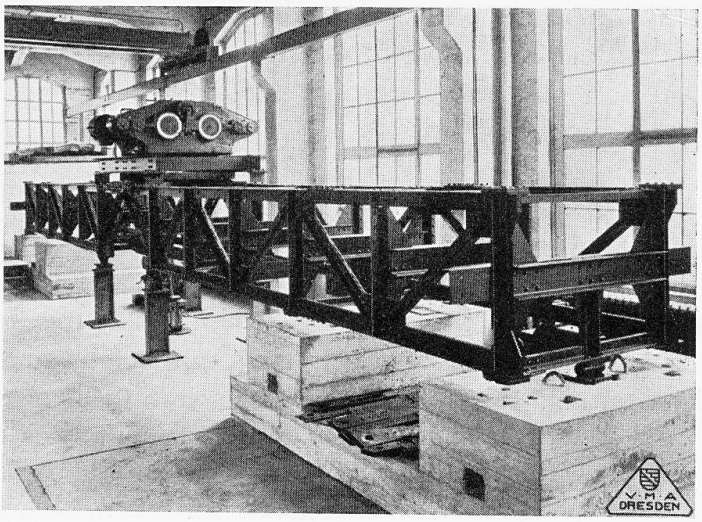

Fig. 1.

mittels eines auf einer hydraulischen Presse stehenden Stempels an der Obergurtmitte solange angehoben wird, bis ein Stahlstab am Kopfe des Stempels durchgeschert ist. Hierbei ergab sich als Eigenschwingungszahl

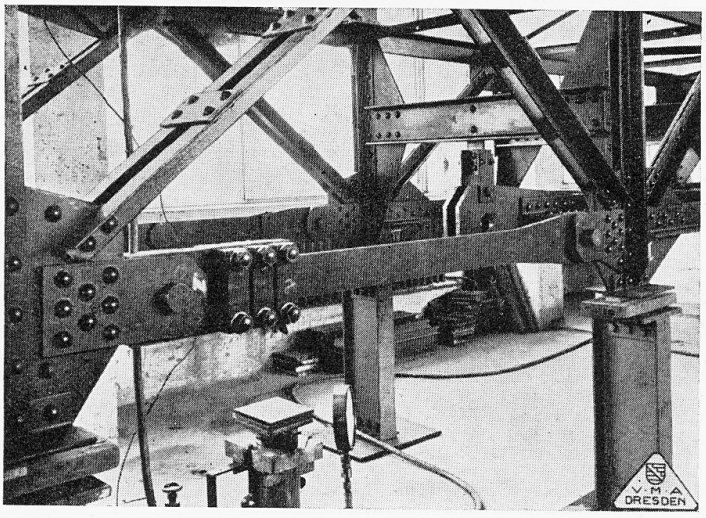

Fig. 2.

5,13 Hertz. Die Schwingungszahlen für die Dauerversuche wurden zu 3,5 bis 4 Hertz festgelegt.

Die Messvorrichtung bestand ausser dem bereits erwähnten Schwingungsmesser System Meyer in einem Martens'schen Spiegel, dem ein zweiter Spiegel vorgeschaltet war. Beide Spiegel wurden unter 45° zum Lichtstrahl

geneigt. Dadurch wird erreicht, dass der störende Einfluss einer Bewegung der beiden Enden des Versuchsstabes in waagerechtem Sinne für die Messung praktisch ausgeschaltet wird. Der Ausschlag bei dieser störenden Bewegung ergab sich zu nur 2,4 Bogenminuten.

Die Bedeutung dieser Versuchsanordnung besteht darin, dass die Beanspruchungen ganz ähnlich wie im Bauwerk selbst erfolgen, allerdings unter einer idealisierten Kraftquelle, die nur Sinusschwingungen ausübt. Z.Zt. werden eine grosse Anzahl von elektrisch geschweissten Stabverbindungen im Vergleich mit Nietverbindungen geprüft.

Traduction.

Dans les essais en question, nous avons suivi le principe fondamental consistant à observer les fatigues dans une barre d'une poutre en treillis au moyen d'oscillations permanentes, tandis que les essais habituels servant à contrôler la résistance à la durée des assemblages des barres, dans les constructions en acier, sont exécutés en règle générale au moyen des appareils désignés sous le nom de pulsomètres. Dans cette intention on a construit au laboratoire d'essais des matériaux de Dresde, suivant le projet de l'auteur une poutre parallèle de 1 m de hauteur et de 15 m de portée dont la barre médiane de la membrure inférieure était construite de telle façon qu'il était possible de la remplacer à volonté (Cliché N° 1). Les oscillations sont provoquées par un oscillateur Losenhausen, dans lequel deux masses excentrées tournent dans deux sens différents. La force centrifuge maximum qu'il est ainsi possible d'atteindre est de 10 t pour 12 tours à la seconde. La poutre est constituée de telle façon qu'elle puisse être appuyée en quatre ou en trois points (Appuis correspondant à une poutre statiquement déterminée). Il est aussi possible en cas de nécessité de réduire la portée à 10 m.

D'autre part, il est également possible de disposer la barre située au milieu de la membrure inférieure (Cliché N° 2) de telle façon que la poutre travaille comme ayant trois membrures; ou bien dispose deux barres dans le plan des poutres portantes de telle façon que la poutre travaille comme poutre à quatre membrures (Cliché N° 3). Au lieu d'articulations à tourillon, qui avaient été prévues tout d'abord aux différents nœuds, on a assemblé les barres au moyen d'agrafes spéciales, afin d'éviter des contraintes locales défavorables aux encastrements. La mesure sur la barre d'essai s'effectue au moyen d'un oscillographe construit suivant le système du Chef de Section Meyer, à Berne et d'un appareil à miroirs spécialement construit à cet effet.

Le premier essai sert à déterminer la fréquence propre d'oscillation de la poutre. Ce nombre a tout d'abord été déterminé analytiquement d'après le procédé de Pohlhausen (voir Bleich « Theorie und Berechnung der eisernen Brücken ») et on a obtenu une valeur de 5,25 Hertz. La formule bien connue pour une barre simple donne comme valeur approximative 5,7 Hertz. Cet essai s'effectue par analogie avec le pincement d'une corde de violon, de telle façon que la membrure supérieure au milieu de la poutre soit fléchie au moyen du mouton d'une presse hydraulique jusqu'au moment où une petite pièce d'acier fixée au

mouton et exerçant la pression sur la membrure est cisaillée. Il a été ainsi possible de déterminer une fréquence de 5,13 Hertz. On a obtenu pour les essais de durée une fréquence de 3,5 à 4,0 Hertz.

Les mesures ont été faites au moyen de l'appareil déjà cité du système Meyer, ainsi qu'au moyen du miroir de Martens devant lequel était intercalé un second miroir. Les deux miroirs étaient inclinés à 45° par rapport au rayon lumineux. Il a été ainsi possible d'éliminer pratiquement les erreurs dues à un déplacement des deux extrémités de la barre d'essai dans le sens horizontal. L'écart pour ces déplacements n'a été que de 2,4 minutes.

La disposition choisie dans ces essais a le grand avantage de provoquer des contraintes en tout point semblables à celles qui sont produites dans la construction même. Cela n'est juste, il est vrai, que pour une charge théorique ne créant que des oscillations sinusoïdales. En ce moment, nous effectuons des essais de comparaison sur une grande quantité d'assemblages soudés électriquement ou rivés.

V 3

THÉORIE DES OSCILLATIONS DES PONTS ET CHARPENTES
THEORIE DER SCHWINGUNGSERSCHEINUNGEN AN TRAGWERKEN
THEORY OF THE OSCILLATIONS OF STRUCTURES

Dr. Ing. **Friedrich BLEICH**, Baurat, Wien.

Voir « Publication Préliminaire », p. 511. — *Siehe « Vorbericht », S. 511.*
See « Préliminary Publication », p. 511.

Participants à la discussion
Diskussionsteilnehmer
Participants in the discussion :

Dr. phil. W. SPÄTH,
Barmen.

Die drei bei der Belastung eines Bauwerks auftretenden Gegenkräfte, nämlich die elastische Federkraft, die Trägheitskraft und die Reibungskraft wurden bisher als linear mit der Verformung anwachsend vorausgesetzt. Eine eingehende Dynamik kann sich jedoch nicht mit der Annahme linearer Zusammenhänge begnügen, da infolge der hohen Auslastung von Bauwerken die für die mathematische Behandlung übliche Beschränkung auf kleine Verformungen nicht angängig ist.

Die für die Bautechnik wichtigsten Eigenschaften solcher nichtlinearer Schwingungen seien durch graphische Darstellungen kurz erläutert. In Abb. 1 sind die drei Einzelkräfte für verschiedene Betriebsbedingungen vektoriell zusammengesetzt. Die Federkraft nehme hierbei gemäss der stark gezeichneten Belastungs-Verformungslinie zu. Zur Bestimmung der Reibungskräfte sei der