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

Band: 1 (1932)

Artikel: Discussion

Autor: Sesini, O.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-610

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 21.05.2025

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.

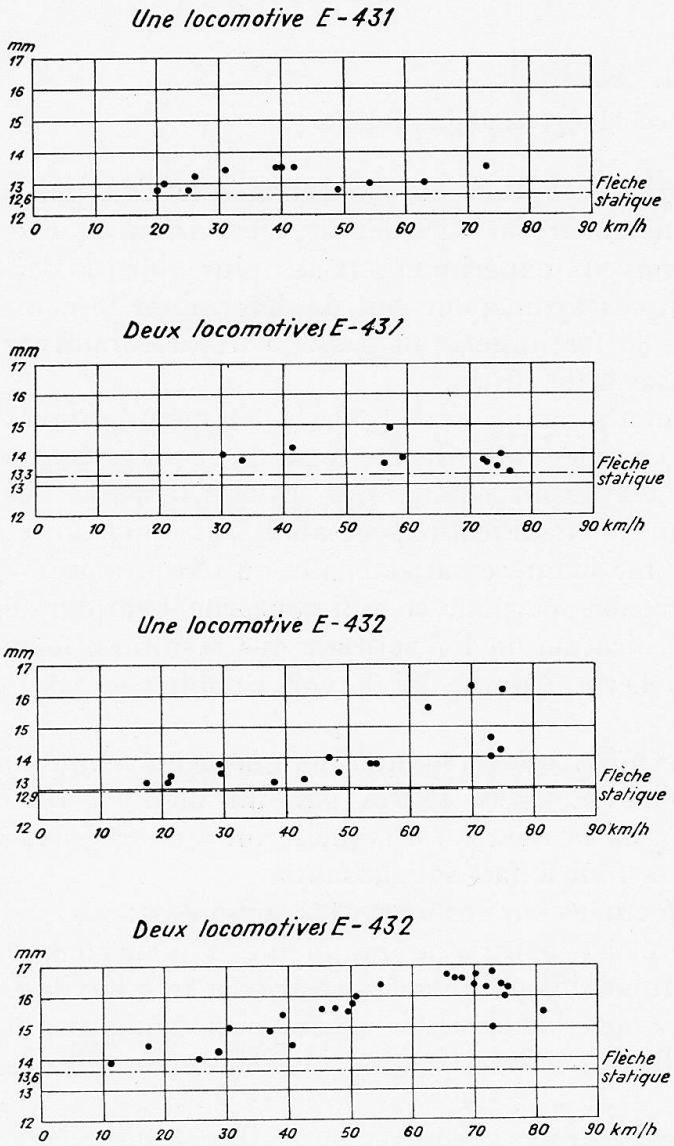

Fig. 1. — Flèche statique = Statische Durchbiegung = Static deflection.

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.

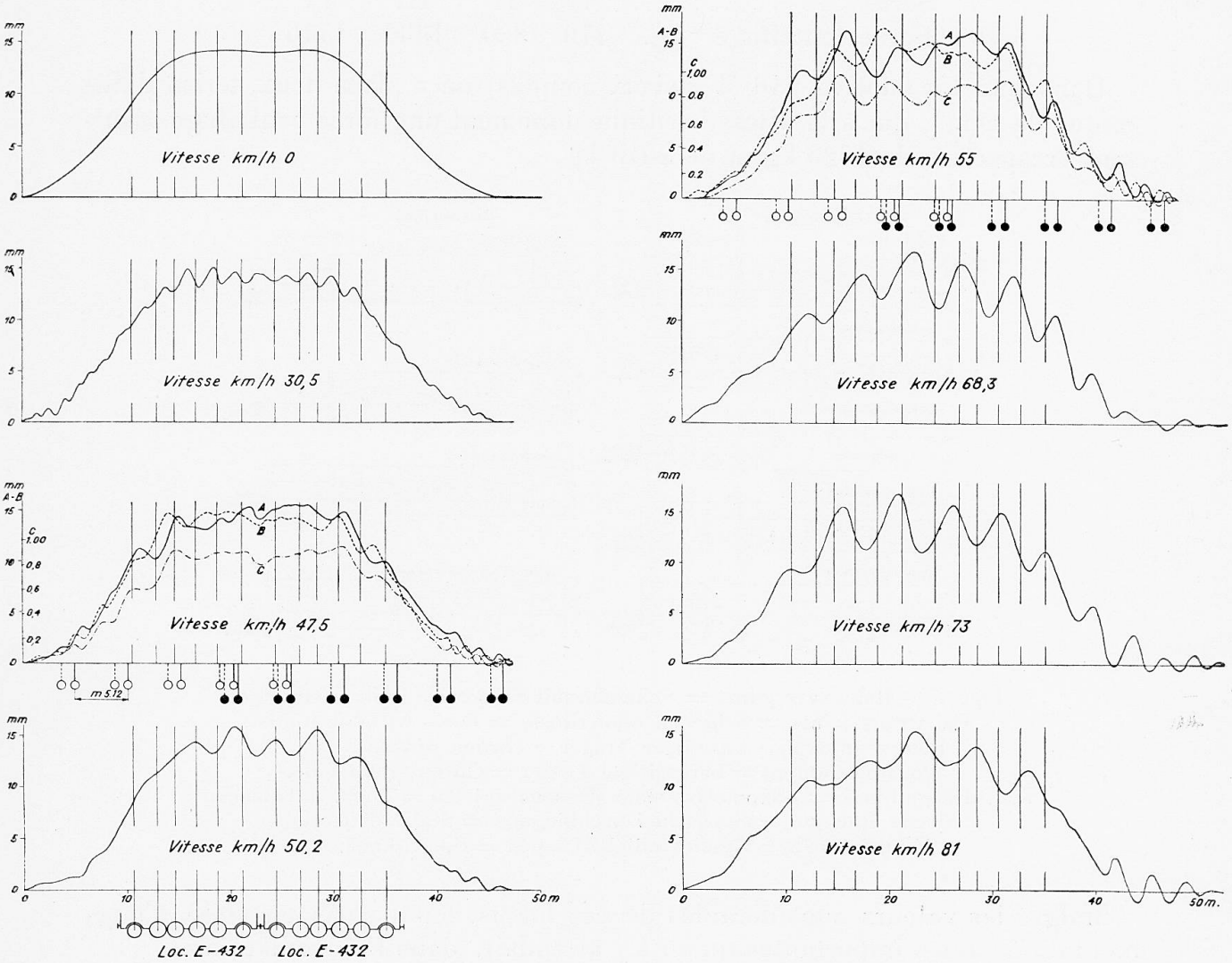

Fig. 2. — Vitesse km/h = Geschwindigkeit km/h = Speed km/hour.

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.

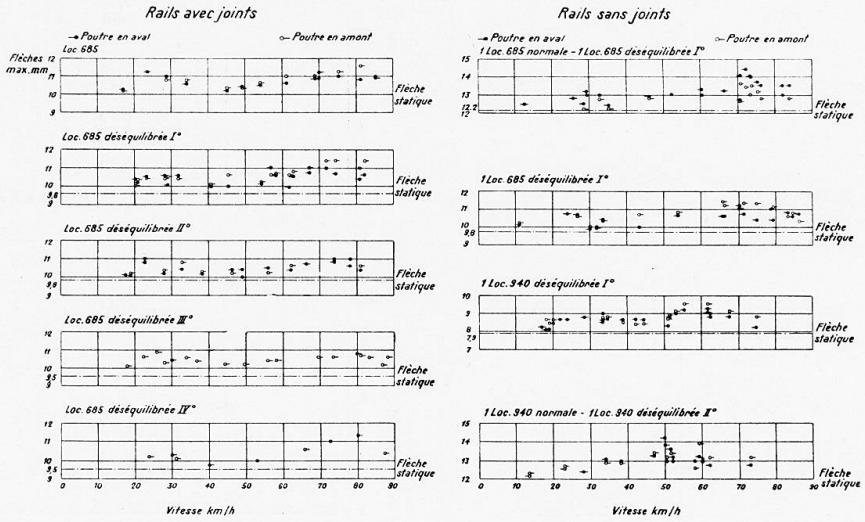

Fig. 3. — Rails avec joints = Schienen mit Stössen = Rails with joints.
Rails sans joints = Schienen ohne Stösse = Rails without joints.
Poutre en aval = talseitiger Träger = Girder, downhill side.
Poutre en amont = bergseitiger Träger = Girder, uphill side.
Loc. déséquilibrée = Lokomotive ohne Massenausgleich = 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.

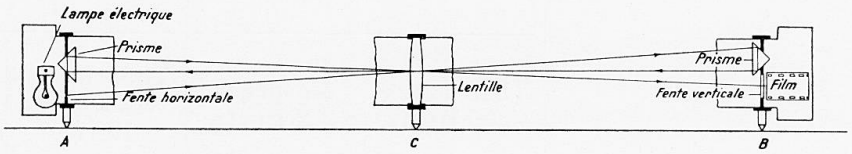

Fig. 4. — Lampe électrique = Elektrisches Licht = Electric lamp.
Fente horizontale = Horizontaler Spalt = Horizontal gap.
Lentille = Linse = Lentil.
Prisme = Prisma = Prism.

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.