

Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 60 (1990)

Artikel: Comportement transversal d'un pont mixte sous surcharges exceptionnelles
Autor: Trouillet, P. / Rouby, A. / Guillot, D.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-46451>

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: 12.01.2026

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

Comportement transversal d'un pont mixte sous surcharges exceptionnelles

Verhalten eines Verbundbrückenquerschnittes unter Sonderlasten

Transverse Behaviour of a Composite Bridge under Exceptional Loads

P. TROUILLET

Ingénieur INSA
LRPC
Nancy, France

A. ROUBY

I.D.T.P.E.
DOA CETE Est
Metz, France

D. GUILLOT

Ingénieur AM + CHEBAP
DOA CETE Ouest
Nantes, France

RÉSUMÉ

En vue d'autoriser le passage de convois lourds, une étude de la capacité portante d'un pont mixte autoroutier à 3 poutres et entretoises triangulées a été réalisée. Des essais de l'ouvrage ayant montré que la théorie de Courbon n'était qu'approximative, une instrumentation d'une section transversale a été réalisée. Les mesures faites au passage d'un premier convoi ont permis de caler un modèle de calcul permettant de préciser la capacité portante. Il est montré que l'élément déterminant est la poutre centrale.

ZUSAMMENFASSUNG

Zur Genehmigung von Sonderlasttransporten wurde die Tragfähigkeit einer Autobahnverbundbrücke untersucht. Die Brücke weist Hauptträger und fachwerkartige Querträger auf. Für Belastungsversuche wurde in einem Brückenquerschnitt Messeinrichtungen eingebaut. Die Versuche ergaben, dass die Theorie von Courbon nur als Näherung zu betrachten ist, sie erlaubten aber eine genaue Bestimmung der Traglast. Dabei war die Beanspruchung des Hauptträgers massgebend.

SUMMARY

In order to authorize the passing of exceptional loads, a study of the load carrying capacity of a steel-concrete composite motorway bridge with three main girders and triangulated cross beams was carried out. Since tests of the bridge showing that Courbon theory was just a close estimate, the checking of a transverse section was carried out. The measurements made during the passing of a first exceptional load have allowed the development of a calculation method to specify the load carrying capacity. It is shown that the critical element is the central main girder.



I - PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE ET DU PROBLÈME POSE

L'ouvrage étudié permet à l'autoroute A 31 de franchir de nombreuses voies de communication (routes, voie ferrée, canal, rivière, ...).

Longitudinalement, il comporte sept travées continues mixtes de différentes portées ($47,10 - 4 \times 51,73 - 72,47 - 43,91$ m).

Transversalement, il comprend 2 ouvrages indépendants de 13 m de largeur entre glissières de sécurité, chacun étant constitué de trois poutres métalliques de hauteur constante (2,16 m) espacées de 4,80 m entre axes reliées transversalement par un hourdis en béton armé de 0,22 m et par des entretoises triangulées espacées d'environ 10 m.

L'ouvrage a été conçu initialement comme un pont à poutres métalliques à dalle non collaborante. Diverses raisons de chantier ont amené les entreprises à utiliser des dalles en béton armé préfabriquées connectées aux poutres métalliques.

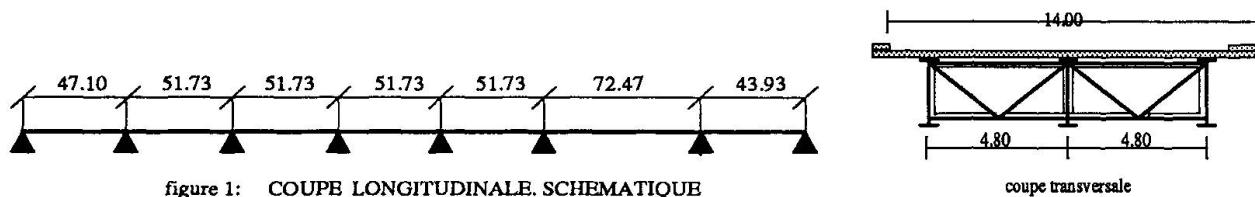


figure 1: COUPE LONGITUDINALE. SCHÉMATIQUE

coupé transversale

L'ouvrage constitue le point de passage obligé pour les convois exceptionnels issus d'une chaudronnerie industrielle. Les colis ne pouvant être scindés, le problème de la définition de la capacité portante de l'ouvrage se posait avec acuité.

Lors du passage d'un premier convoi de masse modérée, une instrumentation d'une section transversale a été faite afin d'examiner son comportement. Des calculs préalables selon l'hypothèse de Courbon (rigidité infinie des entretoises) avaient défini les entretoises comme points faibles de l'ouvrage.

II - INSTRUMENTATION DE L'OUVRAGE

II.1. - Définition de la masse du colis et du convoi

La masse du colis a été déterminée lors de son embarquement dans une barge à l'aide de deux méthodes :

- Jaugeage classique,
- Méthode des tranches de sur-immersion.

Les résultats obtenus sont :

MASSE DU PREMIER COLIS (T)	
Valeurs annoncées	160,0 + ou - 2,0 %
Jaugeage classique	173,6 + ou - 1,9 %
Méthode des tranches	169,5 + ou - 1,8 %

Les valeurs données par la méthode des tranches, plus précises ont été retenues. La définition du convoi qui s'en déduit est donnée dans la figure 2.

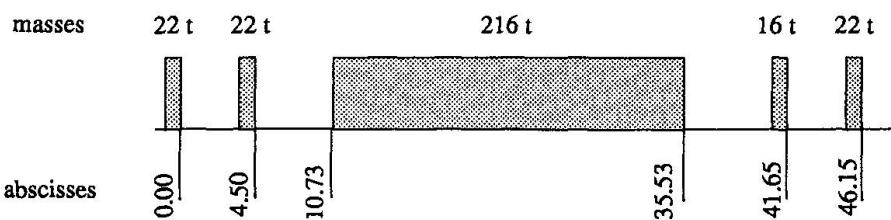


figure 2
convoi d'essai

II.2. - Instrumentation de l'ouvrage

La section étudiée est définie par la figure 3. Chacune des barres d'entretoisement a été dotée de bases d'extensométrie. De même, la flèche de chacune des poutres, ainsi que la rotation des semelles inférieures ont été enregistrées ainsi que les effets thermiques. Les mesures brutes ont été corrigées des effets thermiques sur l'appareillage.

II.3. - Résultats obtenus

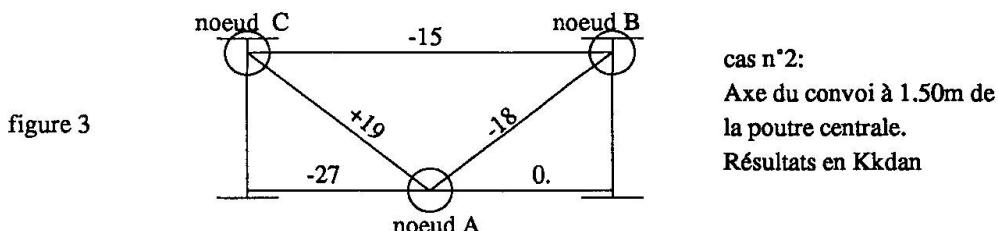
Les flèches mesurées sont données (en mm) par le tableau ci-après :

CAS DE CHARGE	POUTRE NORD	POUTRE CENTRALE	POUTRE SUD
1 : Convoy sur travée Ouest	- 9	- 14	- 18
2 : Convoy sur travée étudiée	+ 23	+ 39	+ 46
3 : Convoy sur travée Est	- 12,2	- 17,3	- 23,9

L'hypothèse de Courbon supposant que la flèche d'une poutre est fonction de son abscisse transversale n'est pas vérifiée dans le cas n° 2 où les écarts de flèche sont de 16 mm entre la poutre Nord et la poutre Centrale et de 7 mm entre celle-ci et la poutre Sud.

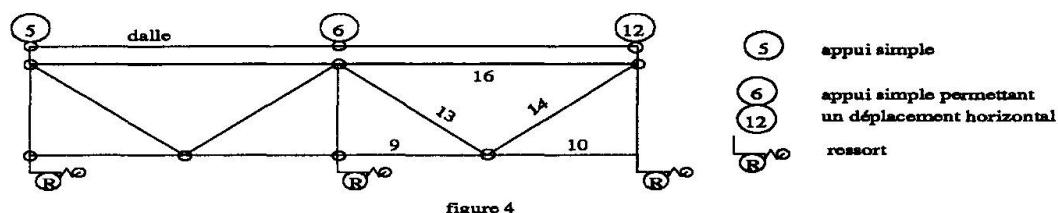
Les mesures de déformation faites sur les barres montrent que les efforts secondaires (moments d'enca斯特rement) restent faibles (incidence inférieure à la précision de la mesure) ou nuls.

La figure 3 donne la valeur des efforts déduits. Compte-tenu de la précision des mesures, on estime que l'équilibre des noeuds est bien respecté.



II.4. - Calculs de vérification des mesures - Schématisation de l'entretoise en réseau de barre

Les résultats obtenus par les mesures étant fondamentalement différents de ceux calculés en supposant les entretoises rigides. Une schématisation de l'entretoise par programme à barre a donc été réalisée (figure 4).



L'entretoise non solidaire du houdis ne recevant ses charges que par l'intermédiaire des poutres et l'instrumentation donnant leurs flèches ce sont elles qui ont été introduites comme déformations :

	NOEUD	FLECHE	DEFORMATION IMPOSEE
Noeud fixe	5	23 mm	0
	6	39 mm	16 mm
	12	46 mm	23 mm

Cas de charge correspondant au cas de chargement 2.



Le calcul a donné des résultats très voisins des mesures entrant dans le domaine d'incertitude des mesures et des charges. Il n'y a donc pas lieu de craindre un dépassement des efforts dans les entretoises ainsi que le laissait supposer l'hypothèse simplificatrice de Courbon.

TYPE DE BARRES	EFFORTS		TYPE EFFORT
	MESURE	CALCULE	
Traverses inférieures	- 27	- 29,90	T
	0	0,56	T
Diagonales	+19	+ 17,88	C
	- 18	- 18,00	T
Traverses supérieures	- 15	- 3,27	T

II.5. - Constatations sur les déformations

L'étude des déformations de l'entretoise et la symétrie des résultats montrent que la déformation globale est la somme d'une rotation d'ensemble autour de l'appui fixe (noeud n° 5) et des déformations propres des barres. La rotation globale est donnée par la différence de flèche transversale des poutres extrêmes : elle n'introduit pas d'effort dans la structure, à l'inverse des flèches différentielles entre la poutre centrale et la moyenne des flèches des poutres latérales.

Pour le cas n° 2 étudié, les calculs montrent que l'on a le tableau d'équivalence des déformés suivant :

POUTRES	MESUREE	INTRODUITE STRESS	EQUIVALENTE A
Nord	23 mm	0 mm	0 mm
Centre	39 mm	16 mm	$16 - 23/2 = 4,5$ mm
Sud	46 mm	23 mm	0 mm
Cas	(a)	(b)	(c)

Le cas (b) se déduit du cas (a) par une translation verticale d'ensemble.

Le cas (c) se déduit du cas (b) par une rotation d'ensemble de valeur égale $\alpha = (23-0)/(2*5.21) = 2,2073 \text{ 10}^{-3} \text{ rd}$ (entre axes des poutres 5,21 m).

L'analyse du fonctionnement de cette entretoise étant faite, il semblait important de pousser plus avant l'examen du mode de fonctionnement global de l'ossature, car si la méthode de Courbon n'était pas satisfaisante localement, elle pouvait ne pas l'être globalement vis à vis des poutres.

C'est pourquoi, il a été envisagé de schématiser l'ouvrage par une grille de poutres à l'aide du programme STRUDLE.

II.6. - Calcul du tablier par STRUDLE

2.6.1. - Schématisation STRUDLE - Généralités

Cette schématisation a essayé d'approcher au mieux la géométrie en plan du tablier et les caractéristiques mécaniques des poutres principales et des éléments secondaires (entretoises et hourdis en béton armé).

Pour ne pas avoir un nombre de barres trop important, les travées 5 et 6 ont été décrites à l'aide d'éléments de 5,15 m (soit deux éléments entre entretoises et par poutre) ; les travées adjacentes 4 et 7 l'ont été avec un pas plus large alors que les travées 1, 2 et 3 ne comportaient quant à elles plus que deux barres par poutre et par travée.



Seuls trois types d'entretoises ont été retenus :

- entretoises courantes,
- entretoises secondaires,
- entretoises d'appuis.

2.6.2. - Schématisation des poutres

Pour le calcul des inconnues hyperstatiques et la répartition des efforts, l'ouvrage a été considéré comme une ossature mixte, en prenant en compte la dalle même en zone de moments négatifs. Le coefficient d'homogénéisation était pris conventionnellement égal à 6.

Les armatures haute adhérence du houdis ont été négligées dans le calcul des inerties des poutres (erreur inférieure à 2 %). L'inertie de torsion de la dalle prépondérante par rapport à celle des parties métalliques, a seule été prise en compte.

Pour les travées non chargées 1, 2 et 3, les poutres ont été assimilées à des poutres d'inertie constante présentant les mêmes coefficients de souplesse que les poutres réelles.

2.6.3. - Modélisation des entretoises

Comme nous l'avons indiqué précédemment, ces pièces avaient déjà fait l'objet d'une étude en portique plan vertical chargé dans son plan à l'aide du programme STRESS.

Dans STRUDLE, le calcul étant un calcul plan grille plane chargée perpendiculairement à son plan, il était nécessaire de schématiser les entretoises comme des poutres uniques. En s'appuyant sur les résultats de STRESS, on a recherché la poutre équivalente présentant la même rotation et la même flèche dans le cas de charge prépondérante : effort appliquée à la poutre centrale.

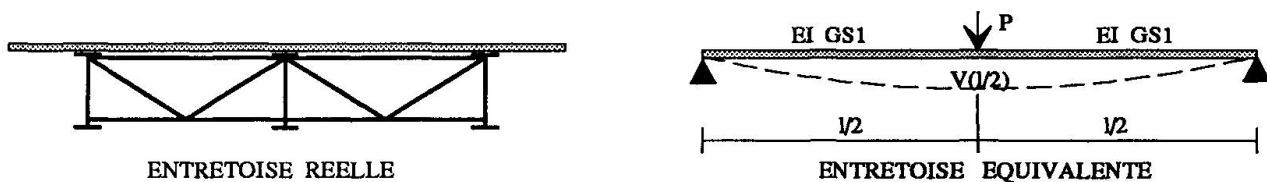


figure 6

Les relations de BRESSE permettent de calculer les déformées d'une poutre droite sous un effort normal, en tenant compte des déformées d'effort tranchant.

Ainsi, pour une flèche imposée F à mi-portée, on obtient une charge P au milieu et une rotation wo en extrémité ; d'où :

$$EI = -\frac{P_1^2}{16wo} \quad GS1 = \frac{3}{4} \frac{P_1}{wo_1 - 3F}$$

Chaque type d'entretoise triangulée a pu ainsi être modélisé par une poutre droite équivalente.

2.6.4. - Modélisation des surcharges

Dans l'étude, 18 cas de charges sur les travées 5 et 6 ont été retenus.

Trois types de convois ont été schématisés et placés transversalement selon trois positions.

Les efforts étaient décomposés pour être directement appliqués aux poutres.

2.6.5. - Exploitation du calcul STRUDLE

2.6.5.1. - Validité de la schématisation

La validité du schéma de calcul a été confirmée par la confrontation des résultats du calcul théorique et des mesures du laboratoire obtenues sur le site, au niveau de l'entretoise 32, sous le chargement d'une remorque de 212 t excentrée de 1,50 m.



FLECHES AUX NOEUDS	THEORIQUE (STRUDEL)	MESUREE	CALCUL / MESURE
46	- 49,00 mm	46 mm \pm 0,5	0,94
47	- 37,90 mm	39 mm \pm 0,5	1,03
48	- 19,80 mm	23 mm \pm 0,5	1,16
Moyenne	- 35,57 mm	36 mm	1,01

Le schéma de calcul retenu semble correct ; les résultats obtenus qui «collent bien à la réalité physique» paraissent bien refléter le fonctionnement réel de la structure.

STRUDEL nous a permis de définir des coefficients de majoration des charges tenant compte de leur répartition transversale (voir figure 7). A partir de ces coefficients, on a étudié une poutre droite soumise à l'action des convois. Pour définir l'admissibilité des convois, nous nous sommes fixés comme critère de vérifier la poutre, en ne considérant que la structure métallique seule. Les calculs montrent que les poutres sont toujours les éléments critiques et que la prise en compte de la collaboration de la dalle n'apporte que peu de gain en zone de moment négatif et aucun vis-à-vis de la résistance à l'effort tranchant.

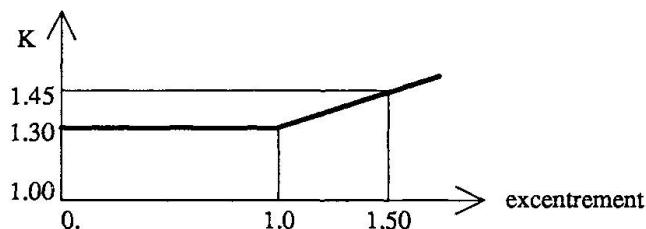


figure 7

III - CONCLUSIONS

Cette étude, originale par son approche :

- calculs préliminaires simplifiés,
- instrumentation
- calculs complémentaires plus lourds

a permis de tirer les conclusions suivantes pour le Viaduc de Fouard en ossature mixte à trois poutres sous chaussées reliées par des entretoises en treillis métallique non solidaires du hourdis :

- le fonctionnement des entretoises au droit d'une charge est de très loin différent de celui d'une poutre indéformable : la rigidité induit une rotation d'ensemble du tablier mais la souplesse introduit une flèche différentielle de la poutre centrale.

Par contre en dehors de zones chargées, l'hypothèse de l'indéformabilité des entretoises reste valable. De ce fait, celles-ci ne sont pas déterminantes.

- une approche correcte de la répartition des charges entre poutre et dans les entretoises peut être obtenue en schématisant un tablier comportant des entretoises en treillis comme une structure plane selon la méthode exposée précédemment.

- une collaboration étroite entre bureau d'études et laboratoire de mesure est efficace. Elle a permis d'aller plus loin dans les mesures et les calculs et de ce fait l'accèsibilité de l'ouvrage aux convois exceptionnels a pu être autorisée apportant un gain financier important pour l'entreprise et la région.