

Estimation de la durée de vie en fatigue d'un assemblage soudé du pont de Saint-Vallier (Drôme)

Renaud LECONTE

Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Lyon

RÉSUMÉ

L'instrumentation des poutres du pont mixte de Saint-Vallier (Drôme) a été mise en place afin d'étudier le comportement d'un assemblage soudé sous l'effet d'une surcharge routière. Les mesures effectuées sont complétées par une étude du trafic routier permettant le calcul de l'endommagement à la fatigue de cet assemblage.

Par la détermination des histogrammes de variations de contraintes dans l'assemblage puis par le calcul de l'endommagement unitaire pour un détail de classe 45 (présence de semelles additionnelles), cette étude a permis d'estimer la durée de vie de l'assemblage instrumenté, à partir d'un trafic routier mesuré, à 80 ans environ.

DOMAINE : Ouvrages d'art.

ABSTRACT

ESTIMATION OF THE FATIGUE LIFETIME OF A WELDED JOINT ON THE SAINT-VALLIER BRIDGE (DRÔME)

The beams of the Saint-Vallier composite Bridge (Drôme - southeastern France) were instrumented in order to study the behavior of a welded joint submitted to a road traffic overload. The performed measurements are completed by a road traffic analysis that enables to compute the fatigue-based damage of this joint.

By determining the stress variation histograms in the joint and then computing the elementary damage for the detail category 45 (presence of additional reinforcement plates), this study has led to estimate, based on the actual traffic history, the fatigue lifetime of this instrumented joint to approximately 80 years.

FIELD: Structural engineering.

INTRODUCTION

Une réflexion a été conduite sur l'aptitude au service des ponts mixtes, qui a porté notamment sur le comportement des assemblages soudés des ouvrages mixtes construits avant l'application des règles de calcul à la fatigue de 1985.

Dans la zone d'action du Laboratoire régional des Ponts et Chaussées (LRPC) de Lyon, un ouvrage construit en 1971 présente, au calcul à la fatigue, un important dépassement d'étendue de contrainte par rapport à l'étendue des contraintes admissibles. Ce constat est issu de l'application des recommandations de calcul à la fatigue [1]. Cet ouvrage, le pont de Saint-Vallier, permet à la route RD 886, qui assure la liaison entre la Drôme et l'Ardèche, de franchir le Rhône.

Cet ouvrage a été choisi pour un premier essai d'instrumentation destiné à mesurer la variation des contraintes en fonction du trafic routier (comptage et pesage), en raison de sa proximité et de la grande liberté d'action accordée par le gestionnaire de l'ouvrage pour les interruptions de circulation nécessaires à la mise en œuvre des boucles de comptage-pesage et à la réalisation des mesures statiques (ligne d'influence) et dynamiques. Par contre, cet ouvrage présente l'inconvénient d'être situé sur un itinéraire à faible trafic. Cette particularité a montré toute son importance lors de l'exploitation finale des mesures avec le programme CASTOR-LCPC [2].

EXPÉRIMENTATION

Description sommaire de l'ouvrage

Il s'agit d'un pont mixte bipoutre métallique de hauteur variable (Fig. 1), avec une dalle en béton armé, d'une longueur totale de 236 m. Le tablier, d'une largeur de 11 m, supporte deux voies de circulation de 3,50 m et est composé de trois travées de 70, 96 et 70 m de longueur. La pente longitudinale est de 3 % sur 58 m aux deux abouts.



■ **Fig. 1**
Vue générale du pont de Saint-Vallier.

Zone à instrumenter

Les variations de contraintes pour la structure ont été déterminées par le calcul à l'aide du logiciel PONMIX. Une comparaison avec les valeurs admissibles (limite de troncature) a mis en évidence deux sections où les dépassements de variation de contraintes sont très significatifs. La figure 2 est issue du calcul à la fatigue de l'ouvrage.

La section choisie pour être instrumentée se situe à 49 m de la culée rive droite (la rive gauche ne possède pas d'équipement pour accéder sous le tablier). La zone retenue correspond à un changement de section dû à la présence d'une semelle additionnelle en partie inférieure des deux poutres amont et aval. La section étudiée regroupe trois types de jonction avec une semelle inférieure de poutre (Fig. 3). Chacun de ces types correspond à une catégorie de détail différente vis-à-vis de la fatigue.

Instrumentation et calculs

L'exploitation des mesures a été réalisée à l'aide du logiciel CASTOR-LCPC, qui permet de générer des histogrammes de contraintes et, à partir de ses différentes interfaces, d'estimer une durée de vie de l'ouvrage en fonction de la classe de détail de l'assemblage considéré. À partir des lignes d'influence et des mesures réalisées sur le trafic (en particulier, nombre de véhicules et charge par essieu), le programme CASTOR-LCPC établit l'histogramme du nombre d'événements par classe de variation de contraintes de 1 MPa. La conjonction de la circulation d'une charge sur l'ouvrage et de la combinaison de charges est résolue par l'établissement de lignes d'influence au droit de la section étudiée (lignes d'influence longitudinales et transversales). Ces lignes d'influence sont obtenues lors d'essais statiques réalisés avec des surcharges connues ; le trafic est en effet trop hétérogène pour permettre une prise d'informations précises regroupant à la fois la valeur de la charge, sa position et l'effet induit sur la structure.

Mesures d'extensométrie sur l'ouvrage avec des charges connues

Pour connaître les variations de contraintes au droit de l'assemblage étudié, la structure est équipée de capteurs qui permettent de mesurer les déformations engendrées par le passage de véhicules. La section instrumentée est donc équipée de jauges de déformation à fil résistant tant sur les poutres principales que sur les profilés constituant l'entretoise.

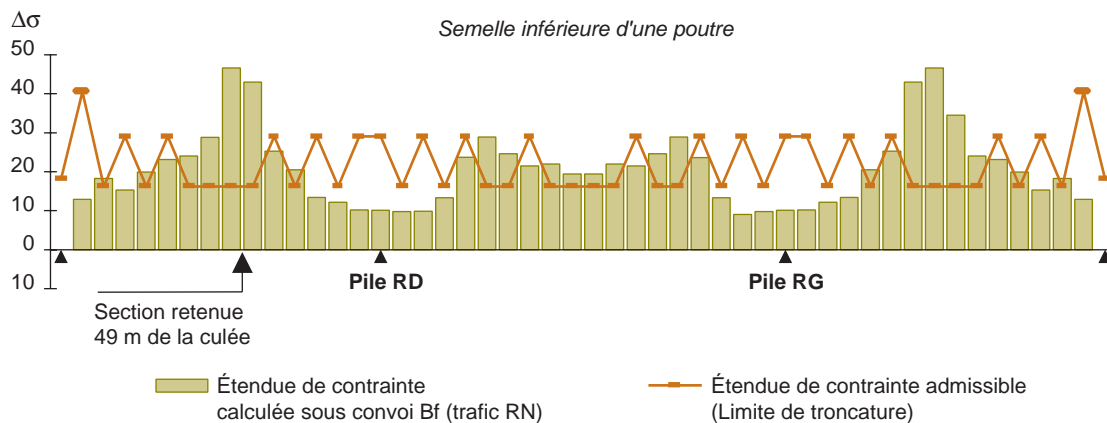
Les mesures sont effectuées avec des véhicules de charge connue et positionnés de façon précise sur le tablier, ce qui permet de tracer les lignes d'influence.

Mesures du trafic réel

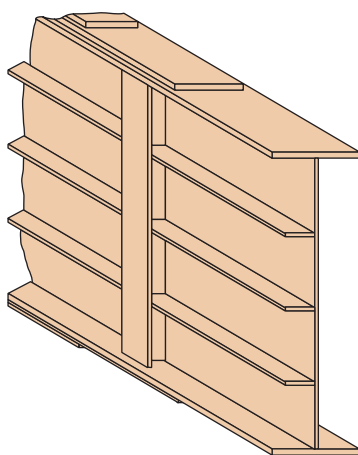
La mesure du trafic routier réel est réalisée à l'aide d'un ensemble de capteurs permettant le comptage des véhicules et l'identification du type et de la charge de chaque essieu. On obtient ainsi les informations sur le trafic directement exploitables par le programme CASTOR-LCPC.

Calcul d'endommagement

Si l'on connaît la catégorie de détail de l'assemblage, qui caractérise sa résistance à la fatigue, les histogrammes issus de CASTOR-LCPC permettent de calculer l'endommagement unitaire dû à une classe de variation de contraintes et, par sommation des endommagements unitaires, l'endommage-



■ **Fig. 2**
Variation des contraintes admissibles et calculées avec le convoi Bf.



■ **Fig. 3**
Assemblage au droit de la section étudiée.

ment global (voir § « durée de vie de l'assemblage »). En supposant que le trafic mesuré n'évolue pas au cours du temps, nous pouvons estimer l'espérance de vie de l'assemblage considéré et, par conséquent, celle de l'ouvrage.

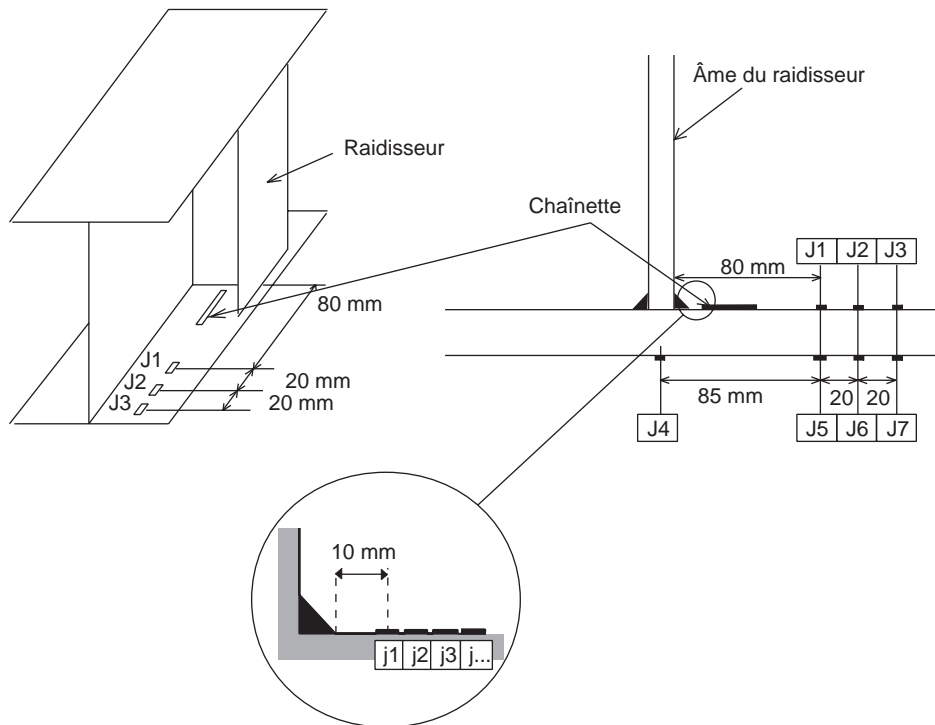
ÉQUIPEMENT ET ESSAIS

Extensométrie

L'instrumentation consiste à implanter des jauges sur la semelle inférieure des deux poutres principales (en faces supérieure et inférieure) ainsi que sur les parties horizontales des profilés constituant l'entretoise. L'implantation des jauges est indiquée sur les figures 4 et 5.

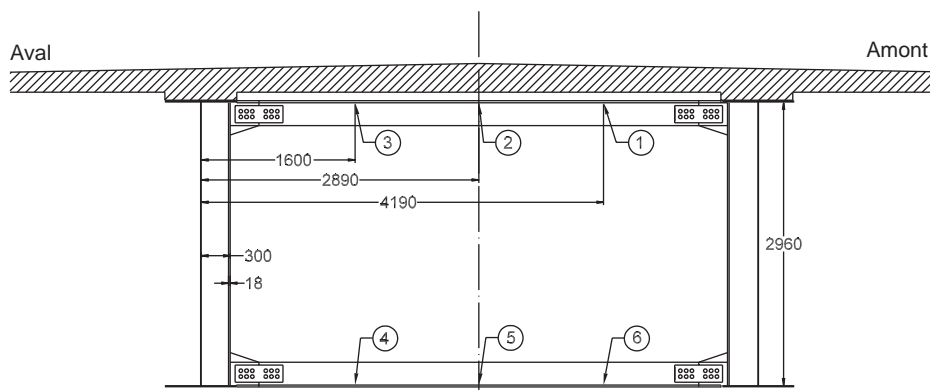
Pour ces mesures, les jauges utilisées sont de type CEA-06-W250A-120 (longueur = 6 mm, largeur = 4 mm), excepté pour les jauges au droit de la soudure de l'âme du raidisseur sur la poutre aval où une série de dix jauges en chaînette de type 125MW-120 (longueur = 43 mm, largeur = 11 mm) a été utilisée. Cette chaînette a pour but de déterminer l'évolution de la contrainte au voisinage du cordon de soudure.

Pour les essais statiques, une centrale de mesure, composée de boîtiers d'acquisition de données IMP's associés à un micro-ordinateur, permet de lire simultanément toutes les jauges et de stocker les données pour une exploitation ultérieure.



■ Fig. 4

Schéma d'implantation des jauges sur la semelle inférieure des poutres principales.



■ Fig. 5

Schéma d'implantation des jauges sur entretoise.

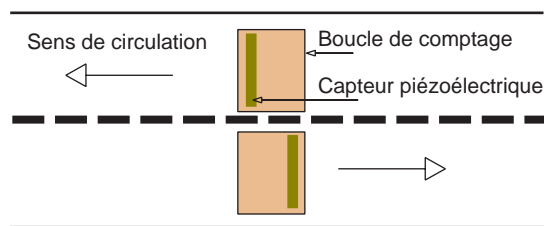
NB : dans le texte et les graphiques, les jauges de l'entretoise sont notées Je1 à Je6.

Pour les essais dynamiques, les acquisitions sont réalisées avec un système électronique de mesure Spider8 de chez HBM, associé à un micro-ordinateur portable. Ce système ne comportant qu'un nombre restreint de voies de mesure, seules six jauges y sont raccordées.

Comptage/pesage du trafic

Description du système de comptage/pesage du trafic

Sur la culée rive droite et hors de l'ouvrage, la chaussée est équipée de boucles de comptage et de capteurs d'analyse de trafic (Fig. 6). Dans chaque voie de circulation, noyée dans la chaussée, est installée une boucle magnétique de comptage de véhicules, associée à un capteur piézoélectrique qui permet, après étalonnage, de peser la charge de chaque essieu qui vient le comprimer. Associé à cet



■ **Fig. 6**
Implantation sur la chaussée.

ensemble de capteurs, un système informatique analyse les différents signaux pour identifier le type de véhicule, son poids par essieu et sa vitesse au droit de la station de mesure.

Le pesage est réalisé avec un capteur piézoélectrique VIBRACOAX[®]. Ce capteur piézoélectrique se présente sous la forme d'un câble blindé coaxial dont l'âme et la gaine en cuivre sont isolées l'une de l'autre par une céramique piézoélectrique polarisée. Ce câble constitue en fait un condensateur cylindrique dont les armatures se chargent électriquement dès qu'il est soumis à une variation de pression extérieure.

Le traitement des signaux issus de la boucle et du capteur est réalisé en temps réel par une station SAFT 2000 (Station d'Analyse Fine du Trafic) de LEEM.

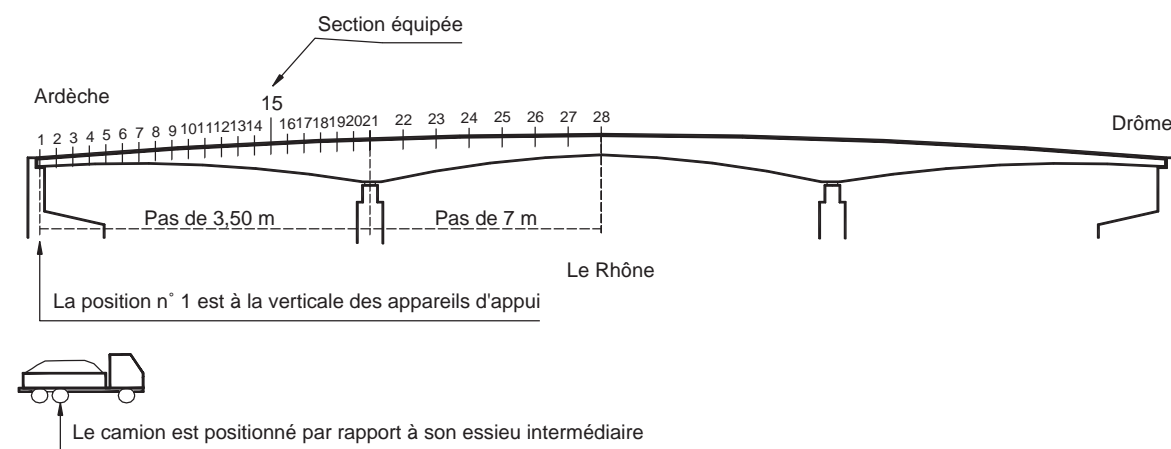
Essais statiques et dynamiques

Les mesures au droit de la section instrumentée sont réalisées sous une surcharge routière constituée de camions de type 6 × 4 de 27 tonnes théoriques. Cette surcharge se déplace sur l'ouvrage, centrée dans l'axe de la voie de circulation, et s'immobilise de pas en pas pour la détermination des lignes d'influence. Le détail des pas de progression est indiqué sur la figure 7.

Afin d'éliminer les perturbations dues à la circulation, l'ensemble des essais de chargement de l'ouvrage est réalisé de nuit, après interruption du trafic. Les véhicules utilisés ont les caractéristiques suivantes :

■ Camion circulant sur la voie aval :

- PTC : 25,3 tonnes,
- essieu avant : 5,56 tonnes,
- tandem arrière : 19,78 tonnes.



■ **Fig. 7**
Configuration des essais statiques.

■ Camion circulant sur la voie amont :

- PTC : 26,3 tonnes,
- essieu avant : 5,80 tonnes,
- tandem arrière : 20,50 tonnes.

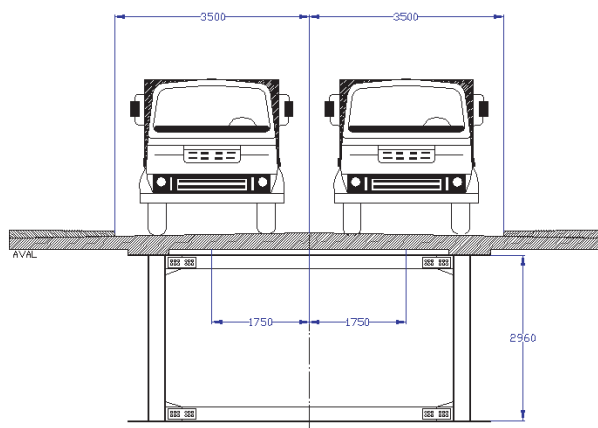
Trois essais statiques sont réalisés (Fig. 8) :

- 1 camion seul sur la voie de circulation aval,
- 1 camion seul sur la voie de circulation amont,
- 2 camions de front.

Les véhicules se déplacent de la rive droite vers la rive gauche.

En complément, une série de mesures sous charge dynamique est réalisée en utilisant un des deux camions, qui se déplace à vitesse constante (50 km/h) sur le tablier.

■ Fig. 8
Positionnement transversal des camions.



RÉSULTATS

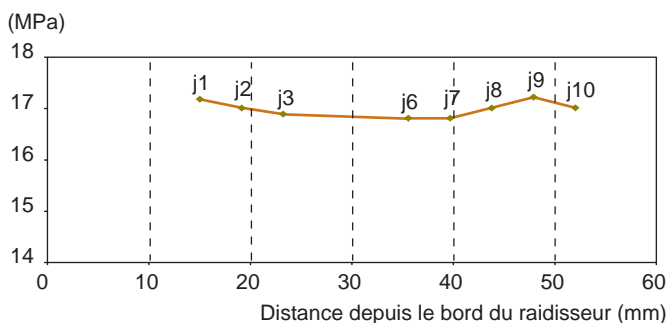
Essais statiques

Exploitation de la chaînette

La chaînette est positionnée pour que la première jauge soit située à 10 mm du bord du cordon de soudure. Lors de la pose, la quatrième et la cinquième jauges ont été endommagées et n'ont fourni aucune indication. L'étude de l'évolution des résultats pour chaque cas de charge ne met pas en évidence d'évolution notable de la contrainte à l'approche de la soudure.

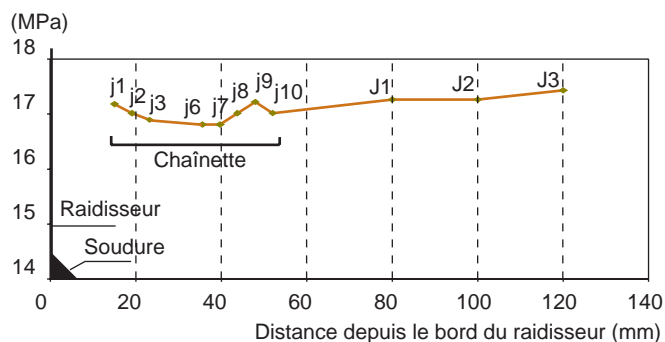
La figure 9 correspond aux variations de contraintes pour le cas de charge produisant les déformations les plus importantes. La différence d'amplitude étant du même ordre que la précision des mesures, on peut considérer qu'il n'y a pas d'évolution de contraintes sous la chaînette et, donc, que la contrainte mesurée au plus près du cordon de soudure est la contrainte vraie au droit du raidisseur.

■ Fig. 9
Variation des contraintes dans la zone proche de la soudure.



Si l'on complète la figure 9 avec les valeurs issues des trois jauges placées sur la face supérieure de la même semelle, on ne constate pas de variation marquante des contraintes (Fig. 10).

La précision des mesures de déformation entraîne une incertitude de $\pm 0,5$ MPa sur les valeurs de contraintes ; on peut donc considérer que la contrainte moyenne de 17 MPa est représentative du champ de contraintes en fibre supérieure de la semelle inférieure de la poutre au droit du raidisseur.



■ Fig. 10
Variation des contraintes dans la zone voisine de la chaînette.

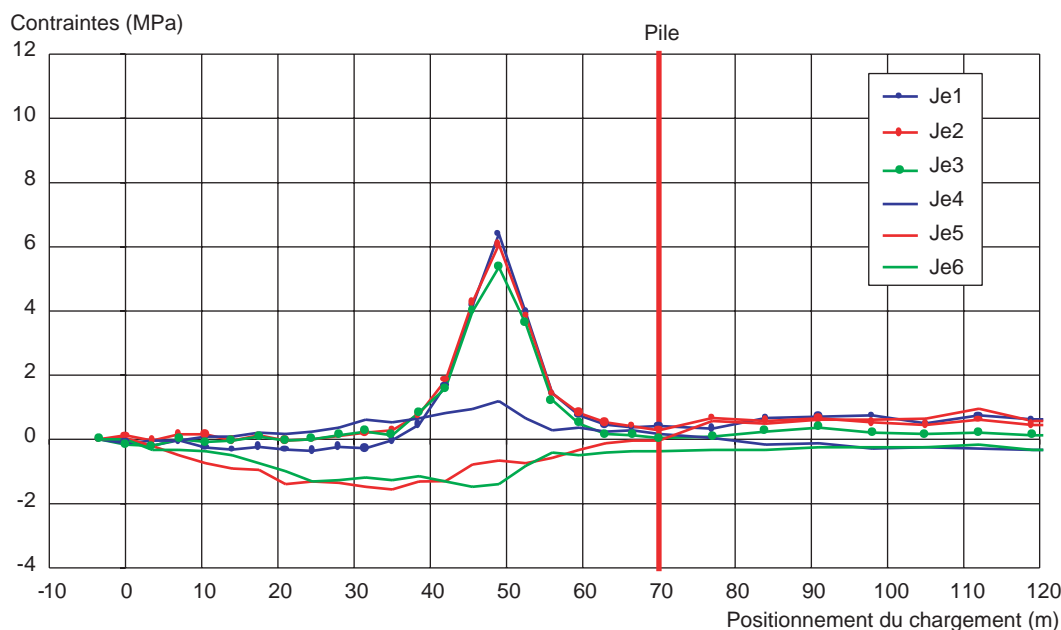
Exploitation des jauges de l'entretoise

Les variations de contraintes déterminées à partir des informations fournies par les jauges placées sur les membrures supérieures et inférieures de l'entretoise sont représentées sur les figures 11 à 13. Un graphique est établi pour chaque essai statique, c'est-à-dire :

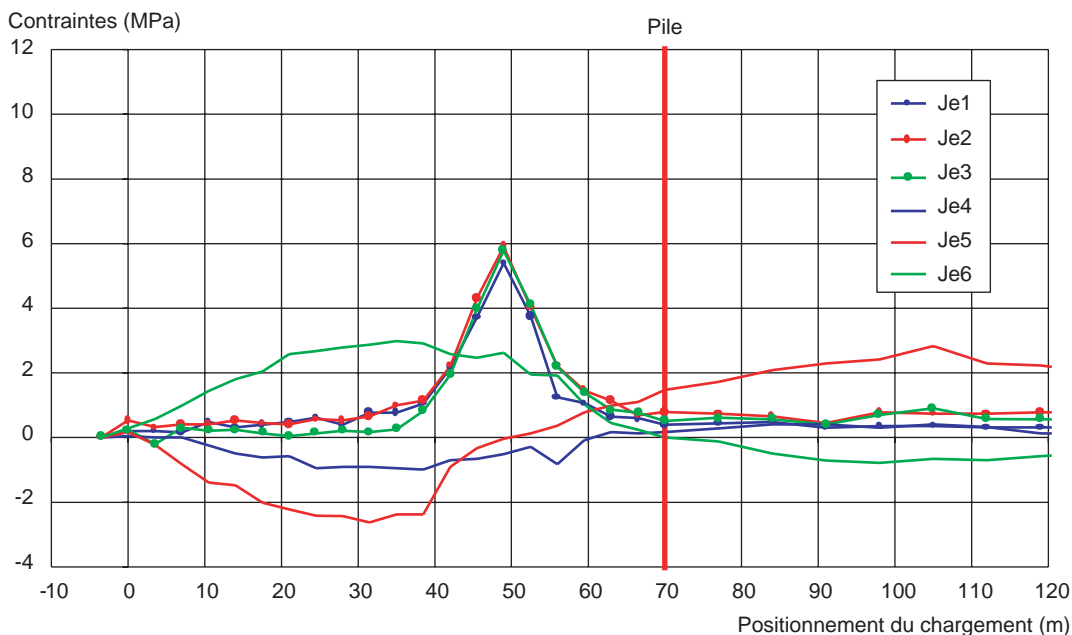
- 1 camion seul sur la voie de circulation aval,
- 1 camion seul sur la voie de circulation amont,
- 2 camions de front.

Les jauges Je1 à Je3 et Je4 à Je6 correspondent respectivement à la membrure supérieure et à la membrure inférieure.

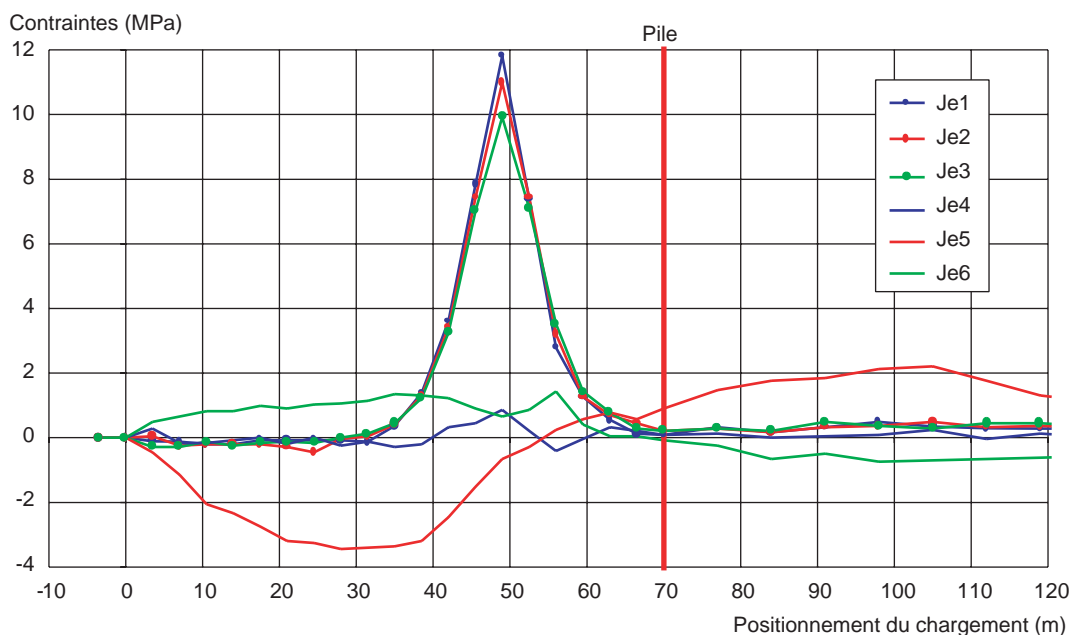
Lors des deux premiers essais statiques, symétriques par rapport à l'axe du tablier, la membrure supérieure se comporte de manière identique. Par contre, pour la membrure inférieure, le comportement est différent suivant la voie chargée. On peut penser que les conditions d'encastrement de la membrure inférieure ne sont pas identiques sur les deux poutres.



■ Fig. 11
Entretoise. Chargement voie aval.



■ Fig. 12
Entretroise. Chargement voie amont.



■ Fig. 13
Entretroise. Chargement voie aval et voie amont.

Compte tenu des incertitudes de mesure, on peut considérer que la valeur de contrainte maximale, pour le chargement des deux voies, est la moyenne des trois jauges soit 11 MPa.

Exploitation des jauges des poutres principales

Comme pour l'entretroise, les variations de contraintes déterminées à partir des informations fournies par les jauges placées sur les semelles inférieures des poutres principales ont été établies (Fig. 14 à 16). Un graphique est réalisé pour chaque essai statique. Les mesures ont été conduites jusqu'à 120 m, l'information représentée à 160 m correspondant à l'ouvrage complètement déchargé. Les jauges équipant les poutres amont et aval sont repérées respectivement « P Amont Jx » et « P Aval Jx ».

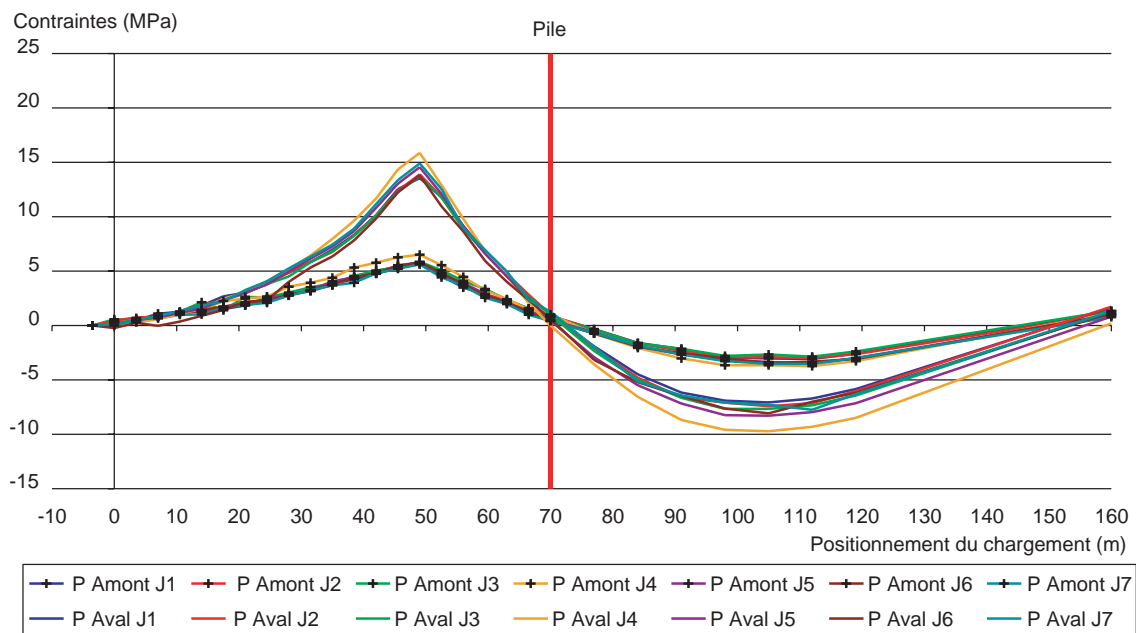


Fig. 14
Poutres. Chargement voie aval.

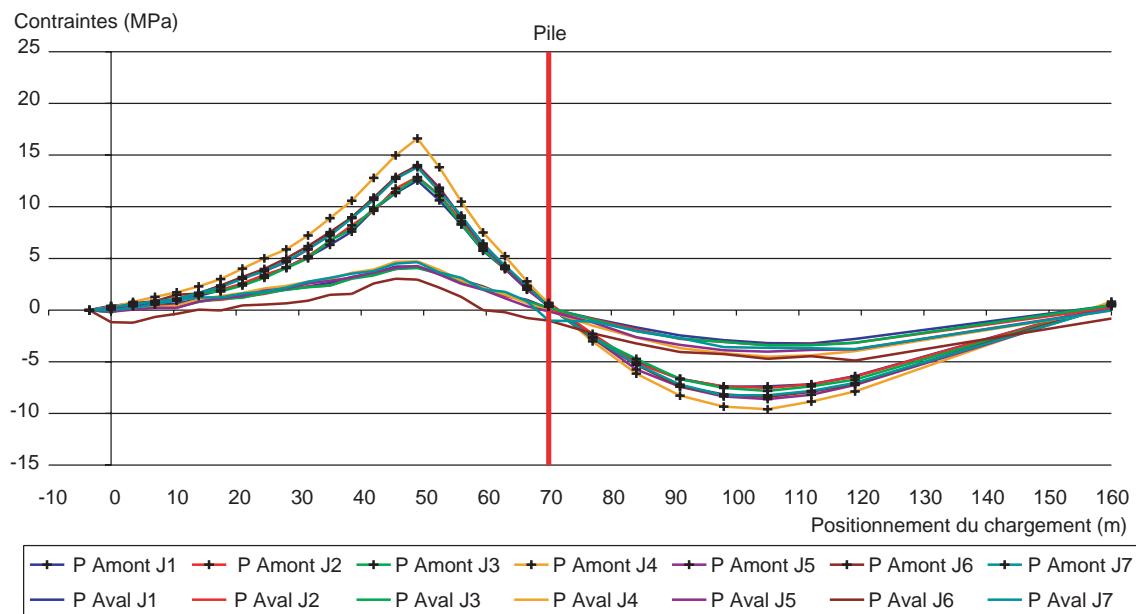
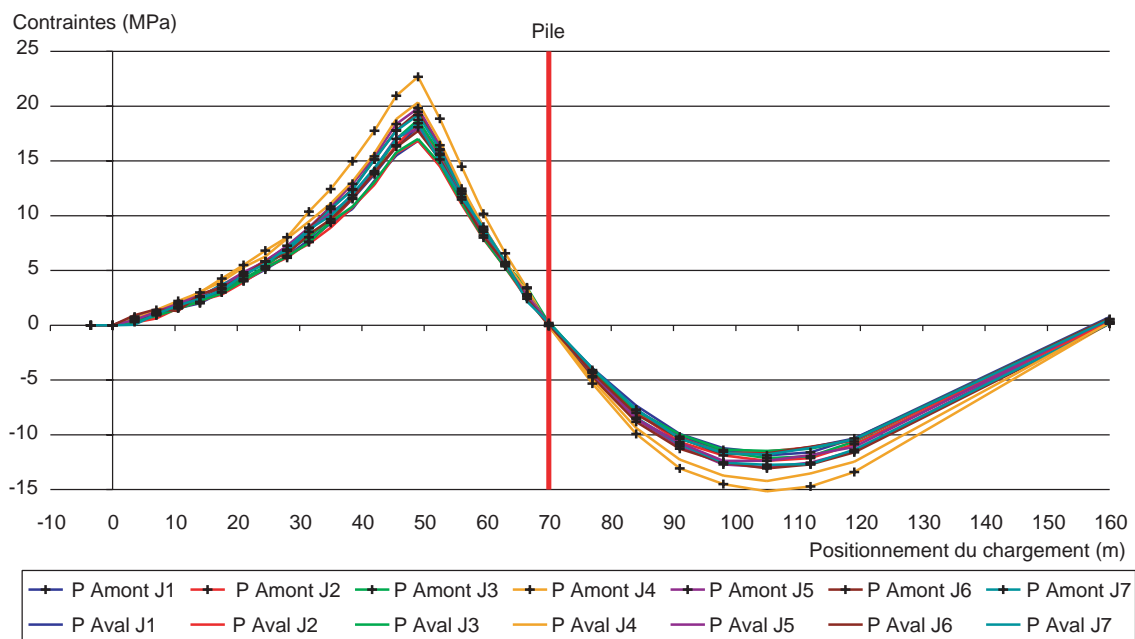


Fig. 15
Poutres. Chargement voie amont.

On observe une grande similitude des courbes lors des chargements voie par voie. Lors du chargement voie amont, on remarque que :

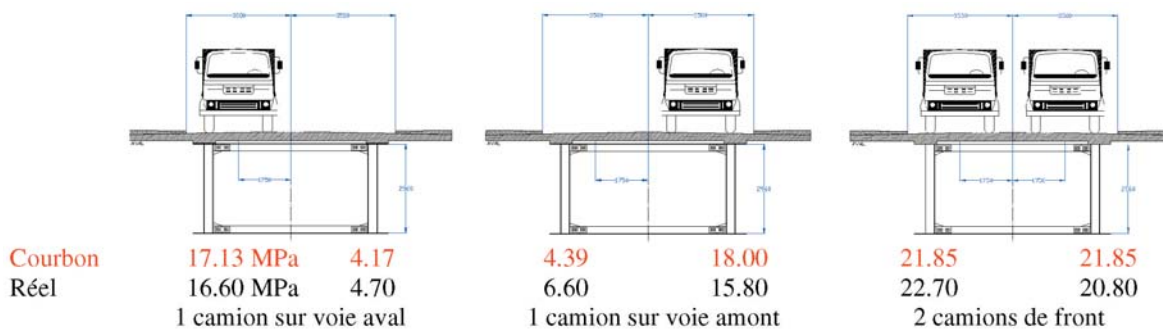
- la jauge « P Aval J6 » a un comportement un peu erratique qui provient d'une instabilité passagère de la voie de mesure ;
- la jauge « P Amont J4 », placée en sous-face de la poutre, se détache beaucoup plus nettement des autres jauges que lors du chargement voie aval.

Lors du chargement simultané des deux voies, l'ensemble des courbes forme un fuseau compact d'où n'émerge que la jauge « P Amont J4 ». En règle générale, les contraintes sont plus importantes, d'environ 10 %, sur la poutre amont que sur la poutre aval.



■ Fig. 16

Poutres. Chargement voie amont et voie aval.



■ Fig. 17

Lignes d'influence transversales.

Cela peut s'expliquer par :

- une différence d'une tonne de PTC entre les deux camions (ce qui représente 5 %),
- la différence des conditions d'encastrement mentionnée dans le chapitre précédent,
- un positionnement non symétrique des deux camions.

Afin de vérifier le comportement transversal de la structure, on peut examiner si les lignes d'influence transversales de celle-ci sont comparables à celles que l'on obtient avec l'hypothèse de Courbon (Fig. 17).

On observe de très légères différences entre les contraintes obtenues par l'instrumentation mise en œuvre et celles déduites de l'hypothèse de Courbon. Une faible erreur de positionnement peut être à l'origine de ces écarts.

La section instrumentée est située entre deux sections de calcul du logiciel PONMIX. Pour comparer les mesures aux résultats du calcul, effectué sur la fibre inférieure de la poutre, on retiendra les valeurs des jauges placées en sous-face de la semelle au droit du raidisseur (jauges repérées « P Amont J4 » et « P Aval J4 ») :

- amont 22,7 MPa,
- aval 20,3 MPa.

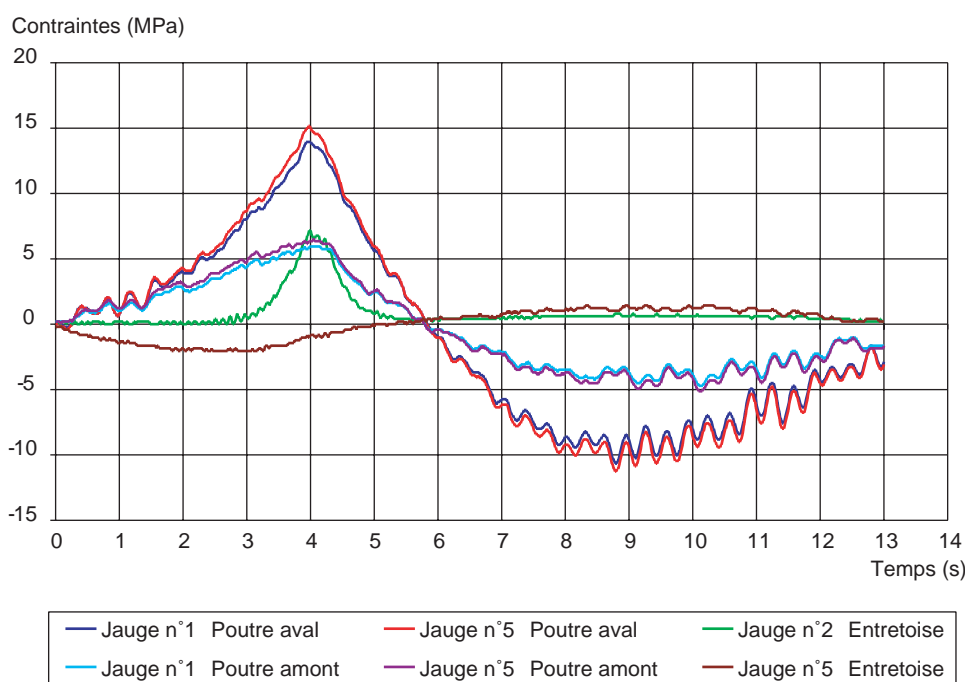
Essais dynamiques

Les essais dynamiques ont été conduits avec un camion roulant à vitesse constante de la rive droite vers la rive gauche sur la voie de circulation aval. Comme indiqué dans le paragraphe « Extensométrie », la chaîne de mesure ne peut prendre en compte qu'un nombre restreint de jauges. Le choix s'est porté sur les jauges les plus représentatives du comportement de la section instrumentée :

- jauges 1 et 5 pour les deux poutres (cf. Fig. 4),
- jauges 2 et 5 pour l'entretoise (cf. Fig. 5).

La figure 18 représente les variations de contraintes déterminées lors de l'essai.

On constate une grande similitude entre les valeurs dynamiques et les valeurs statiques, issues du chargement de la voie aval, aussi bien pour les poutres que pour l'entretoise. La surcharge mise en œuvre pour l'essai n'est pas suffisante pour entraîner un coefficient de majoration dynamique des contraintes. Dans la partie du graphe correspondant au chargement de la travée centrale (après 6 s), on constate une mise en vibration de la structure à environ 3,25 hertz.



■ Fig. 18

Contraintes avec application dynamique des charges sur la voie aval.

COMPARAISON ENTRE LES RÉSULTATS DES MESURES ET CEUX DES CALCULS

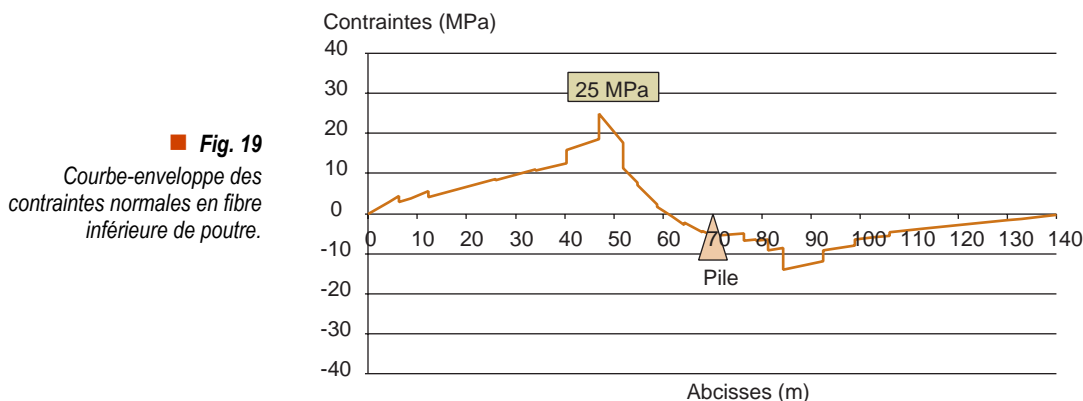
Calcul de la structure

Le logiciel PONMIX permet la vérification du dimensionnement des structures des ouvrages mixtes. Le pont de Saint-Vallier a été calculé à l'aide de ce logiciel, ce qui a mis en évidence les dépassements de contraintes admissibles par l'application des recommandations de calcul à la fatigue [1].

Pour effectuer une comparaison entre les résultats des mesures et ceux des calculs, les charges utilisées pour les mesures statiques ont été appliquées au modèle (deux voies chargées). Les coefficients de pondération des charges ont été supprimés pour obtenir des valeurs comparables aux résultats des mesures.

Les valeurs obtenues avec le logiciel se présentent sous la forme de la courbe-enveloppe des contraintes dans l'ouvrage, mais elles ne permettent pas de tracer des lignes d'influence car le logiciel n'est pas conçu à cet effet. La comparaison sera donc limitée à la contrainte maximale en fibre inférieure de la semelle inférieure lors du chargement de l'ouvrage au lieu le plus défavorable, c'est-à-dire au droit de la section équipée (Fig. 19).

Le pont de Saint-Vallier n'a pas été conçu à l'origine comme un ouvrage mixte et la connexion de la dalle-béton n'a pas été prise en compte dans le calcul. Le graphique de la figure 19 est limité arbitrairement à 140 mètres.

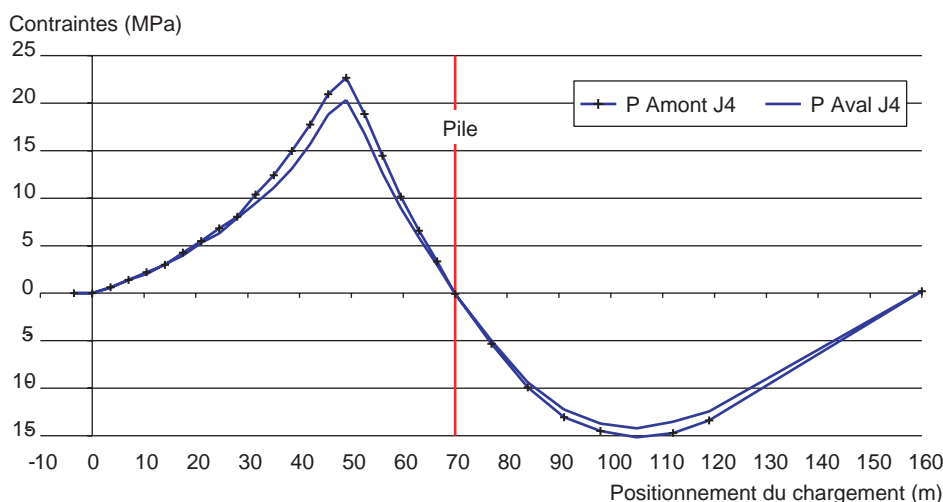


Comparaison entre les résultats des calculs et ceux des mesures

Comme expliqué dans le paragraphe « Exploitation des jauges des poutres principales », les valeurs issues des mesures retenues pour la comparaison avec le calcul proviennent des jauges J4 placées en fibre inférieure des poutres au droit du raidisseur. Les valeurs issues de ces deux jauges sont représentées sur la figure 20.

Le calcul donne une valeur de 25 MPa, supérieure de 14 % par rapport à la moyenne des valeurs de 22,7 MPa et 20,3 MPa explicitées dans le paragraphe « Exploitation des jauges des poutres principales ».

Cet écart peut être considéré comme faible. Il correspond peut-être, au moins partiellement, à une participation de la dalle-béton à la flexion longitudinale, celle-ci ayant été ignorée dans le calcul.



■ **Fig. 20**
 Poutres. Chargement voie aval et voie amont.

PRÉVISION DE DURÉE DE VIE

Pour estimer la durée de vie d'un ouvrage, on procède à une étude d'endommagement des assemblages les plus susceptibles de subir des désordres par fatigue. Dans le cas du pont de Saint-Vallier, le choix s'est porté sur un assemblage présentant un important dépassement d'étendue de contrainte sous le convoi de fatigue représentatif d'un trafic de route nationale (RN) par rapport à l'étendue de contrainte admissible. Cette étude nécessite la connaissance des variations de contraintes et de leur fréquence d'apparition. Ce calcul est réalisé par le logiciel CASTOR-LCPC.

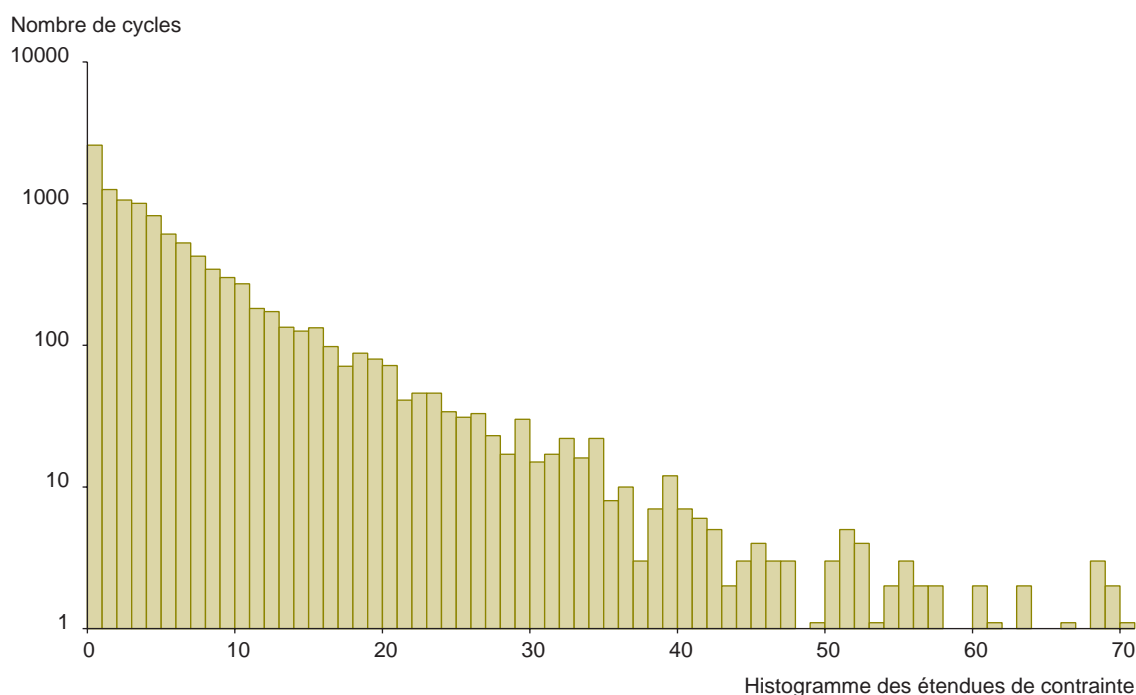
Exploitation avec CASTOR-LCPC

Le programme CASTOR-LCPC effectue un calcul de probabilité sur un trafic en tenant compte des lignes d'influence et des résultats de l'étude de trafic.

Les lignes d'influence longitudinale et transversale sont issues des mesures statiques présentées dans le paragraphe « Essais statiques ».

Les résultats de l'étude de trafic sont issus des enregistrements continus dans lesquels un tri a permis de ne conserver que les informations provenant des véhicules de plus de 3,5 t sur une période de 6 jours.

Les résultats fournis par le programme CASTOR-LCPC se présentent sous la forme d'un histogramme (Fig. 21) permettant de visualiser le nombre de cycles associé à chaque étendue de variation de contraintes. Les étendues de variation de contraintes sont classées avec un pas de 1 MPa. La figure 21 concerne une période de mesure de 6 jours pleins.

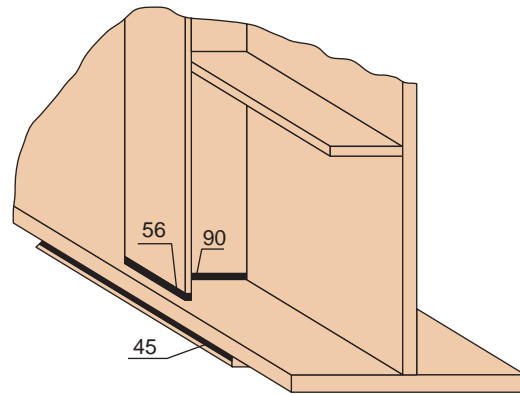


■ Fig. 21
Histogramme des rainflows.

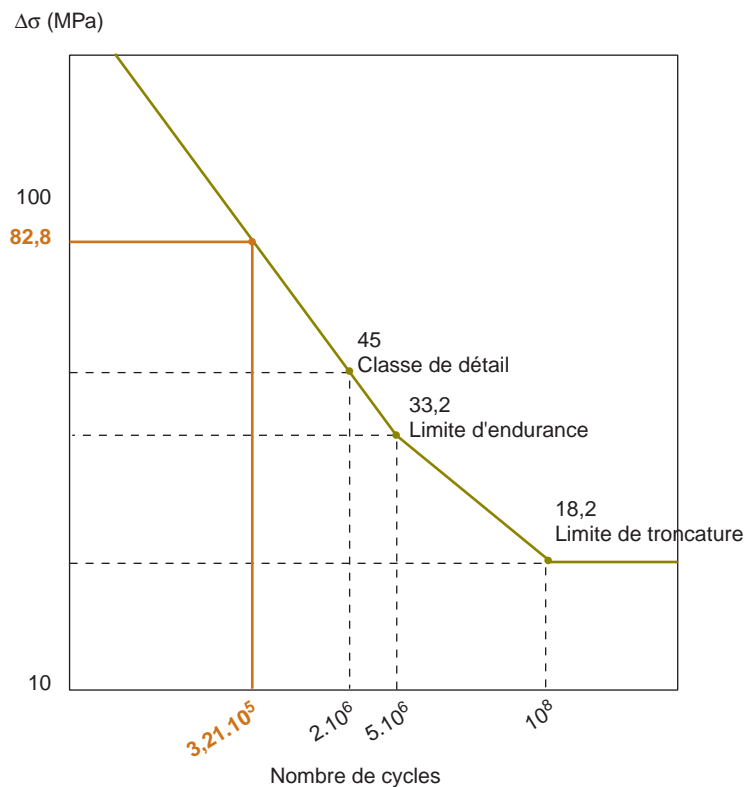
Durée de vie de l'assemblage

Par référence aux catégories ou classes de détail des principaux assemblages dans les ponts métalliques et les ponts mixtes, dans la section étudiée, on trouve une attache transversale de classe 90, une attache longitudinale de classe 56 et une attache de semelle additionnelle de classe 45 (Fig. 22). La classe de détail est l'étendue de contrainte à laquelle l'assemblage résiste à 2 millions de cycles, avec une

■ Fig. 22
 Détail de l'assemblage étudié.



■ Fig. 23
 Courbe de Wöhler.
 Classe de détail 45.



probabilité de non-ruine de 95 %. Dans le calcul qui suit, nous retiendrons la catégorie de détail la plus pénalisante soit la classe 45.

Pour calculer l'endommagement, on utilise les courbes de Wöhler. Ces courbes permettent de connaître le nombre de cycles chargement/déchargement nécessaire pour rompre un assemblage en fonction de la classe de détail et de l'importance des variations de contraintes subies lors de ces cycles.

L'endommagement total de l'assemblage considéré est calculé en additionnant les endommagements unitaires pour chaque étendue de contraintes issues de l'histogramme précédent. L'endommagement est obtenu par rapport au nombre d'occurrence déterminée pour chaque étendue de contraintes pendant la période de mesure de trafic (sur 6 jours). Pour ce calcul, les valeurs des étendues de contraintes sont majorées du coefficient partiel de sécurité γ_{Mf} de 1,20, applicable aux assemblages accessibles et non redondants.

À l'aide de la courbe de Wöhler pour la classe de détail 45 représentée sur la figure 23, pour une étendue de variation de contrainte de 69 MPa (cf. Fig. 21), majorée par un γ_{Mf} de 1,20 (soit 82,8 MPa), on détermine le nombre de cycles provoquant la rupture (321 000 cycles). Les données ayant servi à tracer

l'histogramme de la figure 21 indiquent que, pendant les 6 jours retenus pour l'étude du trafic, l'assemblage instrumenté a été soumis trois fois à l'étendue de variation de contrainte de 69 MPa. En un an, pour cette variation, la section instrumentée subit environ 180 cycles, ce qui correspond à 0,056 % de l'endommagement total, dans l'hypothèse où les six jours considérés sont représentatifs du trafic annuel sur l'ouvrage.

On procède de même pour toutes les classes d'étendues de contrainte $\Delta\sigma_i$. Une espérance de vie de 80 ans est obtenue (tableau I).

L'endommagement de l'assemblage pour un an est obtenu par $D_{1an} = \sum_i \frac{n_i}{N_i}$ et la durée de vie est

$$T = \frac{1}{D_{1an}} \approx 80 \text{ ans} .$$

TABLEAU I
Calcul de l'endommagement

$\Delta\sigma_i$	$\Delta\sigma_i^* \gamma_{Mf}$	N _{bi} (Nb d'occurrences)	n _i (1 an)	N _i (Nb de cycles)	% Endommagement
71	85,2	1	61	294 679	0,02
70	84,0	2	122	307 489	0,04
69	82,8	3	182	321 053	0,06
...
34	40,8	16	973	2 683 410	0,04
33	39,6	22	1 338	2 934 823	0,05
...
17	20,4	98	5 962	56 708 530	0,01
16	19,2	133	8 090	76 787 951	0,01
15	18,0	126	7665	∞	0
...
				D _{1an}	1,24

CONCLUSIONS

La durée de vie de la section instrumentée, avec le trafic constaté pendant la période de mesure, est évaluée à 80 ans, avec une marge d'incertitude, liée à la connaissance aléatoire du trafic, certainement importante.

Dans l'introduction de cette étude, nous évoquions le faible trafic concernant le pont de Saint-Vallier ; si nous envisageons une évolution du trafic de 3 % pendant une vingtaine d'années (ce qui correspond à un doublement du trafic), la durée de vie de la section instrumentée sera très fortement diminuée.

Cette étude n'a porté que sur une section de l'ouvrage, aussi convient-il de ne pas extrapoler la conclusion à l'ensemble de la structure.

Il y a donc lieu d'attirer l'attention du gestionnaire sur la nécessité d'inspecter régulièrement ces assemblages susceptibles de présenter des faiblesses à la fatigue.

Le dépouillement des mesures et les calculs d'endommagement ont permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- l'instrumentation a été réalisée dans l'esprit du contrôle du fonctionnement de la structure et de la vérification du calcul. Le dépouillement des résultats montre une bonne qualité des mesures de déformation, aussi bien dans leur justesse que dans leur répétabilité ;

- lors du recueil d'informations concernant les caractéristiques du trafic, les difficultés de calibrage de la chaîne de mesure ont conduit à ne conserver que 6 jours sur 2 mois d'enregistrement et à ne pas tenir compte des véhicules de moins de 3,5 tonnes.

Ce travail a été réalisé en collaboration avec la Division Ouvrages d'art du centre d'études techniques de l'Équipement de Lyon, le Laboratoire régional de l'Ouest parisien et la Division « Fonctionnement et durabilité des ouvrages d'art » du LCPC.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] *Guide de conception et de justification – Ponts métalliques et mixtes – Résistance à la fatigue*, SETRA-SNCF-CTICM, **1996**.
- [2] EYMARD R., JACOB B, Le logiciel CASTOR pour le Calcul des Actions et des Sollicitations du Trafic sur les Ouvrages Routiers, *Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, **164, 1989**, pp. 64-77.