Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 55 (1987)

Artikel: Maîtrise de la géométrie - expériences faites dans ce domaine
Autor: Voumard, Jean-Marc
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-42779

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: 07.01.2026

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

Maîtrise de la géométrie – Expériences faites dans ce domaine

Beherrschung der Geometrie – Erfahrungen auf diesem Gebiet

Control of the Geometry – Experiences in this Field

Jean-Marc VOUMARD
Ing. civil dipl. EPF
VSL International SA
Berne, Suisse

Jean-Marc Voumard, né en 1943, est diplômé de l'École Polytechnique de Zurich. Après quelques années d'activités dans le génie civil et la préfabrication, il est depuis 1977 au service du bureau de projet de VSL International, chargé principalement du calcul de variantes d'entreprises et responsable de la réalisation de projets de ponts.

RÉSUMÉ
En rapport avec la maîtrise de la géométrie, quelques éléments intéressants au niveau de la conception, du calcul et de l'exécution d'un pont à grande portée sont mentionnés.

ZUSAMMENFASSUNG
Im Zusammenhang mit der Beherrschung der Geometrie werden einige Aspekte beleuchtet, die im Hinblick auf den Entwurf, die Berechnung und die Ausführung einer Brücke mit grosser Spannweite interessant scheinen.

SUMMARY
In connection with the control of the geometry, some elements of interest with respect to the design and construction of a long-span bridge are presented.

Lors de la réalisation du pont du Gateway à Brisbane, d'une portée de 260 m, l'obtention de la géométrie théorique était un objectif important au stade de la conception, du calcul et de l'exécution.

1. AU STADE DE LA CONCEPTION

Le principe de base, outre les règles générales valables pour les ponts construits par encorbellements successifs, était de réduire au minimum les déformations en agissant sur les paramètres déterminants tels que

- La géométrie: la courbe de l'intrados du tablier, déterminée en partie par les tangentes aux extrémités a été choisie de manière à obtenir l'équilibre des fléaux en fin de construction. Une courbe parabolique (portée de rive) et une sinusoïde (portée médiane) remplissaient ces conditions.

- Les conditions d'appuis et le choix des joints: le choix d'une double pile encastrée dans le tablier permettait d'éviter une fixation provisoire généralement de faible rigidité et offrait une très grande résistance à la rotation, tout en permettant le déplacement longitudinal. Immédiatement avant le clavage, une déformation dans l'axe du pont, inverse aux effets du fluage et du retrait a été imposée à la structure.
  Les joints sont situés à l'extrémité des fléaux de rive, à l'endroit supporté rigidement par la rampe d'accès. Aucun joint n'a été introduit dans la portée médiane afin d'éviter des déformations locales importantes et difficilement contrôlables à long terme.

- La précontrainte: le degré de précontrainte a été choisi relativement élevé aussi bien à l'état de service sous charges permanentes qu'à l'état de construction afin d'éviter de trop grandes rotations de la section. Les tensions sur appuis sont indiquées dans la Table 1.

Table 1: Contraintes sous charges permanentes

	Contraintes supérieures	Contraintes inférieures
à l'état de construction	- 8 N/mm2	- 11.5 N/mm2
à l'état de service	- 10 N/mm2	- 12 N/mm2

Le tracé des câbles a été simplifié au maximum (ancrage des câbles de part et d'autre de l'âme, dans la dalle supérieure) éliminant ainsi des écarts trop importants entre les forces calculées et les forces effectives.

- Le clavage: le segment de clavage a été choisi le plus court possible. Lors du clavage, les deux fléaux sont solidarisés par l'un des équipages mobiles dont la rigidité empêche pratiquement toute déformation verticale. Un système simple d'étais au niveau de la dalle supérieure (bétonnés dans la structure) et de la dalle inférieure (extérieurs à la structure), précontraints par une partie des câbles de continuité, a permis de réduire de 3/4 les mouvements de rotation dus au poids propre du segment de clavage et au gradient de temperature.

2. AU STADE DU CALCUL

Le stade de la conception ayant permis de réduire au maximum les déformations, le stade du calcul a pour objectif de déterminer avec le plus de précision possible la ligne géométrique théorique à adopter lors du bétonnage de chaque étape et de permettre, en cours de construction, la comparaison du profil réel avec le profil théorique. Le calcul lui-même étant désormais classique, sa complexité est due uniquement au nombre important des paramètres pouvant l'influencer:

- les charges: poids propre, poids des équipages mobiles, précontrainte (μ, k) charges utiles lors de la construction, gradient de température
- les matériaux: acier de précontrainte (module d'élasticité, relaxation), béton (module d'élasticité, fluage, retrait)
- la géométrie et les données géologiques: modèle statique
- le programme de construction: influence sur les déformations à long terme.

La plupart des charges peuvent être déterminées avec précision (poids propre, poids de l'équipage mobile, précontrainte) ou avec une marge d'erreur raisonnable (charges utiles). Par contre, il est illusoire de vouloir tenir compte par le calcul du mouvement dû au gradient de température. Toutes les mesures ont été effectuées très tôt le matin et ainsi, l'effet du gradient de température a pu être ignoré.

En ce qui concerne les matériaux, seul le béton présente des propriétés pouvant varier sensiblement. Pour cette raison, une série de tests a été effectuée pour définir la valeur exacte du module d'élasticité qui a dû être réduit de 20 % par rapport aux spécifications. Les coefficients de base du fluage et du retrait d'après le code modèle CEB / FIP 1978 ont été déterminés par une longue série d'essais. Les résultats de ces essais sont représentés sur les Fig. 1 et 2. Les corrections importantes qui ont été nécessaires démontrent l'importance de ces analyses.

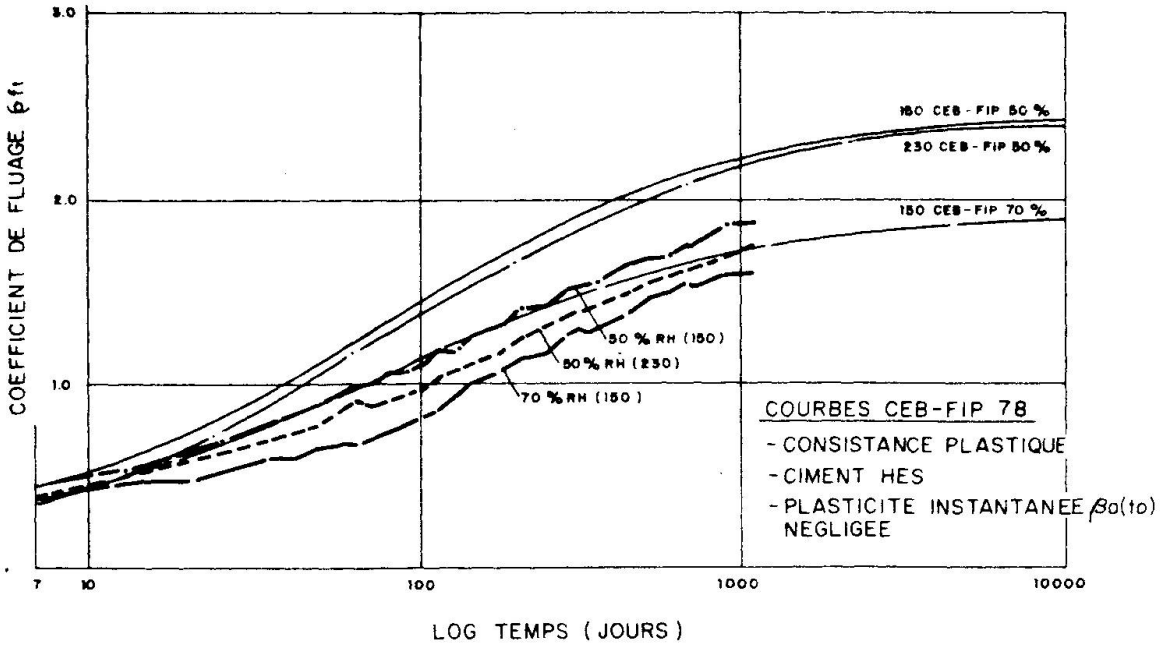

Fig. 1: Coefficients de fluage. Le facteur de correction adopté pour l'usage des courbes CEB / FIP 78 est d'env. 0.75.

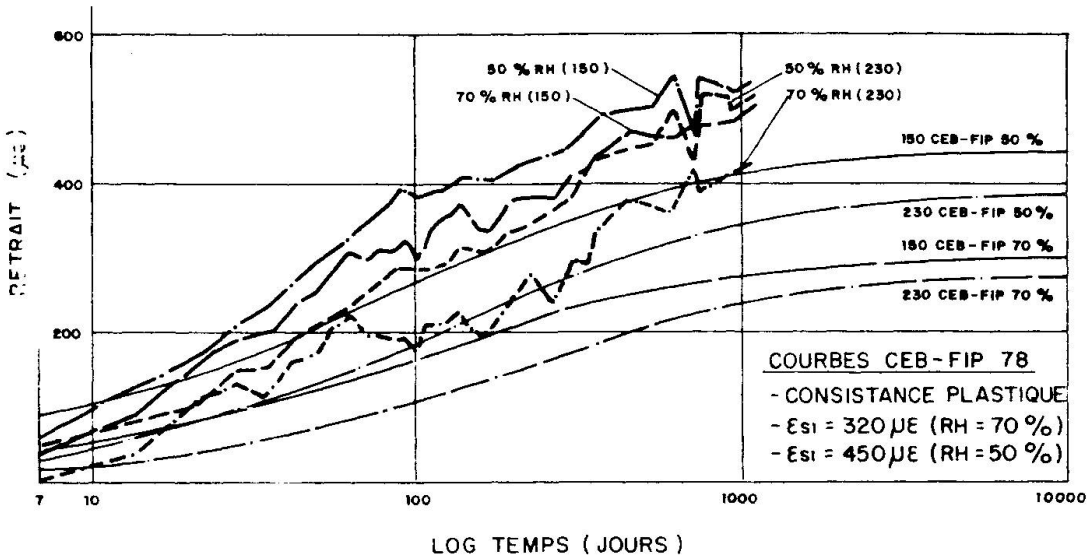

Fig. 2: Coefficients de retrait. Le facteur de correction adopté pour l'usage des courbes CEB / FIP 78 est d'environ 1.5

La plupart des normes se basent, pour le calcul des coefficients de fluage sur la recommendation CEB/FIP 1970. Lors de la superposition en un élément des effets de plusieurs étapes de charge en des temps différents, un coefficient différent doit être introduit pour chaque étape. Comme la structure consiste en éléments de propriétés différentes (dimensions), une matrice de coefficients doit être établie pour chaque élément, ce qui signifie que chaque étape de charge, en chaque élément, doit être stockée comme cause indépendante de fluage, du début à la fin du calcul, ce qui dépasse la capacité d'un mini-ordinateur.

Pour trouver une solution, nous avons utilisé le Code Modèle CEB/ FIP Rev. 1978 dans lequel le coefficient de fluage est divisé en 2 parties (le coefficient β_a (t_o) de plasticité instantanée a été négligé):

- le coeff. de plasticité différée φ_f $[\beta_f(t) - \beta_t(to)]$ dépendant de l'âge du béton
- le coeff. d'élasticité différée φ_d β_d $(t - t_o)$ dépendant du moment d'application de la charge

Si on peut prévoir, dans le temps, la courbe de développement de la charge, il est possible de transformer ce coefficient de manière à ce qu'il ne soit que dépendant de l'âge du béton au moment de l'étape calculée et indépendant du moment de l'application de la charge.

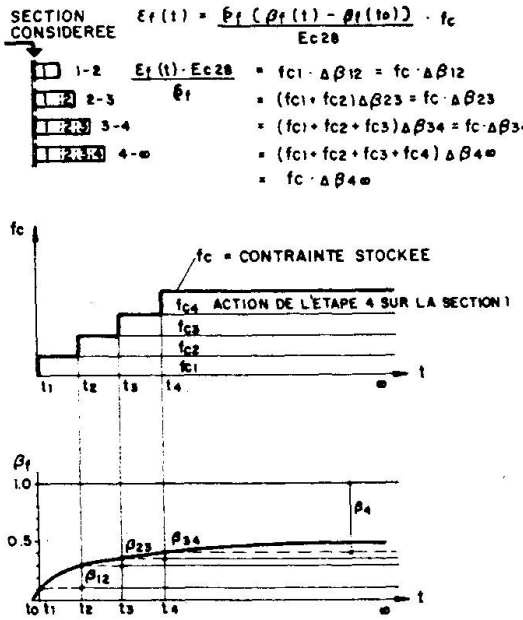

Fig. 3 : Plasticité différée. Example de détermination des coefficients pour une section et 4 étapes successives.

Un exemple simple d'application est illustré sur la Fig. 3 (coeff. de plasticité différée) et sur la Fig. 4 (coefficient d'élasticité différée).

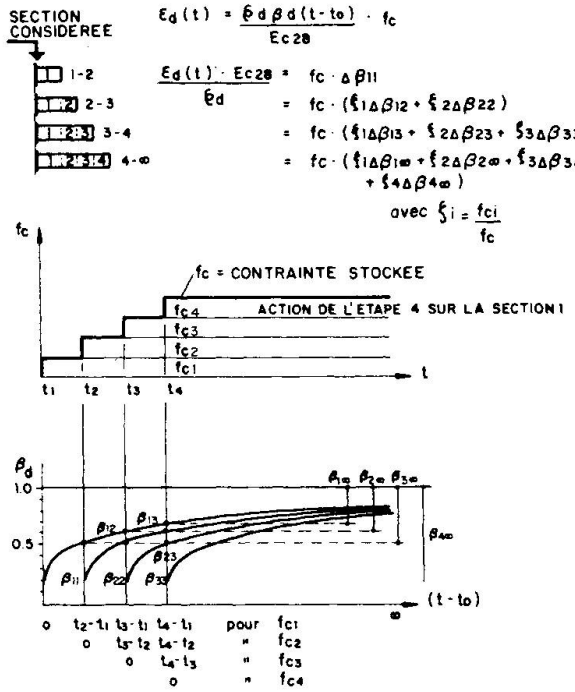

Fig. 4: Elasticité différée. Exemple de détermination des coefficients pour 1 section et 4 étapes successives.

3. AU STADE DE L'EXECUTION

Les mesures effectuées au stade de l'exécution ont deux objectifs:

- Le positionnement des segments et l'ajustement des équipages mobiles.
- Le contrôle des déformations, permettant d'une part de corriger ou de guider le positionnement durant toute la construction et d'autre part de comparer le comportement de la structure avec les valeurs théoriques et de déceler la présence d'éventuelles anomalies.

  Malgré le type de construction adopté ici (par encorbellement alterné, asymétrique), toutes les mesures ainsi que les calculs ont été effectués uniquement à l'état de symétrie, effectif lorsque l'étape "en retard" a été bétonnée et les deux équipages déplacés dans leur nouvelle position.

  Dans le cas du pont du Gateway, les mesures de contrôle ont permis de limiter l'écart au clavage à 10 mm.

  Une vue d'ensemble des mesures est représentée sur la Fig. 5.

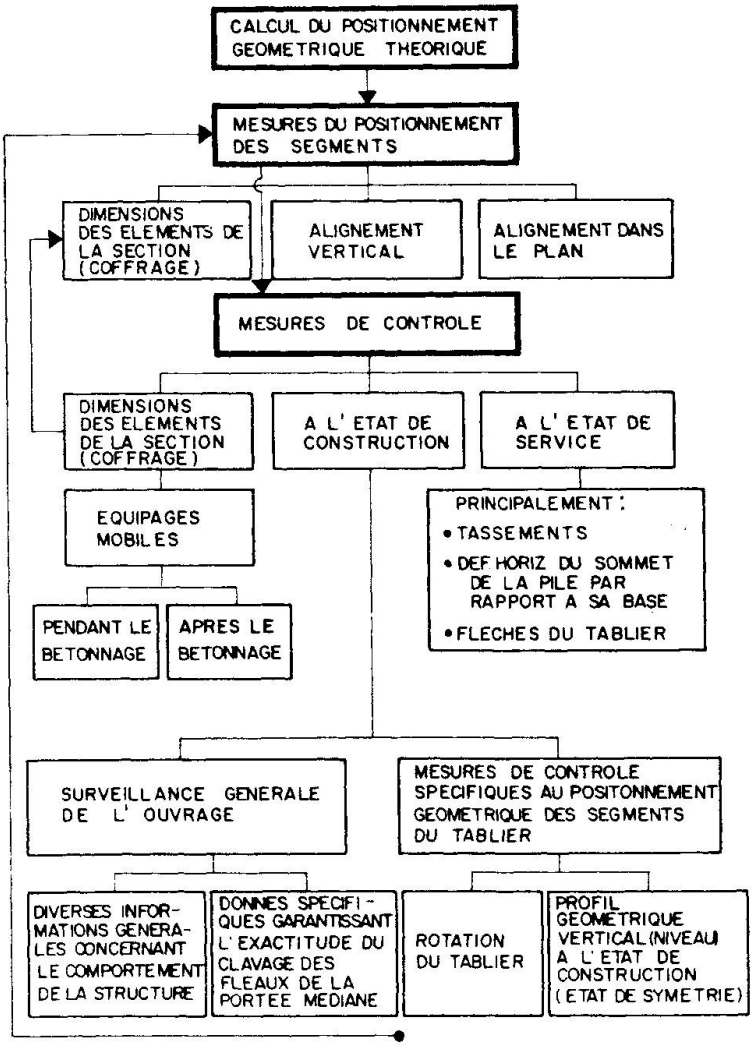

Fig. 5: Vue d'ensemble des mesures

Un contrôle sévère et systématique des dimensions des éléments de la section a permis de maintenir les différences dans des limites bien inférieures à celles généralement admises dans les normes (Fig. 6).

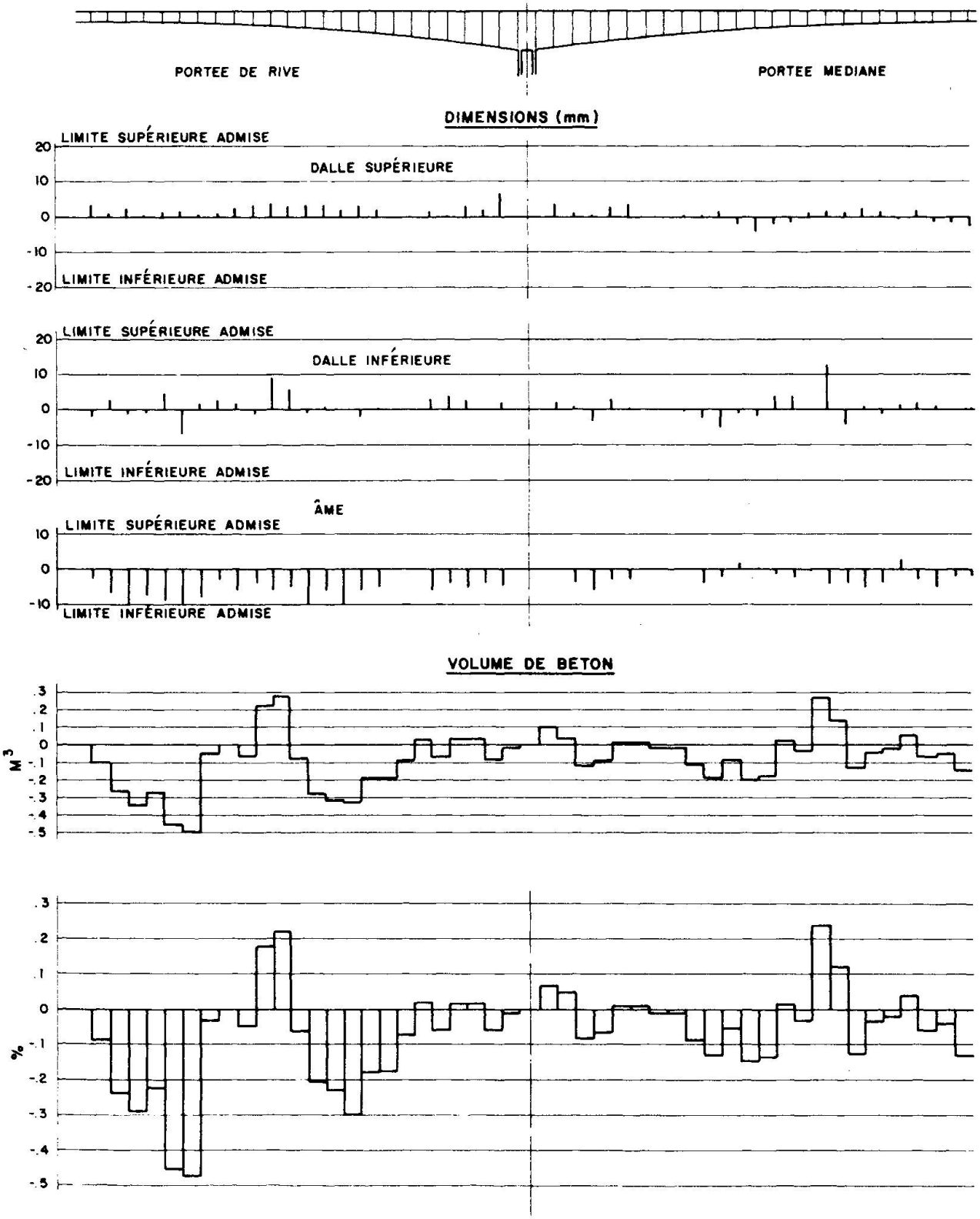

Fig. 6 : Gateway Bridge Brisbane
Différences entre les valeurs effectives et théoriques