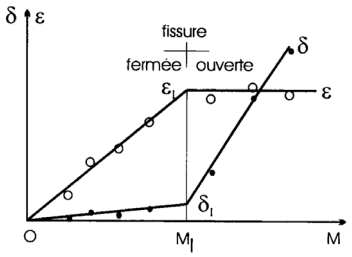
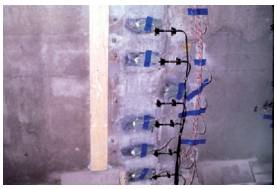
MÉTHODE DES MOMENTS DE DÉCOMPRESSION

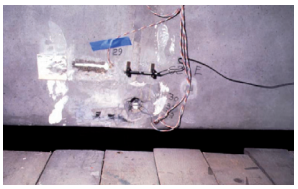
PRINCIPE ET DESCRIPTION SOMMAIRE

OBJECTIF	Estimer le déficit de résistance en flexion de ponts caisson en béton précontraint afin de dimensionner la précontrainte additionnelle destinée à renforcer l'ouvrage.
PRINCIPE	Un nombre important de ponts en béton précontraint construits par encorbellement successifs avant 1975 souffrent ou ont souffert d'un déficit de précontrainte en raison d'un dimensionnement qui négligeait la redistribution des efforts due au comportement différé du béton, à la négligence des effets du gradient thermique et à la sous-estimation des pertes de tension dans les câbles. Ce déficit se traduit par l'ouverture de joints entre voussoirs, essentiellement dans les zones de moment nul. La méthode consiste à équiper les joints les plus malades à l'aide de couples Jauge/Capteur (J/C), puis à faire avancer progressivement un convoi de camions de façon à déterminer le moment de flexion nécessaire à l'ouverture des joints. Ce moment correspond à la réserve de moment existant dans les joints fermés à vide (sous charges permanentes). La précontrainte de renfort peut ensuite être dimensionnée selon le principe de la reprise des moments dus aux charges variables diminués de la réserve de moment fléchissant ainsi évaluée.  Schéma de principe du fonctionnement d'un couple J/C (IFSTTAR) Lorsqu'il y a ouverture du joint au droit du couple Jauge/capteur, la déformation ε donnée par la jauge indique la fini de la décompression puis plafonne en fonction du moment appliqué, tandis que le capteur se met à indiquer un déplacement δ significatif correspondant à une ouverture du joint (ou fissure). La position des camions doit être calculée au préalable de façon à introduire dans les joints instrumentés une progression linéaire du moment de flexion provoqué par les camions. Dans le cas où les joints sont ouverts à vide (donc sans réserve de moment fléchissant), on applique des chargements sur les travées de rive de façon à essayer de refermer les joints de la travée centrale. Le moment de chargement correspond ainsi au déficit de moment existant à vide. La précontrainte de renfort est alors dimensionnée selon le principe de la reprise des moments dus aux charges variables augmentés du déficit de moment fléchissant. Enfin, si le chargement maximal des travées de rive ne permet pas de refermer les joints, la solution consiste à injecter les joints (si possible, sous un chargement de la travée centrale de façon à avoir des joints bien ouverts) et de considérer que la précontrainte de renfort est celle dimensionnée selon le principe de la reprise des moments dus aux charges variables. La mise en place et l'enlèvement des camions se fera selon une procédure de chargement élaborée par un bureau d'études en évitant de solliciter anormalement les autres sections du tablier et en vérifiant que les sollicitations maximales obtenues lors de l'application du chargement restent inférieures au ¾ de celles résultant du chargement de type A(l) (cas des grands ponts en béton précontraint). Le gradient thermique existant lors des essais doit être relevé précisément de façon à en tenir compte dans les calculs de moment.
CARACTÈRE DESTRUCTIF DE LA MÉTHODE	La méthode en elle-même est non destructive, mais il convient de bien la respecter.
MATURITÉ	Méthode éprouvée depuis une trentaine d'années

MATÉRIEL SPÉCIFIQUE EMPLOYÉ	Jauges de déformation à coller sur le béton Jauges de déformation à coller sur les fils des câbles de précontrainte Capteurs de déplacement à placer à cheval sur les joints Sondes de température Système d'acquisition des jauges, capteurs et sondes permettant une analyse graphique en temps réel Camions chargés



Série de couples J/C placés sur une âme d'un caisson (IFSTTAR)



Couple J/C et jauges collées sur un câble de précontrainte (IFSTTAR)

MODALITÉS D'APPLICATIONS

DOMAINE D'APPLICATION	La méthode s'applique à des ponts en béton précontraint hyperstatiques construits par encorbellements successifs, les plus classiques ayant au moins 3 travées. Elle peut également s'appliquer à des ponts ayant des sections de couplage. Elle ne s'applique pas aux ponts isostatiques.
SUJÉTIONS PRATIQUES D'INTERVENTION	Une note de calcul doit être établie au préalable afin de déterminer le niveau maximal de charge appliquée et la position des camions. Le niveau de charge appliqué par les camions peut être modulé en fonction du gradient thermique existant au moment des essais. Une évaluation fine du gradient thermique doit être effectuée dans au moins une section du pont. Une reconnaissance préalable de l'ouverture des joints est souvent nécessaire pour choisir les joints les plus malades qui seront instrumentés. Le mode d'ouverture du joint doit être pris en considération pour le positionnement des couples Jauge/Capteur ; par exemple, lorsque les câbles de continuité sont regroupés dans les goussets inférieurs, c'est la décompression des goussets qui commande l'ouverture finale du joint, et c'est donc sur les goussets qu'il convient de concentrer l'instrumentation en couples Jauge / Capteur. Les courbes expérimentales Jauge / Capteur, Jauge / Moment appliqué et Capteur / Moment appliqué doivent être accessibles en temps réel de façon à pouvoir piloter les essais, et notamment décider de les arrêter ou de procéder à des chargements en moment négatif. La méthode peut être avantageusement complétée par des pesées de réaction d'appui sur culée et par des mesures de flèches pendant les chargements.
LIMITES D'UTILISATION	Néant
PRÉCISION ET/OU SENSIBILITÉ	Jauge : précision nécessaire égale à la micro-déformation Capteur de déplacement : précision nécessaire égal au micron Sonde de température : précision égale au °C Précision sur le moment fléchissant : de l'ordre de 0,3 à 0,5 MNm
PERSONNEL ET COMPÉTENCES	Chargé d'étude de bureau d'étude, chargé d'étude de laboratoire et chargé d'investigation ayant une grande expérience de la méthode.

CARACTÉRISTIQUES OPÉRATOIRES

ACCÈS À 1 OU 2 FACES	Accès à l'intérieur du caisson généralement suffisant, mais parfois il est nécessaire d'accéder à l'extérieur du caisson.
COUPURES OU RESTRICTIONS DE CIRCULATION NÉCESSAIRES	Fermeture de l'ouvrage indispensable lors des essais de chargement
RENDEMENT ET/OU ÉCHANTILLONNAGE	La campagne nécessite au minimum 24 heures de suivi des joints sous gradient thermique, puis une journée ou une nuit de mesures lors des chargements. Temps de préparation de l'instrumentation relativement long : de l'ordre d'une semaine pour 2 à 3 joints entre voussoirs équipés.

DÉLAIS DE DISPONIBILITÉ DES RÉSULTATS	Immédiat pour les courbes (pilotage des essais en temps réel). Différé pour le rapport d'interprétation.
PERTURBATIONS DU TRAFIC SUR LES MESURES	Très forte, notamment lors du passage des Poids Lourds, d'où la fermeture de l'ouvrage lors des essais
PERTURBATIONS DE L'ENVIRONNEMENT SUR LES MESURES	Forte influence des conditions thermiques dont il faut se corriger.
RISQUES POUR LES UTILISATEURS OU LE PUBLIC	Néant
ENCOMBREMENT – POIDS	Une grande quantité de matériels qui sont individuellement relativement légers
AVANTAGES – INCONVÉNIENTS	
AVANTAGES	Essai de chargement en vraie grandeur. Méthode fournissant une valeur quantitative globale pour dimensionner le renforcement.
INCONVÉNIENTS	Essai à mener avec prudence pour éviter d'endommager l'ouvrage. Interprétation parfois délicate de certaines courbes. Méthode inopérante lorsque les joints sont fortement ouverts à vide.
DISPONIBILITÉ – COÛT	
DISPONIBILITÉ	Moyenne
COÛT	Élevé
RÉFÉRENCES	
NORMES – MODES OPÉRATOIRES – ARTICLES	Chatelain J., Bruneau J., Duchene J.L. – Estimation par des essais de chargement du défaut de résistance à la flexion de certains tabliers en béton précontraint. Colloque Int. sur la gestion des ouvrages d'art, Paris-Bruxelles, 13 au 17 avril 1981, Ed. ENPC. Chatelain J., Godart B. – Évaluation de l'état mécanique réel de ponts en béton précontraint. – Bull. liaison LPC 159, Janv-Fév 1989, pp 111-115. Jacob B., Carracilli J., Godart B., Trouillet P. – Étude en fatigue d'un pont en béton précontraint sous actions combinées du trafic et des gradients thermiques. Bull. liaison LPC 152, Nov-Déc 1987, pp 37-48.