Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses

Band: 108 (1982)

Heft: 1

Artikel: La halle d'essais des structures de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

Autor: Crisinel, Michel

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-74632

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: 16.07.2025

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

La halle d'essais des structures de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

par Michel Crisinel, Lausanne

En septembre 1979, le Département de génie civil de l'EPFL quittait ses anciens locaux répartis en ville de Lausanne pour se regrouper et s'installer définitivement à Ecublens. Les unités s'occupant de recherches et d'essais sur les structures de ponts et de bâtiments (constructions en acier, en bois et en béton) disposaient dès ce moment-là d'un outil de travail précieux et unique: la halle d'essais des structures. L'article ci-dessous a pour but de présenter au public ce nouveau centre de recherche en génie civil, du point de vue de sa construction, de ses équipements spéciaux et de ses possibilités d'essais.

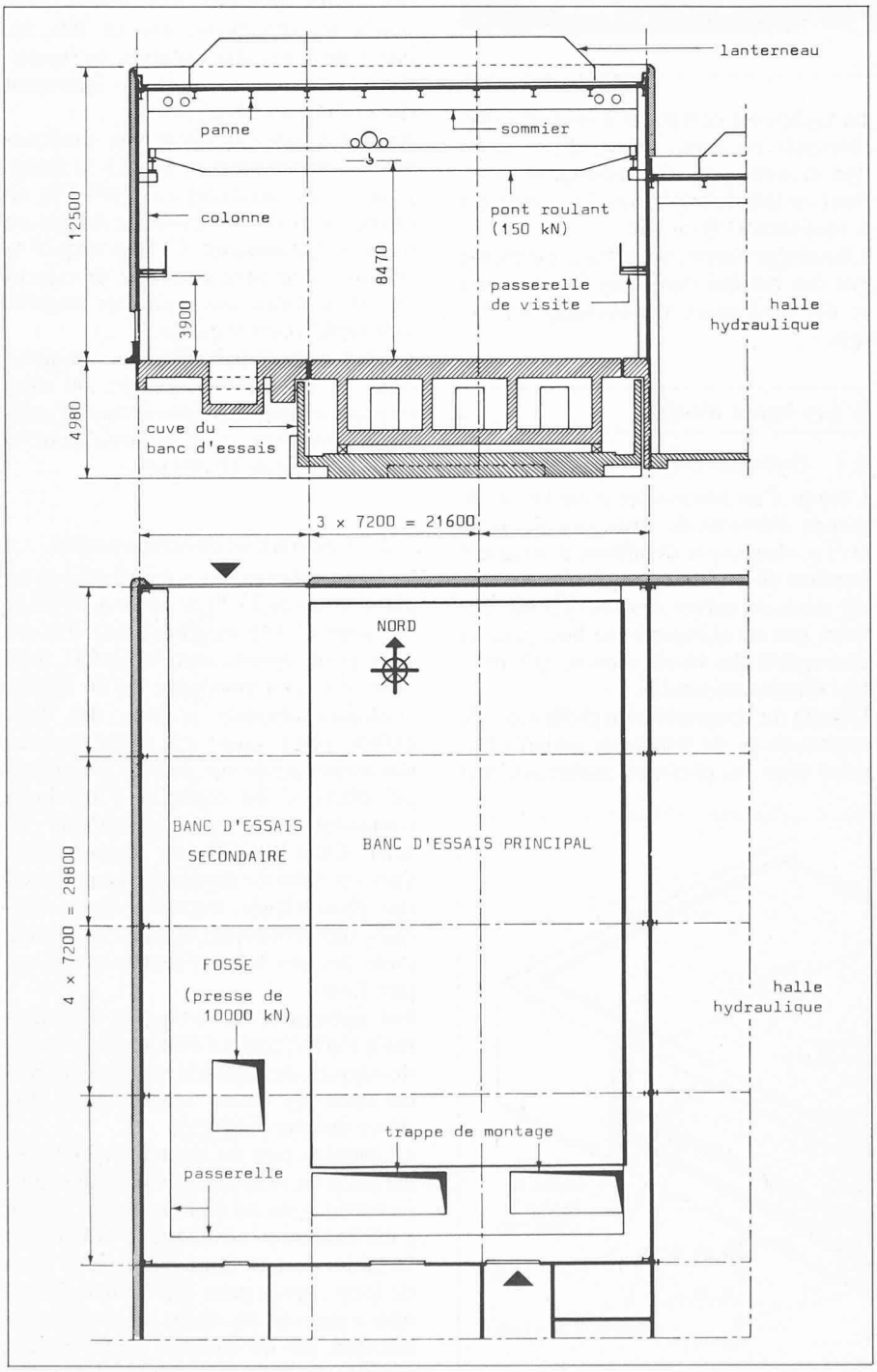

Fig. 2. — Coupe type et plan de la halle d'essais des structures.

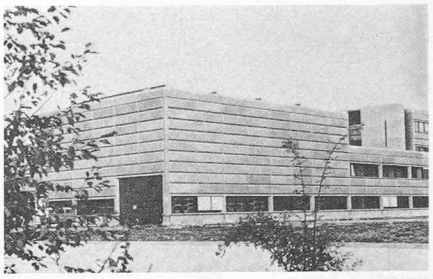

Fig. 1. — Halle d'essais des structures de l'EPFL à Ecublens.

1. Introduction

Dans le cadre de l'implantation de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne à Ecublens, il a été décidé de mettre à disposition du Département de génie civil des halles d'essais modernes qui faisaient cruellement défaut dans les anciens bâtiments. Les essais de structures en particulier se déroulaient souvent dans des locaux provisoires, trop exigus et mal adaptés, ou mis à disposition par d'autres départements de l'Ecole [1] [2][1]. Dès le début de la planification de ces nouvelles constructions, il a donc été prévu une halle d'essais des structures comprenant des bancs de forte capacité pour essais statiques et dynamiques. Remarquons également que dans la conception de cette halle et de ses équipements, il a été tenu compte des installations équivalentes qui existaient déjà au LFEM de Dübendorf [3] [4] ou qui étaient en projet à l'EPFZ Hönggerberg, dans le souci d'uniformiser ces constructions spéciales de la Confédération. Cet article présente la halle d'essais des structures (fig. 1) et ses équipements.

2. Construction de la halle

Le choix de la superstructure des halles et bâtiments de l'Ecole polytechnique a été fait, pour l'ensemble de la première étape, sur la base d'une comparaison entre plusieurs variantes en acier, en béton coulé sur place et en béton préfabriqué. Ce choix s'est finalement porté sur la solution en charpente métallique en raison du mauvais terrain de fondation, du temps de montage très court et des possibilités aisées d'agrandissement et de transformation.

2.1 *Charpente métallique*

La halle d'essais des structures [5] a une longueur de 28 m, une largeur de 21 m et une hauteur de 11 m (fig. 2). L'ossature est constituée de cinq cadres articulés (colonnes bi-articulées et sommiers en poutre simple) de 21,60 m de portée et distants de 7,20 m. La stabilité de l'ensemble est assurée par une dalle mixte en toiture, les efforts étant transmis aux fondations par deux contreventements longitudinaux et deux transver-

[1] Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

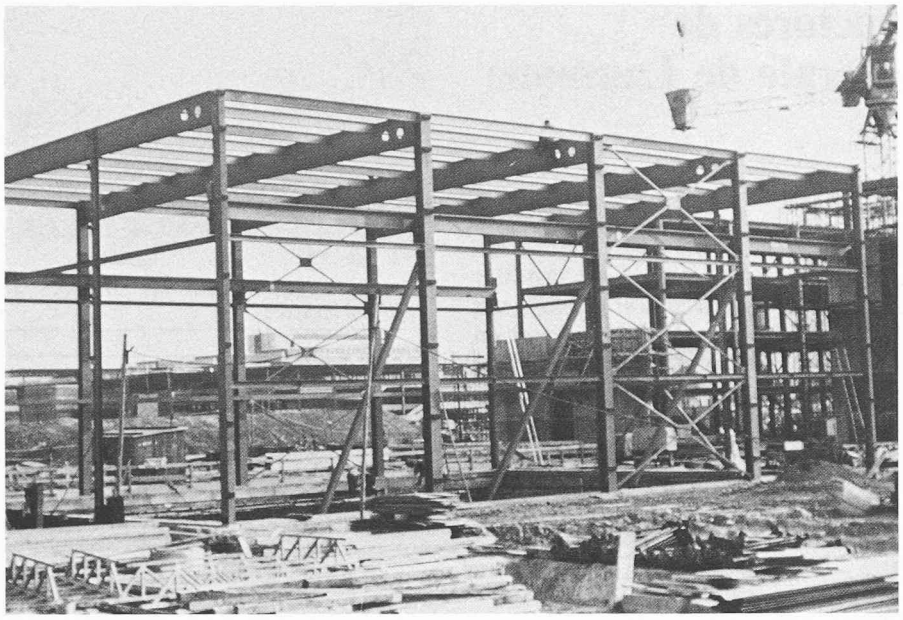

Fig. 3. — Charpente métallique en montage.

saux. La halle est équipée d'une voie de roulement pour deux ponts roulants de 250 kN (un seul pont de 150 kN est installé en première étape) et d'une passerelle de visite située sur trois côtés au niveau 3,90 m.

La charpente métallique (95 t d'acier) a été conçue pour être soudée en atelier et boulonnée au montage; celui-ci a duré deux semaines environ. Le montage des colonnes a pu être effectué sans mesures particulières grâce à l'encastrement partiel des pieds de colonnes. Par contre, pour le montage des sommiers, il a été nécessaire de fixer latéralement les colonnes par des béquilles provisoires (fig. 3).

2.2 *Enveloppe*

En toiture, la dalle mixte supporte un barrage-vapeur, une isolation thermique, une étanchéité plastique et une chape de protection couverte de gravier. Le coefficient de conductibilité thermique k vaut 1,05 W/m² °K.

La façade est composée d'éléments préfabriqués en béton munis d'une isolation et recouverts d'un revêtement extérieur en tôle d'aluminium. Le coefficient k vaut ici 0,93 W/m² °K.

L'éclairage naturel de la halle est réalisé par des bandes vitrées en façade ouest et des lanternaux transversaux en toiture.

3. Les bancs d'essais

3.1 *Définition et cahier des charges*

L'étude d'un laboratoire pour l'essai de grands éléments de structures de génie civil a nécessité la définition d'un grand nombre de paramètres qui ont été réunis dans un cahier des charges [6]. Ces bases ont été utilisées aussi bien pour la conception des bancs d'essais que pour leur dimensionnement.

L'étude du comportement d'éléments de structures ou de structures entières formées d'un ou plusieurs matériaux doit se faire dans la mesure du possible par des essais en vraie grandeur. Cela est dû à l'effet de taille qui ne permet pas d'extrapoler de façon directe des résultats obtenus sur éprouvettes à des pièces grandeur nature. Cette constatation est valable aussi bien pour les essais de rupture que pour les essais de fatigue ou ceux simulant le comportement en service. La volonté et le besoin d'essayer des éléments de grandes dimensions, mettant en jeu des grandes forces, tant statiques que dynamiques, ont donc conduit à concevoir des bancs d'essais de grandes dimensions présentant la rigidité et la résistance nécessaires.

Le système de mise en charge a été conçu de façon à pouvoir essayer des éléments de toute forme et de toute dimension à l'aide de forces produites par des vérins pouvant être placés dans toutes les directions. De ce fait, les bancs devaient être capables de reprendre des réactions agissant également dans toutes les directions.

Enfin les bancs devaient être pratiquement indéformables et amortir le mieux possible les vibrations auxquelles ils seraient soumis lors d'essais de fatigue ou d'essais dynamiques. C'est pourquoi la solution d'un banc en forme de caisson en béton armé, posé sur des ressorts, s'est rapidement imposée.

La surface de la halle (fig. 2) se compose donc de deux bancs d'essais, de deux trappes de montage permettant d'accéder au sous-sol et de la fosse pour la grande presse de 10 000 kN.

3.2 *Construction du banc principal*

Ce banc consiste en un grand caisson en béton armé de 23,70 m de long, 13,20 m de large et 3,65 m d'épaisseur (fig. 4). D'un poids approximatif de 1300 t, il repose, par l'intermédiaire de 56 appuis élastiques disposés le long des deux grands côtés, dans une cuve étanche, elle-même posée sur pieux. Chaque appui élastique est constitué d'une boîte contenant 9 ressorts hélicoïdaux en acier. Cette position sur appuis élastiques est destinée essentiellement aux essais dynamiques. Pour les essais statiques, qui constituent malgré tout la majorité des cas, le banc repose sur 12 appuis fixes.

Les opérations de levage et d'abaissement s'effectuent à l'aide de 6 vérins hydrauliques de 2500 kN de capacité placés dans des niches sous la dalle inférieure du caisson (fig. 5).

La construction du banc principal s'est déroulée de la façon suivante: une cuve en béton armé de 28,15 × 14,60 × 4,10 m a été construite au niveau −5,00 m sur 18 pieux de 1,20 m de diamètre et 30 m de long. Après pose des 6 niches destinées à recevoir les vérins de levage, on a bétonné, sur un coffrage perdu en tôle profilée, la dalle inférieure et les parois du caisson. A cette période-là est inter-

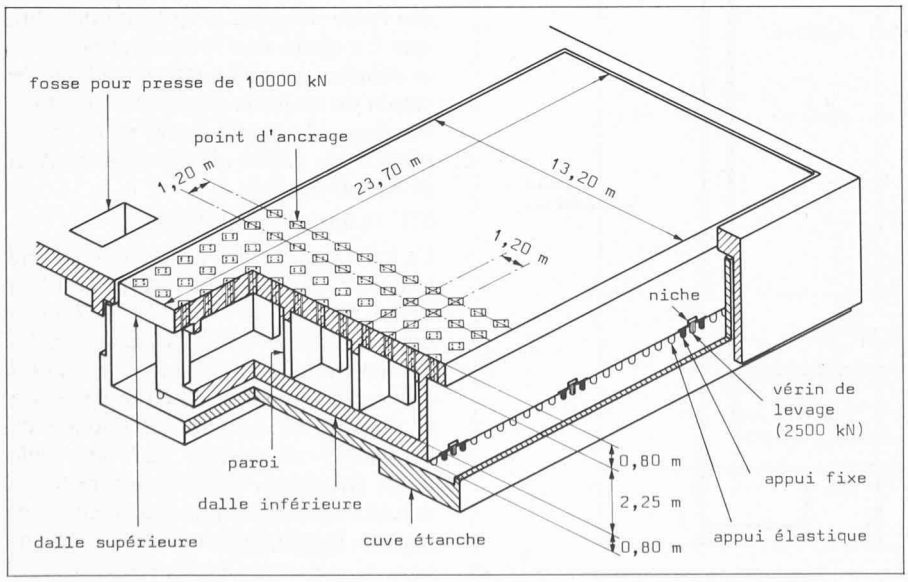

Fig. 4. — Banc d'essais principal.

venu le montage de la charpente métallique de la halle. Toute la fabrication de la dalle supérieure du banc d'essais contenant les éléments d'ancrage a donc pu se dérouler à l'abri des conditions atmosphériques, selon le programme suivant:

— exécution du coffrage de la face inférieure de la dalle; ce coffrage était extrêmement rigide, fortement étayé et protégé de la dessiccation;
— pose des bandes de tôle horizontales permettant le positionnement des plaques inférieures des ancrages et leur fixation;
— pose des plaques inférieures avec 4 gaines soudées;
— pose de la nappe inférieure de l'armature;
— bétonnage de la partie inférieure de la dalle (environ 50 cm);
— pose de la nappe supérieure de l'armature et du coffrage des évidements pour plaques supérieures;
— bétonnage de la partie supérieure de la dalle (environ 30 cm);
— décoffrage de la dalle et des évidements;
— mise en place des plaques supérieures avec les tubes enfilés dans les gaines (réglage, fixation provisoire, soudure, contrôle géométrique);
— remplissage des espaces entre les tubes et entre les plaques et la dalle avec un mortier fluide sans retrait;
— confection et réglage de la chape.

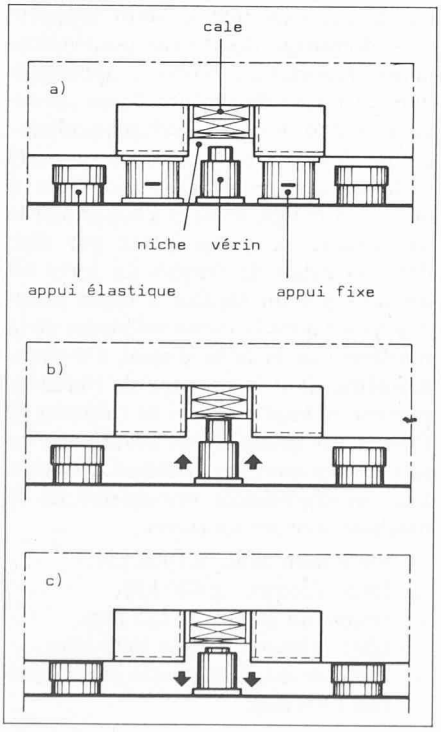

Fig. 5.— Système d'appuis du banc d'essais. *Le banc étant sur ses appuis fixes (a), la mise sur appuis élastiques se fait en trois phases: 1. Le levage à l'aide des 6 vérins actionnés par un système hydraulique synchronisé (b). 2. Le retrait manuel des appuis fixes (b). 3. L'abaissement sur les appuis élastiques par relâchement de la pression dans les vérins (c). Dans cette position, le banc est situé environ 10 cm plus bas que le niveau fini du sol de la halle.*

L'implantation en plan et en niveau a été faite plaque par plaque par visées au théodolite. Les figures 6 et 7 montrent deux étapes de la construction de la dalle supérieure du banc principal.

3.3 *Système d'ancrage*

Les charges sont appliquées sur les structures au moyen de vérins hydrauliques prenant appui sur un bâti de charge fixé à la dalle d'essai. Ce bâti se compose de différents éléments métalliques, comportant de très nombreux trous, assemblés au moyen de boulons précontraints à haute résistance. Ces éléments métalliques sont essentiellement des colonnes (HEB 360), des traverses (composées soudées en U) et des pièces de fixation et d'appui des vérins et des poutres d'essai. Ce système «Meccano» offre des possibilités de montage très variées, peut s'adapter à l'essai de n'importe quelle structure et permet de placer les vérins dans n'importe quelle position. Le bâti est dimensionné aussi bien pour des sollicitations statiques que dynamiques, les assemblages précontraints offrant de plus un comportement favorable à la fatigue.

Les plaques de base des colonnes doivent être fixées rigidement à la dalle d'essai afin de supporter les réactions provoquées par la mise en charge. Cette fixation se fait par l'intermédiaire d'ancrages capables de reprendre 1000 kN (banc principal) ou 500 kN (banc secon-

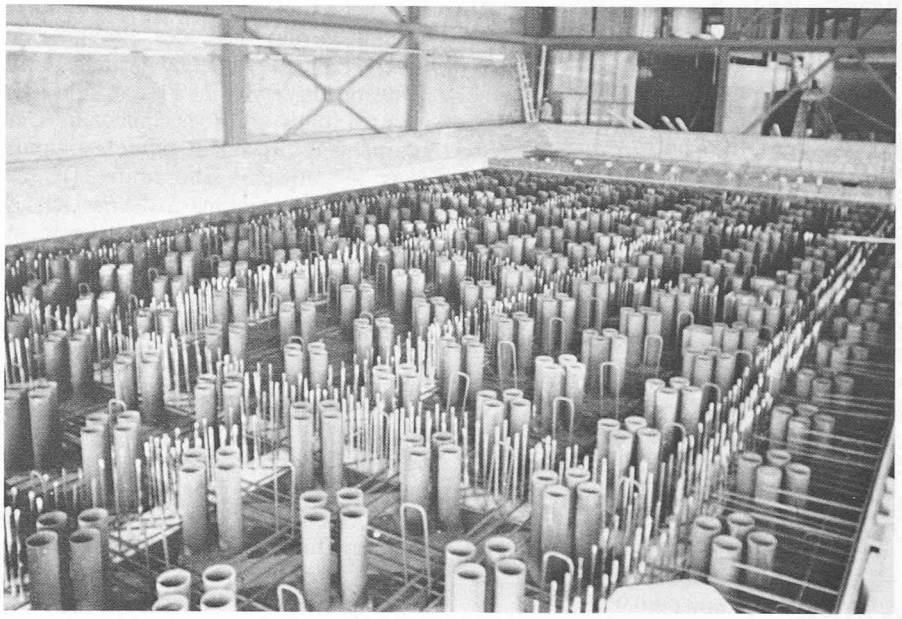

Fig. 6. — Construction de la dalle supérieure du banc d'essais principal. *Cette photo a été prise avant le bétonnage de la partie inférieure de da dalle. On y voit les groupes de 4 gaines, destinées à recevoir les tubes d'ancrages, ainsi que la nappe inférieure de l'armature. On remarque également le muret de nivellement et d'implantation des ancrages, construit autour du banc d'essais, et qui a été démoli par la suite.*

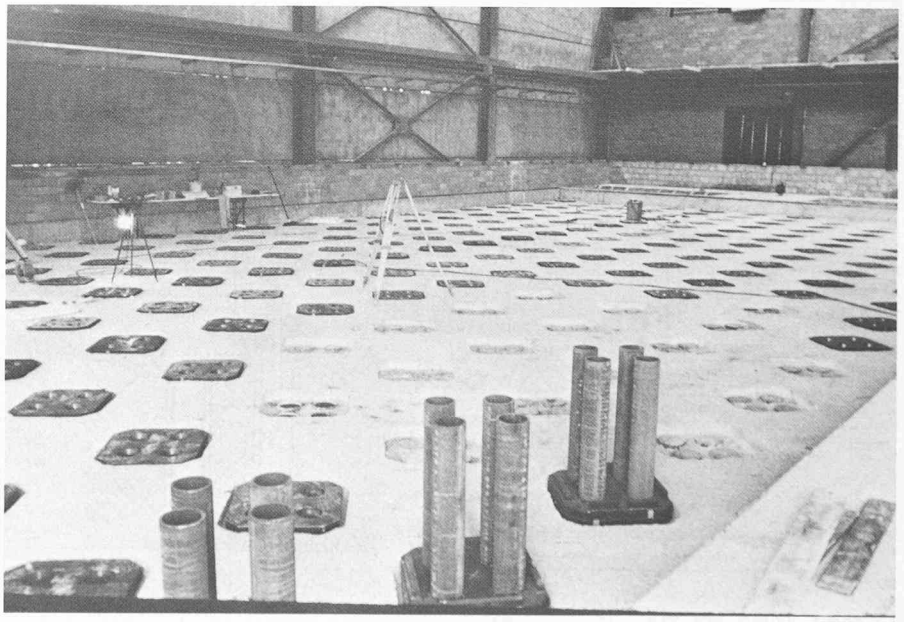

Fig. 7. — Construction de la dalle supérieure du banc d'essais principal. *Cette photo a été prise pendant la mise en place des plaques supérieures des ancrages munies des tubes. On remarque au premier plan 3 plaques en attente, avant retournement dans les gaines noyées dans le béton. A l'arrière-plan, on distingue les instruments de précision pour le réglage et le contrôle géométrique des ancrages.*

daire) dans chaque direction. Ces ancrages sont disposés sur chaque banc selon une maille carrée de 1,20 m de côté; ils sont constitués, en ce qui concerne le banc principal, de deux plaques d'acier reliées par 4 tubes traversant toute l'épaisseur de la dalle (fig. 8 a). La fixation des colonnes se fait à l'aide de 2 tiges *Dywidag* précontraintes empêchant tout décollement. Pour le banc secondaire ne disposant pas de sous-sol, un système différent a été adopté (fig. 8 b): l'ancrage est constitué d'une plaque fixée et noyée dans le béton, surmontée de 4 tubes-supports sur lesquels repose la colonne. La fixation se fait à l'aide de 2 tiges spéciales boulonnées dans la plaque à l'intérieur des tubes et précontraintes. Pour les deux systèmes, une douille ajustée avec épaulement traverse la plaque de base de la colonne et la plaque de l'ancrage (ou le tube sur le banc secondaire) pour assurer la transmission des efforts horizontaux.

Pour que le montage des différentes pièces du bâti de charge puisse s'effectuer sans difficultés, il était nécessaire que les ancrages soient mis en place avec une très grande précision. C'est pourquoi les tolérances imposées sur les dimensions étaient très sévères:

— distance entre deux points d'ancrage: 1200 mm (±1,0 mm);
— distance entre deux trous diagonalement opposés sur la plaque d'ancrage: 360 mm (±0,15 mm);
— diamètre des trous dans la plaque: 130,4 mm (±0,05 mm);
— diamètre de douilles entrant dans les trous: 130,0 mm (±0,05 mm);
— horizontalité des plaques d'ancrage: (±0,5 ‰);
— niveau des plaques d'ancrage: (±1,0 mm).

Des cales annulaires calibrées permettent de mettre à niveau les bâtis avec une précision de ±0,2 mm en rattrapant les écarts de montage et les déformations dues au retrait et au fluage du béton, aux tassements et à la température.

4. Les équipements spéciaux

Le matériel d'essai dont on dispose dans la halle structures se compose d'une part d'une série de vérins de précision indépendants, dont la capacité s'échelonne entre 25 et 2000 kN, et d'autre part de machines compactes à colonnes pour essais de compression et traction. Ces vérins et machines hydrauliques sont alimentés par des groupes de pompes, d'un débit total de 500 l/min (pression de service 280 bars), situés au sous-sol dans un local adéquat. Ces équipements existaient pour la plupart dans les anciens laboratoires [1] [2]. Nous nous bornerons à décrire ici les machines nouvelles et particulièrement la grande presse de 10 000 kN, de 6 m de hauteur libre, et la machine de 1000 kN pour essais dynamiques.

Les machines modernes d'essais des matériaux et d'éléments de structures doivent permettre de déterminer les caractéristiques jusqu'à la rupture par mise en charge statique, dynamique ou cyclique (fatigue). Un des moyens de parvenir à ces buts est d'utiliser des systèmes servo-hydrauliques permettant des essais programmés et contrôlés par la force, par la course ou par la déformation de l'éprouvette.

Les nouvelles machines *Schenck-Trebel* (fig. 9) de halle d'essais des structures fonctionnent selon ce système d'asservissement servo-hydraulique. Elles sont constituées d'un cadre à 4 colonnes équipé d'une traverse mobile, d'un vérin avec servovalve, d'un capteur de force ou de pression et de composants complémentaires tels que mors de serrage, plateau de compression et capteurs de course.

Un système électronique assure la mesure, la régulation, la surveillance et la génération de fonctions grâce à un mini-ordinateur permettant en particulier la programmation des essais.

4.1 *Machine d'essais dynamiques de 1000 kN*

Cette machine (fig. 9) peut être utilisée aussi bien pour les essais statiques que dynamiques, en traction ou en compression. Spécialement conçue pour les essais de fatigue, elle permet l'application, sur des éprouvettes ou des éléments de structures, de charges à amplitudes constantes ou variables.

L'élément principal de la machine est le cadre à 4 colonnes sur lesquelles la traverse mobile se bloque hydrauliquement. Ce blocage est particulièrement important car il confère au cadre la rigidité la plus grande possible. De plus, il assure un alignement parfait de la machine. Une autre partie essentielle de la machine est le vérin hydraulique à double effet placé sur la traverse mobile. La tige du piston est guidée par deux paliers hydrostatiques, assurant un mouvement sans jeu, sans frottement, donc sans usure. L'avantage d'une telle construction est que le vérin supporte sans dommage des forces perpendiculaires importantes pouvant apparaître dans la phase de rupture d'une éprouvette ou dans le cas d'essais particuliers.

La machine est aussi équipée de mors hydrauliques contribuant fortement à améliorer l'alignement et à supprimer le jeu lorsque la charge passe par zéro dans les essais de fatigue. La force est mesurée par un capteur à haute précision placé dans la partie inférieure de la machine, sur la table d'essai. Ce dynamomètre, dont le principe de fonctionnement est basé sur celui de l'anneau de torsion, est spécialement adapté aux essais dynamiques sous charges alternées.

Les caractéristiques principales de la machine sont les suivantes:

— force nominale: ±1000 kN;
— force alternée: ±800 kN;
— course du piston: ±125 mm;
— table rainurée: 1050 × 1800 mm;
— distance maximale entre mors: environ 1300 mm.

5.2 *Presse de 10 000 kN*

Cette machine (fig. 9) est une exécution spéciale pour essais de compression statique sur des éprouvettes de grande hauteur. Installée dans une fosse prévue à cet effet, elle est constituée d'une plaque de base surmontée de 4 colonnes filetées sur lesquelles se déplace la traverse mo-

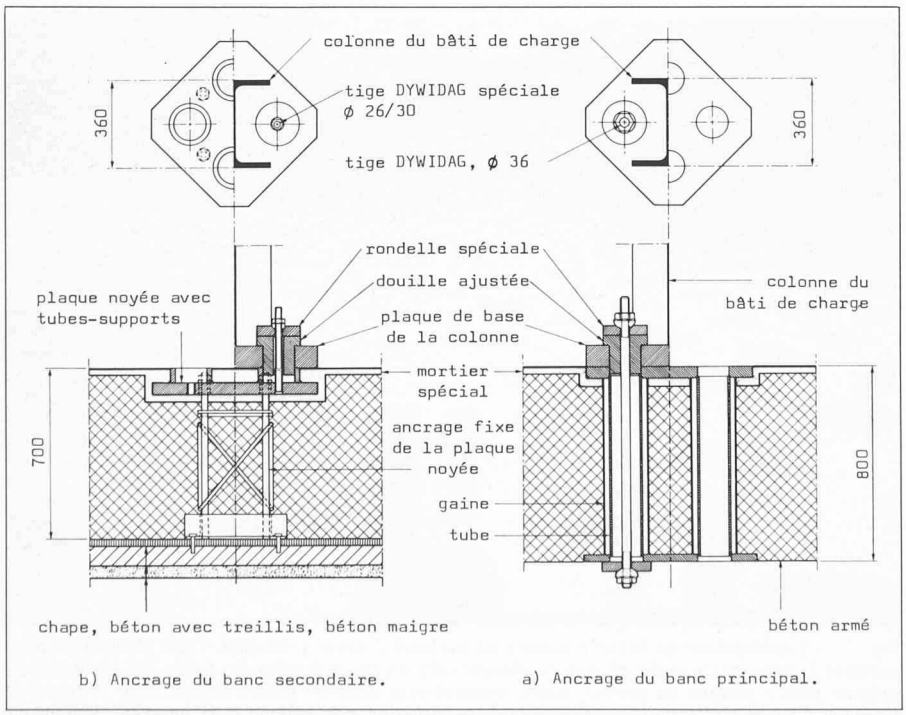

Fig. 8. — Détails des systèmes d'ancrage des bancs d'essais.

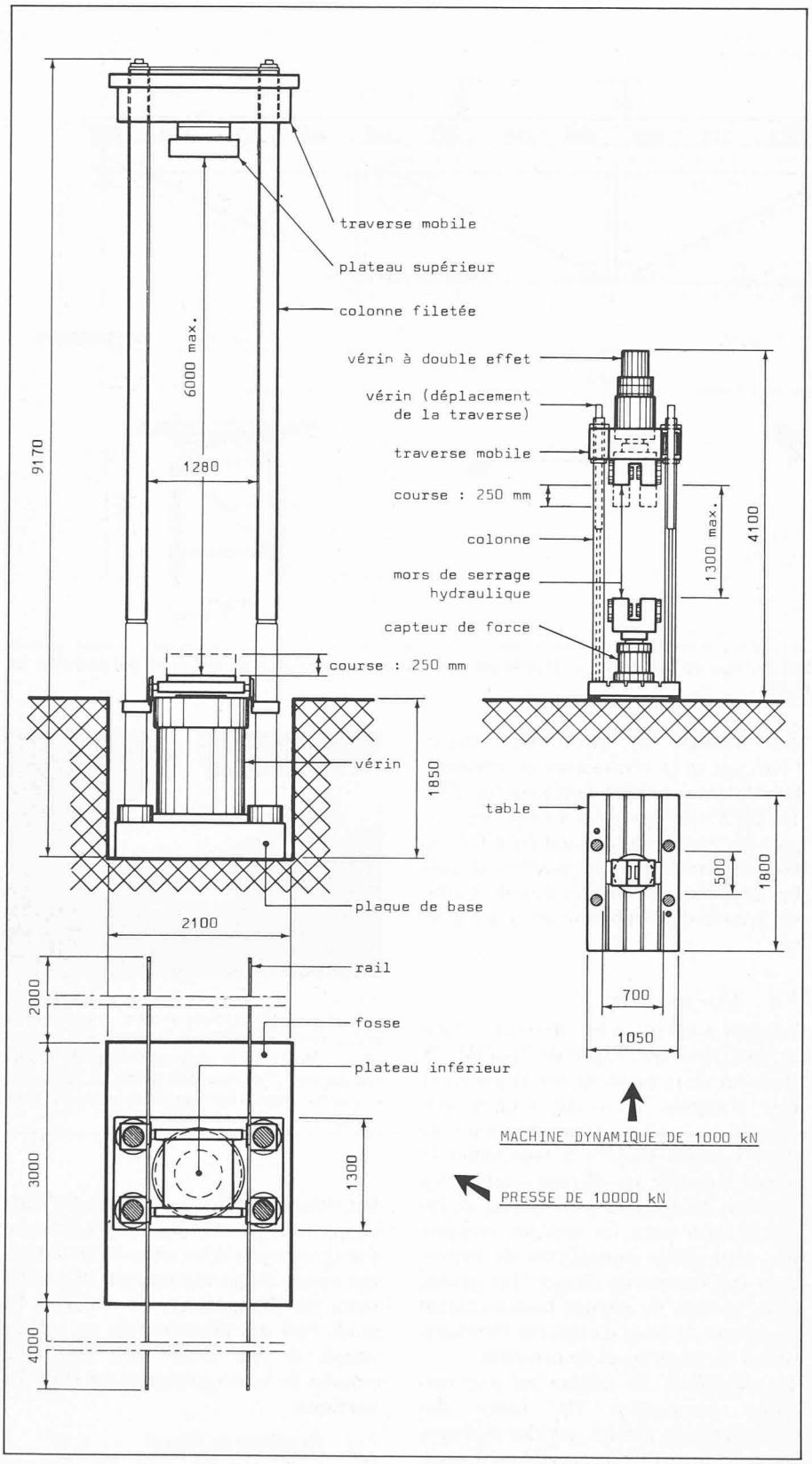

Fig. 9. — Les nouvelles machines d'essais de la halle structures.

bile. Le vérin différentiel, qui repose sur la plaque de base, permet de soumettre les éprouvettes à des sollicitations statiques ou quasi-statiques en compression (10000 kN) et en traction (2000 kN), grâce au rapport des surfaces de piston égal à 1:5. Le vérin est équipé d'un capteur de course de 250 mm, d'un capteur de pression différentiel et d'une servovalve de 63 l/min. L'éprouvette est placée entre les deux plateaux de la presse dont l'espacement peut atteindre 6 m. Le plateau inférieur repose sur la tige du piston du vérin et peut être dégagé de la presse par roulement sur des rails incorporés dans le banc d'essai adjacent, ce qui permet le montage aisé des grandes pièces à essayer. Le plateau supérieur, supporté par la traverse mobile, est monté sur une rotule sphérique.

5. Exemple d'essai réalisé: pont de chemin de fer

Les plus grandes éprouvettes qu'il est possible d'essayer sur le banc principal sont limitées par des conditions dimensionnelles et structurelles telles que:

— la longueur du banc d'essai (23 m);
— la capacité des ancrages (1000 kN par point);
— la capacité des groupes hydrauliques (280 bars et 250 l/min pour le plus puissant);
— le nombre et la capacité des vérins hydrauliques (1 × 2000 kN, 4 × 1000 kN, etc.).

Ces conditions doivent être examinées avant d'entreprendre quelque essai que ce soit. A titre d'exemple d'application, nous allons décrire ci-dessous le premier essai de grande dimension effectué dans la halle structures; l'essai de fatigue d'un authentique pont de chemin de fer (fig. 10).

5.1 *Description du pont*

Ce pont provisoire de la ligne à voie étroite Soleure-Zollikofen-Berne (SZB) a été mis en service en 1965 et exploité pendant 8 ans, durée des travaux de la rampe d'accès au tunnel reliant l'ancien tronçon à la nouvelle gare souterraine de Berne. Cette rampe provisoire était constituée de 8 ponts identiques, dont quelques-uns ont subi des dégâts dus à la fatigue pendant leur durée d'exploitation. Un de ces ponts nous a été gracieusement mis à disposition pour être étudié dans le cadre de la recherche sur la fatigue [7] se déroulant dans notre institut (ICOM — Construction métallique).

Il s'agit d'un pont métallique en poutre simple de 10,54 m de portée, à voie supérieure (fig. 11). Entièrement soudé, ce

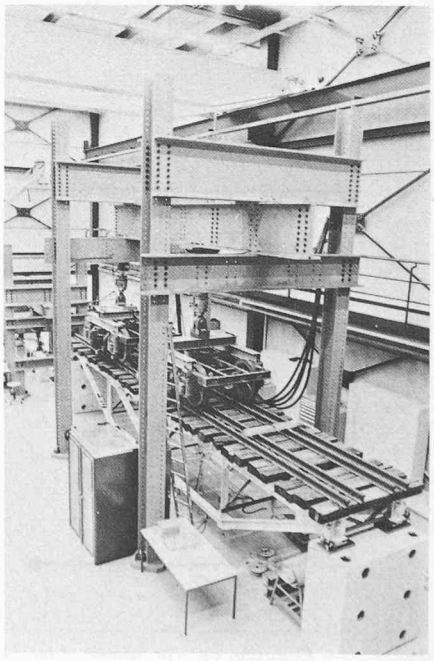

Fig. 10. — Essai de fatigue d'un pont de chemin de fer en vraie grandeur.

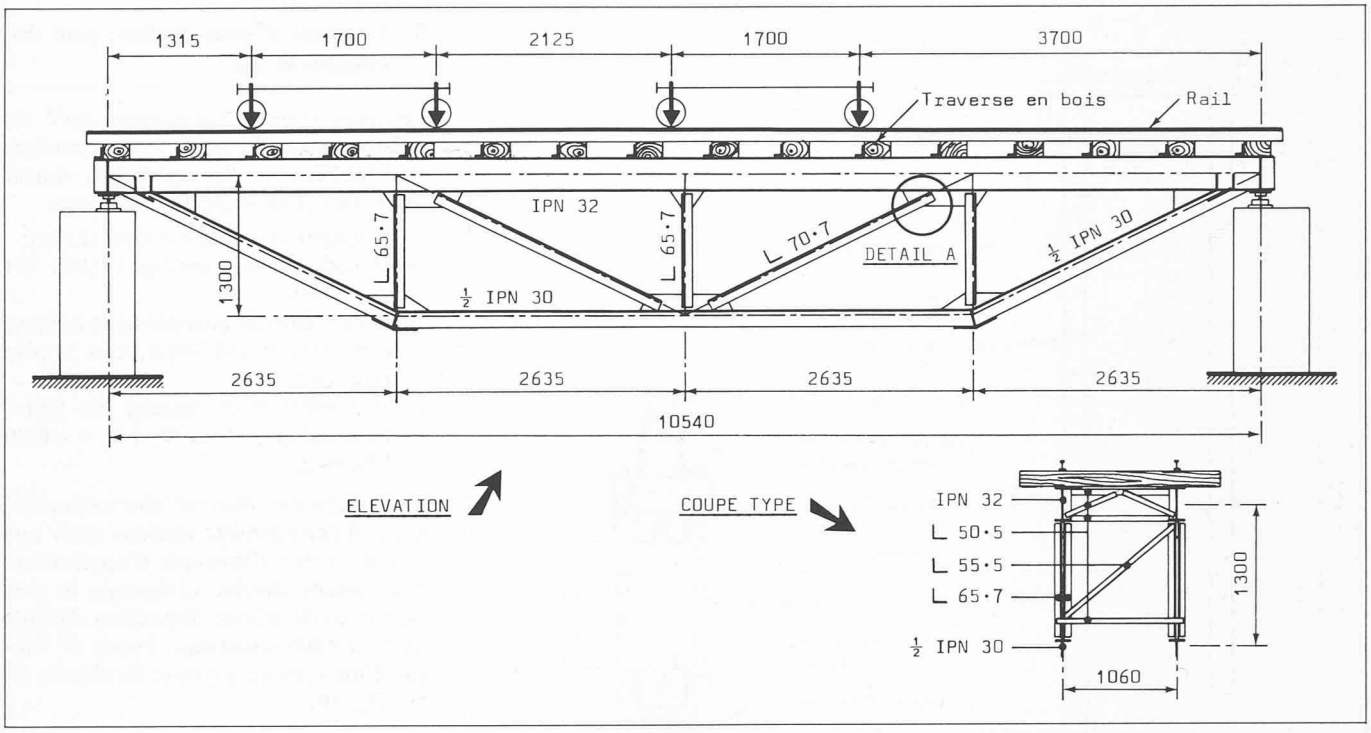

Fig. 11. — Pont de chemin de fer SZB. *La position des essieux correspond ici à celle qui a été adoptée dans l'essai de fatigue et qui provoque les contraintes maximales dans la diagonale (DETAIL A).*

pont est composé de deux poutres maîtresses en treillis reliées par des entretoises et par un contreventement au niveau de la membrure supérieure. Les traverses en bois reposent directement sur les poutres maîtresses. Toutes les barres sont des profilés laminés en acier Fe 360 (Ac. 24/37).

5.2 *But de l'essai de fatigue*

En plus de son caractère démonstratif (inauguration de la halle d'essai, 10e anniversaire de l'ICOM, journées portes ouvertes, etc.), l'essai de fatigue du pont SZB avait pour but essentiel la détection des fissures, la façon de réparer l'ouvrage et la vérification de certaines hypothèses énoncées dans la norme SIA 161 [8]. En complément à l'essai de fatigue, des essais statiques ont été effectués afin de vérifier par des mesures la qualité de différents modèles de calcul utilisés pour la détermination de la durée de vie.

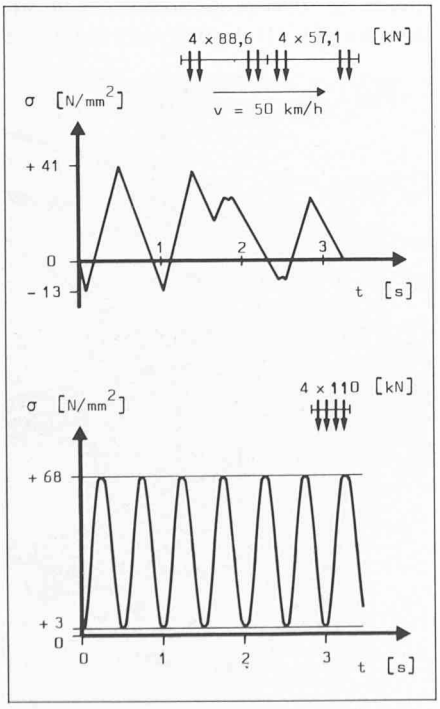

Fig. 12. — *Evolution des contraintes dans la section critique lors du passage du convoi automotrice-wagon et lors de l'essai de fatigue.*

5.3 *Mise en charge*

Le pont a été placé en laboratoire dans le simulateur de fatigue de l'ICOM [2]. Posé sur deux blocs de béton jouant le rôle d'appuis, il a été soumis aux charges des vérins par l'intermédiaire de deux boogies propres à représenter le mieux possible les charges réelles. La position des boogies a été choisie de façon à créer dans les sections critiques des contraintes susceptibles de provoquer des fissures de fatigue. Les vérins, fixés au bâti de charge, transmettaient les efforts au banc d'essai par l'intermédiaire de traverses et de colonnes.

Le simulateur de fatigue est une machine permettant de créer des contraintes de service sur des éléments de structures grâce à un système d'asservissement servo-hydraulique à boucle fermée. Il est possible en particulier d'enregistrer sur un élément d'ouvrage en service la déformation spécifique à l'aide d'une jauge électrique et de reproduire ce signal (fig. 12 a) sur l'élément similaire en laboratoire. Pour simplifier la réalisation de l'essai de fatigue, on a toutefois appliqué sur le pont SZB des charges sinusoïdales à amplitudes constantes (fig. 12b). L'intensité de la charge par essieu était égale à celle utilisée pour le dimensionnement de l'ouvrage (4 × 110 kN).

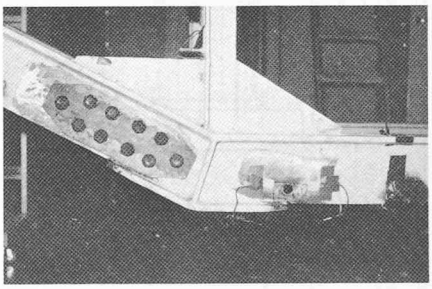

Fig. 13. — Réparation des ouvrages fissurés par fatigue. *Cette photo montre, pour le même nœud du treillis, deux réparations effectuées. A droite, l'arrêt de la propagation de la fissure par perçage d'un trou à la pointe de la fissure; à gauche, réparation complète par joint boulonné.*

Les charges appliquées à l'aide des deux vérins à double effet de ± 500 kN de capacité variaient donc entre 20 et 240 kN par vérin, ce qui représentait une différence de charge totale de 440 kN. Le poids réel des automotrices en service variait de 345 à 367 kN, non tenu compte de la majoration pour effet dynamique.

5.4 *Résultats de l'essai*

Les conclusions suivantes ont pu être tirées de l'essai décrit ci-dessus.

1. Le pont était un ouvrage provisoire, non destiné à durer; les détails de construction et l'exécution n'ont donc pas été conçus et soignés pour résister plus que 5 ans à la fatigue.
2. L'essai statique a montré que l'exécution entièrement soudée de l'ouvrage, comportant en outre des nœuds relativement grands, confère au treillis une grande rigidité, ce qui provoque des moments de flexion dans les barres. Les contraintes sont donc

Projet et exécution de la halle structures

Maître de l'ouvrage

Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Direction des constructions fédérales, bureau pour l'EPF de Lausanne, 1015 Lausanne.

Architectes

Zweifel + Strickler + Associés, chantier EPFL, 1015 Lausanne.

Pool d'ingénieurs

Fondations et bancs d'essais: Société Générale pour l'Industrie (SGI), ingénieurs-conseils, Lausanne.
Travaux de géomètres pour implantations et contrôles: Bernoux + Cherbuin SA, ingénieurs-conseils, Renens.
Superstructures: Frédéric Matter, bureau d'ingénieurs, Lausanne.

Entreprises

Gros œuvre: COMESA, Lausanne, groupement d'entreprises dirigé par COBAL.
Chapes: C. Zschokke, travaux spéciaux, Lausanne.
Ancrages: Ramelet Frères SA, Lausanne.
Système de levage: Buri et Cie SA, Genève.
Charpente métallique: Stephan SA, Givisiez/Fribourg.

plus élevées dans les endroits critiques où se trouvent déjà de grandes concentrations de contraintes dues à la forte variation de la géométrie. Les risques de formation et de propagation de fissures étaient donc pratiquement inévitables.

3. La détection des fissures selon les méthodes praticables dans le terrain (inspection visuelle ou ressuage) permet de découvrir des fissures apparentes en surface à partir d'environ 5 mm de longueur. Les méthodes plus compliquées, propres au laboratoire (examen magnétoscopique ou fil de surveillance), qui permettent de découvrir des fissures beaucoup plus petites, ne sont pas applicables in situ.
4. Il est possible de stopper la propagation d'une fissure de fatigue en perçant un trou à la pointe de la fissure (fig. 13). Toutefois, la détermination du diamètre du trou garantissant que la fissure ne va plus se propager doit faire appel à des méthodes de calcul faisant intervenir la mécanique de la rupture.
5. Une réparation sûre d'une section fissurée peut être faite à l'aide d'un joint boulonné exécuté sur place (fig. 13). Une telle réparation situe le détail de construction dans une catégorie de fatigue beaucoup moins sévère, ce qui garantit à l'élément, pour une même sollicitation, une durée de vie beaucoup plus grande.

Les résultats complets de l'essai du pont SZB figurent dans la référence [9].

6. Conclusions

L'ICOM ainsi que toutes les unités de l'Institut de statique et structures du Département de génie civil sont conscients des très importants moyens mis à leur disposition pour la recherche et l'enseignement par l'EPFL et la Confédération. Malgré cela, la place manque déjà et les projets d'agrandissement sont en cours pour satisfaire tous les besoins dans le domaine des structures du génie civil.

Adresse de l'auteur:
Michel Crisinel, ing. EPFL-SIA
ICOM-GCB, EPFL
1015 Lausanne

Bibliographie

[1] MATTHEY, F.: *Présentation du laboratoire du Centre d'étude du béton armé et précontraint.* Bulletin technique de la Suisse romande, Lausanne, vol. 97, n° 16, 1971, pp. 375-376.

[2] CRISINEL, M.: *Le laboratoire d'essai.* In: L'Institut de la construction métallique de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Bulletin technique de la Suisse romande, Lausanne, vol. 103, n° 17, 1977, pp. 206-210.

[3] RÖSLI, A.: *Neuzeitliche Versuchseinrichtungen für die Prüfung ganzer Bauteile in der neuen EMPA in Dübendorf.* Schweizerische Bauzeitung, Zürich, vol. 83, n° 28, 1965, pp. 493-496.

[4] HAURI, H.: *Die Konstruktion des grossen Aufspannbodens in der EMPA Dübendorf.* Schweizerische Bauzeitung, Zürich, vol. 83, n° 28, 1965, pp. 497-499.

[5] *Conception des structures métalliques. Partie G: exemples constructifs*, 2e éd. Lausanne, Ecole polytechnique fédérale, 1979.

[6] CRISINEL, M.: *Implantation de l'EPFL à Ecublens, halle d'essais de l'unité «Structures».* Cahier des charges. Lausanne, Institut de la construction métallique, 1973 (rapport interne non publié).

[7] HIRT, M. A., JACQUEMOUD, J.: *Fatigue des constructions soudées.* In: L'Institut de la construction métallique de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Bulletin technique de la Suisse romande, Lausanne, vol. 103, n° 17, 1977, pp. 210-214.

[8] *Norme SIA 161. Constructions métalliques*, édition 1979, Zurich, Société suisse des ingénieurs et des architectes, 1979.

[9] GOTTIER, M.: *Analyse théorique et expérimentale du comportement à la fatigue d'un pont de chemin de fer en vraie grandeur.* Documentation SIA, Zurich, 1981 (à paraître).

Bibliographie

Analyse numérique

par *Kurt Arbenz* et *Alfred Wohlhauser.* — Un volume 16 × 24 cm, broché, 86 pages avec 43 figures. Editions Presses polytechniques romandes, Lausanne, 1980. Prix: Fr. 19.— + port.

Cet ouvrage est le premier de la série «Méthodes mathématiques» pour l'ingénieur, qui comprendra encore les titres *Compléments d'analyse* et *Variables complexes appliquées à l'électricité.*

Ce livre s'adresse avant tout aux étudiants ingénieurs de deuxième année du premier cycle universitaire. C'est pourquoi on a choisi une méthode d'exposition élémentaire ne supposant la connaissance que de quelques notions et résultats de première année en Analyse et Algèbre linéaire.

Le livre est conçu tel que la matière puisse être enseignée en un seul semestre à raison d'un horaire hebdomadaire de deux heures de cours et d'une heure d'exercices. En outre, l'indépendance des différents chapitres permettra de varier le programme du cours selon les circonstances.

Plutôt qu'un manuel de méthodes numériques, ce livre veut initier le lecteur aux idées et aux méthodes itératives largement répandues de nos jours dans la solution numérique de problèmes techniques par ordinateur. Dans la mesure du possible, les démonstrations formelles sont sacrifiées afin de mettre en relief les idées maîtresses des procédés numériques présentés. Tous les chapitres sont précédés ou suivis d'exemples simples, d'exercices numériques pour calculatrice de poche et de thèmes de programmation pour ordinateur.

Sans prétendre présenter un cours complet traitant tous les problèmes de l'analyse numérique, les auteurs voudraient présenter à l'étudiant quelques idées de base profondes des méthodes numériques. Même après avoir oublié l'algorithme exact, le lecteur sera à même de restituer le procédé à l'aide des quelques idées clé développées dans ce livre.

Beaucoup d'ouvrages d'analyse numérique qui ont précédé ce livre l'ont influencé. On y trouvera toutefois nombre d'exemples originaux.

Une bibliographie réduite à quelques ouvrages abordables aux étudiants du premier cycle complète ce texte.

π, numéro spécial, suppl. au Petit Archimède n° 64-65

Un vol. 15,5 × 20,5 cm, 289 pages, Edit. ADCS, Amiens 1980

Comment montrer que la mathématique est une science vivante et diversifiée? Comment montrer qu'un même problème peut être abordé de bien des façons? Comment montrer, enfin, que ces méthodes d'attaque dépendent de l'époque, des notations utilisées, des problèmes voisins? Quel meilleur sujet choisir dans ce but que l'histoire du nombre π? Son histoire dure depuis près de 3000 ans, les méthodes employées touchant aussi bien à la géométrie élémentaire qu'à l'algèbre ou à l'analyse. Si l'on ajoute que π apparaît aux endroits où on l'attend le moins et que la plupart des grands mathématiciens s'y sont intéressés, on comprendra que le choix fut facile à faire.

On a développé, dans cet intéressant ouvrage, les parties historiques en fournissant tantôt des démonstrations, tantôt un fil conducteur, quitte à renvoyer le lecteur à un ouvrage spécialisé.

Tous ceux qui s'intéressent à l'histoire des mathématiques seront captivés par ce livre, qui se lit comme le plus intéressant des romans d'aventures.