

# Un provisoire fête ses quarante ans

Qu'est ce que le pont Kurt-Schumacher de Mannheim et le célèbre toit du stade olympique de Munich ont en commun ? Tous deux sont suspendus à des câbles massifs dont la résistance a été testée à l'Empa. Et cela il y a quarante ans. La machine d'essai dynamique développée alors spécialement à cet effet, un défi d'ingénierie pour l'époque, est aujourd'hui encore pratiquement en service permanent.

TEXTE: Rémy Nideröst

**A** mois de février 1969, l'ingénieur en génie civil allemand Fritz Leonhardt avait adressé une demande peu ordinaire au directeur d'alors de l'Empa, Eduard Amstutz. Cet ingénieur, chargé du projet d'un nouveau pont sur le Rhin, désirait savoir si l'Empa était en mesure de réaliser dans de brefs délais des essais de fatigue sur des câbles de tension. Bien certainement, répondit Amstutz, l'Empa étant finalement réputée loin à la ronde pour ce genre d'essais. Toutefois Leonhardt ne désirait pas faire tester des câbles «normaux» mais des câbles vraiment gros, pour des domaines de charge de 425 à 650 tonnes.

Ces câbles, destinés au pont Kurt-Schumacher, un pont à haubans unique pour l'époque, d'une longueur de 1,5 kilomètres, enjambant le Rhin entre Mannheim et Ludwigshafen, devaient être soumis à des essais de fatigue avant leur mise en place. Des essais pour lesquels il n'existait alors aucune installation au monde pour des câbles de telles dimensions. Même l'Empa ne réalisait à cette époque que des essais dynamiques dans un domaine de charge atteignant au maximum 280 tonnes. Amstutz ne voulait toutefois en aucun cas laisser échapper cette commande; il fallait donc construire une nouvelle machine d'essai notablement plus puissante.

Dans les essais de fatigue, les «épreuves» subissent deux millions de cycles de charge et de décharge pour simuler les sollicitations réelles. Les câbles des ponts, par exemple, sont sollicités même en position de repos par la masse propre du pont, qui équivaut à la charge inférieure dans les essais. Les sollicitations supplémentaires par le trafic, le vent, la pluie et la neige constituent la charge dite supérieure, soit la charge maximale que les câbles doivent être en mesure de supporter. Les câbles destinés au pont Karl-Schumacher devaient ainsi être soumis à des cycles de charge entre 450 et 650 tonnes. Une affaire pas vrai-

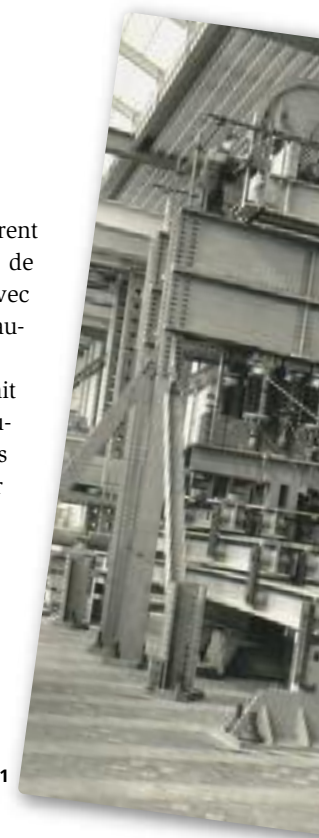
ment simple – comme s'en rendirent très vite compte les ingénieurs de l'Empa — et guère maîtrisable avec les installations de traction hydrauliques disponibles à l'époque.

C'est Alfred Rösli, qui dirigeait alors la section «Béton armé et ouvrages en béton», qui eut alors une idée lumineuse pour parvenir à de telles forces: l'utilisation de ressort de force correspondante pour établir la charge inférieure ce qui permettait alors de disposer de la totalité de la force hydraulique pour la différence à la charge supérieure.

## **Impossible, un mot banni du vocabulaire de l'ingénieur**

Jusqu'ici tout était parfait – du moins sur le papier. Le 23 septembre 1969, les travaux de construction de cette «installation pour les essais de fatigue des câbles de gros diamètre», tel est le nom provisoire donné à cette installation, débutèrent dans la halle de génie civil de l'Empa. La pièce centrale de l'installation qu'est son ressort d'un poids de 44 tonnes – un article inconnu dans les catalogues de fourniture – fut fabriqué dans les ateliers de l'entreprise de construction métallique Geilinger à Winterthur sur les spécifications précises de l'ingénieur Rösli.

Comme si les dimensions de ce projet n'étaient pas déjà un défi suffisant, l'Empa se trouvait encore confrontée aux délais exigés par la ville de Mannheim. Fritz Leonhardt n'avait en effet pas exagéré en men-



**1**  
40 ans de service et pas un signe de fatigue: l'installation pour les essais de fatigue des câbles de gros diamètre. Son ressort de 44 tonnes, en vert, constituait en 1969 une innovation révolutionnaire dans le domaine de la construction mécanique. (Photo: Empa)

**2**  
Les câbles qui supportent le toit du stade olympique de Munich construit pour les jeux olympiques de 1972 ont été testés à l'Empa. (Photo: Wikipedia)

**3**  
Le pont Kurt-Schumacher, d'une portée de 1,5 kilomètres, enjambe le Rhin entre Mannheim et Ludwigshafen. C'est son constructeur, Kurt Leonhardt, un des ingénieurs en génie civil allemands les plus marquants du 20e siècle, qui en 1969 avait engagé l'Empa à construire une machine d'essai toujours en exploitation 40 ans plus tard. (Photo: Immanuel Giel)



2



3



tionnant des délais «à court terme» dans sa demande. Suivant la devise «le jour a 24 heures, il nous reste donc encore en plus toute la nuit», l'équipe de l'Empa travailla pratiquement jour et nuit. Pourtant même si l'on pouvait tenir les délais, personne n'était en mesure de dire si les quatre pulsateurs – les agrégats de pompes électriques servant à établir la pression hydraulique qui devaient être couplés entre eux pour les essais – seraient effectivement en mesure de remplir leur tâche énorme.

Les premiers tests ayant été concluants, trois jours après seulement les essais débutèrent et les premiers résultats furent livrés le 14 novembre. Environ six mois plus tard, 14 câbles, totalisant 30 millions de cycles de charge, avaient subi leurs essais, cela à l'entière satisfaction de la ville de Mannheim. Le pont Kurt-Schumacher fut ouvert à la circulation en 1972 après trois ans de construction.

### Un provisoire au succès très durable

Le pont à haubans révolutionnaire de Mannheim n'est pas resté la seule «célébrité» à avoir subi ses épreuves à Dübendorf: en 1969 des essais ont été réalisés sur les câbles et les poulies de renvoi destinés au toit du stade olympique de Munich où se déroulèrent les jeux olympiques d'été en 1972, la finale des championnats du monde de football en 1974 et les championnats d'Eu-

rope de football en 1988. Ces commandes élargirent encore la réputation de l'Empa dans le domaine des ponts à haubans et de nombreux autres mandats d'essai suivirent. Cette machine d'essai, conçue à l'origine comme installation provisoire, a depuis réalisé un demi-milliard de cycles de charge sans la moindre défaillance. Les essais de fatigue sur les câbles de grand diamètre pour ponts à haubans sont aujourd'hui devenus un travail de routine qui pose toutefois toujours des exigences élevées.

Nouvelle première mondiale en 1996: Sur le pont à haubans Storchenbrücke à Winterthur, au lieu de câbles en acier, les ingénieurs utilisèrent pour la première fois des câbles en fibres de carbone développés par l'Empa. Mais ces poids plumes étaient-ils suffisamment stables pour être utilisés sans risque dans la construction? Afin d'éliminer les doutes émis sur ce matériau innovateur, il fallut soumettre ces câbles en fibres de carbone à plus de 10 millions de cycles de charge. Avec un résultat convainquant: dans ce test, les câbles en fibres de carbone firent preuve d'une résistance à la fatigue supérieure de plus de trois fois à celle des câbles en acier usuels.

Après quarante ans de dur travail, cette installation d'essai n'est pas encore près d'être mise à la retraite. Comme on construit actuellement plus que jamais des ponts à haubans, cela du fait de leur élégance et de critères économiques, il existe une demande importante pour ces essais. L'ancien directeur de l'Empa Dübendorf, Urs Meier, qui en 1969, alors ingénieur en génie civil frais émoulu de l'ETH de Zurich, avait été chargé de l'établissement des plans de détail et de la construction de cette installation, estime que cette installation est encore suffisamment «en forme» pour supporter encore bien des millions de cycles de charge et de fêter ainsi le jubilé de ses cinquante ans. //