

**Zeitschrift:** Revue Militaire Suisse  
**Herausgeber:** Association de la Revue Militaire Suisse  
**Band:** 139 (1994)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Un projet de "Pont fixe 2000"  
**Autor:** Fehlmann, N.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-345439>

### **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:** 22.02.2026

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

# Un projet de «Pont fixe 2000»

Par le premier-lieutenant N. Fehlmann

Projet réalisé par l'auteur de cet article dans le cadre de l'examen pratique de diplôme d'ingénieur en génie civil à l'EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne) durant l'automne 1991.

## Le sujet

Le projet devait traiter de la conception technique et du dimensionnement d'un pont fixe pour les troupes du génie en utilisant des matériaux composites et selon les normes actuellement en vigueur. La construction du pont devait pouvoir être facilitée par des bras-grues sur camion. (motorisation et mécanisation). Les problèmes spécifiques, liés au montage d'un pareil système de pont, seront également développés dans cet article.

## Contexte

### Précédents

Force est de constater qu'à l'heure actuelle, dans le domaine de la construction, on trouve peu de projets ou de développements incluant des matériaux composites. On trouve donc peu de précédents à cette étude. Citons toutefois qu'en France, la SNPE (Société Nationale des Poudres et Explosifs) a développé une passerelle à vocation civile pour faciliter le passage provisoire au-dessus des autoroutes sur des chantiers de construction. Le concept général de cette

passerelle utilise des peaux de fibre de verre. A l'intérieur des éléments constitutifs, on trouve du balza.

### Les limites du système de «Pont fixe 69»

Quiconque a construit ou dirigé le montage d'un *Pont 69* renforcé avec sous-tirant s'est posé des questions sur ses réelles possibilités d'engagement rapide en cas de conflit. Le temps de construction et le nombre restreint de places de montage potentielles suffisent à eux seuls à susciter des doutes. Avec le temps, les adjonctions techniques apportées au *Pont fixe 69*, tout en augmentant sa modularité (appui médian, sous-tirant), l'ont rendu de moins en moins maniable. A l'origine, le *Pont 69* (*Medium Glider Bridge*) était conçu en classe MLC 60 (Military Load Class: mesure américaine, convention internationale, où une unité correspond à 0,90718 tonne métrique). La venue de chars de classe MLC 70 (*Challenger*, *M1-Abrams*) a imposé le renforcement du système de pont. Pour pouvoir faire passer des chars du tonnage d'un *Leopard-2* sur des coupures de plus de 30 mètres on est obligé d'utiliser le «kit supplémentaire» du

sous-tirant qui pose les problèmes suivants:

- temps de construction important
- plus grande place de construction
- profil de rive permettant la mise en place du sous-tirant
- hauteur libre sous pont beaucoup plus importante
- le montage du *Pont 69* sous-tirant devient un engagement de compagnie, au mieux d'une section renforcée.

Rappelons que le *Pont 69* s'utilise également dans sa version combinée avec des travées DIN. Ce type de construction donne au pont fixe actuellement en service un caractère hybride défavorable et qu'il faudrait éviter le plus possible dans le futur. Précisons que les ponts fixes sont engagés dans ce que l'on appelle généralement les franchissements tactiques, c'est-à-dire hors du feu direct de l'ennemi. Les autres franchissements, effectués dans des phases d'assaut, sont appelés «franchissements de l'avant». Or, aujourd'hui, les temps d'exposition des ponts tactiques aux effets des armes adverses ne devraient plus dépasser 5 à 6 heures. C'est le temps qu'il faut pour la reconnaissance, le traitement de l'in-

formation, la sélection de l'objectif, la transmission des ordres et l'exécution d'une mission de destruction d'un pont par la voie des airs.

L'idée qui était à la base de ce projet de diplôme était la suivante: la construction du *Pont 69* est retardée par le poids et le nombre des différents éléments. En allégeant la structure, par l'utilisation de matériaux composites, on pourra concevoir des éléments plus légers et, par la même occasion, plus rationnels (éléments plus grands et nombre réduit de types d'éléments différents). C'est par ce biais qu'on gagnera du temps lors de la construction.

## Avantages des matériaux composites

Nous l'avons dit, aujourd'hui les matériaux composites sont encore fort peu utilisés dans le domaine des structures de génie civil. Leur application se limite aux domaines aéronautiques et navals. Citons

ainsi l'*Airbus A-320* qui est construit avec 30% de pièces en matériaux composites, et tous les bateaux à voile performants du moment qui ont leurs coques, leurs voiles et généralement leurs mâts en matériaux composites. Tout ou presque reste à faire dans le domaine des ponts et des charpentes. Mais avant d'aller plus loin, rappelons ce que sont les matériaux composites principalement utilisés sous forme de plaques stratifiées, de forme quelconque. Le stratifié est constitué d'une fibre (fibre de verre, Kevlar, fibre de carbone, etc.) noyée dans une matrice (par exemple de l'époxyde) qui, une fois durcie, va maintenir le stratifié dans sa forme finale. Les fibres, pour un faible poids propre, possèdent de très bonnes caractéristiques mécaniques:

- haute résistance
- haut module d'élasticité
- bonne tenue en fatigue.

Ainsi une pièce en fibre de carbone pèse-t-elle 9 fois moins qu'une pièce en acier pour une résistance égale.

## Conception du «Pont 2000»

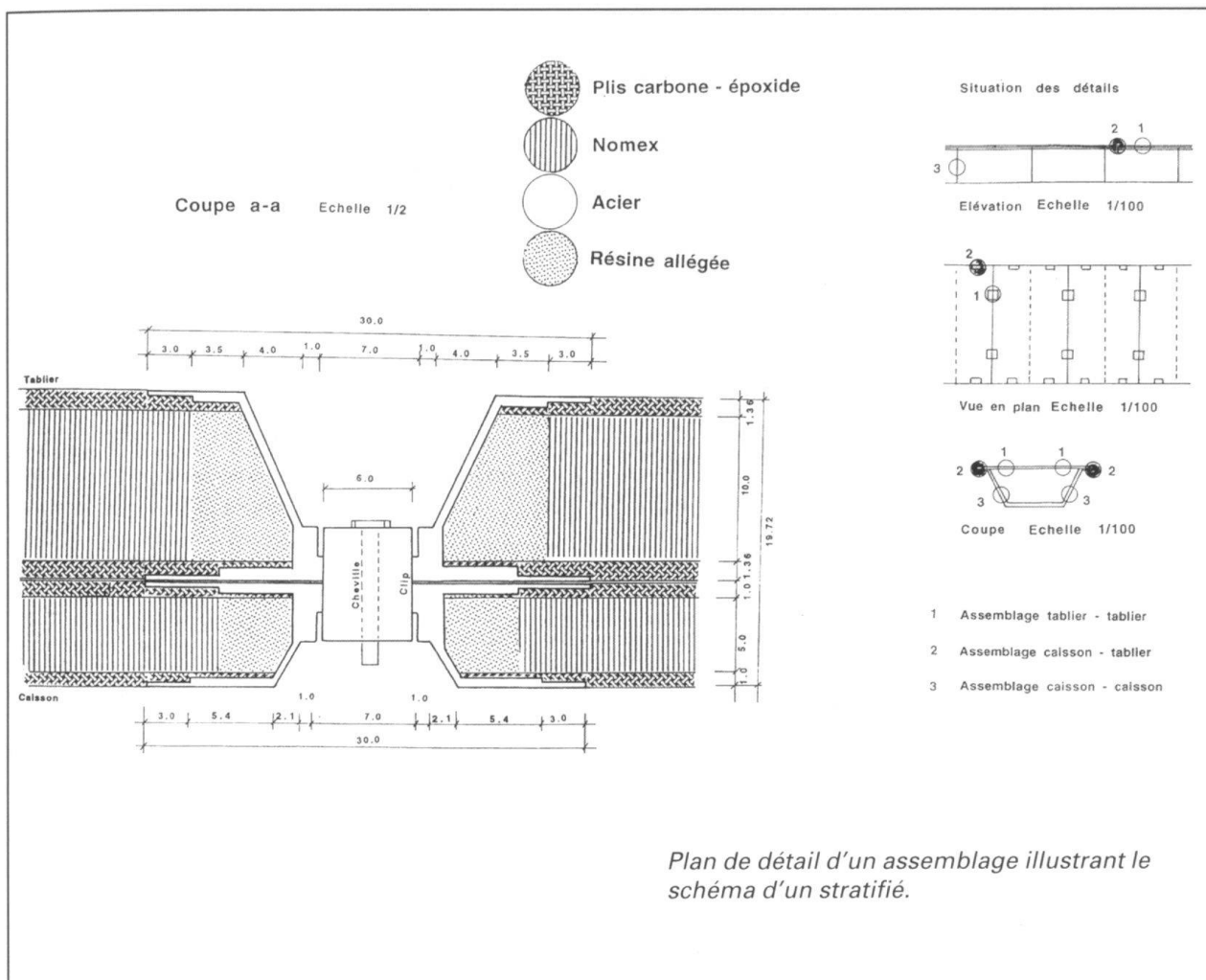
### Matériau

Le projet a débuté par la recherche du stratifié optimum. La fibre de carbone HR (haute résistance) se révéla rapidement comme la seule solution par rapport au Kevlar ou à la fibre de verre qui ont un module d'élasticité nettement plus faible. La fibre de carbone, elle, étant très rigide, on pouvait envisager une hauteur statique du pont limitée à 1,20 m pour 50 m de portée, et un système de montage performant.

Cette fibre, également très résistante, a le grand défaut d'être sensible aux chocs et aux inclusions diverses. L'utiliser sans aucune précaution n'est donc pas possible si l'on veut garantir la qualité des éléments lors du transport et surtout du montage. Pour éviter ce genre de problème, les couches de carbone sont recouvertes d'une peau en Kevlar, appelé aussi fibre aramide et très résistante aux chocs. On arrive ainsi à éviter le délaminage du

	Traction [N/mm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	Masse volumique [kg/m <sup>3</sup> ]	Allongement à la rupture
Acier de construction	460	210 000	7800	1,8%
Fibre de carbone haut module	2600	390 000	1800	0,6%

Tableau comparatif entre matériau classique de construction et matériau composite.



Plan de détail d'un assemblage illustrant le schéma d'un stratifié.

stratifié, lorsqu'il est localement détérioré.

Le stratifié peut être utilisé tel quel ou sous forme de sandwich. Le sandwich est constitué de deux peaux fines (en fait des plaques stratifiées) qui couvrent un matériau de faible résistance mais de grande épaisseur, appelé cœur ou noyau. L'utilisation de ces structures permet de diminuer toutes sortes d'instabilités qui apparaissent lorsque la plaque stratifiée est fléchi ou comprimée. Dans ce cas précis, le noyau choisi est en papier Nomex, une structure en nid d'abeille. L'é-

paisseur totale des sandwiches varie entre 10 et 20 cm. Une fois le matériau et les principales dimensions définies selon les normes de l'ICOM (Institut de construction métallique de l'EPFL), trois systèmes de montage différents ont été développés. Un des systèmes reprenait l'idée de base du *Pont fixe 69*, savoir le principe de deux poutres porteuses parallèles et d'un seul bec de lancement; un autre nécessitait l'utilisation d'une grue autotractée de type *Liebherr*, ce qui ôtait toute réelle souplesse au système.

La variante retenue repose sur le principe du lancement de deux poutres de roulement qui franchissent l'obstacle et sur lesquelles les éléments principaux du pont sont poussés et assemblés. La construction se déroule en neuf phases.

### Le montage

En résumé, les deux poutres sont lancées en porte-à-faux depuis un véhicule. On fixe les premiers éléments de poutre sur les deux flancs latéraux de ce véhicule, puis les sapeurs assemblent les autres éléments, de façon à ce que

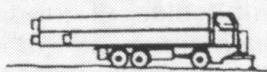


Fig. 3 a: Le véhicule spécial se prépare à lancer les poutres de roulement qui sont chargées sur son pont

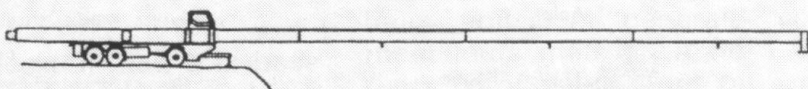


Fig. 3 b: Le véhicule spécial lance les poutres en porte-à-faux

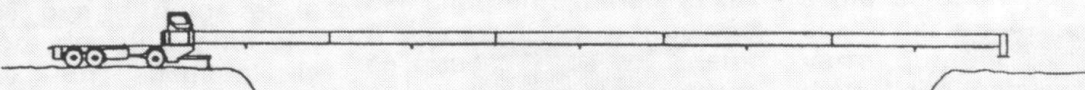


Fig. 3 c: Les poutres ont atteint leur longueur maximale de 55 m.

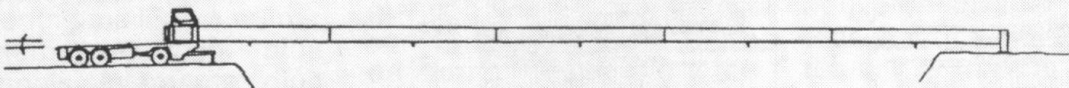


Fig. 3 d: Les poutres sont déposées sur la rive opposée.

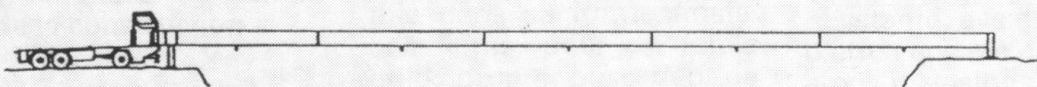


Fig. 3 e: Les poutres sont déposées sur la rive de construction.

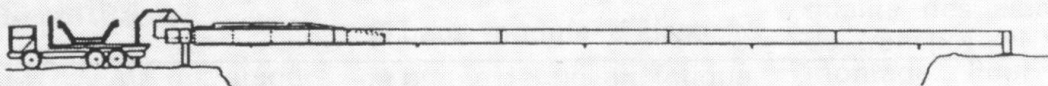


Fig. 3 f: Des camions débarquent leurs éléments sur les poutres de roulement où ces derniers sont assemblés et simultanément poussés.



Fig. 3 g: Le pont est entièrement construit et posé sur ses appuis par l'intermédiaire de vérins montés dans les poutres.

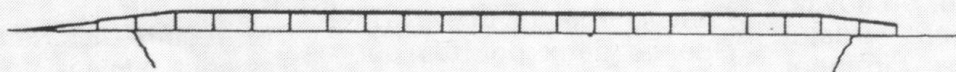


Fig. 3 h: Le pont est abaissé.

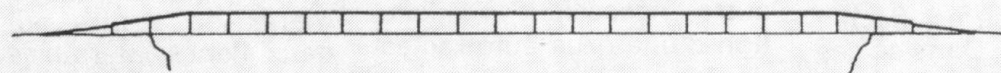


Fig. 3 i: Les éléments de rampe sont posés. Dès lors le pont est franchissable. (Il n'est pas nécessaire d'ôter les poutres de roulement. Celles-ci restent sur place.)



les deux poutres atteignent la rive opposée. Un système de contrepoids, utilisant des réservoirs d'eau remplis en fonction de la portée et fixés au camion, permet de jouer sur les différences de hauteur de rives et rend possible l'utilisation de places de construction fort restreintes. Une fois les poutres posées des deux côtés de l'obstacle, les bras-grues, équipant chacun des camions, déchargent les éléments de pont, facilitent leur assemblage par les sapeurs qui n'ont en principe plus qu'à guider et placer chevilles et goupilles. Les bras-grues poussent le pont, recouvert au fur et à mesure par les éléments de tablier (comprenant des bordures intégrées de 20 cm de hauteur), qui roule sur les poutres. Remarquons que le système de roulement est porté, non pas par les poutres lancées mais par chacun des caissons poussés sur elles. Le pont est ainsi glissé jusqu'au moment où il est abaissé à l'aide de vérins intégrés. Cet abaïssment est toutefois beaucoup plus rapide que celui du *Pont 69* car les poutres de roulement, contrairement au châssis de montage du pont fixe actuel, n'ont pas besoin d'être évacuées. Le pont abaïssé, il reste à placer les éléments de rampe et le pont est franchissable.

Le *Pont 2000* est constitué de modules d'environ 400 x 200 x 150 cm, qui sont transportables par camion, en respectant les gabarits internationaux. Comme nous l'avons vu, ces modules,

dont le poids maximum est de 1200 kg pour les éléments de caissons, sont manipulés par des grues placées sur les véhicules. L'homme n'intervient plus qu'au moment de l'assemblage des différents éléments. Cette conception permet de construire un pont d'une portée de 50 m en 60 minutes, avec un effectif de 10 hommes. On passe donc d'un engagement de section à un engagement de groupe.

Seule l'utilisation des matériaux composites autorise un tel système de montage. Les poutres de roulement étant lancées en porte-à-faux, leur poids propre doit être limité au strict minimum. Cette conception n'est donc pas applicable à un alliage métallique.

Soulignons encore que la conception du pont le rend entièrement symétrique (contrairement au *Pont 69*), ce qui résoud tous les problèmes de démontage sur rive opposée. La place de construction n'a pas besoin de profondeur. Le nombre de types d'éléments différents du pont est limité à quatre: poutres, caissons, tabliers et rampes.

On peut aussi citer d'autres avantages, liés aux matériaux:

- ces matériaux sont inoxydables;
- ces matériaux ont une excellente tenue en fatigue;
- le montage est silencieux.

Le faible poids propre facilite le montage, par contre

il rend l'ensemble du pont relativement léger (450 kg par mètre courant pour le *Pont 2000*, alors que le *Pont 69* a un poids au mètre courant de 900 kg). Aussi faut-il signaler que l'ancrage du pont devient inévitable. Pour ce faire, on aurait recours aux ancrages Titan, actuellement utilisés.

## Transport

La forme en U des éléments de caissons permet de les emboîter les uns dans les autres. Ainsi, tous les éléments sont empilés de façon rationnelle sur le pont des camions. Avec le système retenu, il n'y a plus de sanglage compliqué, long et fastidieux. Le principe des palettes disparaît lui aussi! Les véhicules utilisés pourraient être des camions *10 DM*. Le plan de chargement aurait ainsi l'allure suivante:

■ 1 camion spécial pour les poutres, disposant d'un système de fixation latéral et équipé d'un réservoir avec pompe pour faire le contrepoids;

■ 2 camions pour les éléments de tabliers;

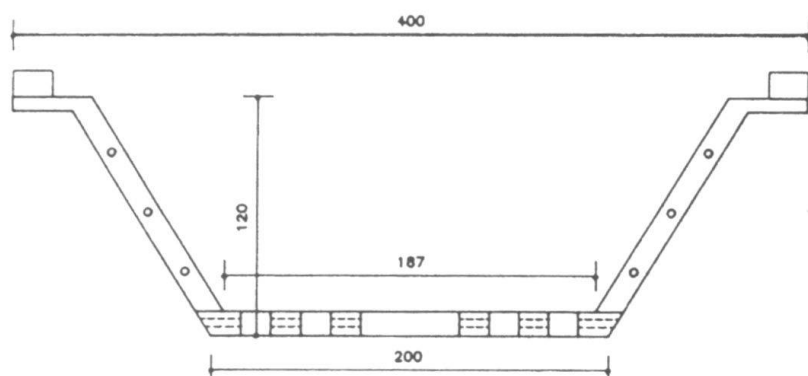
■ 2 camions pour les éléments de rampes;

■ 5 camions pour les éléments de caissons.

En tout pour un pont de 50 m, il faudrait dix *10 DM* ou cinq *10 DM* avec remorques.

## Maintenance

Un autre avantage certain est la possibilité d'effectuer une partie de la maintenance et quelques réparations



Plan d'une coupe d'un élément de caisson.

d'urgence ou de fortune par la troupe elle-même, à proximité des places de construction. En effet, un stage de cinq jours, dans un atelier spécialisé, suffirait à acquérir la connaissance nécessaire à la technologie des stratifiés. Les spécialistes formés n'auraient alors besoin que d'un matériel léger (fibre + matrice) et d'un local fermé et chauffé (au minimum 20° C) pour effectuer les réparations.

### Comportement des matériaux dans un cadre tactique

Il serait intéressant de connaître le comportement des matériaux utilisés si ceux-ci sont soumis aux effets d'armes C ou à effet thermique. Des études devraient être réalisées. Toutefois, en ce qui concerne la résistance des éléments aux projectiles et éclats, on

peut considérer que celle-ci est, à peu de choses près, la même que pour le Pont 69.

En ce qui concerne la manipulation des éléments par les sapeurs, un changement de mentalité sera nécessaire, car on ne peut plus se permettre de lancer des éléments comme lors du déchargement des triangles du Pont fixe 69! On travaille avec des éléments high-tech qui, même s'ils sont partiellement renforcés par des tôles en aluminium pour protéger la fibre cassante aux zones de contact, nécessitent une grande précision et le respect de certaines règles élémentaires.

### Coût

Du côté des désavantages, on peut citer le prix de construction qui avoisinerait 7 millions de francs (1992) montant environ deux fois plus élevé que

celui du Pont 69. On peut comparer ce facteur 2 avec le surplus de prix du pont PFM (Pont flottant motorisé) par rapport au Pont flottant 61 qui est d'un facteur 3 (6 millions pour le Pont flottant 61 et 20 millions pour le PFM). Toutefois, le prix d'exploitation serait plus avantageux que pour le Pont 69, puisque ce prix est lié à la maintenance et à la dégradation des matériaux. Or, dans ce domaine, les matériaux composites sont généralement meilleurs que les alliages courants.

## Conclusion

A l'aube du XXI<sup>e</sup> siècle, le vieillissement du Pont 69 nécessitera son remplacement. Pour garantir, avec des effectifs réduits, une bonne liberté de manœuvre à notre armée du futur, les matériaux composites du Pont 2000 semblent être les meilleurs atouts. Parce qu'il ne nécessite que peu de profondeur sur la place de construction, parce qu'il fait appel à des éléments légers, résistants et rationnels, le principe du pont 2000 pourrait garantir, avec souplesse, le franchissement d'obstacles dans des délais courts qui seront ceux du cadre tactique de l'avenir.<sup>1</sup>

N. F.

<sup>1</sup> Texte paru dans Technische Mitteilungen für Sappeure, Pontoniere und Mineure, septembre 1992 et repris avec l'aimable autorisation de son rédacteur en chef.