

# Pont sur le détroit de Messine

Autor(en): **Ben Kiran, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **113 (1987)**

Heft 23

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76448>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Pont sur le détroit de Messine

par A. Ben Kiran, Lausanne

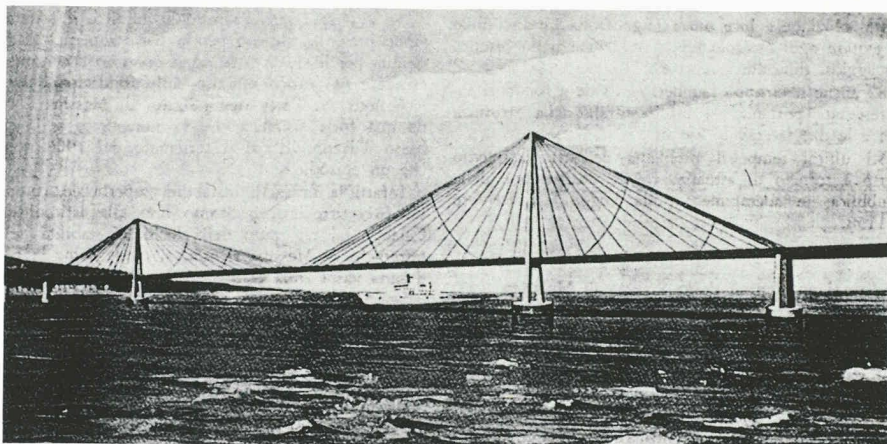


Fig. 1. — Le projet du groupe Lambertini.

Sous la pression de besoins socio-économiques qui se faisaient de plus en plus sentir pour que soit réalisée, entre la Sicile et la péninsule, une liaison fixe, ferroviaire et routière, un concours international d'idées fut lancé en 1969.

D'emblée, l'idée d'un tunnel sous le détroit était à écarter, non seulement à cause de conditions géotechniques très défavorables pour la réalisation et pour la sécurité en ce qui concerne le risque de séismes - zone rocheuse avec présence de failles actives et mal localisées -, mais aussi en raison de la longueur à prévoir pour les rampes d'accès : quelque 30 km, la pente admissible pour la ligne ferroviaire ne pouvant pas dépasser 15‰.

De même, une galerie sous-marine, consistant en un tube d'environ 30 m de diamètre, aurait beaucoup de désavantages : la tension des câbles retenant la galerie étant énorme, leur ancrage dans le fond marin se révèle difficile et coûteux. En outre pendant la construction, c'est-à-dire pendant plusieurs années, le trafic maritime serait partiellement voire totalement interdit.

C'est donc l'idée d'un pont qui semble la plus réaliste. Parmi les 143 projets présentés au concours (125 projets italiens, huit américains, trois anglais, trois français, un argentin, un suédois, un somalien et un allemand), deux se distinguèrent brillamment : celui du Gruppo Lambertini et celui du Gruppo Ponte di Messina.

## Les principaux projets

Le Gruppo Lambertini présenta un pont haubané avec des portées principales de 540 m + 1300 m + 540 m, ainsi que d'autres portées de rives (fig. 1). Puis, en 1982, il revisa à fond son projet, en portant la

portée centrale à 1800 m et les portées latérales à 700 m chacune. Les pylônes, d'une hauteur de 426 m, sont en béton. Des caissons cylindriques en béton, de 90 m de diamètre et reposant sur le sol marin à 100 m de profondeur, constituent les fondations.

De par sa relative simplicité et son élégance, ce projet aurait de très bonnes chances d'être réalisé si les autorités maritimes renonçaient à l'exigence d'une portée minimale de 2000 m à partir de la côte calabraise.

Le Gruppo Ponte di Messina (GPM) présenta un pont suspendu à trois portées et un autre à portée unique. Ce projet fut amélioré en 1978. Ce pont du GPM, avec sa portée unique de 3300 m (fig. 2), serait de loin plus économique et plus facile à réaliser avec un tablier en caisson.

Malheureusement, en choisissant ce genre de tablier pour une telle portée, on atteindrait une vitesse critique de flottement («flutter») très inférieure à celle des vents qui peuvent souffler sur le détroit de Messine. Ainsi, l'essentiel du problème revient à trouver une section de tablier avec un comportement aéroélastique acceptable.

Le GPM mit donc au point une section de conception non conventionnelle (fig. 3) : le tablier dit «transparent» est formé de bandes imperméables au vent alternant avec des bandes perméables constituées de grilles entre des poutres tubulaires longitudinales posées sur des cadres transversaux, qui sont soutenus par des tirants. En laissant communiquer entre elles les parties supérieure et inférieure au moyen de bandes perméables, on réduit les différences de pression et, par conséquent, la portance et les moments qui en découlent. La suspension est assurée par quatre câbles de 0,96 m de diamètre chacun, appuyés sur des pylônes en acier en forme de W renversé.

Comme la faisabilité d'un pont suspendu de très grande envergure dépend essentiellement de son comportement aéroélastique, plusieurs équipes de chercheurs, en collaboration avec le GPM et avec une contribution financière du Centre national italien de la recherche (CNR), se chargèrent d'étudier le comportement dynamique. Leurs études [4], [5], [6] ont permis d'analyser les problèmes de grande importance que sont la réponse à une excitation sismique, les effets des vents turbulents et la réponse aux charges mobiles (trafic routier et ferroviaire). Un modèle analytique, fondé sur la méthode des éléments finis, fut développé et mis au point en utilisant la technique de condensation statique afin de réduire le nombre des degrés de liberté. La comparaison entre résultats analytiques et expérimentaux montre la fiabilité du modèle analytique.

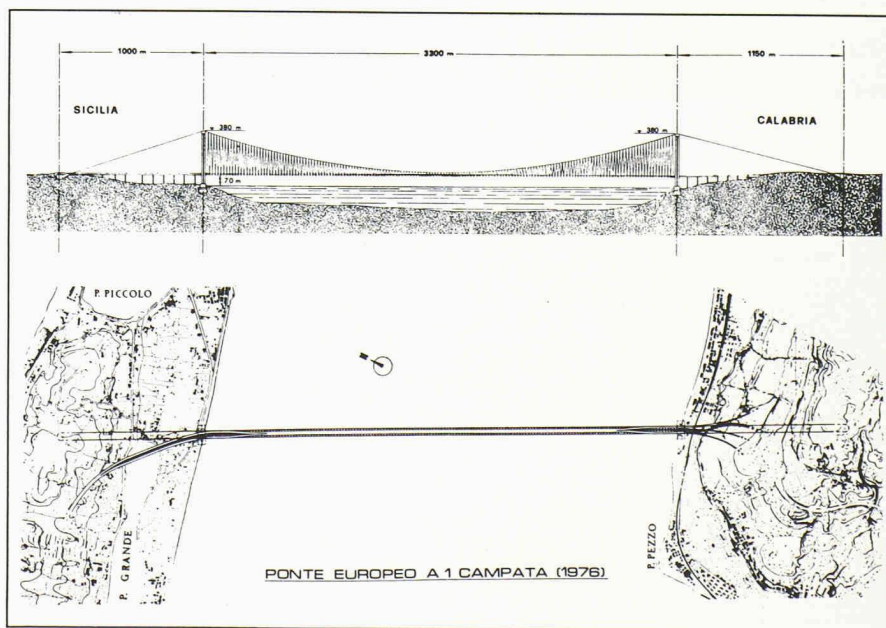


Fig. 2. — Le pont suspendu à portée unique du groupe Ponte di Messina (GPM).

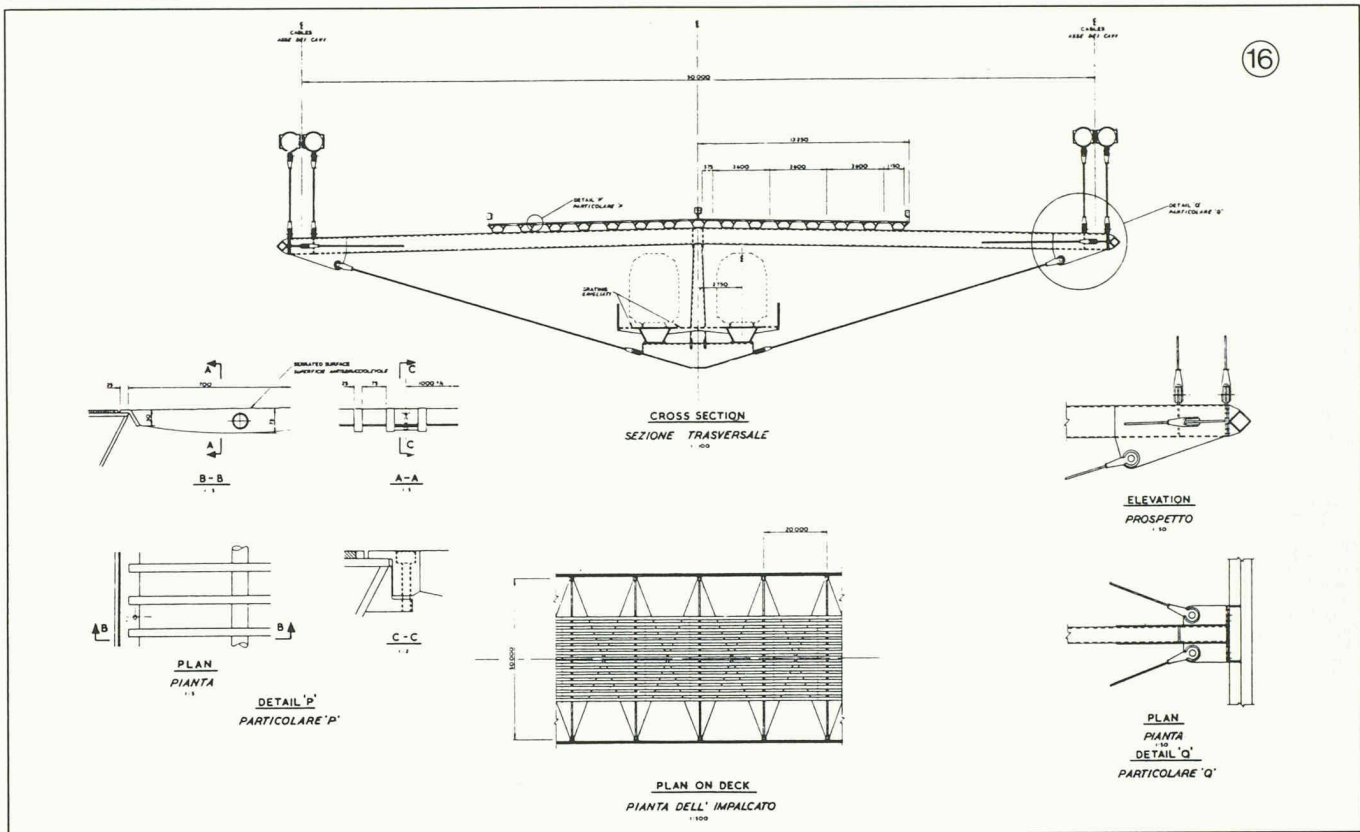


Fig. 3. — La conception du tablier proposée par GPM.

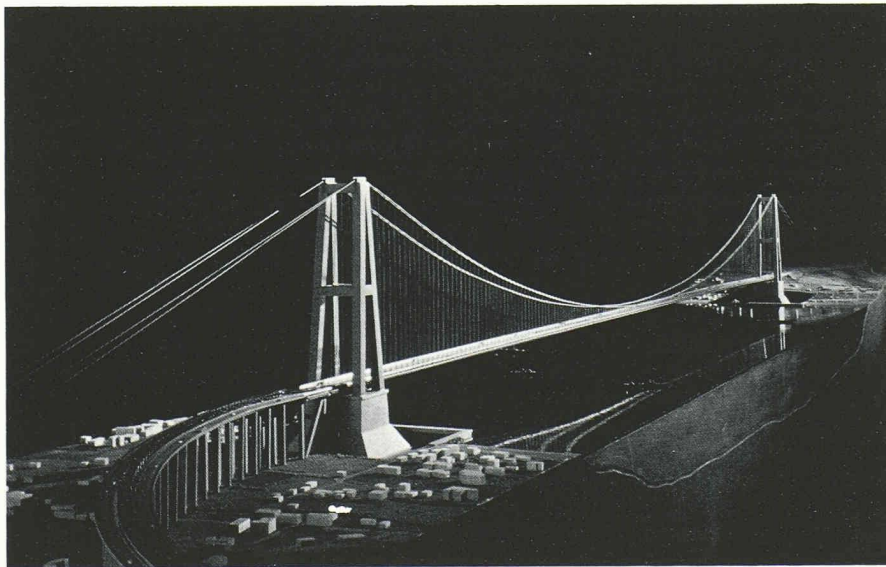


Fig. 4. — Maquette du projet de la Société du détroit de Messine.

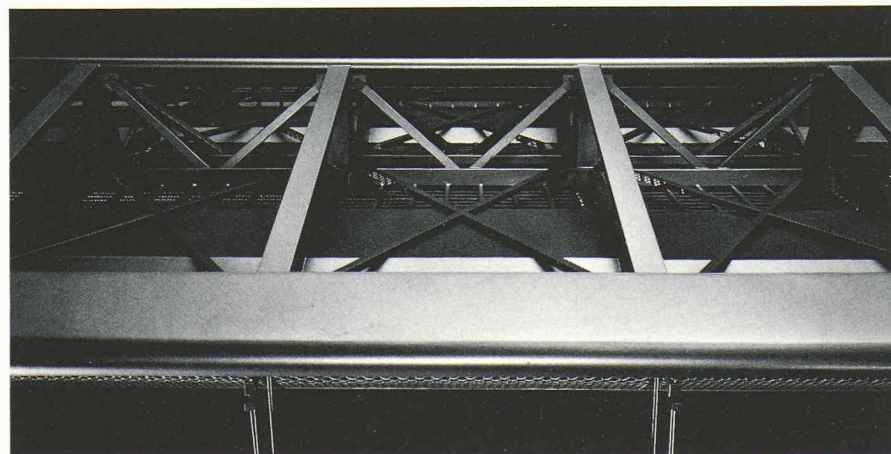


Fig. 5. — Détail de la construction du tablier du projet de la Société du détroit de Messine.

Parmi les principaux projets du pont de Messine, on peut citer aussi celui de la Société du détroit de Messine. La figure 4 montre la maquette qui a été exposée à l'Expo 86 à Vancouver. Il s'agit d'un pont suspendu avec un tablier en treillis à section triangulaire (fig. 5). Les quatre câbles de suspension, d'un diamètre de 1,60 m chacun, sont formés de paquets de câbles composés de fils parallèles de 5 mm. Le poids total de la structure est estimé à 630 000 t d'acier.

On ne saurait parler des différents projets du pont de Messine sans mentionner celui que Steimann avait proposé en 1952 : un pont suspendu avec des portées de 732 m + 1524 m + 737 m. Steimann avait proposé pour ce projet un système raidisseur très original et efficace. Il s'agissait d'un tablier en treillis auquel étaient associés des raidisseurs inclinés, avec une hauteur maximale au quart et aux trois quarts de la portée centrale ; en plus des haubans, disposés en éventail et partant du tablier au niveau des pylônes, aboutissaient aux câbles de suspension pour les raidir.

### Un projet-synthèse

Le projet de pont que je propose est le résultat d'une somme de réflexions, de conceptions diverses et de compromis entre les principaux critères de la sécurité, de l'économie et de l'esthétique. Toutes ces considérations trouvent leur expression dans un projet de portée unique de 3000 m, que l'on pourrait appeler «suspendu-haubané» (fig. 6 et 7). En

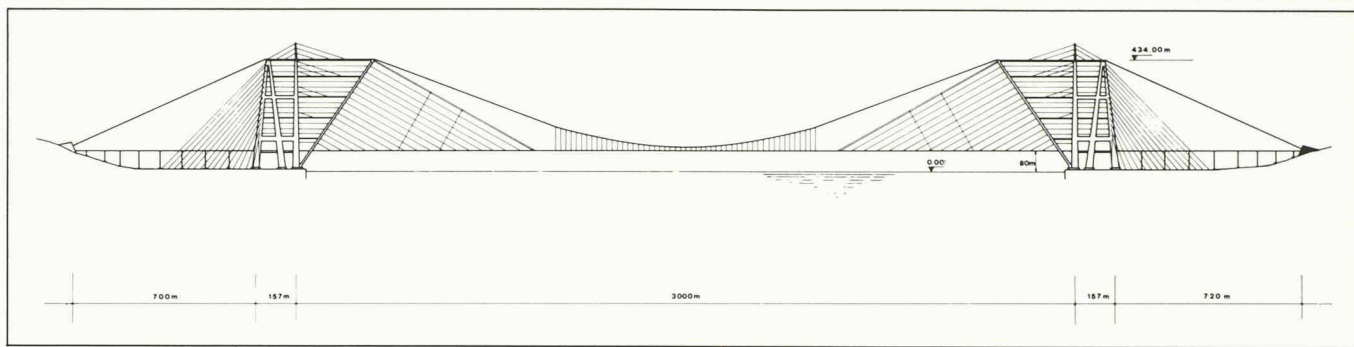


Fig. 6. — Projet de synthèse : disposition générale.

effet, la partie centrale du tablier est portée par des câbles de suspension et le reste par des haubans – cela confère au pont les avantages de la solution haubanée en ce qui concerne la rigidité tout en permettant de tirer profit de la solution suspendue pour le franchissement des grandes portées.

L'une des idées maîtresses consistait à «réduire» fictivement la portée en introduisant des pylônes en porte à faux. La longueur de leur bras de levier étant de 300 m, la portée se réduit à 2400 m pour les câbles de suspension, tandis que l'efficacité des haubans se voit augmentée. La figure 8 montre différentes dispositions des haubans ancrés, soit à un pylône classique, soit à un pylône en porte à faux. Pour ce deuxième cas, on voit que les haubans ont une longueur plus petite et un angle avec le tablier plus grand, ce qui permet d'augmenter leur efficacité d'une manière indiscutable. Bien que le pylône en porte à faux soit plus coûteux qu'un pylône classique, il contribue à un résultat d'économie globale très intéressant.

Le tablier se compose de deux caissons reliés entre eux par un contreventement (fig. 9). Des joints de dilatation judicieusement placés permettent un rapport convenable entre les forces axiales de compression et de tension. La figure 10 montre la répartition des forces axiales en fonction de la position du joint de dilatation. Lorsque ce dernier est déplacé vers la gauche, les forces de compression augmentent aux dépens des forces de tension et, lorsqu'il est déplacé vers la droite, c'est le contraire qui se produit. Les haubans, disposés en harpe et ancrés au tablier avec un espacement de 49 m, rejoignent les parties obliques des pylônes puis repartent horizontalement dans le même plan; ils quittent ensuite les pylônes pour aller s'ancrer au sol en formant un voile courbe, les points d'ancrage de chaque hauban se trouvant alors sur deux droites non coplanaires. L'efficacité des haubans est renforcée par des raidisseurs qui leur sont perpendiculaires.

Le tablier formé de deux caissons aurait nécessité des pylônes à trois rangées au lieu de deux, ce qui aurait été assez coûteux. Cette difficulté a été contournée en réunissant en un seul câble deux des quatre câbles de suspension dans la zone

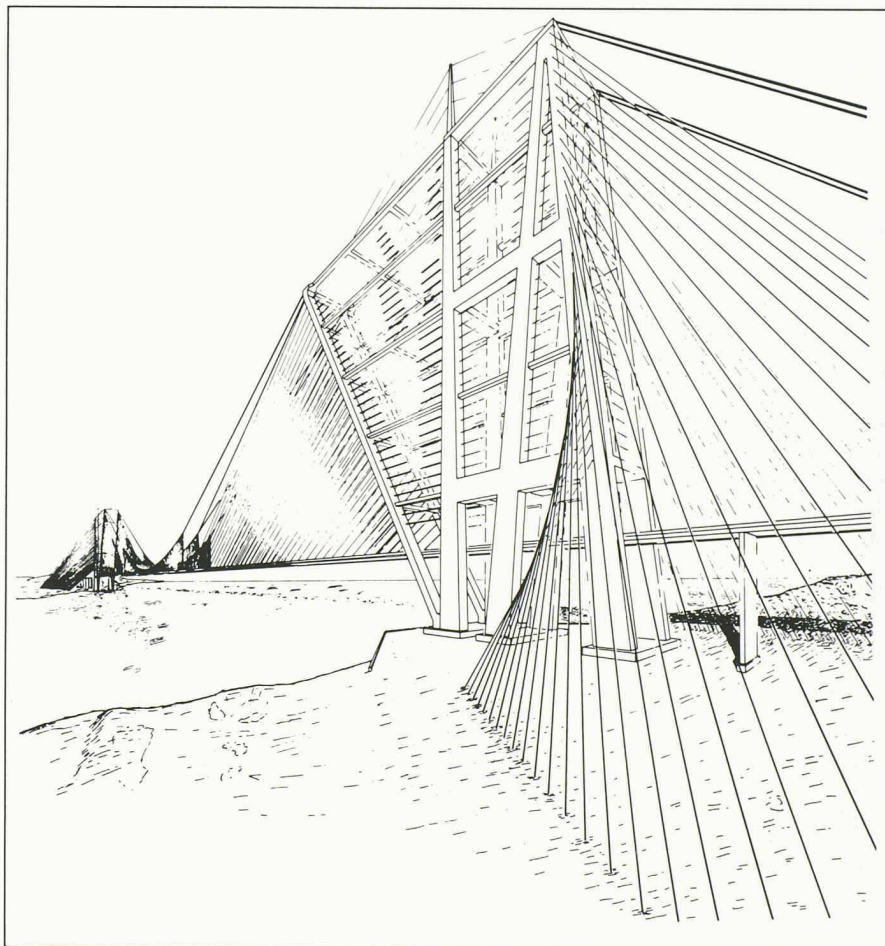


Fig. 7. — Vue perspective du projet de synthèse.

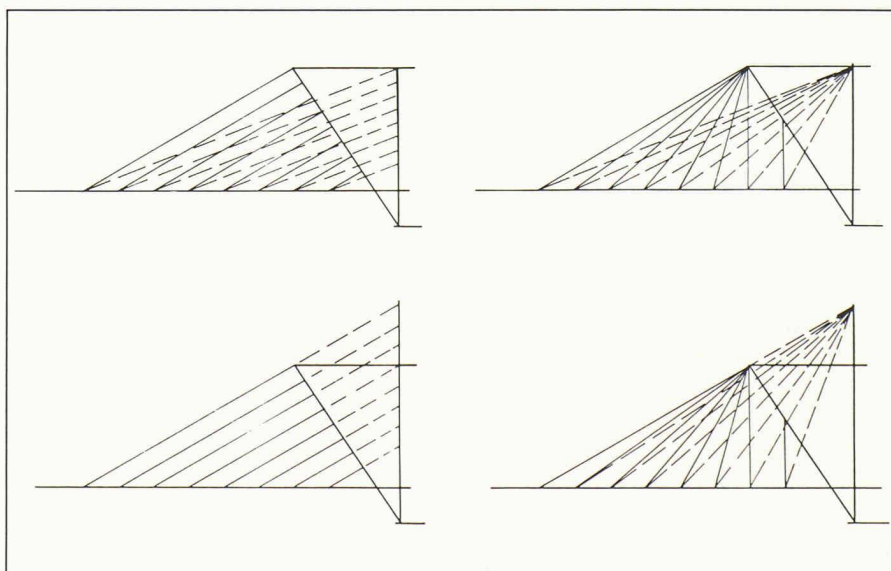


Fig. 8. — Etude de disposition des haubans.

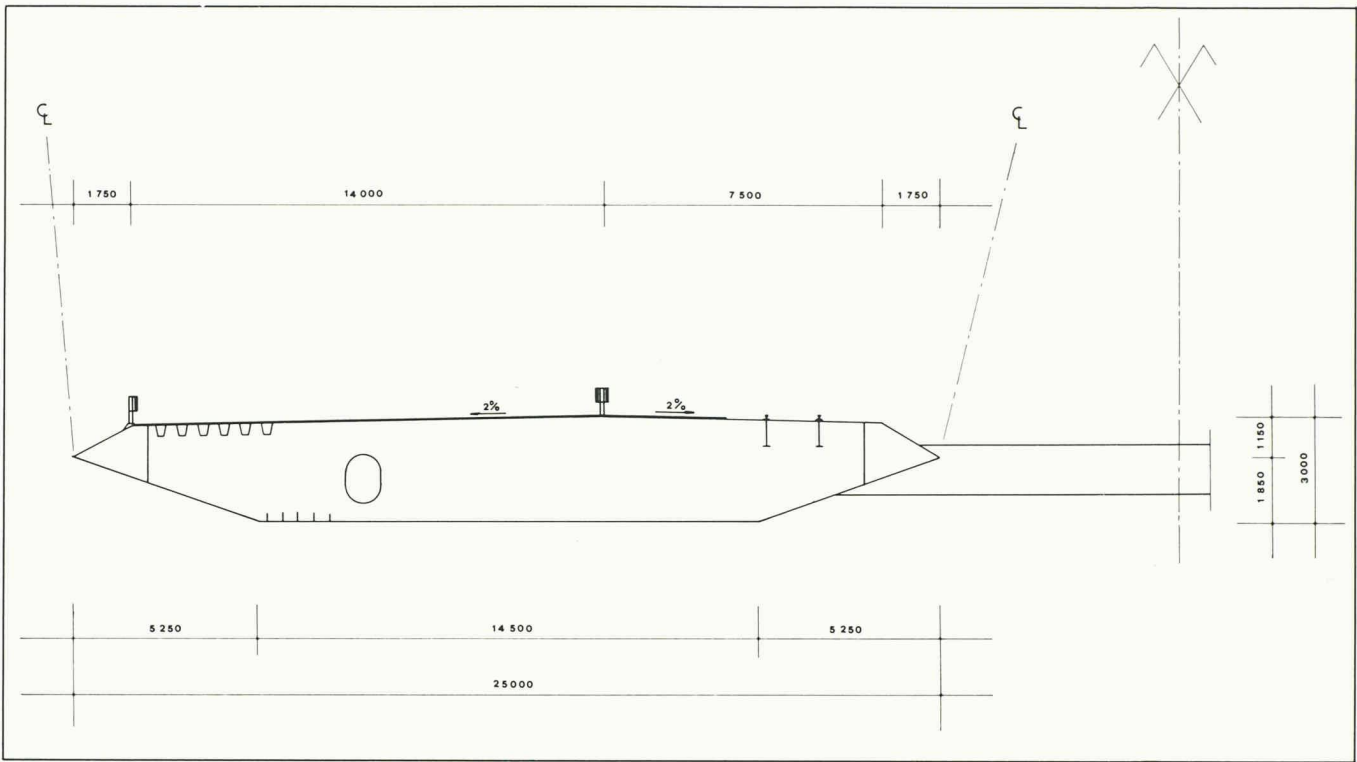


Fig. 9. - Projet de synthèse: coupe du tablier.

située entre le tiers et les deux tiers de la portée et en reliant les haubans ancrés aux bords intérieurs des caissons aux deux parties obliques des pylônes. Cela implique des forces horizontales qui seraient défavorables pour la stabilité des pylônes si des poutres horizontales n'y étaient pas disposées à intervalles réguliers.

Chaque pylône est donc constitué de deux rangées seulement de mâts en béton rendus solidaires d'une structure d'acier en porte à faux, dont les parties horizontales sont portées par des haubans ancrés soit dans les mâts en béton, soit dans des mâts auxiliaires en acier (fig. 11). Une fois les charges permanentes posées sur le tablier, les câbles de la

suspension sont fixés définitivement aux pylônes.

Le comportement aéroélastique du tablier devrait être satisfaisant à cause des considérations suivantes:

- les câbles de suspension ne peuvent se déformer qu'à l'intérieur d'une portée de 2400 m;

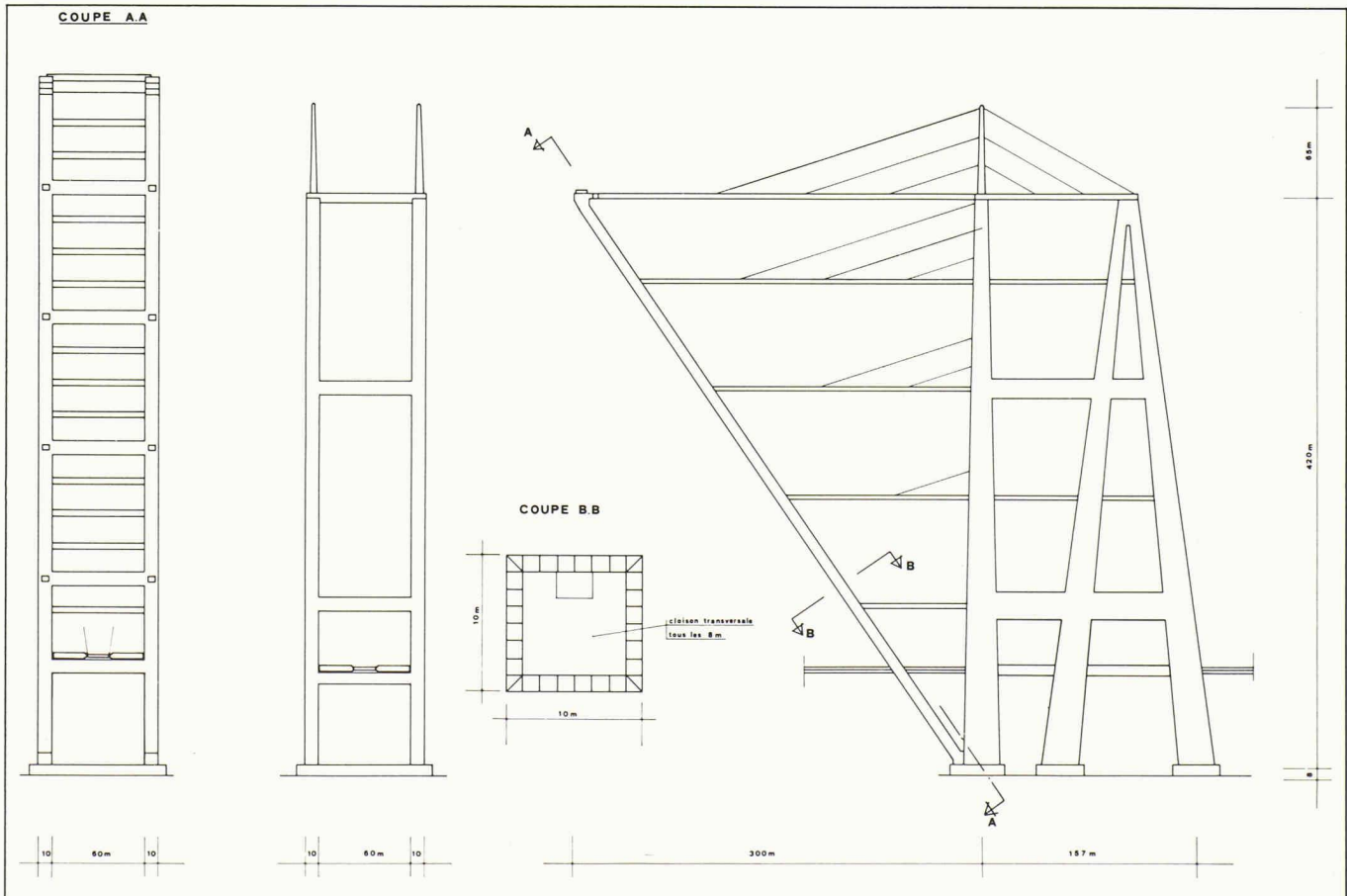


Fig. 11. - Disposition d'un pylône.

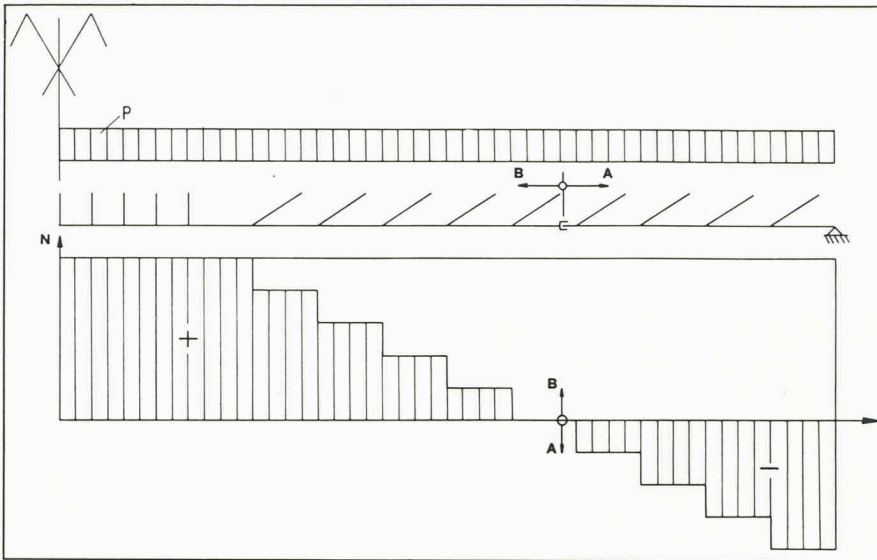


Fig. 10. — Répartition des forces axiales selon la position du joint de dilatation.

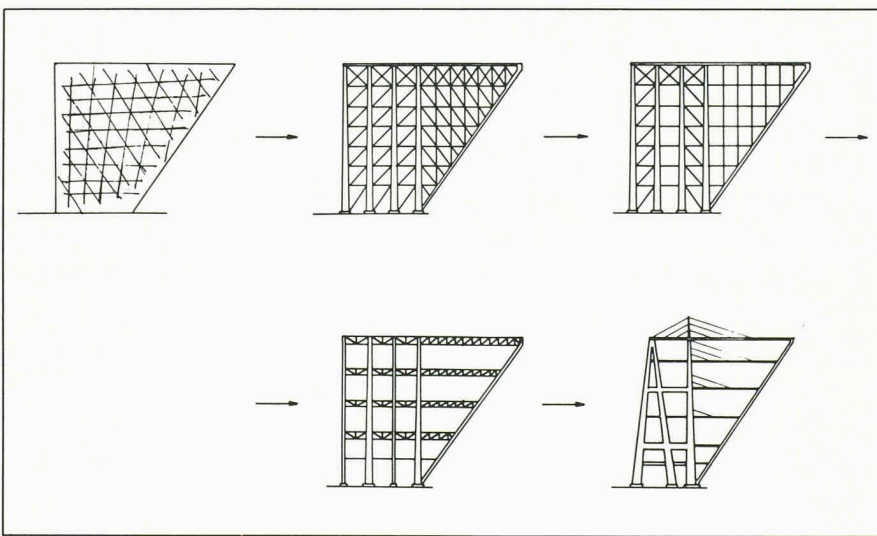


Fig. 12. — Evolution de la formule de pylône en porte à faux.

- les haubans contribuent très efficacement à la rigidité du tablier;
- les forces axiales de tension ont un effet stabilisateur;
- l'application de la découverte des professeurs Ackeret et Stüssi (ouverture axiale du tablier);
- la réunion de deux câbles de suspension en un seul;
- la très grande rigidité longitudinale des pylônes;
- la partie suspendue du tablier ne représente que le tiers de la portée.

La faisabilité et l'économie de ce genre de ponts dépendent des trois paramètres suivants:

- hauteur  $H$  du pylône
- longueur  $L_B$  du porte-à-faux
- longueur  $L_S$  de la partie suspendue du tablier.

L'étude de plusieurs variantes a montré que la combinaison  $H = 420$  m,  $L_B = 300$  m,  $L_S = 1000$  m est très proche de la solution optimale. Il en résulte un poids global en acier de 140000 t.

Il serait peut-être intéressant de voir les différentes phases d'évolution de la formule du pylône en porte à faux (fig. 12).

### Conclusion

A une époque où l'Europe commence à se doter d'axes ferroviaires à grandes vitesses, l'image d'un train traversant à bord d'un bateau les quelque trois kilomètres du détroit de Messine paraît bien anachronique, surtout si l'on pense au tunnel sous la Manche ou au pont de très grande envergure qu'est le Akashi Kaikyo Bridge au Japon, avec des portées de 890 m + 1780 m + 890 m. Si le pont de Messine n'a pas encore été réalisé, la faute n'en est pas à un manque

### Bibliographie

- [1] PFANNMÜLLER, F.: «Projekt einer Brücke über die Meerenge von Messina», *Der Stahlbau*, 2/1971.
- [2] TOSCANO, A. M.: «Fattibilità di ponti a più campate per l'attraversamento dello Stretto di Messina», *Costruzioni metalliche*, N° 3, 1979.
- [3] WEX, B. P.: *Case Study: The Humber Bridge*, IABSE Symposium, Zurich, 1979.
- [4] DIANA, G.; FALCO, M.; GASPARETTO, M.: «Comportamento dinamico di un ponte sospeso a grande luce - Parte 1: Risposta ad una eccitazione sismica», *Costruzioni metalliche*, N° 1, 1982.
- [5] CURAMI, A.; FALCO, M.: «Comportamento dinamico di un ponte sospeso a grande luce - Parte 2: Effetto dell'azione del vento in regime turbolento», *Costruzioni metalliche*, N° 2, 1982.
- [6] CASTOLDI, A.; CHELI, F.; COLOMBO, C.; CURAMI, A.; FALCO, M.: «Comportamento di un ponte sospeso a grande luce - Parte 3: Risposta di un modello fisico ad eccitazione sismica (confronto con risultati analitici)», *Costruzioni metalliche*, N° 2, 1983.
- [7] DE MIRANDA, F.: «Sulla fattibilità del ponte per l'attraversamento stradale e ferroviario dello Stretto di Messina», *Costruzioni metalliche*, N° 5, 1983.
- [8] THIELE, F.: «Zugeschärfte Berechnungsweise der aerodynamischen Stabilität weitgespannter Brücken (Sicherheit gegen winderregte Flatterschwingungen)», *Der Stahlbau*, 12/1976.
- [9] FINZI, L.: «Stretto di Messina; attraversamento stradale e ferroviario», *Costruzioni metalliche*, N° 1, 1986.
- [10] DI CASTELBIANCO, F. B.: «Fattibilità del ponte a campata unica di 3300 metri per l'attraversamento viario e ferroviario dello Stretto di Messina», *Costruzioni metalliche*, N° 2, 1979.
- [11] LEONHARDT, F.; ZELLNER, W.: *Cable-Stayed Bridges; Report on latest developments*, Canadian Structural Engineering Conference, 1970, Canadian Steel Industries Construction Council, Toronto, Ontario, Canada.

d'imagination de la part des ingénieurs, mais plutôt aux rouages socio-politiques. Il est vrai que les investissements pour la réalisation d'un tel projet peuvent paraître énormes; ils deviennent minimes dès que l'on pense aux nombreuses répercussions positives sur le plan macro-économique.

Une conception, qu'elle soit architecturale ou structurale, peut évoluer pendant l'élaboration d'un seul projet, mais aussi avec le temps, c'est-à-dire d'un projet à l'autre; les changements qui interviennent résident, dans les deux cas, dans la forme et non dans le fond.

### Source des illustrations

Les photographies du modèle exposé à l'Expo 86 à Vancouver et de son tablier (fig. 4 et 5) nous ont été aimablement prêtées par la Société du détroit de Messine. La figure 1 est la reproduction autorisée de la photographie publiée dans l'article de F. de Miranda [7]. Les figures 2 et 3 sont les reproductions des illustrations qui nous ont été aimablement prêtées par le Gruppo Ponte di Messina.

### Adresse de l'auteur:

A. Ben Kiran, ing. civil dipl. EPFZ  
Av. de Montoie 12  
1007 Lausanne