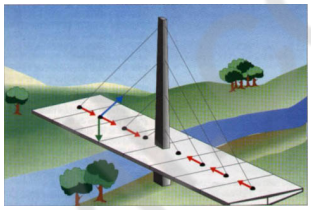
U. de Moncton

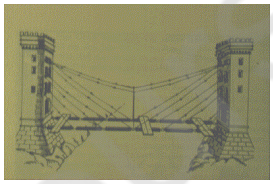
GCIV-5340
Conception des ponts

Prof. Noyan Turkkan
Faculté d'ingénierie, 119 G2
turkkan@umoncton.ca
506-858-4304

PONTS À HAUBANS



Les premiers ponts haubanés



Pont conçu par Faustus Verantius en 1617

Pont conçu par Immanuel Loescher en 1784

Système à haubans

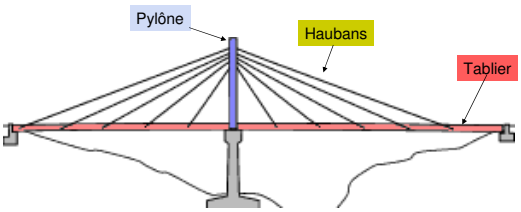
Depuis les années 1950, le système à haubans dépasse pratiquement tous les systèmes concurrents jusqu'ici aussi bien dans les petites passerelles que dans les pont-rails à grande portée.

Il y a plusieurs raisons :

- Les câbles de haute résistance
- Permet une variété architecturale
- Seul système utilisable sur mauvais sols
- Les déformations sont plus petites que dans un pont suspendu
- Il peut être monté facilement

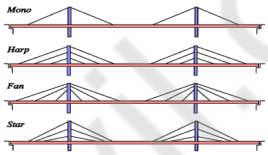
cours-genie-civil.com

Composantes



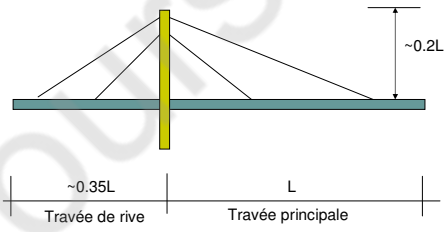
Conception

- Système longitudinale
  - Haubans multiples (grâce à l'informatique)
  - Configuration



Mono
Harpe
Éventail
Étoile

Conception



Conception

- Tablier

  Tablier du pont travaille en compression et flexion.

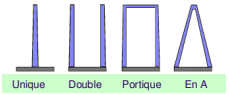
  Matériaux
  - Béton portée jusqu'à 300m
  - Mixte acier-béton jusqu'à 500m
  - Tout acier au-delà de 500m

  Écartement des haubans
  - 10 m pour les tabliers en béton
  - 15 m pour les tabliers mixtes
  - 20 m pour les tabliers entièrement acier

cours-genie-civil.com

Conception -Pylônes

Les pylônes travaillent essentiellement en compression. Il est donc économique de les construire en béton.



Conception - Haubans

Les qualités essentielles des haubans pour les ponts sont :

Haubans

- Ils doivent être individuellement remplaçables. Ceci implique que les haubans doivent être ancrés sur le pylône et le tablier par des culots d'ancrage et ne doivent pas passer sur des selles.

Haubans

- Ils doivent pouvoir être inspectés sur toute la longueur. Les têtes d'ancrage doivent donc être appuyées sur des systèmes à écrous ou similaires, situés sur la face arrière. Il faut que l'inspection soit possible visuellement pour la surface, mais aussi pour le hauban complet en profondeur, avec des équipements d'induction magnétique.

cours-genie-civil.com

Haubans

- Le module d'Young doit être élevé et constant.
- L'amplitude de fatigue acceptable doit être élevée.

Conception - haubans

Les types les plus importants des câbles pour les haubans sont :

a) Les câbles clos.
Les câbles clos sont constitués de plusieurs couches de fils ronds enroulés hélicoïdalement autour du noyau. Ils sont ancrés dans des culots avec de l'acier moulé à chaud. La protection anticorrosion est constituée de :

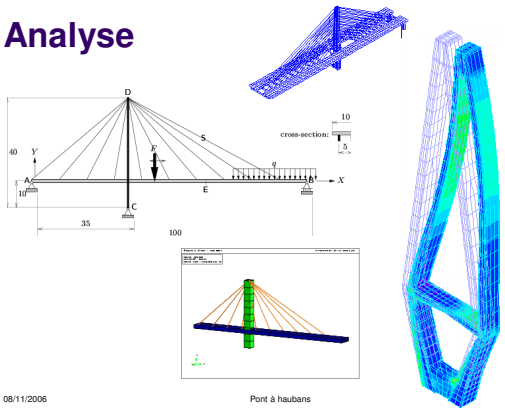
- galvanisation à chaud de tous les fils
- remplissage des vides de polyuréthanne avec du chromate de zinc
- 4 couches extérieures de produits anticorrosion et finition

Les plus gros câbles produits pour les ponts jusqu'ici ont un diamètre de 160 mm, correspondant à une charge ultime de 30 MN environ. La contrainte de fatigue admissible est de l'ordre de 150 MPa, et le module d'Young de l'ordre de 170 GPa.

Conception - haubans

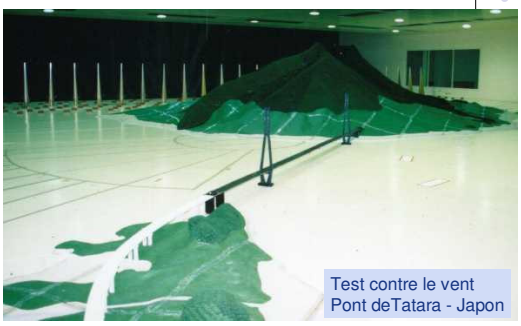
b) Câbles à fils parallèles ou toronnés.
Ces câbles sont constitués de fils de précontrainte parallèle de diamètre 7 mm ou des fils de précontrainte de diamètre 15 mm. Ils sont aussi ancrés dans des culots, mais au moyen d'un mélange de billes d'acier, poudre de zinc et résine époxy ou par des cales.
Les plus gros câbles fabriqués à ce jour ont 499 fils de diamètre 7 mm et 127 torons de diamètre 15 mm respectivement, correspondant à une charge ultime de 31 MN. La contrainte admissible pour la fatigue est de l'ordre de 200 MPa et le module d'Young de 200 GPa

Analyse



cms-genie-civil.com

Modélisation



Test contre le vent
Pont deTatara - Japon

Construction

Une des raisons principales du succès important des ponts à haubans a été leur facilité de construction, car ils sont auto-portants à toutes les étapes intermédiaires. Pour le montage du tablier, quelque soit le matériau, deux méthodes de base peuvent être observées :

Construction

- Quand les travées de rive sont à une faible hauteur du sol, elles sont construites sur des palées auxiliaires, et ensuite la travée principale en encorbellement

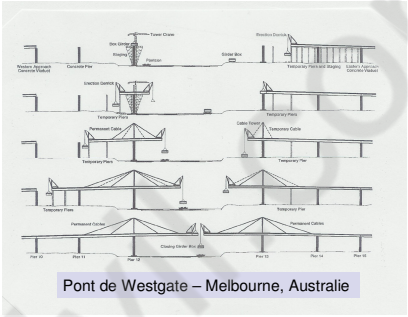
Construction

- Quand, au contraire, les travées de rive sont très hautes au-dessus de l'eau et des palées auxiliaires doivent être protégées de l'impact des navires, le montage est normalement effectué depuis les pylônes jusqu'au piles d'ancrage et jusqu'au centre de la travée principale en encorbellement

cours-genie-civil.com

Construction

Construction - étapes



Pont de Westgate – Melbourne, Australie

Maintenance

Le coût d'une maintenance appropriée des ponts est estimé à environ 1 à 2 % de l'investissement total annuellement. Il est surtout dû à la réparation des surfaces de roulement, les joints de dilatation et appareils d'appui, les reprises de peinture sur l'ossature métallique et la réparation des surfaces de béton endommagées. Sur cet aspect, il n'y a pas de différence notable entre les ponts à haubans et les autres types de pont, ni entre les tabliers métalliques, mixtes et béton.

Maintenance

Il est maintenant mondialement reconnu que les structures en béton ne sont pas sans entretien ; et que la réparation sur béton peut être plus coûteuse que la peinture de l'acier.

cours-genie-civil.com

Maintenance

L'acier à haute limite d'élasticité des câbles est plus susceptible à la corrosion que l'acier normal, mais les fils étirés à froid utilisés dans les câbles à fils parallèles ont une meilleure résistance à la corrosion que les fils traités à chaud. La corrosion diminue considérablement la résistance à la fatigue.

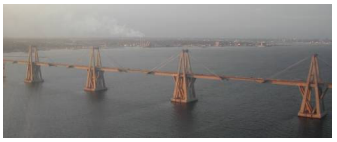
Câbles clos

Avec une protection anticorrosion moderne dès le début, c.-à-d., galvanisation de tous les fils et une peinture active épaisse, on peut espérer une période sans entretien d'environ 20 ans. Au-delà, les câbles doivent être repeints

Câbles à fils parallèles et torons

La gaine PE (polyéthylène) peut être considérée sans maintenance, si pendant la construction les précautions nécessaires sont prises. Les haubans du pont piétonnier ''Schillersteg'' à Stuttgart qui ont été exposés à de fortes vibrations, n'ont reçu aucun entretien pendant presque une durée de vie de 40 ans.

Quelques exemples



Pont de Maracaibo – Venezuela
135 travées, 8.7 km
Construit de 1959 à 1962

Pont de Mezcala – Mexique, Acapulco
80-313-301-86-69-42 = 891 m
Construit 1989 -1993

cours-genie-civil.com

Quelques exemples

Pont de Ting-Kau, Hong Kong
127-448-475-127 = 1177m
Construit de 1994 à 1999

Quelques exemples

Pont de Rion-Antirion,
Corinth, Grèce
2 travées de rive de 305 m
3 travées de 560 m
Longueur totale = 2290 m
Inauguré 2004

Quelques exemples

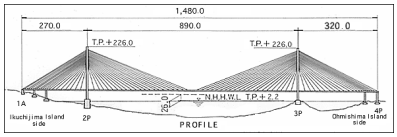
Pont de Normandie – Le Havre, France
Inauguré en 1995 – 2141 m
Travée centrale – 856 m
Pylônes – 215 m de hauteur

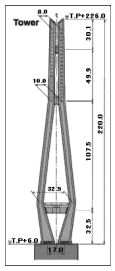
Quelques exemples

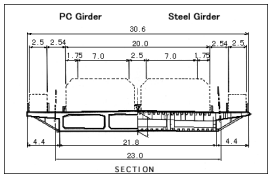
Pont de Tatara – Japon
Inauguré en 1999
La plus longue travée centrale au monde avec 890 m

cours-genie-civil.com

Quelques exemples







Les détails du pont de Tatara

Viaduc de Millau

Hauteur au sommet des pylônes : 343 m
Hauteur du tablier au dessus du Tarn : 270 m
Longueur totale : 2460m
8 travées reposant sur :
7 piles soutenues par des haubans fixés à :
7 pylônes de 90 m de hauteur chacun
Tablier acier : 36 000 tonnes de charpente métallique (5x la tour Eiffel)
Béton : 205 000 tonnes
Pente : 3% environ
Effectifs présents sur site : 500 personnes en période de pointe...

cours-genie-civil.com

Passerelles

Références

- Reiner Saul - Ponts à haubans à tabliers métalliques et mixtes, Millau 2000
- Chen & Duan – Bridge Engineering, CRC Press, 1999

cours-genie-civil.com