

# Le pont Yavuz Sultan Selim, troisième pont du Bosphore

*Élève de l'ENS Paris-Saclay, Lucie Guigue, lors de sa première année en Sciences pour l'Ingénieur (année SAPHIRE) a suivi le parcours « Ingénierie civile ». Dans ce cadre les élèves ont, sur un thème imposé, à réaliser un état de l'art, un mémoire et à présenter une courte leçon. Cette ressource est issue de ce dossier.*

Le pont Yavuz Sultan Selim, ou troisième pont du Bosphore, est un ouvrage mis en service en août 2016 à Istanbul en Turquie. Il est considéré comme le pont de tous les records. Record mondial dans plusieurs catégories, réalisé en un temps très court, il est considéré comme une prouesse technique. C'est un projet dont l'investissement total a été de 3 milliards de dollars [1].



Figure 1 : Le pont Yavuz Sultan Selim, septembre 2019, source [1]

Cette ressource rappelle des notions générales sur les ponts afin de se familiariser avec le vocabulaire spécifique à l'étude d'un pont. L'évolution des technologies employées pour la construction des ponts est ensuite décrite, ce qui permettra d'apprécier la spécificité du troisième pont du Bosphore.

## 1 – Notions générales sur les ponts

Les ponts sont des ouvrages permettant le franchissement d'un obstacle (fleuve, route, vallée, etc.) en passant au-dessus de celui-ci. Il en existe de différentes formes, construits avec différents matériaux.

### 1.1 - Vocabulaire des éléments constitutifs d'un pont et exemples de technologies existantes

#### 1.1.1 Classification des différents types de ponts

Il existe plusieurs types de ponts. En fonction de leur forme, ils sont regroupés dans des catégories différentes, dont :

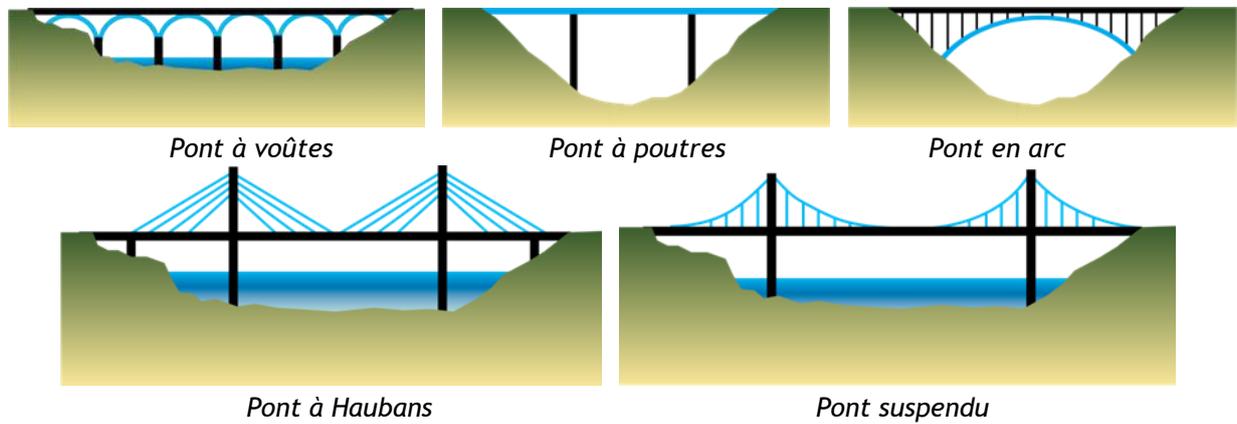


Figure 2 : Classification des différents types de ponts, source [2]

### 1.1.2 - Les ponts haubanés

Les ponts haubanés permettent la reprise du poids du tablier par des pylônes, ils permettent l'obtention d'une plus grande portée que des ponts classiques. Les haubans peuvent être disposés de différentes manières, en harpe ou en éventail. La schématisation de ce type de pont à haubans est illustrée ci-dessous :

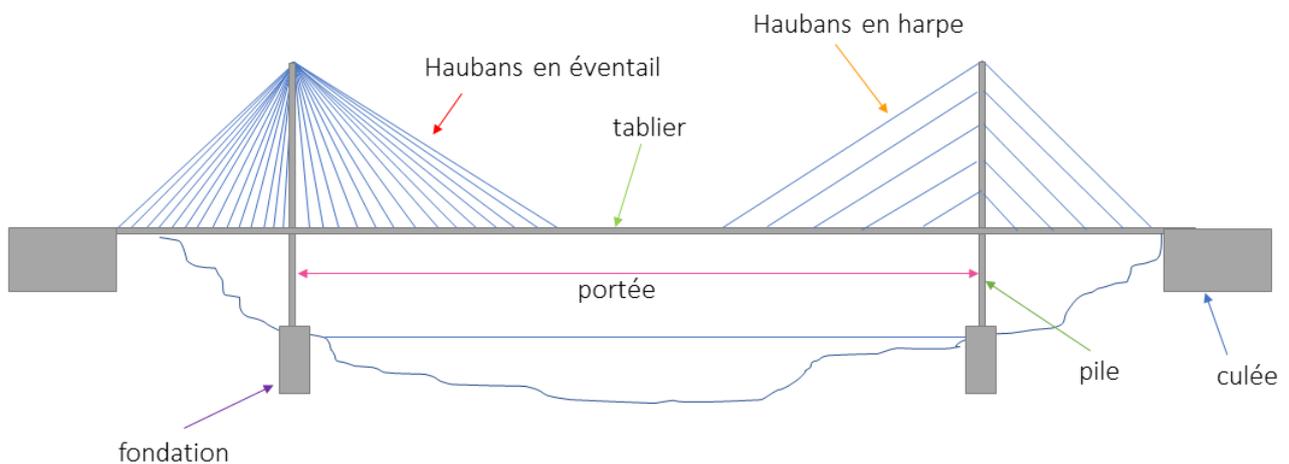


Figure 3 : Schéma du principe d'un pont à haubans en harpe et en éventail, source Lucie Guigue

La solution en éventail permet d'amener moins de compression dans le tablier pour une hauteur de pylône fixe. Néanmoins, les haubans ne possèdent pas tous le même point d'ancrage étant donné l'intensité des efforts qu'ils transmettent. La solution technique souvent employée est nommée « semi-éventail ». Elle peut être observée sur le viaduc de Millau, sur la figure suivante :



Figure 4 : Le viaduc de Millau, exemple d'un pont à haubans, source [3]

Étant bien articulés, on considère que les haubans travaillant en traction, et qu'ils appliquent un effort dans l'axe du câble. C'est donc un effort incliné par rapport à l'axe vertical sur les tabliers de ponts haubanés qui travaillent ainsi en flexion composée, c'est-à-dire en flexion et en compression. La section du tablier ne pouvant être infinie, cette compression est un élément limitant pour la portée de ce type d'ouvrage.

### 1.1.3 - Les ponts suspendus

Comme les ponts haubanés, les ponts suspendus permettent une plus grande portée que les ponts historiquement plus anciens. Une schématisation de ce type de pont est présentée ci-dessous :

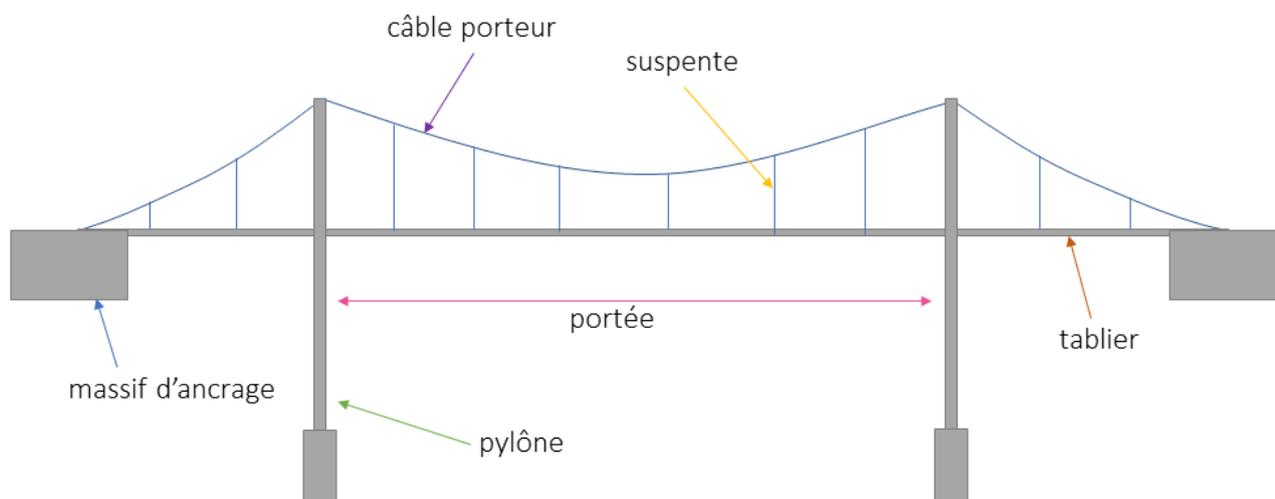


Figure 5 : Schéma d'un pont suspendu, source Lucie Guigue

Le Golden Gate, à San Francisco, est l'un des ouvrages suspendus les plus célèbres. On peut observer les éléments caractéristiques d'un pont suspendu sur la photographie suivante :



Figure 6 : Le Golden Gate à San Francisco, exemple de pont suspendu, source [4]

Les tabliers de ponts suspendus travaillent en flexion simple car les suspentes sont verticales. Ainsi, contrairement aux ponts haubanés, ils ne travaillent pas en compression. Ils peuvent donc présenter une plus grande portée que les ponts haubanés. Cependant, une grande portée implique de grands efforts supportés par le câble porteur qui doit être fixé à l'aide de massifs d'ancrages. Or plus les efforts à supporter sont importants, plus les massifs d'ancrages doivent être massifs et donc volumineux. Ce n'est pas toujours possible en raison du type de sol de l'endroit où le pont se situe. La portée du pont peut donc être limitée par le type de sol dans lequel les massifs d'ancrage doivent être implantés, sauf à couler des millions de mètres cubes de béton comme pour l'ancrage rive gauche du pont de Tancarville (13 000 m<sup>3</sup>).

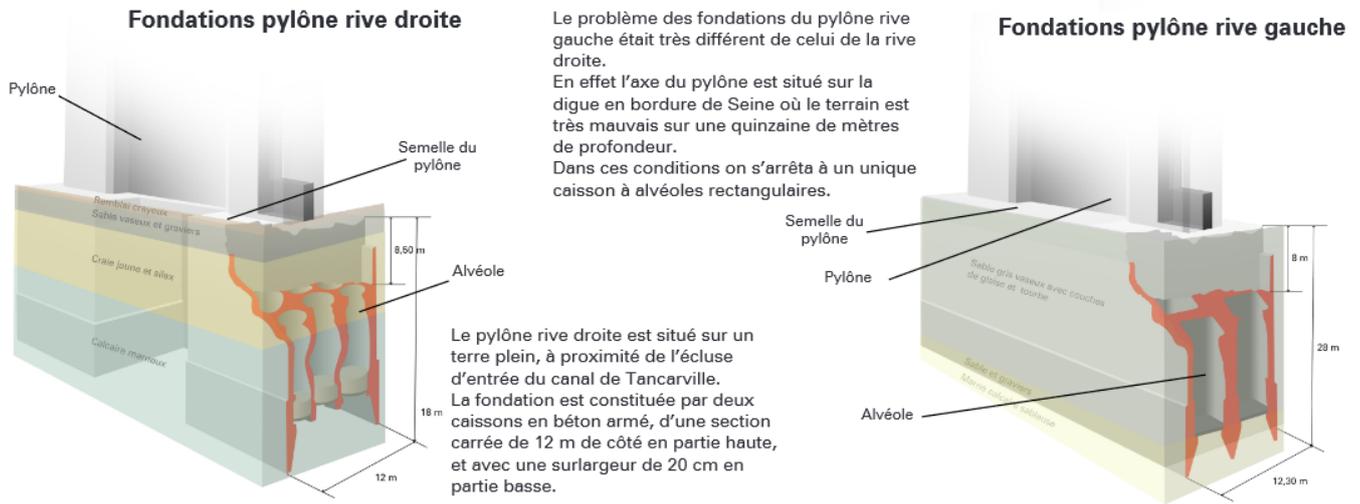


Figure 7 : Fondations des pylônes rive droite et gauche du pont de Tancarville, source [5]

## 1.2 - Historique des technologies employées et des dimensions des ouvrages

Depuis la préhistoire, des ponts ont été construits et utilisés. Leur forme et leurs dimensions ont évolué principalement avec la disponibilité de matériaux : ils ont d'abord été construits en utilisant du bois et de la pierre, puis du métal et enfin du béton. Les technologies utilisées avant le XIXe siècle ne seront pas expliquées en détail.

### 1.2.1 - Exemples de ponts construits jusqu'au XIXe siècle

Depuis la préhistoire, des ponts ont été construits. Jusqu'à la fin du XVIIIe siècle, les ponts étaient construits principalement avec du bois ou de la pierre, souvent avec des voûtes. Voici quelques exemples de constructions à différentes époques :



Figure 8 : Le Tarr Steps, Grande-Bretagne, pont de dalles de pierres du 1<sup>er</sup> millénaire av. J.-C., source [6]



Figure 9 : Pont Ambroix, Hérault, pont voûté en pierre datant du 1<sup>er</sup> siècle après J.-C., source [7]



Figure 10 : Kapellbrücke, ou pont de Lucerne, Suisse, pont en bois construit en 1333, source [8]



Figure 11 : Iron Bridge, Shropshire Angleterre premier pont en métal construit en 1779, source [9]



Figure 12 : Pont de Pierre à Bordeaux ouvrage achevé en 1822, source [10]

### 1.2.2 - Depuis le XXe siècle

Depuis le XIXe siècle, des sciences telles que la résistance des matériaux se développent, ainsi que des outils de calculs. L'usage du fer puis de l'acier, du béton armé puis précontraint, plus performants que le bois et la pierre, se font de plus en plus fréquents (voir la vidéo « [Cordées de la Réussite, Atelier laisse Béton, les ponts](#) »). Des techniques nouvelles sont donc développées, permettant d'obtenir des portées plus grandes, offrant aux usagers des ponts permettant de franchir des obstacles de plus en plus larges. De plus, les développements de moyens de transports tels que le train puis la voiture entraînent une grande augmentation de la construction de ponts.

#### L'usage de l'acier et du béton armé

C'est tout d'abord l'usage de l'acier qui se développe. Plus résistant que la pierre ou le bois, ce matériau révolutionne les constructions de ponts. Le béton armé est ensuite employé pour la construction de ponts.

Le pont principalement en acier le plus célèbre est sûrement le Golden Gate à San Francisco aux États-Unis. Ouvrage achevé en 1937, le béton a également été un élément essentiel à sa construction, notamment pour les fondations des pylônes. Il a une portée de 1280 mètres, ce qui est un record mondial à l'époque (voir [11]).

#### L'usage du béton précontraint

Le XXe siècle est le siècle du béton. Le pont Camille-de-Hogues à Châtelleraut, achevé au début des années 1900 est le premier pont en béton armé dont la portée dépassa 100 mètres. C'est en 1928 qu'Eugène Freyssinet met au point le béton précontraint, qui va permettre d'augmenter considérablement les portées des ponts. Le premier ouvrage de taille conséquente en béton précontraint a une portée de 55 mètres et a été achevé en 1946.



Figure 13 : Pont Camille-de-Hogues, Châtelleraut, achevé en 1900, source [12]

## De nouvelles formes de ponts

Grâce aux techniques innovantes, de nouvelles formes de ponts, plus originales, voient le jour. C'est le cas par exemple Gateshead Millenium Bridge, à Londres (figure 13) ou encore du pont Jacques-Chaban-Delmas à Bordeaux conçu par Michel Virlogeux (figure 14), du Lucky Knot Bridge à Changsha en Chine (figure 15).



Figure 14 : Gateshead Millenium Bridge, Angleterre, achevé en 2001, sources [13,14]



Figure 15 : Pont Jacques-Chaban-Delmas (position levée), Bordeaux, achevé en 2013, source [15]

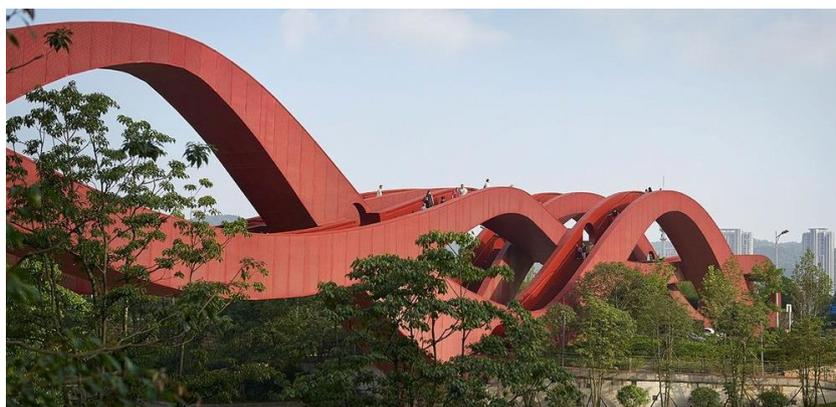


Figure 16 : Pont piétonnier Lucky Knot, Chine, achevé en 2016, source [16]

## 2 – Le troisième pont du Bosphore : une implantation et des contraintes particulières

### 2.1 - Istanbul et le Bosphore : une ville congestionnée par des embouteillages

Métropole la plus ancienne de la Turquie, Istanbul est la ville la plus peuplée de son pays avec 18 millions d'habitants et une densité de population de 6789,9 hab/km<sup>2</sup>. D'après un rapport publié en 2014 par le navigateur GPS Tom-tom, la ville était la plus embouteillée du monde, avec un

taux d'embouteillage de 58%. À titre de comparaison, Paris était classée 22ème avec un taux d'embouteillage de 35%. Istanbul est traversée par le Bosphore, le pont Yavuz Sultan Selim a été construit au-dessus de celui-ci dans le but de fluidifier le trafic intense de la ville en déportant le trafic international, notamment des poids-lourds, hors de l'agglomération [17].

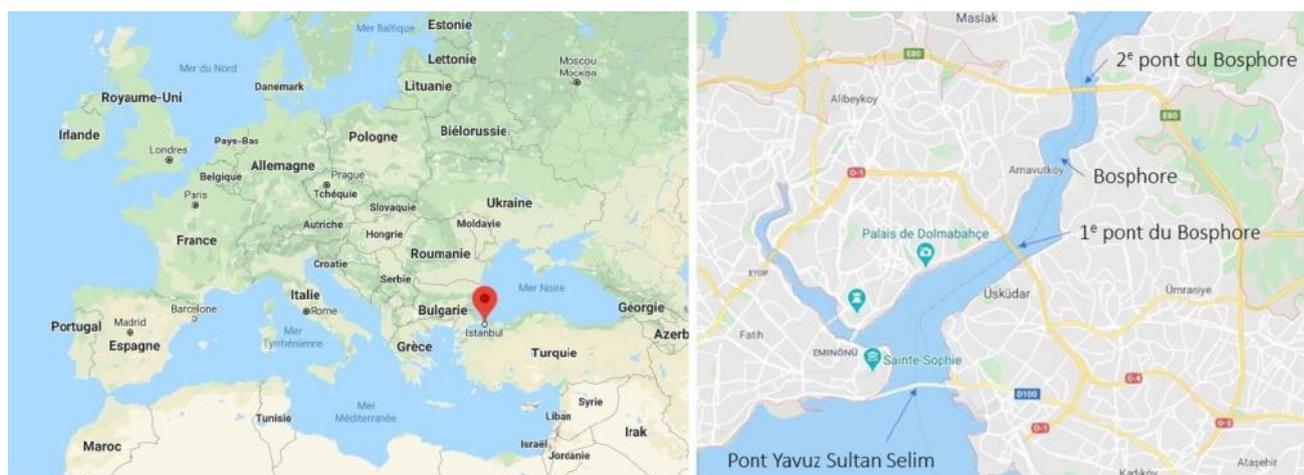


Figure 17 : Localisation d'Istanbul à gauche, Istanbul et le Bosphore à droite, source captures google Maps mai 2020

## 2.2 - Une faille sismique

La région d'Istanbul est traversée par la faille nord anatolienne. Il s'agit d'une zone à hauts risques sismiques. D'après une étude du CNRS datant de 2016, aucun mouvement de part et d'autre de la faille sismique n'a été enregistré, ce qui signifie que de l'énergie s'accumule, donc qu'un séisme de magnitude importante a une grande probabilité de se déclencher dans les années à venir [18].

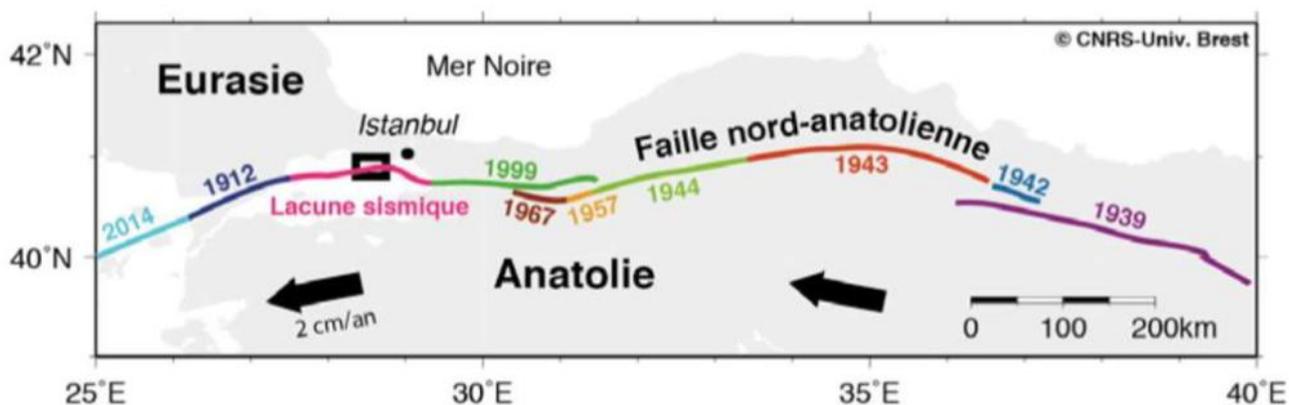


Figure 18 : Zones et années de rupture de la faille nord-anatolienne, entre Anatolie et Europe. Le segment ici encadré, en mer de Marmara, présente une lacune sismique<sup>1</sup> depuis 1766. © J-Y Royer, CNRS-UBO, LDO

Le pont Yavuz Sultan Selim doit donc être dimensionné pour faire face à un séisme de grande magnitude, ce qui induit des contraintes lors de la conception.

## 2.3 - Un chargement important

Le troisième pont du Bosphore doit respecter un cahier des charges ambitieux : il doit accueillir 8 voies de circulation et 2 voies ferrées. Le pont doit donc supporter des charges aussi variables que conséquentes, ce qui nécessite une très grande rigidité du tablier [19]. D'ordinaire, les ponts mixtes rail-route sont réalisés grâce à un tablier sur deux niveaux Afin de maximiser la rigidité de

<sup>1</sup> On définit une lacune sismique comme une zone de faille n'ayant pas connu de séisme depuis plus longtemps que la période observée sur cette faille

celui-ci. Mais dans le cas présent, les exigences esthétiques impliquent un tablier sur un seul niveau notamment pour avoir une ligne correspondant aux deux autres ponts d'Istanbul traversant de Bosphore, comme ce sera montré dans la partie suivante [17].

## 2.4 - La recherche d'un esthétisme

L'aspect esthétique de l'architecture du pont était un critère essentiel à sa conception. Un critère étant que le pont doit ressembler aux deux ponts déjà construits sur le Bosphore : le pont doit donc être suspendu. Il doit également être fin et élancé, ce qui implique, comme énoncé précédemment, que le tablier soit construit sur un unique niveau [19].



Figure 19 : Pont des Martyrs du 15 juillet (1er pont du Bosphore) construit en 1973, sources [20,21]



Figure 20 : Pont Fatih Sultan Mehmet (2e pont du Bosphore) construit en 1988, source [22]

## 3 – Des choix technologies ambitieux : de la conception à la construction du pont

### 3.1 - Principaux intervenants

Le pont a été construit en un temps record, notamment grâce à un régime intense de 7 jours sur 7, 24h sur 24. La construction du pont a débuté officiellement par une cérémonie le 29 mai 2013, date anniversaire de la prise de Constantinople en 1453. Le pont est mis en service le 26 août 2016, soit 3 ans et demi après le début des travaux. La mise en service de ce pont aura donc au

lieu au total 4 ans et demi après le début de sa conception. À titre de comparaison, la conception et la construction du viaduc de Millau ont pris 17 ans [6] [3].

À l'issue du concours, la conception de ce pont a été confiée à Michel Virlogeux (T- Ingénierie Michel Virlogeux) et à Jean-François Klein qui ont disposé de huit semaines pour concevoir le projet à l'issue du concours et avant le démarrage des travaux. Ni une ni deux, ils relèvent le défi malgré sa complexité [17].

La maîtrise d'ouvrage a été confiée à KGM (Ministère des Transports de Turquie, direction des routes), le concessionnaire a été ICA (JV İçtas et Astaldi). La construction a été réalisée par Hyundai Engineering Construction et SK Engineering Construction [24].



Figure 21 : Début de la construction du pont Yavuz Sultan Selim, mai 2013, et pont en phase de construction en 2015, sources [25,24]

### 3.2 - Un pont hybride

Pour des raisons esthétiques, il était imposé que le pont soit suspendu. Lors des premiers calculs réalisés, il est apparu que la flèche du tablier était trop importante en cas de circulation ferroviaire, en raison du dérobage du câble porteur [19]. Il a alors été décidé de rigidifier le système à l'aide de câbles reliés qui transmettent les charges aux têtes de pylônes : des haubans. Le pont est donc à la fois suspendu et à hauban, solution rare car complexe à mettre en œuvre. Le premier pont hybride à avoir été réalisé est le pont de Brooklyn de New-York. L'architecture finale du pont est représentée sur le schéma ci-dessous :



Figure 22 : Schéma de l'architecture finale du pont Yavuz Sultan Selim, source [26]

### 3.3 - Un pont élancé aux dimensions importantes

Le pont Yavuz Sultan Selim est un pont aux dimensions impressionnantes. Il a établi les records mondiaux :

- de la plus longue portée de tablier haubané : 1 408 m ;
- du pont suspendu équipé des plus hauts pylônes : 322 m ;
- du plus long pont ferroviaire : 2164 m ;
- du tablier le plus large : 58,40 m.

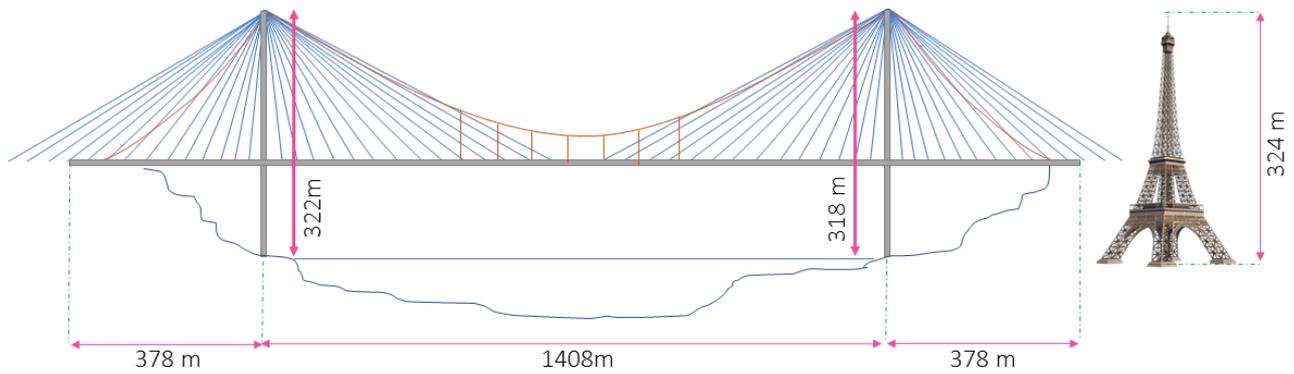


Figure 23 : Dimensions de l'ouvrage, échelle approximative, source Lucie Guigue

### 3.4 - Un tablier particulièrement mince

Le tablier présente des dimensions inédites, les ponts devant accueillir une circulation ferroviaire étaient ordinairement sur deux niveaux et rigidifiés à l'aide d'un treillis d'une quinzaine de mètres. Le tablier du pont Yavuz Sultan Selim est sur un unique niveau et, devant accueillir 8 voies de circulations et 2 voies de chemin de fer, est de fait très large : 58,40 mètres, ce qui constitue un record mondial. Il a une hauteur de 5,5 mètres, ce qui est également très inférieur aux 15 mètres de treillis usuels [27].

Tandis que les travées latérales sont en béton, la travée centrale est une dalle orthotrope en métal, ce qui diminue la masse du tablier, permettant d'obtenir une plus grande portée. Les dalles orthotropes sont souvent utilisées dans le cas de pont de grandes dimensions [28]. La dalle orthotrope est visible sur la figure suivante :



Figure 24 : Image de synthèse du tablier en coupe, source © T ingénierie, Genève

Les voussoirs, d'une longueur de 24 mètres et pesant près de 900 tonnes, sont levés et assemblés par encorbellements successifs jusqu'au vingtième et stabilisés au fur et à mesure par les haubans. Les voussoirs de la travée centrale sont levés à l'aide de suspentes provisoires pour les premiers, puis avec les suspentes définitives.



Figure 25 : Mise en place d'un voussoir, source [29]

### 3.5 - Des haubans en éventail, un ancrage spécifique

Comme précisé précédemment, les haubans permettent de rigidifier le pont et ainsi de considérablement diminuer la flèche du tablier. Ils sont implantés sur le tablier aux abords des pylônes. Afin d'assurer l'équilibre des pylônes, des haubans doivent être positionnés en opposition, du côté de la rive. Les travées de rives étant trop courtes pour implanter le nombre de haubans nécessaires, cinq paires de haubans ont été directement ancrées dans le sol, ce qui induit un déplacement du tablier lors du passage de trains. L'équilibre finalement obtenu conduit à des efforts de traction dans la zone centrale du tablier, ce qui est inhabituel.

Pour implanter les paires de haubans dans le sol, un système spécifique d'ancrage a été mis au point. Il est schématisé dans la figure ci-dessous :

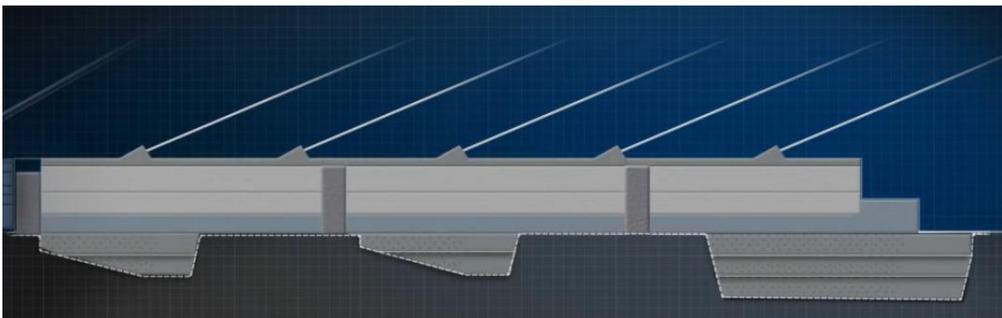


Figure 26 : Système d'ancrage des haubans dans le sol, source [26]

### 3.6 - Des suspentes positionnées dans le but d'éviter la torsion du tablier

Les 34 paires de suspentes verticales, qui supportent la partie centrale du tablier, sont positionnées de part et d'autre de la voie ferrée, au milieu du tablier. Ce choix permet de limiter la torsion engendrée par la circulation ferroviaire qui est désaxée par rapport au centre du tablier [19].



Figure 27 : Position du câble porteur et donc des suspentes verticales, source [24]

### 3.7 - Des câbles à haute résistance

Les câbles de la structure sont composés de 75 à 151 torons d'acier d'une résistance de 1960 MPa [24] Les haubans représentent une masse de 8600 tonnes.

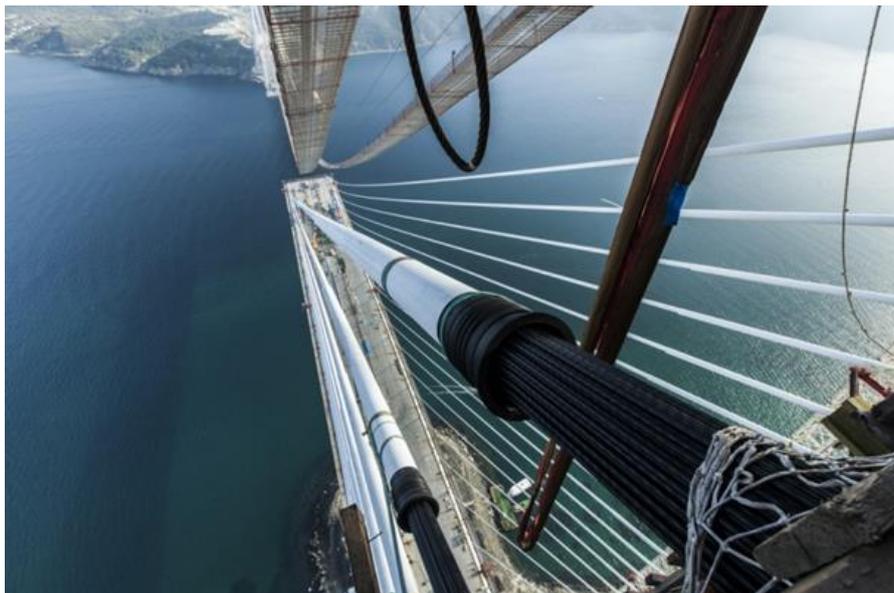


Figure 28 : Haubans lors de la phase de construction, source [25]

### 3.8 - Des pylônes gigantesques

Les pylônes, conçus par Jean François Klein avec l'aide de l'architecte Frédéric Zirk, atteignent 320 m de haut et sont composés de 2 fûts en béton (77 000 tonnes) [29] convergents réunis par une entretoise en partie supérieure [17]. Ils sont de section triangulaire variable.



Figure 29 : Pylônes lors de la phase de construction, source infociment

Le pylône européen devait être construit offshore, mais Michel Virlogeux et Jean François Klein ont décidé de le faire construire sur la rive. Ce choix a augmenté la portée du tablier, qui est ainsi passée de 1255 mètres à 1408 mètres. Ce choix a également permis d'éviter les aléas des travaux offshore, ce qui a sécurisé le planning très serré de la construction du pont [17].

Les fondations des pylônes ont été les premiers éléments construits, ce qui est classique lors de la construction d'un pont. Jusqu'à la hauteur de 208 mètres, des pylônes ont été construits grâce à un coffrage glissant. Au-dessus, ils ont été réalisés avec un coffrage grimpant, ce qui a facilité la pose des boîtes d'ancrage des haubans [17].

#### 4 – Conclusion

Le pont Yavuz Sultan Selim est un ouvrage impressionnant, tant par ses dimensions, son aspect esthétique ainsi que la durée qui a été nécessaire à sa mise en service. Il a obtenu plusieurs prix, dont le prix « IABSE outstanding structure 2018 », qui distingue des structures remarquables, innovantes, créatrices et stimulantes. Il est aujourd'hui considéré comme un symbole de la Turquie moderne, et contribue à approcher la Turquie de son objectif de se situer parmi les 10 plus grandes puissances mondiales.



Figure 30 : Inauguration du pont Yavuz Sultan Selim, 26 août 2016, source [afp.com/OZAN KOSE](http://afp.com/OZAN KOSE)

## 5 – Lexique

Petit dictionnaire de mots inconnus (ou oubliés en cours de route) rencontrés. Sources : infociment, Larousse, Wikipedia.

**Caisson** : Structure en béton armé à section creuse monocellulaire ou multicellulaire, de forme carrée, rectangulaire, trapézoïdale, circulaire... Mis côte à côte, ils permettent de constituer des tabliers de ponts, des digues, etc. Lorsqu'un caisson est en béton armé, on parle de voussoir.

**Concours** : Compétition entre concepteurs sur la base d'un cahier des charges qui laisse plus ou moins de place à l'initiative et à la créativité. Un jury compare les projets soumis, effectue la sélection et désigne le lauréat.

**Coffrage glissant** : Coffrage mobile permettant de couler en continu un ouvrage en béton par glissement de coffrage le long de la paroi déjà réalisée.

**Maître d'ouvrage** : C'est le client d'un projet. Législativement, c'est une personne physique ou morale, pour qui des travaux sont exécutés et qui en assure le paiement. Il choisit le maître d'œuvre (parfois sur concours), s'entend avec lui sur un avant projet, puis sur un projet et sur les solutions techniques proposées (ici le gouvernement turc).

**Maître d'œuvre** : Personne physique ou morale chargée de la conception de l'ouvrage et du suivi des travaux pour le compte de son client (maître d'ouvrage) : en général, il s'agit d'un cabinet d'architectes accompagné de bureaux techniques.

**Platelage** : Large plateforme horizontale généralement provisoire.

**Pont à dalle orthotrope** : Un pont à dalle orthotrope ou pont à tablier orthotrope est un pont dont le tablier comporte des plaques portantes en acier raidies, soit longitudinalement, soit transversalement, voire dans les deux directions. Le comportement du tablier a donc des comportements mécaniques distincts dans les trois directions orthogonales, d'où son nom.

**Structure offshore** : Structure située en mer, littéralement au-delà de la rive.

**Travée** : Portion de tablier comprise entre deux points d'appui, par exemple les piles.

## Références :

[1]: Ezzeldin.Elbaksawy, CC BY-SA 4.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=92099689>

[2]: Roulex45, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4355001>

[3]: Viaduc de Millau, <https://www.tourisme-aveyron.com/fr/voir-faire/decouvrir-aveyron/sites-visiter/viaduc-millau/decouvrir-le-viaduc-millau>

[4]: David Ball, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1502991>

[5]: Le Pont de Tancarville, Caractéristiques techniques générales,

<https://www.pontsnormandietancarville.fr/wp-content/uploads/2020/04/fiche-technique-pontdetancarville-01.pdf>

[6]: Stefan Kühn, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1285537>

[7]: Xabi Rome-Hérault, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=34476135>

[8]: Wojsyl, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=105560>

- [9]: Nilfanion – Wikimedia UK, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=47691903>
- [10]: Patrick Despoix, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=31136793>
- [11]: Pont suspendu : le Golden Gate Bridge, L. Quentin, S. Capdevielle, H. Horsin Molinaro, mars 2019, [https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay/ressources\\_pedagogiques/pont-suspendu-le-golden-gate-bridge](https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay/ressources_pedagogiques/pont-suspendu-le-golden-gate-bridge)
- [12]: [https://www.timbresponts.fr/types\\_de\\_ponts/archesdebeton.htm](https://www.timbresponts.fr/types_de_ponts/archesdebeton.htm)
- [13]: Chabe01, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=70702347>
- [14]: Mike1024, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=537967>
- [15]: Le pont Chaban-Delmas, une œuvre architecturale unique, octobre 2018, <http://www.archi-neobdx.fr/projets-existants/pont-chaban-delmas/>
- [16]: [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Lucky\\_Knot\\_Bridge](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Lucky_Knot_Bridge)
- [17]: Pont yavuz sultan selim, le pont des records, Delphine Desveaux, Infociments, septembre 2016
- [18]: INSU. Un séisme majeur pourrait frapper Istanbul, Futura Sciences, septembre 2019
- [19]: Michel Virlogeux (interview Europe1). Michel virlogeux : « la solution classique c'est un pont suspendu », mai 2016, <https://www.youtube.com/watch?v=M4iLtSHRDkM>
- [20]: Tinou Bao from San Francisco, USA – originally posted to Flickr as Bosphorus Bridge, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10908917>
- [21]: Carlos Delgado, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17884795>
- [22]: Gryffindor's photographs, combined by Editor at Large – self-made from photographs by Gryffindor, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2621819>
- [23]: Apprendre avec les ponts, Michel virlogeux, août 2016, [https://www.youtube.com/watch?v=XVS3WFE\\_\\_Sc](https://www.youtube.com/watch?v=XVS3WFE__Sc)
- [24]: Billet informatif dans les actualités du site [www.freyssinet.com](http://www.freyssinet.com). Turquie - pont yavuz sultan selim, date non spécifiée, [http://www.freyssinet.com/freyssinet/wfreyssinet\\_fr.nsf/sb/construction.turquie---pont-yavuz-sultan-selim](http://www.freyssinet.com/freyssinet/wfreyssinet_fr.nsf/sb/construction.turquie---pont-yavuz-sultan-selim)
- [25]: Yavuz sultan selim bridge, ICA Construction, <http://ica-construction.ru/en/most>
- [26]: Robotika, 3rd bosphorus bridge - construction film, 2014, <https://www.youtube.com/watch?v=D5sh1eO-Xc4>
- [27]: Fiche technique du pont Yavuz Sultan Selim, <https://structurae.net/fr/ouvrages/pontyavuz-sultan-selim>
- [28]: Wikipedia, Pont à tablier en dalle orthotrope, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Pont\\_%C3%A0\\_tablier\\_en\\_dalle\\_orthotrope](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pont_%C3%A0_tablier_en_dalle_orthotrope)
- [29]: Bureau d'étude Greisch, Pont yavuz sultan selim, troisième pont sur le bosphore, [https://www.greisch.com/projet/troisieme\\_pont\\_bosphore\\_istambul\\_bb3/](https://www.greisch.com/projet/troisieme_pont_bosphore_istambul_bb3/)