

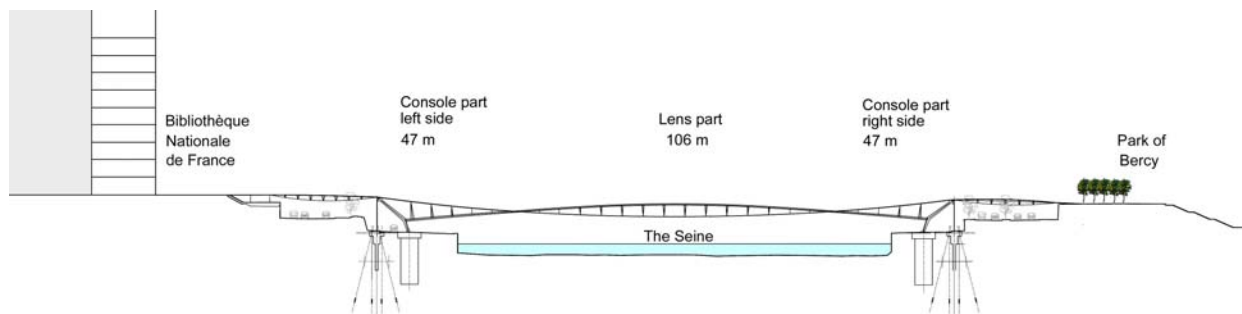
LA FUTURE PASSERELLE BERCY-TOLBIAC

Bernard VAUDEVILLE

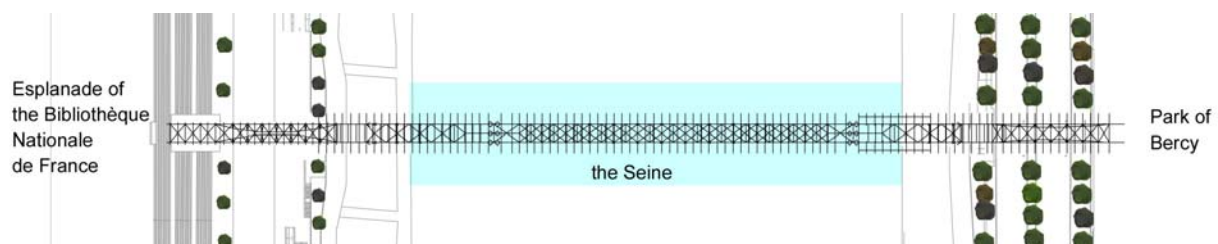
R.F.R

L'architecte autrichien Dietmar Feichtinger et le bureau d'ingénieurs RFR ont été lauréats en mars 1999 du concours international organisé par la ville de Paris pour la construction d'un pont piétonnier sur la Seine, entre les quartiers de Tolbiac et Bercy, à Paris.

Cette passerelle comporte deux niveaux qui s'entrecroisent, permettant ainsi de donner accès aux berges en niveau bas d'une part, au parvis de la Nouvelle Bibliothèque Nationale et au parc de Bercy en niveau haut d'autre part.



Coupe longitudinale de la structure de la passerelle Bercy-Tolbiac dans son contexte



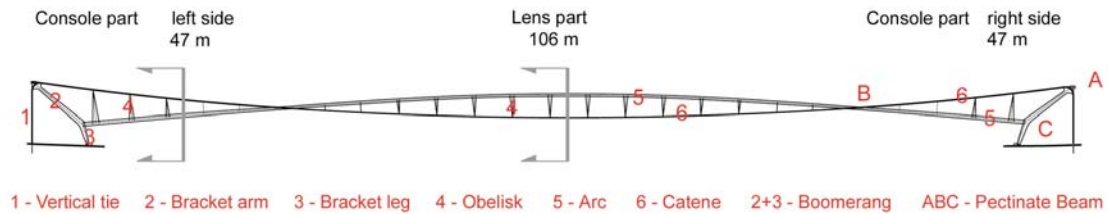
Plan de la structure de la passerelle Bercy-Tolbiac dans son contexte

Le franchissement se fait sans pile immergée, les appuis principaux étant situés en retrait sur les berges. Ceci induit une portée libre de 190 mètres.

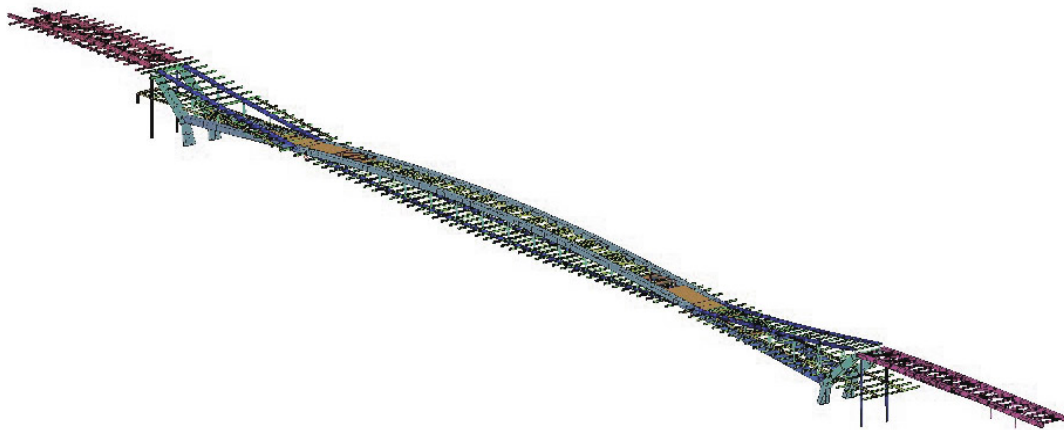
De part et d'autre de cette portée centrale, se trouvent les passerelles de liaison qui enjambent chacune les voies rapides sur les quais.

Les principes structurels de la passerelle sont indissociablement liés à l'architecture.

On a cherché à fondre la structure dans les courbes des tabliers et à lui donner des proportions élancées. Ceci a donné lieu à un travail interactif entre architecture et structure, dans les concepts initiaux comme dans le détail constructif.



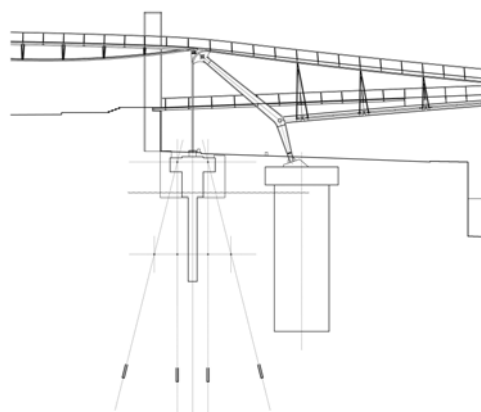
Coupe longitudinale du système structural de la passerelle Bercy-Tolbiac



Coupe au niveau d'un des deux appuis de la structure de la passerelle

Ainsi les deux tabliers qui s'entrecroisent correspondent aux deux composants principaux de la structure : un double arc central d'une part, deux caténaires latérales d'autre part.

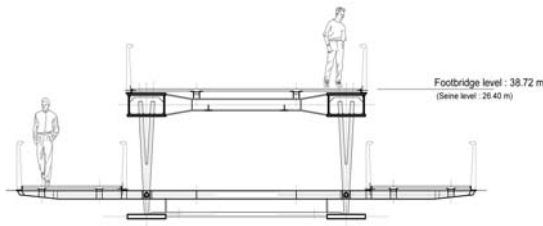
Leurs croisements, au quart de la portée environ, permettent de réduire la hauteur totale de la structure sans perte de raideur. Ceci revient à encasturer la passerelle sur des coulées, en se rapprochant d'un système Gerber.



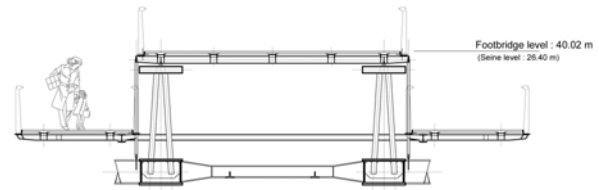
Coupe au niveau d'un des deux appuis de la passerelle

Les courbures de l'arc et des caténaires permettent de transmettre aux culées les charges permanentes, dont elles forment approximativement les funiculaires.

Pour reprendre les charges variables ou dissymétriques, dont les funiculaires s'écartent sensiblement des courbes des tabliers, on a disposé des montants verticaux effilés encastres sur l'arc - les « obélisques » - formant ainsi entre le double arc et les caténaires une poutre de type semi-vierendeel.



Coupe transversale partie centrale

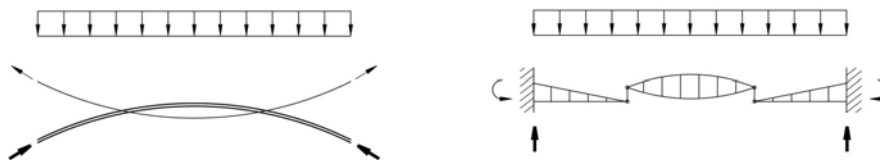


Coupe transversale partie latérale

Par ce fonctionnement en poutre semi-vierendeel, on rend la structure plus abstraite et on évite d'encombrer l'espace avec des éléments diagonaux.

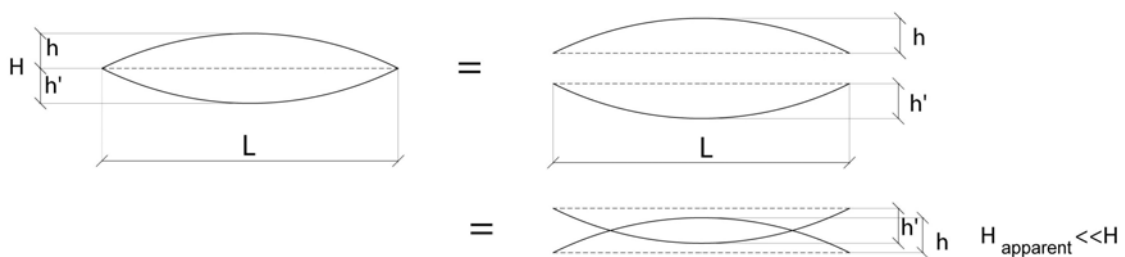
Fonctionnement statique

Les deux schémas ci-dessous explicitent les chemins statiques co-existants dans la structure de la passerelle, le premier n'étant véritablement efficace que pour les charges permanentes.

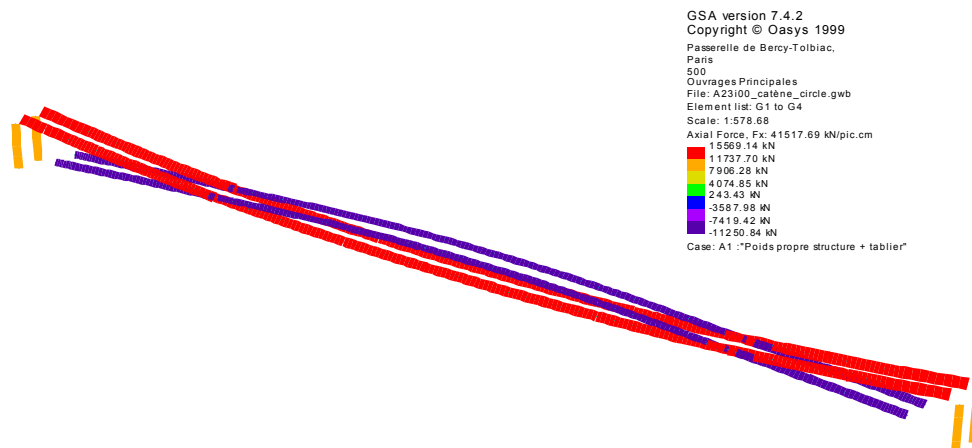


La lentille en partie centrale a une hauteur structurelle de 6 mètres, ce qui rapporté à la portée de 190 m donne un élancement apparent supérieur au $1/30^{\text{ème}}$. Ces proportions participent beaucoup à l'élégance de la passerelle et sont surprenantes lorsque l'on met la passerelle en situation dans la succession des ponts parisiens.

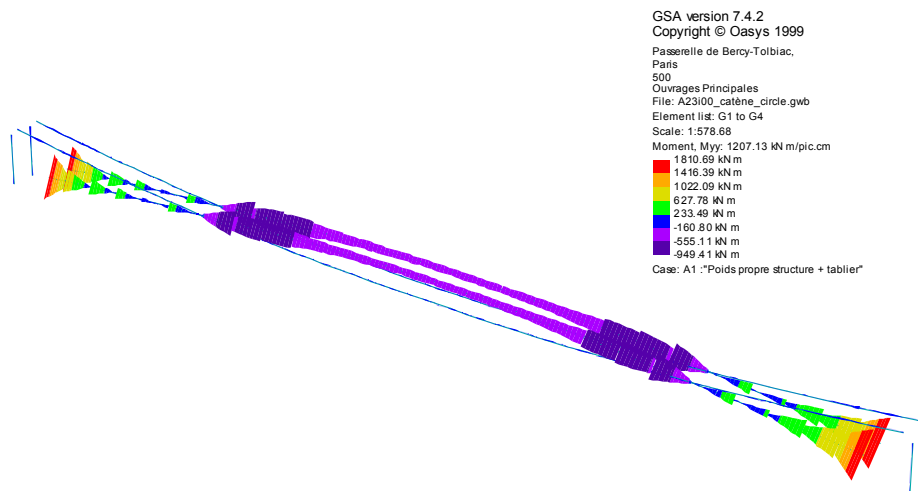
Structurellement parlant, cet élancement est fictif, et sa valeur réelle est plus proche du $1/17^{\text{ème}}$ de la portion, un ratio usuel pour des ouvrages en acier.



Les résultats des calculs sous charges uniformément réparties confirment ce fonctionnement, avec les efforts axiaux attendus dans les arcs et les caténaires et des moments nuls ou faibles dans les montants verticaux de la poutre semi-vierendeel. Les valeurs résiduelles de ces moments proviennent de l'allongement/raccourcissement différentiels des arcs et des caténaires sous charges uniformes.



Efforts axiaux dans les arcs et caténaires sous charges uniformément réparties



Moments secondaires dans les arcs sous charges uniformément réparties

Les chargements dissymétriques sollicitent le fonctionnement en semi-vierendeel de l'ensemble, générant des moments dans les montants verticaux (les « obélisques ») et dans les arcs.

Les plans situés sous les platelages sont contreventés, formant ainsi des poutres horizontales de 6 mètres de hauteur. La poutre située dans le plan des arcs, continue de culée à culée, assure pour l'essentiel la reprise des efforts horizontaux de vent ou générés par les piétons.

La raideur en torsion de la passerelle est en premier lieu conférée par le caisson formé d'une part par les poutres contreventées dans les plans des arcs et caténaires, d'autre part par les poutres verticales semi-vierendeel. Ce fonctionnement est avéré sur la lentille centrale et sur la console de rive droite. A la jonction des consoles et de la lentille, un caisson fermé par des tôles d'acier sur toute la largeur de la passerelle assure la continuité de torsion. En rive gauche, la console fonctionne en U sur le tronçon correspondant à la trémie.

Les culées assurent l'encastrement des consoles, décomposé en compressions dans les boomerangs et en traction dans les tirants arrière. L'inclinaison des boomerangs permet d'induire une traction globale dans l'ouvrage, et ainsi de soulager l'arc (au détriment de la caténaire).

Du point de vue des dilatations thermiques, la passerelle présente un comportement isostatique permettant d'éliminer les effets de bridage thermique longitudinal. Ce comportement est obtenu par la création d'une double articulation en partie basse des boomerangs de rive gauche, équivalant à un appui glissant.

Comportement dynamique

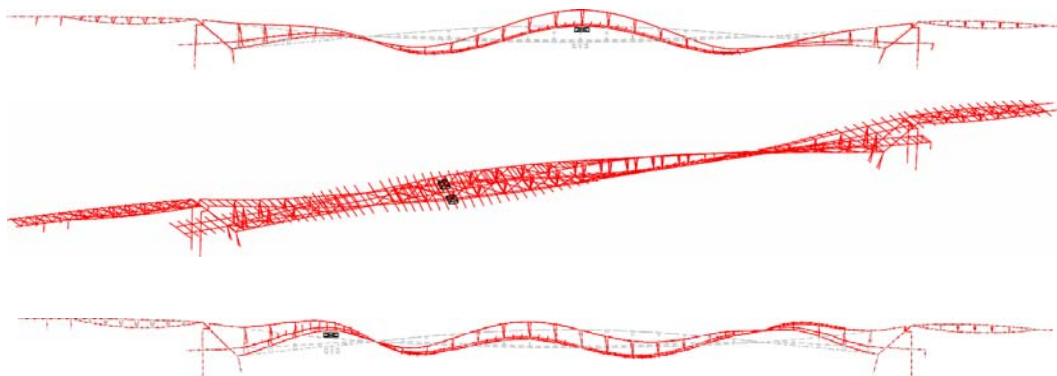
Dès la conception du projet, l'analyse dynamique de la passerelle de Bercy-Tolbiac a fait l'objet d'un soin particulier. Sa portée, l'élancement de son ossature en acier augurent d'une assez grande sensibilité à basses fréquences.

L'analyse des effets du vent, menée par RWTH à Aix-la-Chapelle, a conclu à la stabilité de la passerelle sans le recours à des amortisseurs, en tenant compte cependant de la porosité du platelage dans la zone couverte de la lentille.

L'usage piétonnier de la passerelle présuppose une attention particulière en termes de confort et de stabilité. En complément des critères d'accélération maximales définis par les normes pour assurer le confort des piétons, l'effet révélé lors de l'inauguration de la passerelle du Millenium à Londres a nécessité des analyses spécifiques et une adaptation des dispositions techniques. Cet effet se caractérise par une sensibilité à des fréquences horizontales plus basses que la fréquence de la marche (dès 0,4Hz) et par une réponse dynamique, de la part des piétons, équivalente à un amortissement négatif, susceptible de générer un phénomène de résonance.

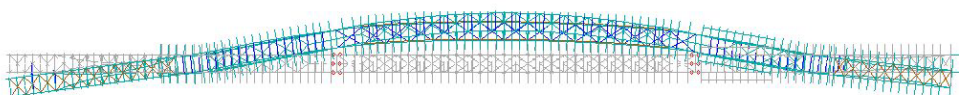
Pour éviter l'apparition de l'effet Millenium ou de vibrations inconfortables, l'analyse dynamique a montré la nécessité de prévoir l'ajout de dispositifs d'amortissement, sous la forme d'amortisseurs dynamiques accordés (ADA) et d'amortisseurs visqueux.

Les ADA sont disposés au ventre des modes propres à amortir. Leur nombre exact sera définitivement arrêté à l'issue des essais in situ.



Déformées modales verticales et torsionnelles - Implantation d'amortisseurs ADA

Les amortisseurs visqueux sont placés en extrémité des passerelles de liaison, en prenant appui sur le mur de soutènement du Parc de Bercy d'une part, sur le parvis de la Bibliothèque Nationale d'autre part. Les passerelles de liaison agissent comme levier, répercutant les déformations horizontales de la portée principale de la passerelle. Cette disposition s'avère suffisamment efficace pour éliminer les risques liés à l'effet Millenium pour la densité de foule attendue.



Déformée du premier mode horizontal