ENAC / PROJET DE MASTER 2020-2021
SECTION DE GÉNIE CIVIL

Conception et dimensionnement d'une passerelle en BFUP

Auteur(e)s : Maxime Brun

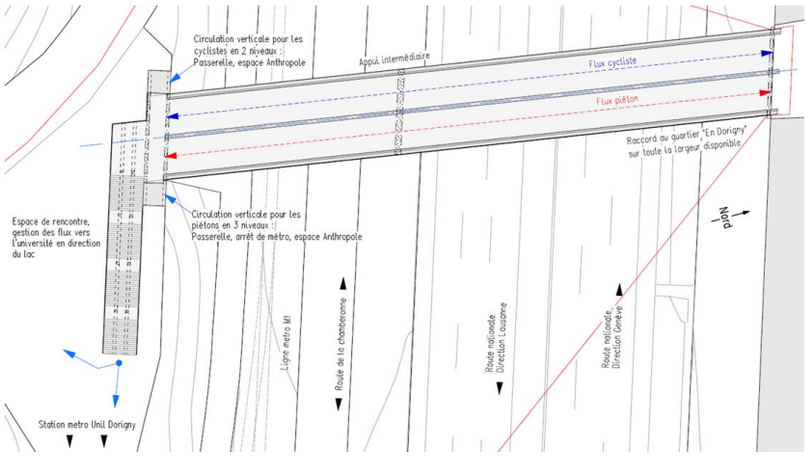
Encadrement : Prof. Miguel Fernández Ruiz [1] / Prof. Alain Nussbaumer [2]

[1] Laboratoire de construction en béton (IBETON), EPFL / [2] Resilient steel structures laboratory (RESSLab), EPFL

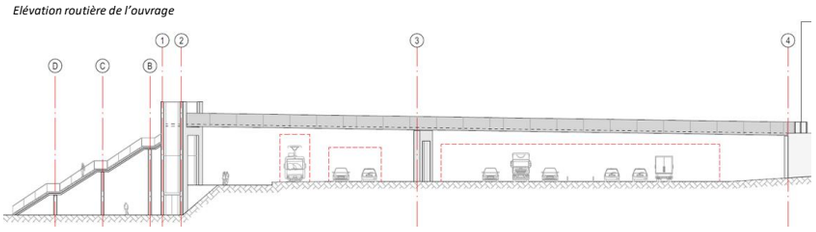
Le contexte

A travers ce projet de master, nous répondons à un programme de concours d'architecture et d'ingénierie pour la réalisation d'une **passerelle de mobilité douce** pour le franchissement de l'autoroute A1 à l'Ouest de Lausanne. Le réseau de mobilité douce prévoit de franchir l'autoroute pour étendre le plan d'agglomération Lausanne Morges (PALM). La passerelle va ainsi permettre de relier le futur quartier "En Dorigny" à celui de la "Bourdonnette", mais aussi à la station M1 "Unil-Dorigny".

Situation générale vue en plan



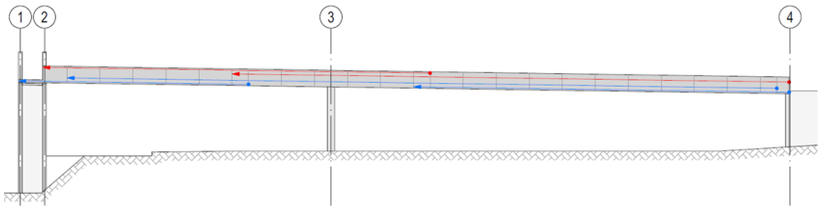
Elévation routière de l'ouvrage



La précontrainte

La structure en BFUP utilise une **précontrainte rectiligne** par **post-tension avec adhérence**. Les câbles sont disposés dans les membrures supérieures et inférieures de l'auge, ils permettent d'assembler les voussoirs préfabriqués entre eux et de mettre la structure en compression uniforme. Les câbles sont dimensionnés à l'état limite de service pour empêcher la décompression des voussoirs. La section est **uniformément comprimée** par 12 MPa à l'état de service. Et à l'état limite ultime, les câbles de précontrainte se plastifient en agissant comme une armature longitudinale.

Tracé longitudinal des câbles sur la longueur de l'ouvrage



Le projet

D'une **longueur totale de 115 m**, l'ouvrage est composé d'une structure principale (auge en BFUP) qui franchit les voies de circulation, et d'un escalier au Sud pour se connecter au niveau inférieur. La superstructure de l'ouvrage fonctionne comme une **poutre continue sur trois appuis.** Le point fixe se situe au niveau de la culée Nord, les déplacements horizontaux sont laissés libres au niveau de l'appui intermédiaire et du bloc d'appui Sud.

Le **Béton Fibré Ultra Performant** (BFUP) est proposé pour optimiser les épaisseurs de la section transversale et minimiser la quantité de matériau à utiliser. La passerelle gagne en légèreté et propose des qualités liées à sa durabilité intéressantes grâce à la matrice cimentaire très dense du BFUP (aucun revêtement sur l'ouvrage).

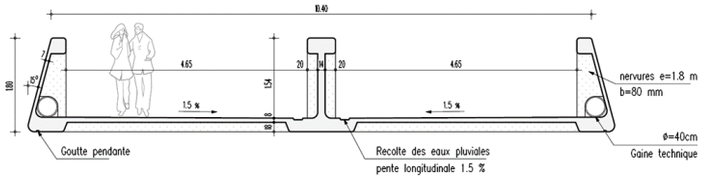
Image de synthèse

La section transversale

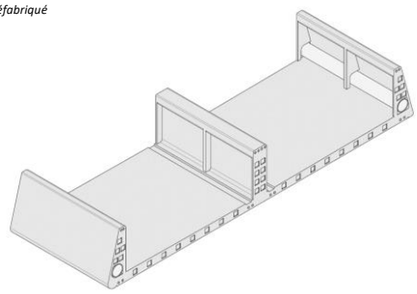
La section retenue pour réaliser la passerelle est une **auge** relativement large et comportant **trois âmes**. Elle se compose de membrures supérieures et inférieures qui contiennent des câbles de précontrainte, et qui sont reliées par des âmes plus fines. les deux parapets latéraux sont légèrement inclinés de 15° vers l'intérieur pour envelopper le passage des deux gaines techniques et les intégrer directement à l'intérieur de la section transversale.

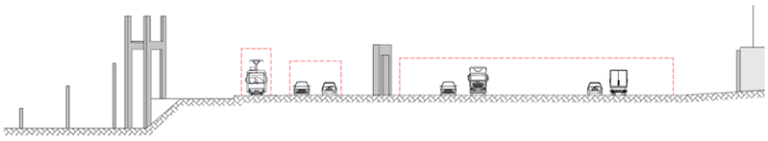
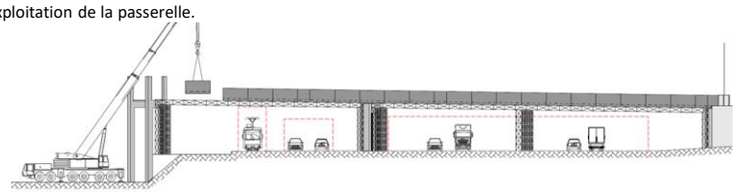
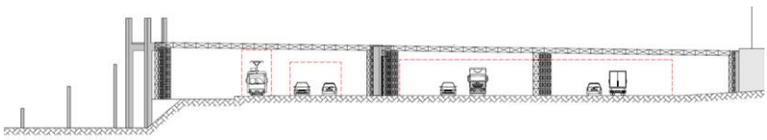
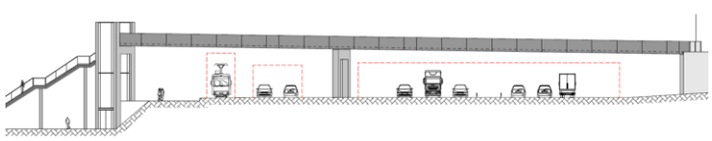
La section intègre aussi des *shear keys* aux extrémités de chaque voussoir pour la reprise de l'effort tranchant au droit des connexions. Et les voussoirs qui sont disposés sur les appuis sont plus massifs pour permettre l'introduction des réactions d'appuis.

Section transversale type



Axonométrie d'un voussoir préfabriqué



La méthode de construction

La méthode de construction est particulièrement bien adaptée à la situation, elle est **efficace** et **peu encombrante** pour limiter au maximum la perturbation du trafic routier. On réalise d'abord la construction des fondations et des piles en béton armé, pour pouvoir ensuite mettre en place un cintre métallique avec une pile provisoire sur le terre-plein central de l'autoroute. Les voussoirs en BFUP sont préfabriqués en atelier et livrés sur place pour pouvoir les disposer un par un sur le platelage provisoire à l'aide du camion grue. Les câbles de précontraintes sont alors mis en tension pour appliquer une compression uniforme à la structure. À ce stade, la structure est auto-stable et nous pouvons procéder au décintrage de l'auge et à la réalisation de l'escalier du côté Sud de l'ouvrage. On peut alors mettre en place les cages d'ascenseurs et les gardes corps, pour ensuite évacuer le chantier et passer à l'exploitation de la passerelle.