

Créativité, rigueur et passion

*Écrits pour la leçon d'honneur du prof. Aurelio
Muttoni, EPFL, 22 février 2024*

Creativity, rigour and passion

*Writings for the honorary lecture by prof. Aurelio
Muttoni, EPFL, 22 February 2024*



Créativité, rigueur et passion

*Écrits pour la leçon d'honneur du prof. Aurelio
Muttoni, EPFL, 22 février 2024*

Creativity, rigour and passion

*Writings for the honorary lecture by prof. Aurelio
Muttoni, EPFL, 22 February 2024*

Content

Introduction by Prof. Aurelio Muttoni	i
--	----------

Contributions

1 Stefano Guandalini	1
2 Eckart Hars	7
3 Jörg Jungwirth	11
4 Sylvain Plumey	17
5 Rui Vaz Rodrigues	23
6 Ana Spasojevic.....	31
7 Dario Redaelli.....	35
8 Neven Kostic	39
9 Yaser Mirzaei	43
10 Roberto Guidotti	49
11 Damien Dreier	55
12 Luca Tassinari	61
13 Stefan Lips	67
14 Thibault Clément	71
15 Stefano Campana	77
16 Michael Rupf	85
17 Francisco Natario	89
18 Jürgen Einpaul	93
19 Ioannis Sokratis Drakatos	97
20 Fabio Brantschen	101
21 Marie-Rose Backes.....	105
22 Filip Niketic	109
23 Francesco Cavagnis.....	119
24 Joao T. Simoes	123
25 Darko Tasevski.....	129
26 Patrick Valeri	135
27 Max Tirassa	141
28 Francesco Moccia	145
29 Raffaele Cantone	149
30 Frédéric Monney.....	153
31 Qianhui Yu.....	157

32 Marko Pejatović	159
33 Xhemi Malja.....	161
34 Diego Hernández.....	163
35 Enrique Corres.....	165
Publications.....	169

Introduction

Aurelio Muttoni

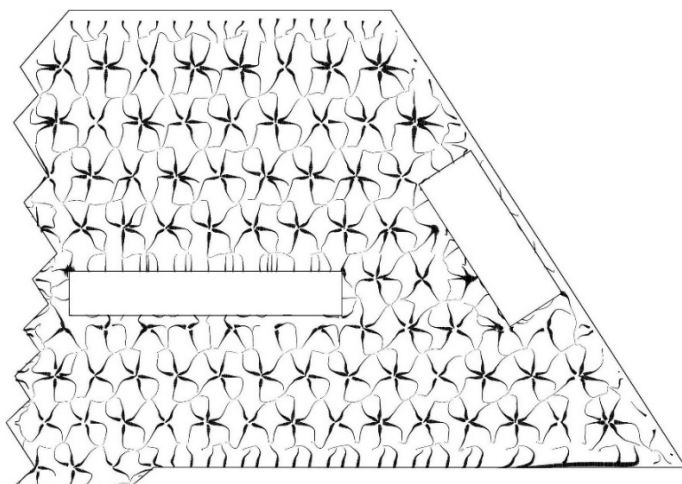
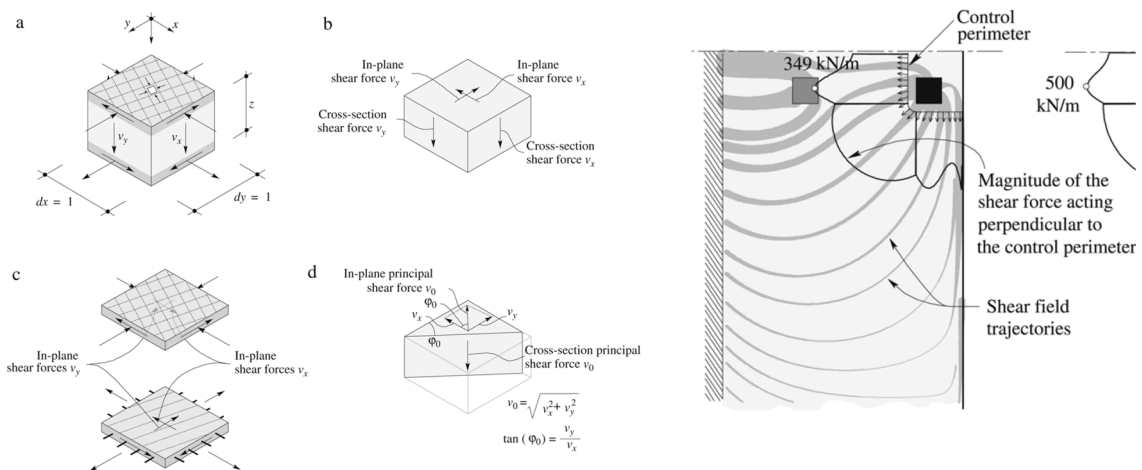
Créativité et Rigueur, ce sont les qualités que j'ai toujours essayé de faire ressortir lors de la collaboration avec les jeunes qui ont décidé de faire une thèse de doctorat sous ma direction. Ce sont des qualités innées, mais qu'il faut aider à développer, le mieux par l'exemple. Ceci nécessite d'un engagement sans compromis à pousser les jeunes au-delà de leurs limites, à ne jamais être satisfaits de ce qu'on a finalement compris, car il reste toujours encore plus à comprendre. En considérant bien sûr que comprendre est une condition nécessaire, mais pas suffisante pour avancer. En effet, j'ai toujours été convaincu que faire de la recherche dans le domaine de l'ingénierie structurale ne peut pas se limiter à comprendre ou avancer dans les connaissances, mais doit avoir d'autres buts « plus nobles », comme par exemple : (1) permettre de mieux concevoir et mieux construire ; (2) former la prochaine génération d'experts et chercheurs, et surtout, (3) contribuer à former de meilleurs ingénieurs. Il faut donc leur montrer qu'il ne faut jamais hésiter à suivre des chemins nouveaux afin de pouvoir développer des solutions nouvelles et innovantes. Et c'est aussi dans ce contexte que la Créativité et la Rigueur sont importantes, car ce sont les qualités nécessaires et fondamentales pour devenir un bon ingénieur.

Passion : c'est une maladie contagieuse qui est incroyablement utile, d'abord pour passer les 4-5 ans de la thèse avec la bonne motivation, mais qui aide, selon mon expérience, à améliorer la qualité de la vie professionnelle, à faire de sorte que la satisfaction prime largement sur les inévitables frustrations.

Pour fêter ma leçon d'honneur, à la fin de ma carrière à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, j'ai demandé un cadeau aux 35 doctorants que j'ai eu le privilège de diriger entre 2000 et 2024. Je leur ai demandé d'écrire un texte avec leur CV, une courte description de leur thèse et surtout de décrire ce que l'expérience de la thèse leur a appris, leur activité qui en a suivi et de quoi ils sont fiers, et pour finir, comment ils voient l'avenir de leur profession. Ils ont tous accepté avec enthousiasme et ce livret représente le résultat de ce travail collectif. Le contenu me semble intéressant et me rend très satisfait par rapport aux intentions décrites ci-dessus.

Après avoir expliqué le titre et l'intention de ce livret, quelque mot encore sur l'image de couverture, et en même temps, une réponse à la question souvent entendue « dans quelle mesure la recherche permet de mieux concevoir ? », comme s'il y avait une dichotomie entre recherche et conception, entre recherche et profession.

L'image se réfère à la canopée de la Fondation Jan Michalski à Montricher VD. La solution structurale, issue d'une longue discussion avec les architectes, avait été inspirée par les travaux théoriques dans le cadre de la thèse de Rui Vaz Rodrigues où on avait étudié comment, dans une dalle de roulement d'un pont routier, les actions du trafic routier sont transmises aux appuis. On peut facilement démontrer que dans une dalle, l'effort de cisaillement suit des trajectoires qui ne représentent rien d'autre que les directions dans lesquelles les charges sont transmises aux appuis (voir figures ci-dessous). On peut donc s'inspirer des trajectoires et de l'intensité du champ de cisaillement pour concevoir des structures nouvelles, où la forme et les dimensions sont façonnées sur la base d'une analyse structurale, mais où la solution doit encore être affinée et « corrigée » par la main et l'interprétation du concepteur. Le résultat n'est ni une grille de poutres, ni une dalle perforée, mais carrément une nouvelle structure. C'est en général ce que j'ai appris de mon expérience pratique qui a suivi ma thèse, et qu'on voit bien dans certains exemples dans les pages suivantes : c'est une meilleure compréhension du fonctionnement structurel qui permet souvent de concevoir et développer des solutions innovantes et pertinentes.



Principe de la détermination de la direction principale d'un champ de cisaillement et application pour une dalle de roulement de pont (Vaz Rodrigues et al., 2008) et Canopée de la Fondation Jan Michalski à Montricher VD : champ de contraintes et détail réalisé / Principle of determining the principal direction of a shear field and application to a bridge deck slab; Canopy of the Jan Michalski Foundation dedicated to writing and literature at Montricher, Switzerland (with Mangeat-Wahlen architects, Muttoni and Fernández civil engineers, A. Muttoni structural designer).

Creativity and Rigour are the qualities that I have always tried to bring out when working with young people who have decided to do a doctoral thesis under my supervision. These are innate qualities, but they need to be helped to develop, best by example. This requires an uncompromising commitment to pushing young people beyond their limits, to never being satisfied with what we have finally understood, because there is always more to understand. And, of course, understanding is a necessary but not sufficient condition for progress. Indeed, I have always been convinced that research in the field of structural engineering cannot be limited to understanding or advancing knowledge, but must have other 'nobler' aims, such as: (1) enabling better design and construction; (2) training the next generation of experts and researchers, and above all, (3) helping to train better engineers. So, we need to show them that they should never hesitate to follow new paths in order to develop new and innovative solutions. And it's also in this context that Creativity and Rigour are important, because they are the necessary and fundamental qualities to become a good engineer.

Passion: it's a contagious disease that is incredibly useful, firstly to get through the 4-5 years of the thesis with the right motivation, but also, according to my experience, to help improve the quality of professional life, to ensure that satisfaction far outweighs the inevitable frustrations.

To celebrate my honorary lecture at the end of my career at the Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, I asked for a gift from the 35 doctoral students I had the privilege of supervising between 2000 and 2024. I asked them to write a text with their CVs, a short description of their thesis and, above all, to describe what the thesis experience taught them, their subsequent activity and what they are proud of, and finally, how they see the future of their profession. They all accepted enthusiastically and this booklet is the result of their collective work. The content seems interesting to me and I'm very satisfied with the intentions described above.

Having explained the title and purpose of this booklet, I'd like to say a few words about the cover image and, at the same time, provide an answer to the oft-heard question "to what extent does research help us to design better", as if there were a dichotomy between research and design, between research and the profession.

The image refers to the canopy of the Jan Michalski Foundation at Montricher, Switzerland. The structural solution, the result of a lengthy discussion with the architects, was inspired by the theoretical work carried out as part of Rui Vaz Rodrigues' thesis, in which he studied how, in the deck slab of a road bridge, the actions of road traffic are transmitted to the supports. One can easily demonstrate that in a slab, the shear force follows trajectories that represent nothing other than the directions in which the loads are transmitted to the supports (see figures below). The trajectories and intensity of the shear field can therefore be used to design new structures, where the shape and dimensions are shaped on the basis of structural analysis, but where the solution still needs to be refined and 'corrected' by the hand and interpretation of the designer. The result is neither a grid of beams nor a perforated slab, but a new structure. In general, this is what I have learnt from my practical experience following my thesis, and which can be seen clearly in some of the examples on the following pages: it is a better understanding of how the structure works that often enables innovative and better solutions to be designed and developed.

Stefano Guandalini

Curriculum vitae

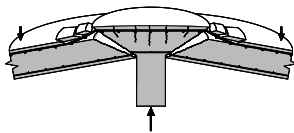
Après la formation au Polytechnique de Zurich et le doctorat de recherche à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne chez I-BETON avec Prof. Muttoni (2001-2005), depuis 2009 M. Guandalini travaille chez Pini Group SA comme responsable du secteur Génie civil et Structures. Il s'occupe de projets en assumant des rôles clés qui impliquent une forte collaboration avec les principaux Maîtres d'ouvrage du domaine public. L'expérience professionnelle acquise lui a permis de développer une aptitude à gérer des projets complexes dans les 3 langues du pays avec des groupes de travail multidisciplinaires, tout en réalisant les objectifs établis par le MO. Il possède des nombreuses références dans le contexte routier/autoroutier et ferroviaire, en particulier pour l'Office Fédéral des Routes (OFROU) et pour les Chemins de Fer Fédéraux (CFF), en qualité de Chef de Projet et/ou de Responsable Ouvrages d'art. Il habite au Tessin - à Lugano - marié et avec 3 enfants.



Ma thèse de doctorat

Le titre de ma thèse, rendue en 2005, était: "*Poinçonnement symétrique des dalles en béton armé*".

Le poinçonnement des dalles en béton armé ou précontraint est un mode de rupture qui contrôle très souvent le dimensionnement et la vérification de structures de type plancher-dalle ou pont-dalle. Un modèle physique capable de déterminer la résistance au poinçonnement dans des conditions particulières non prévues par les normes et avec une meilleure précision pour les cas usuels est indispensable pour l'évaluation de la capacité portante de structures existantes.



Les résultats d'essais en laboratoire menés sur une série de 10 dalles en béton armé sans armature de poinçonnement et les résultats d'essais faits par d'autres chercheurs ont permis de valider et vérifier les limites d'application d'un critère de rupture proposé par le directeur de thèse pour les dalles sans armature de poinçonnement. Ce critère définit la résistance au poinçonnement en fonction principalement de la rotation radiale de la dalle autour de la colonne.

Bien que la rupture par poinçonnement se produise finalement par effort tranchant dans la zone fortement comprimée autour de la colonne, la déformée et la rotation de la dalle avant rupture dépendent essentiellement des caractéristiques flexionnelles de la dalle. Un modèle de calcul du comportement en flexion des dalles en béton armé a été développé. Le modèle tient compte entre autres de la non linéarité des matériaux et peut décrire l'effet dû à la précontrainte.

La combinaison du critère de rupture et du modèle de calcul du comportement des dalles conduit à un modèle physique qui permet de déterminer la résistance au poinçonnement pour le cas d'une dalle symétrique, avec répartition d'armature à la flexion quelconque, précontrainte ou non. La comparaison entre résultats théoriques et expérimentaux montre de bonnes correspondances et confirme l'applicabilité du modèle physique pour la détermination de la résistance au poinçonnement avec une meilleure précision que les normes actuelles.

Le modèle proposé est très flexible et facilement adaptable aux cas particuliers qui se posent dans la pratique de l'ingénieur. Il s'agit d'un instrument très utile lors de l'évaluation de la capacité portante de structures existantes, de projets de renforcement, ou de construction innovantes.



Dans le cadre de cette thèse, seulement des cas axi - symétriques ont été étudiés. Pour l'analyse de colonnes de bord ou d'angle ainsi que d'autres cas non symétriques, le modèle devrait être adapté.

Ce que ma thèse m'a appris

J'ai vécu à Lausanne de 2001 à 2005, fréquentant quotidiennement l'EPFL et l'IS-BETON. Outre la découverte d'une très belle région de Suisse, j'ai pu approfondir mes connaissances en français, qui me sont encore aujourd'hui très utiles sur le plan professionnel. La thèse était à la fois pratique et théorique. J'ai appris à fabriquer des plaques en béton armé en laboratoire et à appliquer de multiples capteurs pour les différents essais effectués: une expérience pratique unique. La rigueur scientifique exigée par la thèse m'a permis de grandir en tant qu'ingénieur : en pratique, lorsque j'effectue le contrôle qualité des rapports techniques de mes collègues ingénieurs structure, j'utilise les mêmes notions que celles apprises lors de la rédaction de ma thèse (merci Olivier Burdet!). La partie développement théorique m'a permis d'acquérir de nombreuses connaissances sur les caractéristiques du béton armé, même à haute température. Le modèle de calcul, que j'ai développé à l'aide de l'outil de programmation intégré au logiciel de calcul Excel, m'a permis d'approfondir la connaissance d'un programme que j'utilise encore presque quotidiennement. En outre, l'aspect le plus important et le plus enrichissant a été l'échange fréquent d'opinions et les diverses contributions reçues des différents collègues que j'ai rencontrés à IS-BETON, en particulier Prof. Dr. Aurelio Muttoni et Dr. Miguel Fernandez Ruiz, que je ne cesserai jamais de remercier pour leur compétence, leur générosité et leur patience.

Mon activité après ma thèse et de quoi suis-je fier

Après ma thèse en 2006, je suis retournée au Tessin, ma patrie bien-aimée. J'ai eu l'occasion de travailler quelques années à la fois chez Lurati Muttoni & Partner à Mendrisio et chez Joseph Schwartz à Zoug. Je me souviens de ces années intenses, aux côtés d'ingénieurs très compétents qui m'ont permis de me développer aussi bien dans le domaine des ouvrages d'art (au Tessin) que dans celui des bâtiments (à Zoug).

Depuis 2009, je suis actif au sein de Pini Group SA, d'abord en tant que responsable du groupe génie civil et structures, puis en tant que responsable du bureau de Lugano (siège du Groupe Pini), et depuis quelques années en tant que responsable de la Région Sud, qui comprend 4 bureaux : Lugano, Locarno, Roveredo (GR) et Viège (VS). La transition chez Pini n'a pas été des plus faciles, car je n'avais jamais eu à traiter avec des collègues et au même temps à leur servir de guide. Mais au bout d'un certain temps, j'ai pris le pli et ce rôle me remplit de motivation et de satisfaction, surtout lorsque je vois le groupe grandir et atteindre des objectifs qui étaient inimaginables il y a peu.

J'ai été et je suis souvent actif dans des mandats interdisciplinaires liées à l'infrastructure routière, en tant que chef de projet ou adjoint. Il s'agit ici de comprendre les besoins du client et de veiller à motiver l'équipe, souvent composée de disciplines techniques très pointues et éloignées de ma formation de base, afin que les objectifs fixés soient atteints. Voici une liste de projets principaux que j'ai suivis ou que je suis en train de suivre et dont je suis fier.

Tunnel de base du Ceneri : Adaptation de la ligne ferroviaire existante au sud du portail Vezia et bâtiment de technique ferroviaire.

2009 – 2018	Fonction : Chef de projet
Client	AlpTransit Gotthard AG (ATG)
Coûts	Env. CHF 50 Mio.
Description	Adaptation ligne ferroviaire, extension d'env. 1'300 m ; ouvrages divers tels que passages inférieurs, mur de soutènement, pieux ancrés, parois clouées ; bâtiment de technique ferroviaire ; routes communales avec infrastructures.
Prestations, phases	De l'appel d'offres (SIA 41) jusqu'à la Mise en service (SIA 53)



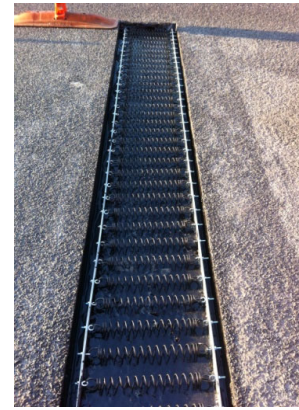
EP17 - Zone multi-services et Centre de contrôle du trafic lourd de Giornico

2009 – 2023	Fonction : Directeur de groupement 2015-2020 / Superviseur depuis 2021
Client	Office fédéral des routes (OFROU)
Coûts	Env. CHF 130 Mio.
Description	Réalisation d'un nouveau centre de contrôle et de gestion des véhicules lourds le long de l'autoroute A2 en proximité du tunnel du S. Gotthard ; assainissement d'un tronçon de l'autoroute N2. En outre, construction des ouvrages suivants : 1 nouvelle bretelle complète, nouveaux liens routiers (8 km env.), 2 nouveaux passages inférieurs, 1 pont, 13 murs de soutènement, 1 giratoire diam. 46 m.
Prestations, phases	Projet d'adjudication (S, SIA 41), Projet d'exécution (MA, SIA 51), Exécution de l'ouvrage (B/MA, SIA 52), Mise en service (DAW, SIA 53)



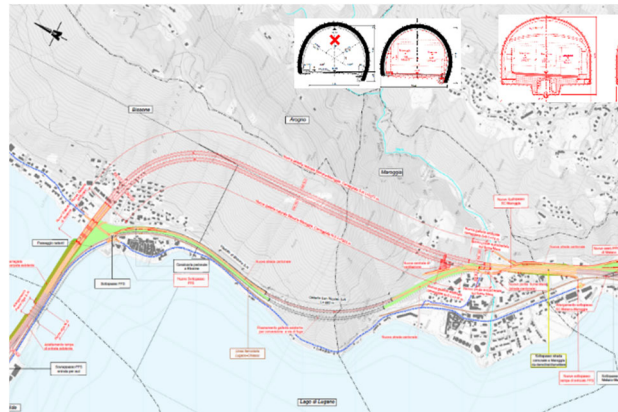
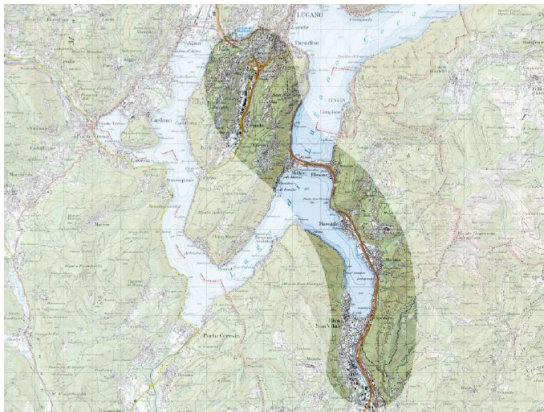
EP 28 – Jonction Lugano Nord et Tronçon N2 Gentilino-Lamone

2009 – en cours	Fonction : Chef de projet et Resp. Ouvrages d'art (K), 2009-2015 ; Adjoint au Chef de projet, 2015 – en cours
Client	Office fédéral des routes (OFROU)
Coûts	Env. CHF 200 Mio.
Description	Assainissement d'environ 30 ouvrages d'art, dont un complètement reconstruit ; écrans pour protection contre le bruit (env. 4 km) ; réalisation d'ouvrages de protection de la nappe phréatique (env. 3 km) ; élévation chaussée N-S et réalisation mur de soutènement (env. 2 km) ; réfection complète aire de stationnement de Muzzano ; réfection infrastructure et réalisation de nouvelles installations de traitement des eaux.
Prestations, phases	Concept d'intervention (MK), Projet de publication (AP), Projet d'adjudication (S, SIA 41), Projet d'intervention (MP/DP), Exécution de l'ouvrage (B/MA)



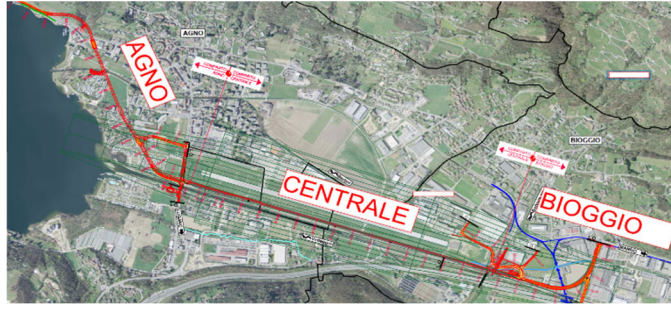
Potenziamento Lugano – Mendrisio (POLUME)

2018 – 2023	Fonction : Adjoint au Chef de projet
Client	Office fédéral des routes (OFROU)
Coûts	Env. CHF 1'000 Mio.
Description	L'objectif principal est la fluidification du trafic entre Mendrisio et Lugano, en garantissant 3 voies dans chaque direction aux heures de pointe. Le projet comprend la vérification des ouvrages le long du tronçon de la N2 allant de la jonction Lugano à la jonction de Mendrisio. Interventions principales: nouveau tunnel de San Salvatore à 3 voies entre Grancia et Melide; élargissement du tunnel de San Nicolao entre Bissone et Maroggia, réalisation de nouvelle voie dans les 2 sens de circulation sur tous les tronçons à ciel ouvert. Tous les travaux sont à planifier de façon à garantir la disponibilité complète de l'autoroute pendant la journée.
Prestations, phases	Projet Général (PG), Concept Global de conservation (GEK), Projet d'exécution (AP)



Contournement de la route cantonale CAB Agno-Bioggio

2021 – en cours	Fonction : Chef de projet
Client	République et Canton du Tessin
Coûts	Env. CHF 250 Mio.
Description	Nouveau contournement des communes de Agno et Bioggio comprenant une galerie rocheuse, des tronçons souterrains en matériaux meubles de la nappe phréatique, des rampes de jonction, une tranchée le long de l'aéroport d'Agno, un nouveau tracé routier dans la commune de Bioggio, plusieurs ouvrages d'art et la renaturation de cours d'eau.
Prestations, phases	De la phase de reprise de l'avant-projet (SIA 31) à la mise en service (SIA 53)



Nouveau centre plurifonctionnel de formation et de tir du Monte Ceneri

2021 – en cours	Fonction : Direction du team, Resp. Ingénieur civil
Client	Canton du Tessin, section logistique
Coûts	Env. CHF 75 Mio.
Description	Nouveau centre tessinois abritant les stands de tir sportif, des corps de sécurité, militaire et de chasse, ainsi que la zone d'entrée principale, des espaces commerciaux et des bureaux administratifs. Projet fortement innovant, en particulier d'un point de vue du concept architectural : bâtiment à réaliser en grande partie en souterrain (excavation d'un tunnel de 300 m de longueur).
Prestations, phases	De l'Avant-projet (SIA 31) jusqu'à la Mise en service (SIA 53)



L'avenir de l'ingénierie structurale selon moi

L'ingénierie structurale est, à mon avis, le domaine le plus fascinant parmi les diverses activités du génie civil. Il combine la théorie, la technique d'exécution et l'Art ; pour ces raisons, elle ne pourra jamais être complètement remplacé par de nouvelles technologies telles que l'intelligence artificielle. L'évolution liée à la technologie des matériaux et à la technologie en général lui permettra d'atteindre des limites jusqu'ici inimaginables, laissant place à de futures recherches passionnantes pour les jeunes ingénieurs curieux.

Remerciements

Merci Aurelio. Grand Respect et Gratitude.

Contact:

Stefano Guandalini

Pini Group SA

Via Besso 7

6900 Lugano

email: stefano.guandalini@pini.group

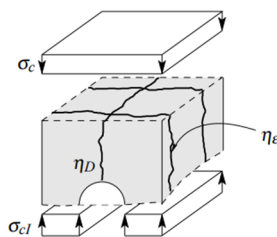
Eckart Hars

Curriculum vitae

Diplômé en génie civil et technique de l'environnement en 2000, Technische Universität Hamburg en Allemagne, il a débuté sa carrière en tant qu'Ingénieur assistant à l'IS-BETON (IBETON), jusqu'en 2006 où il a effectué une recherche sur l'adhérence entre l'armature et le béton, il a également enseigné, réalisé des études et des requêtes de recherche. De 2003 à 2006, il a poursuivi ses études avec un doctorat à l'IS-BETON (IBETON), EPFL. La recherche portait sur des essais à échelle 1:1 sur des poutres à âme mince, la modélisation numérique, et la formulation d'un critère de rupture physique pour la rupture à l'effort tranchant du béton. De 2006 à 2007 il a travaillé en tant que spécialiste de construction de ponts chez Grontmij (Sweco) à Stockholm (Suède), en mettant en œuvre ses compétences dans ce domaine. De 2007 à 2009, il a dirigé des projets (bâtiments et ponts et chaussées) en tant que Chef de Projet chez Mantegani & Wyseier à Bienne (Suisse). De 2009 à 2012, en tant que Chef de Recherche et Développement chez F.J. Aschwanden (Leviat) à Lyss, en Suisse, il s'est concentré sur des domaines tels que le poinçonnement, l'effort tranchant, les colonnes préfabriquées, et la corrosivité des aciers inoxydables. De 2012 à 2016, en tant que spécialiste de l'état de lieux des ouvrages d'art (ponts, géotechnique et tunnels) à l'Office Fédéral des Routes de Thoun, en Suisse, il a assuré la surveillance de ces ouvrages, la gestion d'infrastructures et la participation à des coopérations de recherche. Depuis 2016, en tant que spécialiste en gestion de patrimoine des ouvrages d'art (ponts, géotechnique et tunnels) à l'Office Fédéral des Routes de Thoun (Suisse), il a joué un rôle clé dans la génération de projets, la gestion d'infrastructures, la participation à des comités techniques et de recherche, ainsi que dans la recherche et la surveillance.



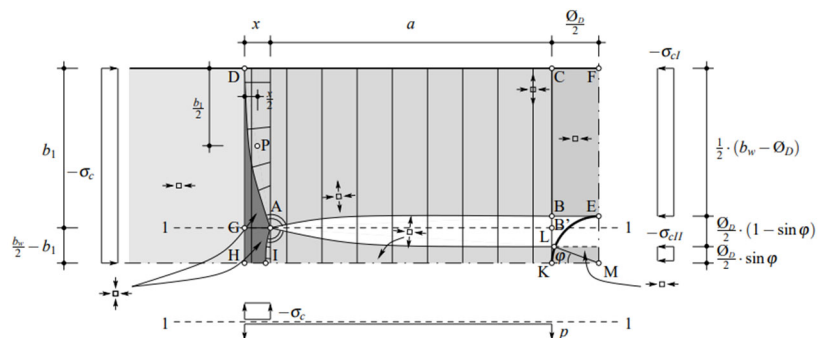
Ma thèse de doctorat



Le titre de ma thèse, soumise en 2006, était “Zum Querkraftwiderstand von Stahl- und Spannbetontägern mit dünnen Stegen” (« La résistance à l'effort tranchant des poutres en béton armé ou précontraint à âme mince »). Elle avait pour but d'investiguer le critère de rupture du béton de l'âme à la compression. Ces âmes sont soumises à une fissuration oblique qui réduit le transfert de contraintes les traversant, une fois que l'état de contraintes s'est altéré par rapport à la fissuration initiale. En présence d'un câble de précontrainte dans une âme mince, la gaine représente un obstacle dans le

flux de contraintes de compression, provoquant des fissures à l'intérieur et parallèle au plan de l'âme qui réduisent également la résistance à la compression. Ma thèse a montré que ces deux effets, agissant dans des plans perpendiculaires, seule la réduction la plus grande des deux effets sur la résistance à la compression est à considérer. Or, la fissuration due à la présence de la gaine provoque une déviation des contraintes qui réduit la largeur effective de l'âme, et c'est ce qui donne lieu finalement à une multiplication des deux effets :

la réduction de la largeur effective et le transfert de contrainte réduit à travers les fissures obliques. La réduction de la largeur effective en fonction du type de gaine (non injectée / injectée, acier / HDPE) a pu être quantifiée sur la base d'un modèle de rupture, composé par des champs de contraintes compression / traction dont la résistance biaxiale a été réduite. Cet effet est entré dans la SIA 262 et la multiplicativité des deux effets y a été explicitement incorporée.



Ce que ma thèse m'a appris

Les leçons de ma thèse se dessinent selon plusieurs axes : le sujet même, mes connaissances générales dans le domaine de construction, l'implication dans le monde de la recherche, la manière d'aborder et de résoudre des problèmes du métier, mes capacités de rédaction et ma manière de m'exprimer dans des langues étrangères. L'effort tranchant est souvent pour les constructions en béton le facteur structural délimitant, ce qui me rend très souvent service dans mon travail. Faire mon doctorat à l'EPFL m'a donné contact avec des gens passionnés du métier et m'a donné le goût pour l'art des structures. J'ai ainsi toujours gardé le contact avec le monde de la recherche, entre autre par collaboration active avec l'IBETON et plus tard comme examinateur de requête de recherche. La chance de pouvoir mener à bien un projet personnel sur une longue durée m'a enseigné de persévérer dans mes tâches et d'accepter des solutions seulement une fois que tous les aspects importants soient respectés. Grâce à ma thèse, j'évoque du grand plaisir à rédiger des textes, et les langues me servent dans mon travail de tous les jours et me donnent accès à un cercle de professionnels bien plus élargi. Au plan professionnel et développement personnel, ma thèse a été certainement un des jalons majeurs de ma vie.

Mon activité après ma thèse et de quoi suis-je fier

Depuis ma thèse, cela fait maintenant 18 ans que je suis actif dans le domaine de construction, pour la plupart lié aux constructions en béton, en majeure partie dans l'assainissement, discipline plus complexe que la construction neuve puisqu'il implique la connaissance et compréhension des ouvrages ayant été conçus selon l'état de l'art révolu. Les axes de ma thèse, décrits dans le paragraphe précédent, j'ai pu les mettre à profit durant ma carrière. Ce qui me plaît le plus dans mon travail quotidien, ce sont les tâches qui défient mon intellect : la reconnaissance et l'analyse d'un problème, produire des idées, esquisser des solutions, s'échanger avec les personnes compétentes et passionnées puis implanter la solution ensemble avec les parties prenantes. Cette manière de procéder, je l'applique aussi bien au processus d'octroi de permissions pour transports spéciaux sur les routes nationales que pour amener un institut de recherche à réaliser pour l'OFROU une idée qui émane de mon activité. Ce dont je suis fier ou plutôt heureux, c'est d'évoquer un plaisir dans ce que fais, jour après jour, et qui grandit chaque année.

L'avenir de l'ingénierie structurale selon moi

L'avenir est un bien qui se construit, et les constructeurs sont bien placés à y parvenir. Pour amener l'être humain à prendre le bon chemin, il y a les restrictions et il y a l'innovation. A la politique de prononcer les premières, alors que l'ingénieur peut créer un monde plus en accord avec la limitation des biens fournis par la nature. Celle-ci et l'humanité en sortiront gagnants, tandis que les individus verront leur qualité de vie même améliorée.

Or, je suis d'avis que les ingénieurs doivent prendre la parole dans la politique. Le parlement national est dominé par les politiciens professionnels, les entrepreneurs, juristes et conseillers économiques. Trop souvent, les débats sont émotionnels alors que l'ingénieur peut apporter des chiffres, corroborés par l'expérience et par calcul. Est-ce que la Suisse voudra encore de l'énergie nucléaire soi-disant bonne marché si elle savait à quel coût (et dépassement de coûts ; selon les exigences d'aujourd'hui et non pas selon celles des années 1970) se construit actuellement une centrale nucléaire en Angleterre ?

Selon moi, l'avenir de l'ingénierie structurale doit résider dans l'emploi intelligent et économique des ressources, et la main-d'œuvre spécialisée en est une. Concevoir des structures robustes et polyvalentes pour anticiper des changements d'utilisation, avec le moins d'entretien et de surveillance nécessaires possible, construire en ayant recours à des matériaux qui ont le moins d'impact sur l'environnement et maintenir le patrimoine le plus long possible pour ne pas détruire de la valeur, telle doit être le credo de l'ingénieur d'aujourd'hui.

Remerciements

J'aimerais te remercier, Aurelio, pour avoir placé de la confiance en moi et pour m'avoir donné le goût pour l'art des structures. Notre collaboration durant les années suivant la thèse était pour moi une source de plaisir et d'inspiration.

Contact :

Eckart Hars

Office fédéral des routes (OFROU-ASTRA), filiale de Thoune

Adresse privée : Dufourstrasse 53, 3005 Bern, Suisse

email : eckart.hars@gmail.com

Jörg Jungwirth

Curriculum vitae

Jörg Jungwirth graduated in civil engineering from the Technical University of Munich. At the Institute for Concrete Structures at EPFL Lausanne he investigated the mechanical behaviour of UHP(FR)C; concluding his work 2006 with his PhD thesis on the "Tensile Behavior of UHPFRC".

Mr. Jungwirth continued his career as Managing Director for international projects at the engineering firm SSF Ingenieure AG. For over a decade, he planned international transportation projects e.g. major bridges, high-speed railways and metro projects.

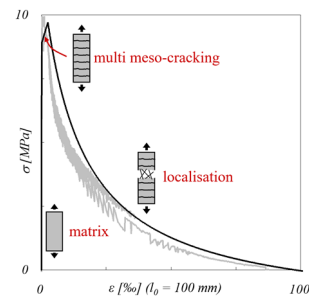
In 2016, Mr Jungwirth was appointed as a professor of concrete structures and structural engineering at the School of Civil Engineering at Munich University of Applied Sciences. In 2021, he was nominated Research Professor and become a member of the Research Institute for Construction Materials and Building Structures.

His current research focuses are sustainable design, structural behaviour and application of UHPFRC as well as the development of digital planning and construction methods (BIM, 3D printing).



My PhD thesis

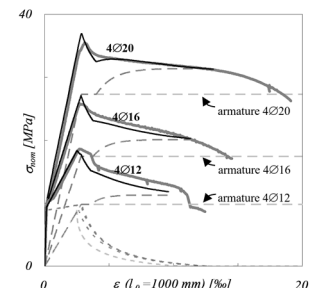
The title of my thesis, submitted in 2016, was: "Structural Behaviour of Ultra-High Performance Fibre-Reinforced Concrete (UHPFRC) in Tension". The outstanding performance of UHPFRC is achieved by optimizing the concrete composition and improving the density of the cement matrix. Its structural behaviour and in particular its relatively high ductility, despite the brittle behaviour of the cement matrix, is influenced significantly by the crack-bridging behaviour of the fibres. This behaviour affects not only the tensile behaviour, but also the global structural characteristics, i.e.: bending (tension by bending), compression (transversal tension, confinement), shear, punching, concentrated loading, etc.



In the PhD thesis, the tensile behaviour of UHPFRC is analysed as a basis to describe its structural behaviour. The investigations extend from the 'micro-scale' behaviour of the crack-bridging fibres in one crack to the 'macro-scale' behaviour of tension members composed of UHPFRC.

To obtain efficient tensile performance it is expedient, to use UHPFRC in combination with reinforcing bars. The bond between the reinforcing bars and the UHPFRC is investigated, in order to analyse and understand the structural response of reinforced UHPFRC tension members. At each level of investigation, emphasis is placed on comprehension of the mechanical process. The influence of the fibre orientation, creep, shrinkage, and pre-stressing is discussed. Based on the studied mechanical processes, micro- and macro-scale modelling of the structural behaviour is carried out.

The cracking mechanisms of UHPFRC are examined in the research work. For the structural response of reinforced UHPFRC tension members, the influence of the double multi-cracking behaviour is particularly relevant. First, multiple meso-cracks form controlled by the fibres and then multiple macro-cracks form controlled by the bond between the UHPFRC and the reinforcing steel. With a model based on these mechanisms, the structural response of tension members made from different types of UHPFRC can be described.



For practical applications the following conclusions can be drawn: Tension members composed of UHPFRC show very efficient structural behaviour. The resistance of the UHPFRC supplements the steel resistance according to its strain respective cracking state. The well distributed cracking of the UHPFRC leads to a considerable increase in the rigidity of the tension member (high tension stiffening effect).

What I learned from my thesis

The opportunity to do my doctorate at EPFL had a far-reaching influence on my future professional career and scientific work. First of all, it is certainly the international environment and the foreign language that I learn and that gave me a different perspective on life and different cultures. Furthermore, I got to know so many sympathetic and inspiring people, that motivated me for scientific work and offered me a social environment, where relation and friendship is ongoing till today.

Scientific work on a dissertation allows you to look at things in great detail and from different points of view. Through the experimental investigations, you have the technology in “your hands” and “by touching” the material and the structural elements you better understand what really happens mechanically in structures. But you also realise that engineering and research are not the only things in the world and that there are many other beautiful things to discover, such as the wonderful surroundings of Lausanne!

My activity after my thesis and what I am proud of

After concluding my PhD thesis I become structural engineer and later on Managing Director for international projects at the engineering firm SSF Ingenieure AG. For over a decade, I planned international transportation projects e.g. major bridges, high-speed railways and metro projects. I benefited greatly from my experience at EPFL for my work in the international context. I had the chance to work on several internationally known infrastructure projects such as the metro in Doha, the high-speed railway in China or bridge projects in Mauritius and China.

In 2016, I was appointed as a professor of concrete structures and structural engineering at the School of Civil Engineering at Munich University of Applied Sciences. My current research focuses are sustainable design, structural behavior, and application of UHPFRC as well as the development of digital planning and construction methods (BIM, 3D printing).

Academic achievements:

9/23: Doctoral School and Right to Award Doctorate

2/22: Member of the Institute for Material and Structural Engineering Research (IMB)

2/21: Founding and Head of the Structural Concrete Laboratory (LMKI)

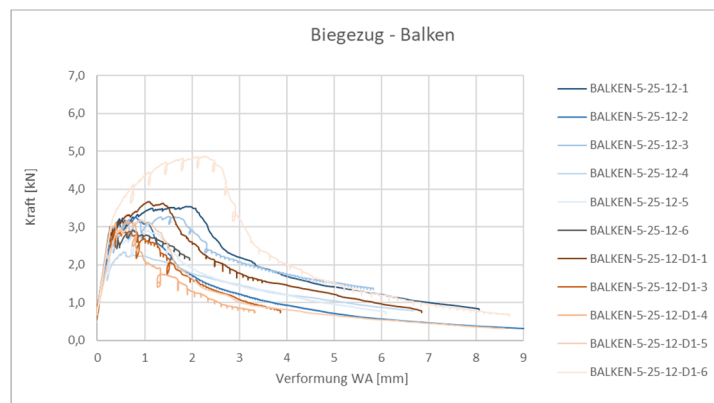
3/20: Research Professor HTA

3/16: Appointed as Professor of Concrete Structures and Structural Engineering at MUAS/HM

Selection of major engineering and research projects:

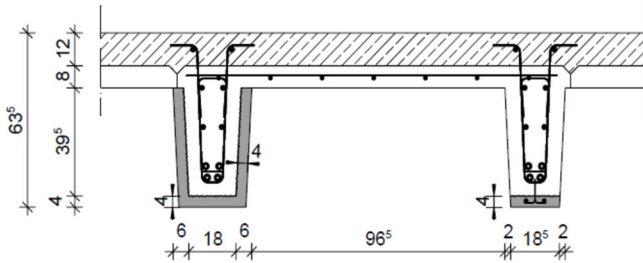
1/23 – 2/24: Research project C-UHFB, Development of a carbon fibre reinforced UHPC

Development of a UHPFRC reinforced with carbon fibres without corrosion-sensitive and injury-prone steel fibres. Project partners: NewCycle, Implenia, Kibag (CH).



1/22 – 12/23: Refurbishment / reinforcement of a pedestrian bridge in Fröttmaning with UHPC shotcrete (pilot project)

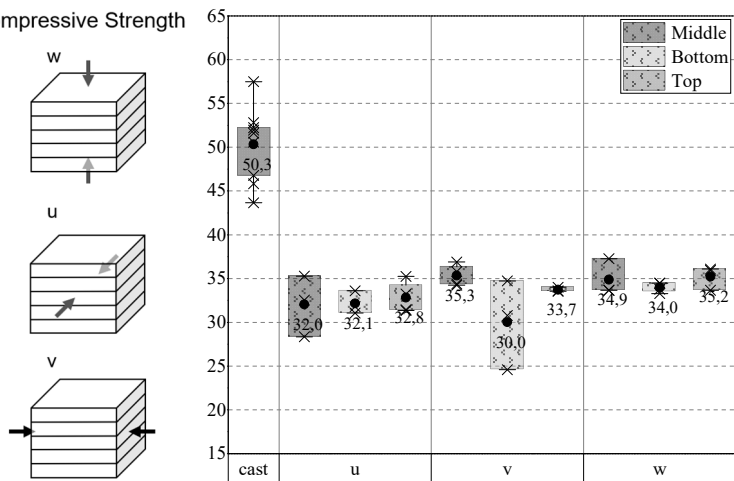
Pilot project for the renovation of a pedestrian bridge in Fröttmaning with a UHPC shotcrete layer; concept, static calculation, structural design, detail design, measurement concept, load tests, construction work, construction supervision.



12/21 – today: Research project INNOBAU 3D - Innovative use of 3D printing technology in building practice

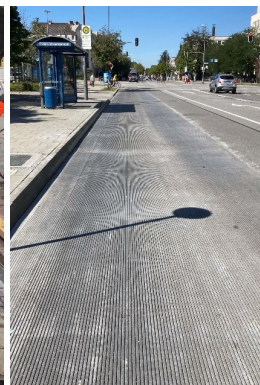
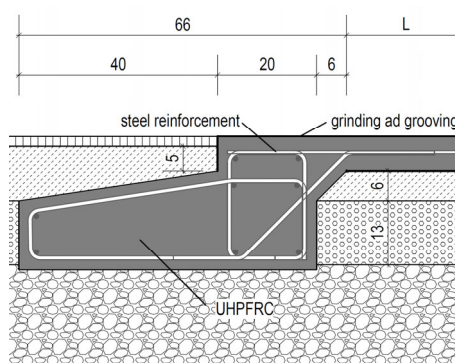
Use of regionally available mineral raw materials and technology-adapted structures, Cooperation between material science and structural design, Extrusion and particle bed printing (SPI / SCA), Optimization of the print material (recycled, local), Form finding and optimization of structural shape (load and process optimization), Structural analysis, design rules for 3D printed structures. Project partners: PERI, FIT AG

Compressive Strength



3/21 – 12/23: UHPC bus stops, UHPC road surface for bus stops to prevent rutting/damage

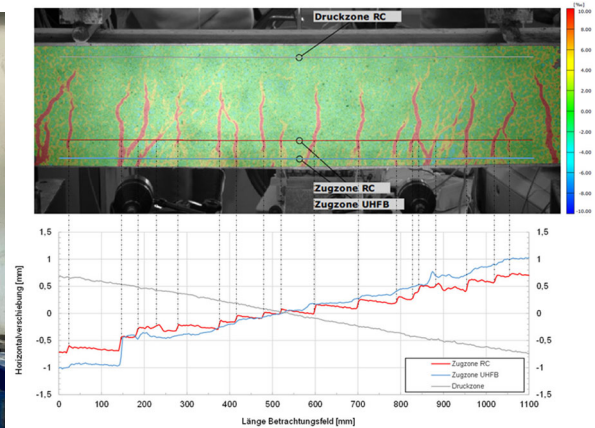
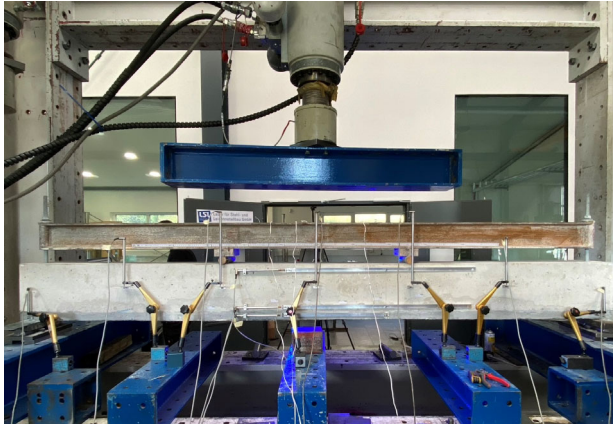
Concept, structural detailing details and design of a "thin white topping" as a carriageway structure for the new construction and refurbishment of bus stops in the city of Munich to prevent damage and rutting at bus stops subject to high loads. Conceptual design, planning, structural design, structural analysis, construction supervision and pilot study



6/18 – today: Research project i-SCUP - Repair and reinforcement of reinforced concrete structures using thin layers of UHPC shotcrete

Areas of application, Design and structural analysis, Crack formation and distribution, Durability, Processing technology (shotcrete). Co-operation project with the Department of Building Materials Science

Project partners: Implenia, LafargeHolcim, DUCTAL



1/15 - 8/18: Research project UHPC slab systems for multi-storey car parks

Development of innovative deck systems with integrated UHPC beams for multi-storey car parks. Research partner of the TU Munich, funded by the ZukunftBAU research initiative.

3/14 - 12/15: Sustainability assessment for the maintenance and strengthening of road bridges

Development of an evaluation system for sustainability assessment for the maintenance and upgrading of road bridges.

10/13 - 1/16: Detailed design of the Doha Metro Los Green Line

Execution planning (architecture and structural design) of 12 underground stations and structures on behalf of the construction company incl. geotechnics.

Design, structural design, structural analysis, construction of the elevated bridges for the Doha Metro, type design of a standard bridge system and 4 special bridges

11/10 - 12/12: Cable-stayed bridge and cantilever bridge on Mauritius

Design and structural design incl. structural analysis for a PPP: design of cable-stayed bridge 450m span (1500m total length); design of cantilever bridge 100m span (250m total length).

5/10 - 9/10: High-speed railway Hangzhou - Changsha

Founding of the project office in Hangzhou (China) and start of a construction supervision project for the Chinese high-speed railway. Various consulting projects for the Chinese railway. On-site manager of the project location in Hangzhou (China)

4/08 - 5/10: Metro Algiers, Bachdjarah 1 station

Detailed design of the Bachdjarah 1 metro station: excavation, shoring, temporary constructions, structural design of the station; various organisational and planning activities across all structures

1/07 - 8/07: Dashengguan Changjiang Yangtze Bridge, Nanjing

Consulting for the steel truss bridge (main spans 2*460m, 12km total length), consulting and supervision of the structural concept, structural analysis and construction processes. Project management for costs and time

The future of structural engineering in my perspective

The future of structural engineering is defined by technological advancements, sustainability imperatives, and a shift towards innovative design paradigms. A key driver in this evolution is the integration of cutting-edge technologies such as artificial intelligence, advanced materials, and digital modelling like the BIM method. These elements will fundamentally transform how we conceive, design, and construct structures.

Sustainability takes centre stage in my perspective on the future of structural engineering. There is a heightened emphasis on creating eco-friendly, energy-efficient designs that employ renewable materials and systems. As environmental consciousness grows, structural engineers will be instrumental in developing structures with reduced ecological footprints.

Parametric design and generative algorithms are set to revolutionize the field, enabling engineers to efficiently analyse numerous design variations. This ensures that structures not only meet safety standards but also align with aesthetic visions and resource efficiency. Collaboration between structural engineers and architects will deepen, resulting in more integrated and holistic designs that blend functionality with aesthetics seamlessly.

Urban environments' increasing complexity and the imperative for resilient infrastructure will drive the development of smart structures. Equipped with sensors and monitoring systems, these structures will enable real-time data collection and predictive maintenance, enhancing safety, reducing costs, and prolonging overall structural longevity.

Engineers will play a pivotal role in shaping a built environment that is resilient, efficient, and in harmony with the natural world, ensuring a sustainable legacy for future generations.

However, while the future of structural engineering undoubtedly involves ground-breaking technologies and innovative methodologies, it is crucial to underscore the enduring importance of the engineering spirit—a skill set that transcends digital tools. Despite the advent of artificial intelligence, advanced algorithms, and sophisticated modelling software, the intuitive and creative aspects of the human mind remain irreplaceable in the field of engineering.

References

- Jungwirth J., Richter C.; Structural Design Approaches for 3D Concrete Printed Structures, 77th Annual RILEM Week 2023 and Interdisciplinary Symposium on Smart & Sustainable Infrastructures (ISSSI 2023), ISBN 978-0-88865-491-5, Vancouver, 9/2023
- Richter C., Jungwirth J.; 3D Concrete Printing – From mechanical properties to structural analysis, fib Symposium, Istanbul, 6/2023, DOI: 10.1007/978-3-031-32511-3_22
- Strotmann A., Zohrabyan V., Braml T., Jungwirth J.; Increase of Structural Protection for Reinforced Concrete Structures under High Dynamic Loads using Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete (UHPFRC), 6th International Conference on Protective Structures (ICPS6), Auburn University USA, 5/2023
- Strotmann A., Jungwirth J.; Crack control for repair and strengthening of reinforced concrete structures using the multi-cracking behaviour of Ultra-high Performance Fibre Reinforced Shotcrete (UHPFRSC), ICCRRR 2022, DOI: 10.1051/mateconf/202236404003, Kapstadt, 10/2022
- Strotmann A., Jungwirth J.; Crack distribution of localized cracks in reinforced concrete structures by using Ultra-high Performance Fibre Reinforced Shotcrete (UHPFRSC) during repair and strengthening, fib Symposium, ISSN 2617-4820, ISBN 978-2-940643-08-0, Lissabon, 6/2021
- Jungwirth J., Strotmann A., Dauberschmidt C., Kustermann A. Pollner T.; Retrofitting and Strengthening of Reinforced Concrete Structures by Using Thin UHPFRC Shotcrete Layers: Fields of Application, Design, Durability, Construction Technology, fib Symposium, ISSN 2617-4820, ISBN 978-2-940643-08-0 Shanghai, 11/2020
- Jungwirth J., Strotmann A., Kustermann A., Dauberschmidt C.; Strengthening and/or Retrofitting of Reinforced Concrete Elements with thin UHPFRC Layers, 5th International Symposium on Ultra-High Performance Concrete and High Performance Construction Materials, DOI: 10.17170/kobra-202002271026, Kassel, 3/2020
- Schramm N., Jungwirth J., Fischer O., Nachhaltiges Bauen mit vorgespannten Tragelementen aus ultrahochfestem Beton (UHPC); Anwendung für Parkhäuser, Forschungsbericht im Auftrag des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung, SWD 10.08.18.7-14.33, 2018

- Jungwirth J., Engel J., Koubaa A., Schramm N., Fischer O., Slender UHPFRC Pre-Stressed Girders for Mid-Span Bridges and Park Decks; Conceptual Design and Modelling of the Structural Behaviour, Proceedings of UHPFRC 2017 in Montpellier, 2017
- Jungwirth J. und Schramm N., Structural Concepts for Application of UHPFRC in Construction Practice: Sustainable Precast Park Deck Systems, in HiPerMat, Kassel, 2016
- Jungwirth J., Casper J., Baumhauer A.: Particular Design Features for a Long Span Cable-Stayed Bridge over the Harbour of Port Louis, Mauritius, Multi-Span Large Bridges International Conference, Porto, Portugal, 2015
- Jungwirth J., Fischer O., et al., Einheitliche Bewertungskriterien für Elemente der Straßenverkehrsinfrastruktur im Hinblick auf Nachhaltigkeit - Straße und Tunnel, Forschungsbericht FE-Nr. 09.0164/2011/LRB im Auftrag der BAST und des BMVBS, 2013
- Jungwirth J., Fischer O., Katz C., Streit W., Willberg U., „Ganzheitliche Beurteilung von Verkehrsinfrastrukturprojekten“, in Beton- und Stahlbeton S. 510-523, Jahrgang 107, Heft 8, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2012
- Fischer O., Graupner C.A., Jungwirth J., et al., Pilotstudie zum Bewertungsverfahren Nachhaltigkeit von Straßenbrücken im Lebenszyklus, Forschungsbericht FE-Nr. 15.0522/2011/FRB der BAST / BMVBS, 2012
- Jungwirth J., Nachhaltigkeitsstudie eines Brückenprojektes im Zuge eines Nachhaltigkeitswettbewerbs, Wettbewerbsbeitrag Bayrische Ingenieure Kammer, 2011
- Jungwirth J., Frühauf W., et al., Slab track systems on engineering structures -A holistic design approach-, in RTR Special – The German High Speed Rail System, March 2008, DVV Media Group GmbH / DVV Rail Media, Hamburg, 2008.
- Jungwirth J., Seidl G. et al., Utilization of UHPC in Composite Structures – Lightweight Composite Structures (LCS) –, 2nd International Symposium on UHPC, Kassel, 2008.

Remerciements

Félicitations à Aurelio Muttoni pour son travail d'ingénieur et au niveau scientifique. Je voudrais remercier toute l'équipe d'IBETON et les membres de la faculté de génie civil de l'EPFL pour leur accueil chaleureux, l'excellent temps que nous avons passé ensemble et pour tout ce que j'ai appris pendant cette période.

Contact:

Jörg Jungwirth

Munich University of Applied Science / Hochschule München
Karlstraße 6
D- 80333 München
Germany

email: joerg.jungwirth@hm.edu; joerg_jungwirth@gmx.net

Sylvain Plumey

Curriculum vitae

Né dans le Jura, Sylvain Plumey a grandi et a effectué sa scolarité obligatoire et sa maturité à Porrentruy, avant de commencer une formation d'ingénieur civil à l'EPFL en 1997, ponctuée par une année d'échange à Austin-Texas. Il s'est rapidement orienté dans le domaine des structures et a décidé de faire son travail de diplôme sous la supervision d'Aurelio Muttoni en 2002, où, naturellement, il a prolongé sa formation professionnelle dans le domaine académique à l'IBETON de 2002 à 2007.

Son parcours de vie a lui ensuite permis de retourner aux sources pour travailler au sein du bureau d'ingénieurs familial Buchs & Plumey et parallèlement dans le bureau GVH. Actif dans le domaine des structures en général et des ouvrages d'art en particulier, il est maintenant directeur de Buchs & Plumey SA et associé des bureaux GVH.



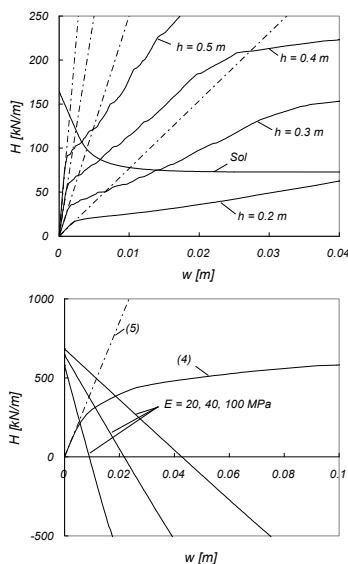
Ma thèse de doctorat

Le titre de ma thèse soumise en 2007 était "*Interaction sol-structure dans le domaine des tranchées couvertes*".

La recherche effectuée sur les tranchées couvertes apporte une contribution théorique à la compréhension du comportement de ces ouvrages jusqu'à l'état limite ultime.

Une méthode simplifiée inspirée de la méthode convergence-confinement a été développée puis appliquée systématiquement à plusieurs cas représentatifs des situations rencontrées en pratique. Cette méthode, basée sur le mécanisme de rupture de la structure, donne une solution approchée de l'état d'équilibre entre le sol et la structure. A ce titre, elle constitue un outil de conception car elle facilite la compréhension des mécanismes d'interaction sol-structure complexes caractéristiques de ces ouvrages. Le comportement du sol en interaction avec la structure est caractérisé typiquement par deux phases principales. La phase élastique est suivie par la plastification progressive de certaines zones du sol jusqu'à former un mécanisme plastique (phase plastique). Selon la géométrie et les matériaux, la structure profite alors plus ou moins favorablement de la contribution du sol à la reprise des charges.

La conclusion principale de ce travail est la mise en évidence de plusieurs régimes de comportement.



Trois régimes principaux d'un intérêt pratique particulier, définis principalement par la phase de comportement du sol déterminante pour la structure, sont mis en évidence : sol élastique, sol élasto-plastique et sol complètement plastifié. L'identification du régime permet alors de concevoir efficacement la structure et renseigne sur les éléments importants à considérer lors du calcul et du dimensionnement.

La recherche a aussi montré que la ductilité de la structure joue un rôle prépondérant pour garantir ou non l'exploitation des réserves de capacité offertes par le sol. Le calcul de ces structures avec de grandes redistributions plastiques n'est alors possible que sous certaines conditions garantissant une ductilité suffisante.

Pour les tranchées couvertes de type cadre, la capacité de déformation de la dalle supérieure est très faible si aucun étrier n'est disposé dans les zones fortement sollicitées à l'effort tranchant.

Pour les tranchées couvertes de type voûte, le phénomène d'éclatement du béton d'enrobage peut limiter la capacité de déformation de la structure. Des essais réalisés en laboratoire dans le cadre de cette étude ont montré que la résistance à ce phénomène était influencée négativement par les déformations plastiques de l'armature et par la présence de joints de recouvrement. La vérification de ce phénomène par la norme SIA 262 (2003) a été jugée insuffisante et une adaptation a été proposée dans le cadre de la révision de 2013.

Ce que ma thèse m'a appris

Avec du recul, le travail de thèse a été une chance pour approfondir les connaissances théoriques acquises durant la formation de l'EPFL mais aussi pour consolider les fondamentaux dans le domaine des structures en béton armé et de la géotechnique. Attiré au départ par le côté social et collaboratif du métier d'ingénieur civil, le travail de recherche s'est aussi avéré un exercice personnel exigeant qui a nécessité de repousser certaines limites.

La réalisation d'une thèse répondant à des questions concrètes de la pratique a servi de tremplin à ma carrière professionnelle et offert l'opportunité d'appliquer mes réflexions théoriques à des projets de tranchées couvertes sur le réseau autoroutier de la N16. Combiné avec un bon encadrement postdoctoral, cela m'a aussi permis d'intervenir rapidement comme expert dans le domaine des structures en béton armé en interaction avec le sol.

Au-delà du thème traité durant ma thèse, la démarche pédagogique et la méthodologie scientifique encouragées par Aurelio Muttoni ont été très formatrices. La compréhension des comportements de ces ouvrages particuliers et le rôle crucial de la ductilité dans ce type de problématique s'avèrent pertinents dans de nombreux cas de structures, en particulier en présence d'aléas spécifiques et non maîtrisables par des modèles. Ces principes me servent donc quotidiennement à traiter des sujets très variés.

Mon activité après ma thèse et de quoi suis-je fier

Mon activité professionnelle est très diversifiée et riche en de nombreux projets très passionnants en particulier dans le domaine des tranchées couvertes et des ponts.

Sections transversales des tranchées couvertes adaptées

Dans les projets de tranchées couvertes, la recherche de sections transversales optimisées constitue l'une des étapes les plus passionnantes du projet. Au-delà du gabarit exigé, la section doit avant tout être adaptée aux sollicitations à supporter, une structure asymétrique répondant par exemple à un chargement asymétrique. Les conditions géologiques et différentes contraintes en lien avec le remblayage ont également une incidence sur la forme de la section.

Le cas du tunnel de Choindez est un exemple intéressant. La section circulaire constitue une réponse adéquate aux couvertures de terre importantes et presque symétriques rencontrées à proximité du front d'attaque du tunnel. La section polygonale choisie à proximité du portail permet par contre de suivre efficacement le gabarit tout en minimisant l'épaisseur de la structure. Cette section permet aussi une transition architecturale idéale avec le portail.

La section transversale de la tranchée couverte du tunnel de la RC6 situé à proximité répond essentiellement au remblayage en pente et aux poussées asymétriques exercées à l'amont par le massif rocheux.

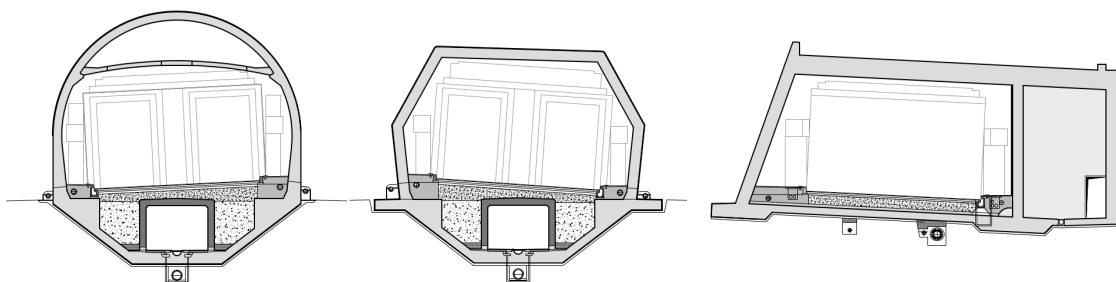


Figure 1. Sections transversales des tranchées couvertes du tunnel de Choindez et du tunnel de la RC6

Le recours à une section transversale fermée était primordial dans le cas de la galerie de Malleray en raison du risque de glissements du versant de stabilité précaire et des couvertures de terres très variables, ce type de section bénéficiant d'un comportement de poutre globale idéal capable de couvrir ces aléas.

Dans le cas du tunnel de Susten actuellement en phase de planification, le recours à un radier contrevoûté s'est rapidement imposé en présence d'une nappe phréatique à l'est mais aussi car il permet une

transmission efficace des importantes charges de terre (jusqu'à 15 m de couverture de terre) au terrain de fondation. Le radier contrevoûté bénéficie aussi d'une compression favorable.

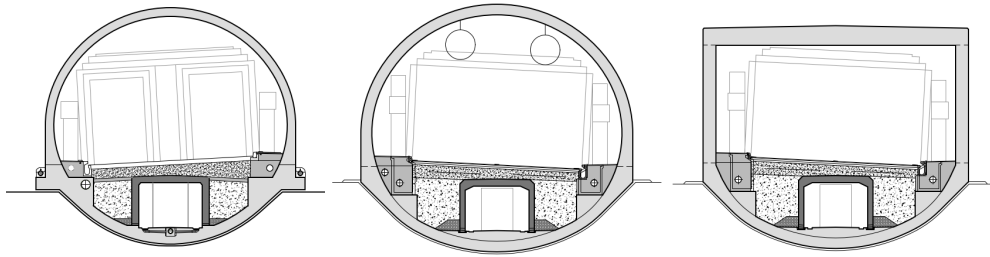


Figure 2. Sections transversales de la galerie de Malleray et du tunnel de Susten.

La conception de structures ductiles et le développement de concepts d'armature basés sur des cages et des treillis préfabriquées sont des caractéristiques communes à l'ensemble de ces projets. La réalisation de structures ductiles et robustes est essentielle dans les ouvrages en interaction avec le sol car la structure doit être capable de supporter les aléas géologiques inévitables. Dans la plupart des cas, la structure profite aussi d'une plus grande contribution du terrain ce qui conduit à des ouvrages plus efficaces.

Construction de ponts – modes de montage complexes

Le début de mon activité professionnelle au sein des bureaux GVH a coïncidé avec la réalisation de 2 ponts routiers majeurs caractérisés par des modes de montage complexes, les viaducs du Creugenat sur la N16 et le pont de la Poya à Fribourg.

D'une longueur d'environ 550m, les viaducs du Creugenat enjambent la plaine à une hauteur d'approximativement 50m. Ces ouvrages en béton armé précontraint de type caisson comporte un viaduc d'accès réalisé sur cintre et une zone centrale de 4 fléaux construite par encorbellement et caractérisée par une travée centrale de 104m.

Le calcul des contreflèches a constitué une tâche exigeante nécessaire à la bonne exécution des 2 viaducs. La prise en compte des effets différés et des nombreuses étapes de bétonnage et de mise en précontrainte était en effet primordiale pour définir le niveau de chaque étape du tablier, ceci de manière à assurer le clavage des fléaux successifs.



Figure 3. Montage des viaducs du Creugenat et du pont de la Poya par encorbellement (photos B. Houriet)

D'une longueur totale d'environ 850m, le pont de la Poya est un pont mixte acier-béton comprenant une partie centrale haubanée caractérisée par une travée principale de 196m.

Le montage de la partie centrale d'une étape type de 12m de longueur de l'encorbellement haubané est dissocié selon les phases suivantes : pose asymétrique (par rapport au mât) d'une étape d'ossature métallique, montage et première mise en tension asymétriques des 4 haubans de l'étape, bétonnage asymétrique de la dalle de roulement, éventuelle deuxième mise en tension des haubans, déplacement des outils (plateforme de travail et poutre de lancement de l'ossature métallique). Ce mode de montage a fait l'objet de calculs prévisionnels détaillés des flèches qui ont été comparées à l'évolution effective

au terme de chaque phase, permettant des mesures correctives en cas d'écart significatifs. Une troisième mise en tension des haubans a ensuite permis d'imposer une contreflèche finale au tablier. Le pont sud sur la Birse a été réalisé dans le cadre du déplacement de la RC6 en rive gauche du cours d'eau. Les contraintes sévères en matière de respect du gabarit hydraulique ont conduit à la réalisation d'un pont poutre précontraint très élancé suspendu par le portail du nouveau tunnel. L'engagement de cintres sur le futur tablier a aussi été nécessaire pour limiter les risques liés aux crues pendant la construction.



Figure 4. Pont sud sur la Birse - Choindez (photo T. Beuchat)

Le remplacement du viaduc CFF de Malvie se caractérise par un contexte logistique très complexe et par la nécessité de limiter l'interruption du trafic ferroviaire à 6 semaines. Le pont est situé dans un versant abrupt entre 2 tunnels et sans desserte routière. La présence de la forêt et la proximité du Doubs constituent de plus un environnement sensible.

La conception et le mode de montage du nouveau tablier ont été fortement influencés par ces contraintes particulières. Le tablier mixte acier-béton comprend ainsi une tôle raidie par des profilés métalliques qui servent de coffrage, respectivement de cintre à la section en béton armé. La structure métallique préassemblée a été acheminée sur site par convoi ferroviaire. Le nouveau tablier a ensuite été finalisé sur une plateforme à l'amont de la voie puis ripé transversalement après la démolition du pont existant.



Figure 4. Viaduc CFF de Malvie – St-Ursanne (photo B. Bron)

L'avenir de l'ingénierie structurale selon moi

De nombreux défis attendent les ingénieurs civils dans le domaine des ouvrages d'art. La maintenance et le développement des réseaux routier et ferroviaire impliqueront inévitablement des interventions conséquentes sur les ouvrages d'art existants, allant de simples travaux d'entretien à un remplacement complet. Ces travaux nécessiteront le développement de solutions innovantes permettant de réduire la durée des travaux et les conséquences sur l'exploitation des infrastructures. L'arrivée progressive sur le marché de nouveaux matériaux et de nouveaux moyens de levage offrent dans ce sens de nouvelles possibilités.

Il faudra également veiller à conserver au maximum les structures existantes, à les adapter aux nouvelles exigences ou à les renforcer, ceci afin de préserver nos ressources et évoluer vers une construction plus écoresponsable.

Le développement de nouveaux outils et méthodes de planification conduira aussi à une profonde mutation de notre profession.

La tradition suisse des constructeurs de pont a assurément un bel avenir et nul doute donc que la créativité et l'ingéniosité des ingénieurs seront sollicitées au même titre que leurs structures !

Remerciements

Je tiens à remercier Aurelio pour son encadrement lors de mon travail de recherche et son enseignement. Sa vision de notre profession reste aujourd'hui une source d'inspiration.

Contact :

Sylvain Plumey

Buchs & Plumey SA / GVH SA

email : s.plumey@buchs-plumey.ch

Rui Vaz Rodrigues

Curriculum vitae

Avec 21 ans d'expérience professionnelle et un doctorat dans le domaine des structures en béton, il est collaborateur permanent de COBA-Consultants d'ingénierie et environnement, depuis 2009, notamment au sein du Service des Structures, où il occupe le poste d'Ingénieur Civil Coordinateur de projets. Il est membre senior de l'Ordre des Ingénieurs Portugais.

Au cours de cette période, il a été impliqué dans la coordination, conception de diverses infrastructures en particulier les aménagements hydroélectriques, dans plusieurs pays surtout en Europe et Afrique.

En Suisse, deux ans d'expérience pratique au bureau d'ingénierie "Fellrath & Bosso" (INGENI aujourd'hui) à Lausanne, en Suisse.

Quinze ans d'expérience dans l'enseignement supérieur, d'abord en tant qu'assistant à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) en Suisse, et depuis 2009 en tant que professeur auxiliaire invité à l'Instituto Superior Técnico, où il a enseigné plusieurs unités de cours dans le domaine des structures en béton et dans le domaine du BIM. Il a supervisé plus de 30 mémoires de maîtrise dans le domaine des structures.



Ma thèse de doctorat

Le titre de ma thèse, qui a été soumis en 2007 est: "Shear strength of Reinforced Concrete Bridge Deck Slabs", avec le financement de l'OFROU et FCT (Portugal) – FCT/BD 13259 / 2003).

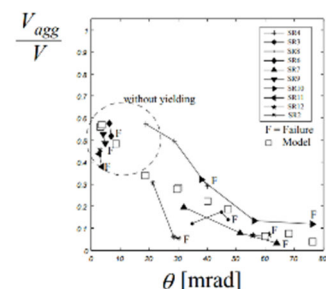
Les principaux travaux ont été développés sur la résistance à l'effort tranchant des bandes de dalle et des dalles de roulement des ponts routières en béton armé, soumise à des charges concentrées, incluant des essais en laboratoire de taille réelle, modélisation numérique et mise au point des modèles existant (critères de rupture), sous l'effet des déformations plastiques de l'armature de flexion.



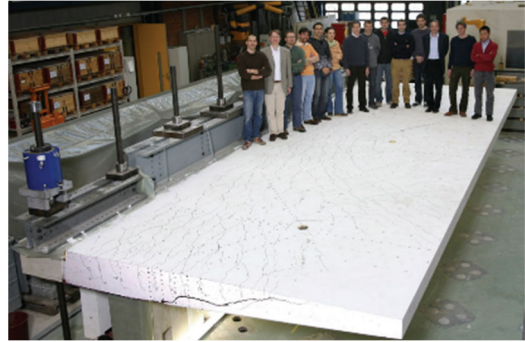
Il y avait (à l'époque de la thèse) relativement peu de contributions expérimentales et théoriques sur l'influence de la déformation de l'armature de flexion sur la résistance au cisaillement unidirectionnel des éléments en béton armé. C'est pourquoi une série d'essais portant sur onze bandes de dalles sans armature de cisaillement (8,4 m de long) a été réalisée. Les résultats ont montré que le développement de déformations plastiques dans l'armature de flexion peut réduire la résistance au cisaillement jusqu'à 50 % par rapport aux éléments dans lesquels l'armature de flexion reste élastique.

Des approches théoriques, pour le calcul du transfert de charges au travers de fissures d'effort tranchant ont été proposés et comparées avec les résultats des essais.

Un important programme expérimental a été également mené pour étudier le comportement de tabliers de pont sans armatures d'effort tranchant, chargés jusqu'à la rupture sous des groupes de charges concentrées. Six essais ont été réalisés sur deux cantilevers d'une portée de 2,8 m, d'une longueur totale de 10,0 m et d'une épaisseur variable allant de 0,38 m à l'extrémité fixe à 0,19 m au bord libre, avec des ratios de renforcement habituels.

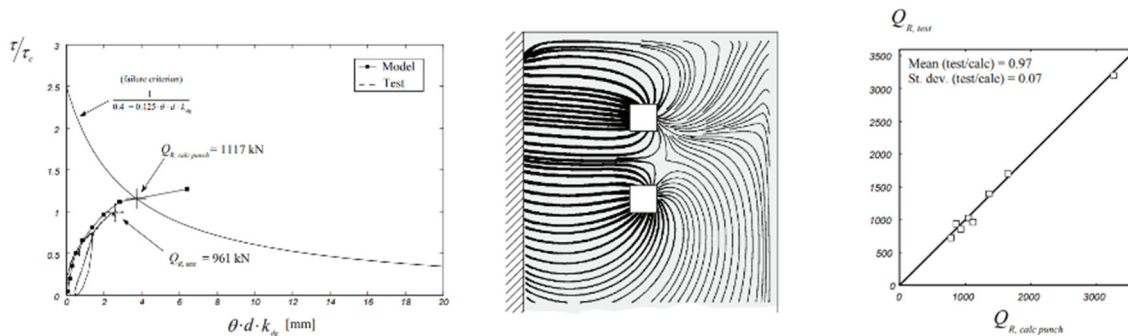


Les résultats expérimentaux ont montré que le mode de rupture est toujours fragile, avec une rupture par effort tranchant/poinçonnement. La charge théorique de rupture en flexion, estimée par la méthode de la limite d'élasticité, n'a été atteinte dans aucun des essais !



Des approches de calcul ont été proposées pour le calcul de la résistance des dalles sous charges concentrées, en tenant compte des conditions d'appui et des déformations de flexion dans les dalles.

Également des outils de représentation graphique pour la représentation des « chemins de charge » dans les structures du type dalle ont été établis.



Les publications suivantes ont été faites dans le cadre de la thèse :

- Vaz Rodrigues, R. A new technique for ultimate limit state design of arbitrary shape RC sections under biaxial bending. *Engineering structures* - Elsevier, 104(1-17) : December 2015
- Vaz Rodrigues R., Influence of Yielding of Flexural Reinforcement on Shear Transfer Through Cracks, *Magazine of Concrete Research*, 64(9):751-765, Thomas Telford Services Ltd, <http://dx.doi.org/10.1680/mac.11.00070>, 2012
- Vaz Rodrigues R., Fernández Ruiz M., Muttoni A., Rotation capacity of one-way members without shear reinforcement, *ACI structural journal*, Vol. 107 No. 05, 2010
- Vaz Rodrigues R., Muttoni A., Fernandez Ruiz M., Punching shear strength of R/C bridge cantilever slabs, *Engineering Structures*, Volume 30, Issue 11, Pages 3024-3033, November, 2008.

Ce que ma thèse m'a appris

Les études développées pour la thèse de doctorat ont permis d'approfondir mes connaissances théoriques, et surtout dans l'application de la méthode expérimentale pour l'approfondissement domaine des structures en béton, et ce sur la base d'une approche claire et rationnelle sur le comportement des structures, approche de grande utilité dans la pratique par la suite de la vie professionnelle. L'établissement d'une thèse oblige à un apprentissage dans les domaines scientifiques divers, analyse exhaustive des connaissances disponibles dans la littérature scientifique, maîtrise de outils informatiques, planning des activités expérimentales, interprétions des résultats, analyse critique et dépouillement, et finalement publication des résultats. Tous ces expériences ont été d'une très grande valeur pour la suite de la vie professionnelle. Je me rappelle en particulier de l'expérience et le contact avec les étudiants de génie civil en tant assistant, et également les interactions avec les architectes qui ont été de grande valeur pour la suite.

Mon activité après ma thèse et de quoi suis-je fier

Le début de mon activité professionnelle a été dans le bureau d'ingénieurs Fellrath&Bosso (aujourd'hui INGENI), à Lausanne. Je suis fier d'avoir été responsable pour les études structurales du nouveau bâtiment du Crédit Agricole Suisse, avec une importante dalle de transfert de charges, au-dessous du rez-de-chaussée ; et principalement, d'avoir établi les études de structures du nouveau bâtiment de IDHEAP à Lausanne ; ce dernier projet avec une intervention intéressante d'élimination de poteaux principaux de support de dalle principale, qui a requis la mise en place d'une poutre supérieure mise en précontrainte par l'effet des déplacements imposés au droit des appuis.

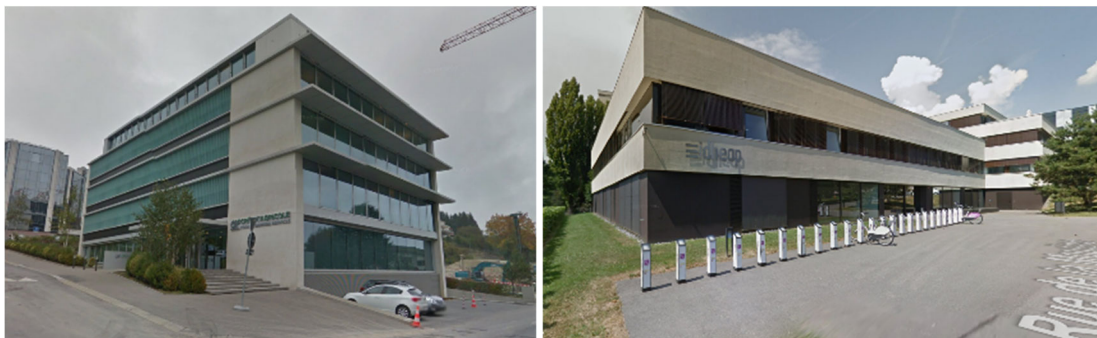


Figure 1. Bâtiments du Crédit Agricole au chemin de Berée; et de IDHEAP à Lausanne (avec Fellrath&Bosso)

Par la suite j'ai participé au dimensionnement des structures des projets dans le domaine des structures en béton des grands aménagements hydroélectriques, comme celui de Alqueva II, au Portugal avec une puissance 260 MW et Cambambe en Angola (700 MW).

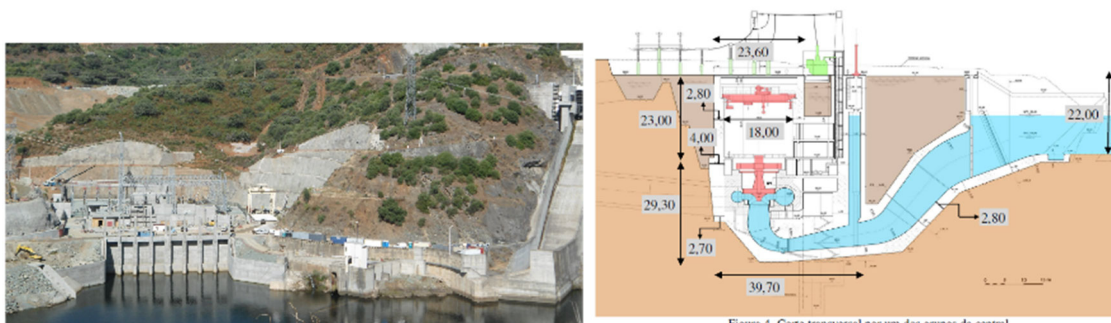


Figure 2. Centrale hydroélectrique avec circuit hydraulique, équipée de deux groupes réversibles de 2x130MW (turbine). Conception structurale de la centrale (groupe 2) et de la toiture d'une portée de 20,0

mètres, du circuit hydraulique composé de deux galeries à section en fer à cheval d'un diamètre intérieur de 8,50 mètres, des travaux de génie civil pour la sous-station et des travaux de béton pour le drainage de surface de la centrale, le bâtiment de soutien et le réservoir d'eau pour protection contre incendie (avec COBA)

Pour appuyer le dimensionnement ce des structures comme des tunnels hydrauliques en béton armé, ou des massifs avec des géométries complexes en béton (e.g. béton armé entourant la bache spirale) des études et contributions scientifiques ont été approfondies et publiés dans les articles suivants :

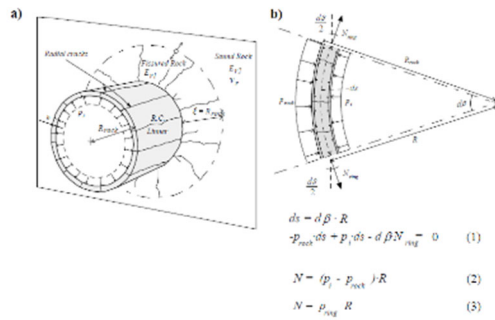


Fig. 1 Pressure tunnel: a) Applied loads, geometry and zone of fissured rock; b) Equilibrium along the radial direction

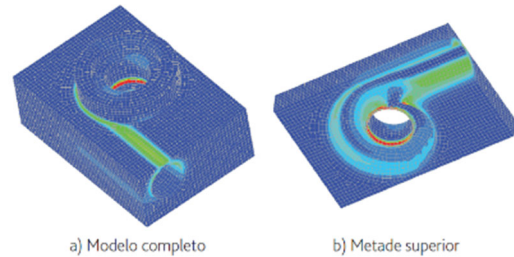


Figura 14 Resultados, tensão principal de tração S1 (eixo principal), ELU [kN/m²]

Figure 3. Dimensionnement des structures des aménagements hydroélectriques; contributions scientifiques dans [Joao Pedro Nunes Rosado, Vaz Rodrigues, R. Structural design of reinforced concrete encasing steel spiral case liner in hydro-powerhouses. fib symposium, junho 2021; et Vaz Rodrigues R., Crack Controlled Design of RC Pressure Tunnels Considering Rock-Structure Interaction, fib Symposium PRAGUE 2011, fib Symposium Prague, 2011]



Figure 4. Construction d'une centrale hydroélectrique de quatre unités de production de 175 MW chacune (total 700 MW) et d'un circuit hydraulique, dans le cadre du rehaussement du barrage de Cambambe (augmentation de la hauteur du barrage existant de 30 mètres). Assistance technique à l'ENE dans le cadre de l'examen et de l'approbation du projet de construction civile.

Des calculs et établissement des études d'appel d'offres, avant-projet détaillé et études d'exécution des structures en béton du type évacuateur de crues, tour de prise d'eau, et réhabilitation lourde des barrages, ont été également développés (Tunisie) :

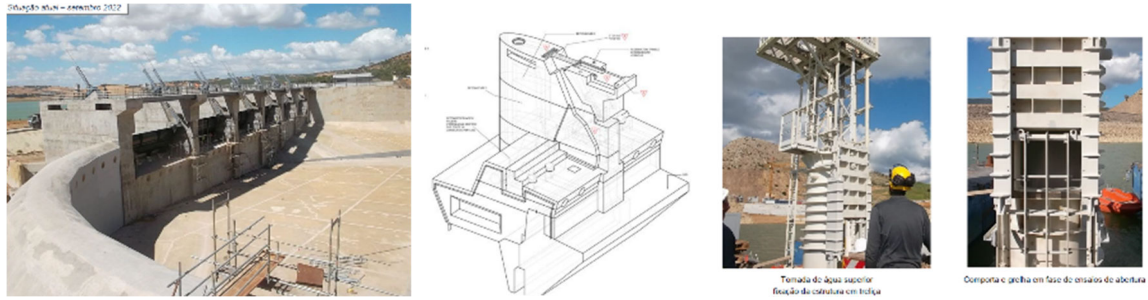


Figure 5. Études d'exécution sur l'évacuateur des crues du barrage de Bou Heurtma, pour l'augmentation de la capacité de retenue (Tunisie) ; avec COBA.

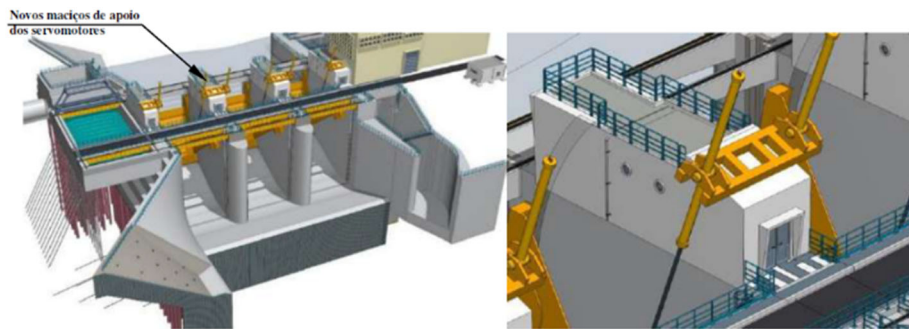


Figura 8. Barragem de Laroussia, após realização dos trabalhos, com quatro novos postos de manobra e respetivos maciços de apoio dos servomotores, estrutura de armazenamento das comportas e reabilitação do muro de suporte da encosta.

Figure 6. Études de construction des nouvelles chambres de manœuvre du barrage Laroussia (Tunisie), avec COBA

J'ai également été responsable pour les études structurelles, pour la démolition de deux cheminées de 200 m de hauteur, en béton armé, suite au décommissionnement de la centrale à fuel huile. L'importance de la caractérisation des propriétés structurelles par l'analyse des dessins de conception, ainsi que la réalisation d'essais pour caractériser les propriétés du béton et de l'armature, a été démontrée comme nécessaire dans ce travail, à l'image de la thèse de doctorant avec son programme expérimental.

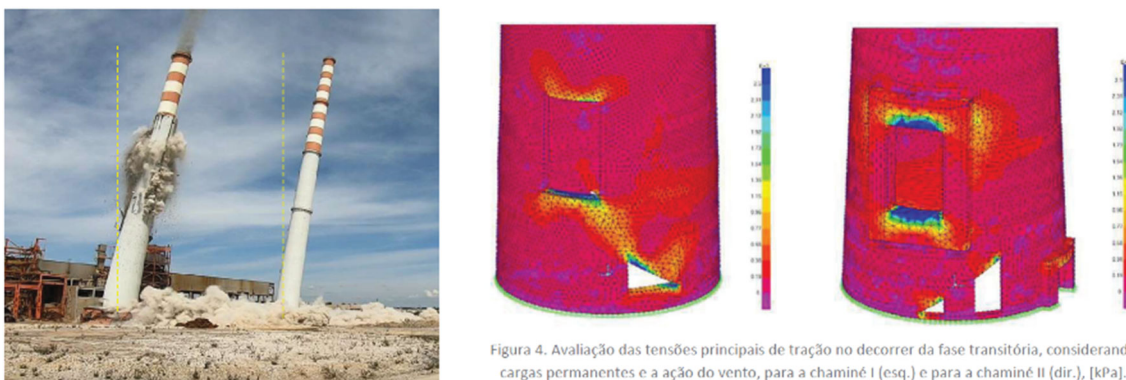


Figura 4. Avaliação das tensões principais de tração no decorrer da fase transitória, considerando cargas permanentes e a ação do vento, para a chaminé I (esq.) e para a chaminé II (dir.), [kPa].

Figure 7. Études structurelles pour la démolition de deux cheminées industriels de 200 m de hauteur chaque une (avec COBA).

L'importance des ressources renouvelables et de la production de l'électricité verte : un projet intéressant d'un nouveau circuit hydraulique d'une chute de 460 m de hauteur, réhabilitation et construction des massifs d'ancrage en béton, à Madère (Portugal), pour une conduite DN1250.



Figure 8. Études de construction et travaux en cours pour la nouvelle centrale hydroélectrique de Serra de Água à Madère (Portugal), avec COBA

L'eau potable devient crucial dans le monde, les structures en béton sont fondamentales pour son transport, comme il a été mis en pratique dans le Projet de BouHeurtma en Tunisie , pour lequel j'ai été responsable. Plus récemment le projet du prolongement de la ligne rouge (à Lisbonne) a été un grand défi professionnel !



Figure 9. Ouvrage de pont pour transport de l'eau (conduite eau potable DN1250) à Tunisie, avec COBA

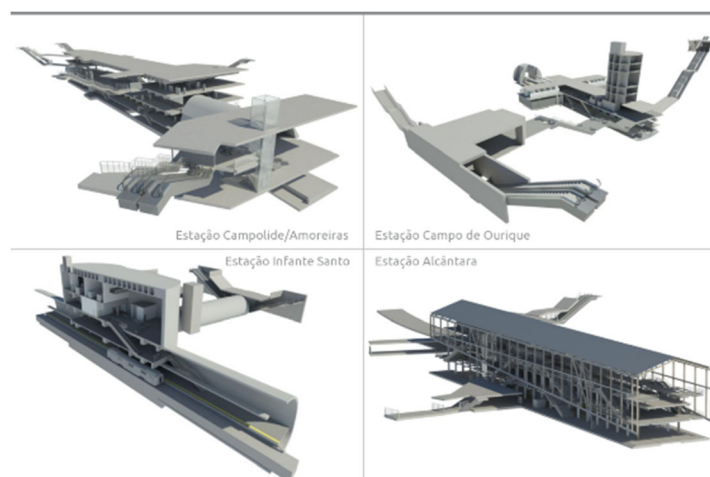


Figure 9. Nouvelle ligne de métro à Lisbonne – Études de Conception – responsable de la coordination générale de l'étude – début des travaux de construction prévu pour Mars 2024 (avec COBA)

L'avenir de l'ingénierie structurale selon moi

L'avenir de l'ingénierie structurale s'annonce innovant, marqué par l'intégration de technologies avancées comme le BIM dans la procédure de calcul/modélisation. La modélisation numérique est sans doute utile pour la vérification des structures, mais elle ne remplace pas l'expérience et la bonne conception acquis par le partage conjointe des experts. La durabilité et la réhabilitation deviennent centrales, stimulant la recherche de matériaux respectueux de l'environnement et la réutilisation des structures elles-mêmes, concept central et exigeant pour le dimensionnement.

Dans ce futur dynamique, les ingénieurs structurels deviennent des innovateurs, alliant tradition, durabilité et progrès technologique pour projeter des structures fonctionnels et créatifs, propulsant ainsi l'ingénierie structurale au cœur de la transformation de la société et surtout dans l'appui aux populations des pays en cours de développement.

Remerciements

Prof. Dr. Aurelio Muttoni (EPFL)
COBA – Consultants d'ingénierie et environnement
Instituto Superior Técnico – Université Technique de Lisbonne

Contact :

Rui Vaz Rodrigues

COBA – Consultants d'ingénierie et environnement
Serviço de Estruturas – Núcleo de Estruturas Especiais
Coordenador de Projetos
Av. 5 de Outubro, 323, 1649-011 Lisboa, Portugal
T: (351) 210 125 000 | T: (351) 210 125 171 (Direto)
M: (351) 96 39 00 191

email:

privé : rui.vazrodrigues@gmail.com

professionnelle : r.rodrigues@cobagroup.com

université : rui.vaz.rodrigues@tecnico.ulisboa.pt

Ana Spasojevic

Curriculum vitae

Ana Spasojevic was born in 1976 in Nis, Serbia, where she grew up and did her schooling. She graduated in civil engineering in January 2001 from the University of Nis, where she then worked and participated in her first bridge design projects. In September 2003, she joined the i-Béton Institute at EPFL, and completed her PhD in 2008. The following ten years she worked at the Ingeni design office in Geneva. At the same time, she was teaching at the University of Applied Sciences, in Geneva until 2014 and in Fribourg since 2014. In 2019, she joined the Federal Roads Office as a technical expert for bridges and special structures. She was a member of the SIA 262 national commission from 2015 to 2021, and is a member of the SIA UHPFRC technical committee. She is married and has two cheerful daughters.

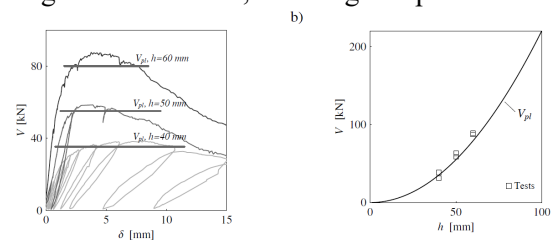
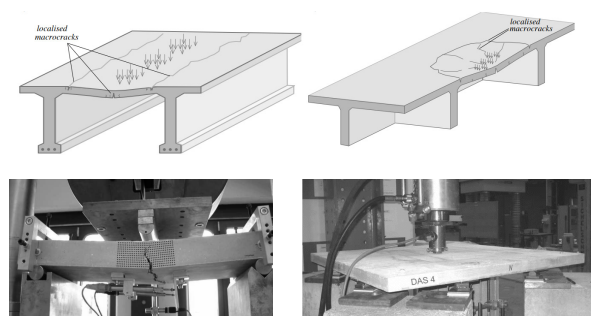


My PhD thesis

The title of my thesis, submitted in 2008, was: “*Structural Implications of Ultra-High Performance Fibre-Reinforced Concrete in Bridge Design*”. It contains a theoretical and experimental contribution to the understanding of the structural behaviour of elements made of ultra-high performance fibre-reinforced concrete (UHPFRC). It coincides with the start of the use of UHPFRC in Swiss practice: its advanced performance in terms of strength and durability explains the interest in using it both for the rehabilitation of existing structures and for the construction of new ones. One of the main differences between other concretes and UHPFRC is that the latter requires mechanical models capable of taking tensile behaviour into account for rational structural application in lightweight and sustainable elements.

This research focuses primarily on the bending behaviour and design of thin UHPFRC beams and slabs. Punching-shear is also investigated as a possible failure mode of thin UHPFRC slabs. Analytical and numerical models are developed in this study to simulate the non-linear bending response of UHPFRC beams and slabs without ordinary reinforcement, allowing to assess the behaviour at service states and predict the failure loads. In agreement with experimental data and the

prediction by models, it is demonstrated that pre-peak behaviour and bending strength are mainly governed by multimicrocracking (pseudo-plastic tensile phase). The propagation of the macrocrack provides only a minor additional contribution to bending strength, but, in the case of thin beams, plays an important role in providing ductility in bending. Even if the pseudo-plastic phase is less pronounced, thin elements develop behaviour similar to that of elements with high pseudo-plastic tensile deformations, owing to the low stress decrease in tensile softening. Nonetheless, in the absence of pseudo-plastic tensile deformations, the behaviour of thick elements approaches that of typical quasi-brittle materials, with a more pronounced size effect. In the case of thin statically indeterminate beams and slabs, it is shown that a high level of tensile ductility can allow sufficient internal force redistribution to occur, leading to a significant increase in load-bearing capacity. Moreover, high rotations can be sustained after cracking while almost constant bending strength is maintained, resulting in a plastic-like behaviour. It is demonstrated that the theory of plasticity can thus be applied for prediction of the bending failure load for thin elements. The plots at the right show the failure load V_{pl} based on plastic analysis, against actual force-displacement response of thin UHPFRC slabs (a)), and V_{pl} as a function of slab thickness sans experimental failure loads (dots).



What I learned from my thesis

Doing thesis at EPFL was a unique experience, that offered me to extend scientific and technical horizons in outstanding conditions and a stimulating climate. But, beyond scientific and technical knowledge, I understood the importance of being capable to give a detailed insight and develop precise solutions to a problem and then be able to zoom back out to apprehend it on a global scale. This determines the way in which I approach everyday projects. In the same manner, I've learnt the importance of remaining open-minded and curious about all the questions that will continue to arise, as well as about new developments, which is extremely useful for my current work.

My activity after my thesis and what I am proud of

I have to say that my interest and passion for structures clearly predates my theses, and, during my stay at EPFL, I was very fortunate to deal with a subject that had direct implications on new design possibilities. Following the thesis, I had the opportunity to carry on my career in the field of structural design: I was part of a dynamic structural engineering design office for ten years, which enabled me to work with many competent people on numerous design projects of various size and complexity (see Figures 1 and 2). Some of those projects have won engineering awards.

This last five years, due to my current position as technical expert for bridges and special structures, I have a chance to keep on working between the engineering and research, and the application of new knowledges and technologies. This link is very rewarding, in particular in case of big projects, structures of major importance, but also in small-scale projects that can have an important echo, that I'll try to illustrate below, in Figure 3.

What pleases me most is that I have the opportunity to work on inspiring projects with knowledgeable and respectful people, and to take on professional challenges. That's what makes me proud: to be part of a team that is willing and able to make the right choices that allow our profession to progress and, I hope, offer beautiful and inspiring things to the next generation too.

Another source of satisfaction for me is working with my students, mainly on structural concepts, in the frame of their diploma projects. This is an opportunity to continue to question the right design choices, while taking the viewpoints of new generations and current constraints into account. I'm proud to see their motivated solutions and the importance they are able to attach to structures.



Figure 1. The structure of JTI headquarters in Geneva, with SOM, Chicago : environ 25'000 m² of slabs supported in only seven points, creating a 60 m long cantilever on the north-east side and a bridge like building on the west side, spanning 80 m. On the right: construction phase; in order to guarantee the geometry of the building with extremely low tolerances, the erection phases were more complex than those of any ordinary bridge structure.



Figure 2: Passarella "Rayon vert", Renens, VD, CH, with Farra Zoumboulakis architects. It animates the passageway over the Renens SBB railway, and provides a "freshness" to the neighbourhood. The arborisation of the diagonals was a design and manufacturing challenge, as was the installation of the complete sections above the rails. The compression diagonals are bifurcated, while the tension diagonals are double plates.

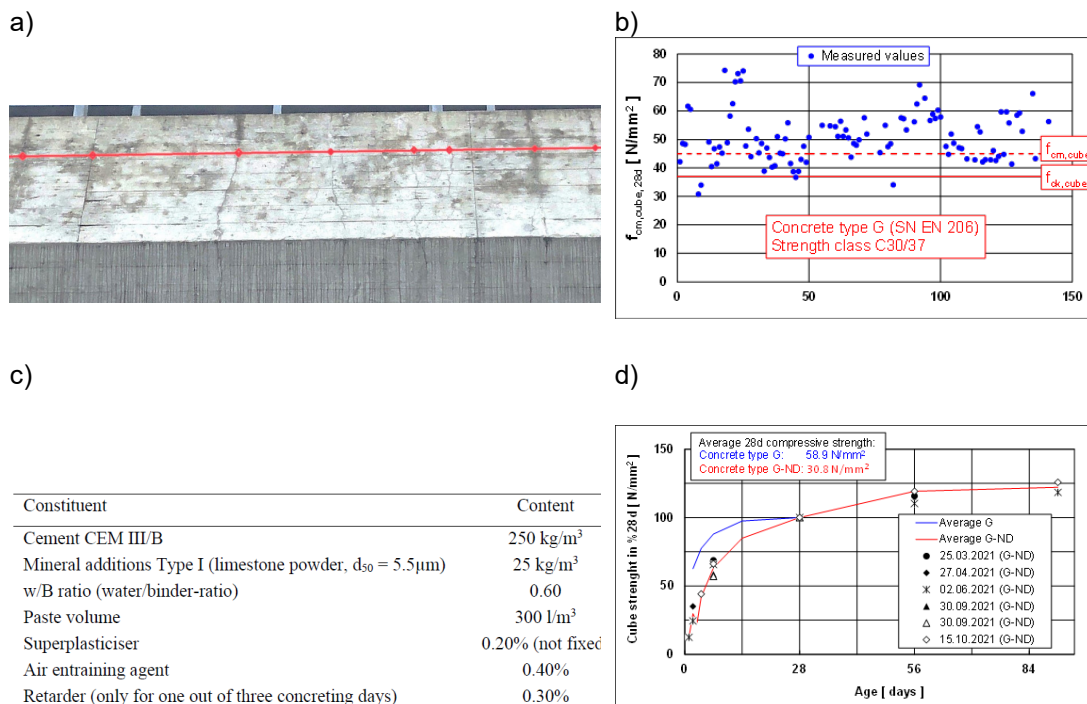


Figure 3 : Project on investigating alternative concepts for developing a more suitable design of concrete mixes: a) problem statement: unfavourable crack distribution on a parapet mostly due to over-strengths of in-situ concrete; b) measured compressive strengths of type G concrete used in recent FEDRO construction sites; this over-strengths are supposed to be the cause of unfavourable cracking in long elements with constrained deformations ; c) Optimised concrete recipe developed for a concrete of high exposure classes (XC4, XD3 and XF4), with a constraint on the maximum compressive strength; it is named G-ND; d) Strength development of concrete type G-ND compared to the results of traditional concrete type G.

Moreover, this concrete was successfully applied *in situ*, in a 126 m long bridge parapet. It has proven to be robust, with a good workability, good surface quality, 28d-cube strength less than required 38 N/mm², a high chloride and freeze-thaw resistance, as well as a sufficient carbonation resistance. It also has a much lower ecological impact than concrete mixes according to the current standard (e.g., concrete type G), considering the reduction of the cement content of more 20% and the reduction of about 70% of the clinker content compared to concretes with CEM II/A-LL (for more results see ASTRA Documentation 82 024. «Neues Entwurfsverfahren für Beton – Pilotanwendung bei der Bahnhofbrücke Tüscherz»).

This is a small but challenging application, that we believe will serve as a trigger for a wider use of optimised designed concrete.

The future of structural engineering in my perspective

Civil engineering, and therefore structural engineering, has always been a noble vocation, at the service of society. I believe it will remain so. But we have to be aware that society is changing, that demands, expectations and points of interest are changing. And structural engineering must continue to evolve, imposing new and different constraints on the process. This must not be a question of trends. It must be a sincere, critical and respectful response to evolution. But that is what makes our work inspiring, since structural engineering is not just about constructing, it's about creating.

Contact:

Ana Spasojevic

Office Federal des Routes (OFROU)

email: ana.spasojevic@astra.admin.ch

Dario Redaelli

Curriculum vitae

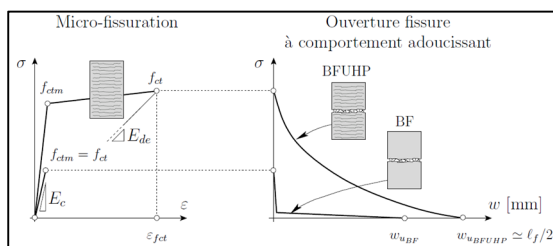
Originaire de la commune de Sovico, située dans le territoire de la Brianza (Lombardie, Italie), Dario Redaelli a obtenu en 2003 un diplôme d'ingénieur civil à l'École Polytechnique de Milan. L'année suivante il a rejoint le Laboratoire de Construction en Béton (IBETON) de l'EPFL pour réaliser une thèse de doctorat sous la direction du Professeur Muttoni. Suite à l'achèvement de la thèse, il a travaillé en qualité de chef de projet au sein du bureau d'ingénieurs civils Perreten et Milleret SA à Carouge (Genève), en s'occupant principalement du projet de bâtiments en béton armé. Depuis septembre 2013, il occupe le poste de professeur de structures en béton à la Haute École d'Ingénierie et d'Architecture de Fribourg (HEIA-FR). À côté des activités d'enseignement, il réalise des projets de recherche, des mandats pour l'industrie et des expertises techniques principalement dans les domaines des structures en béton armé, béton de fibres et béton fibré ultra-performant (BFUP).



Ma thèse de doctorat

Le titre de ma thèse, soumise en 2009, était : « Comportement et modélisation des éléments de structures en Béton Fibré à Ultra-Hautes Performances avec armatures passives ».

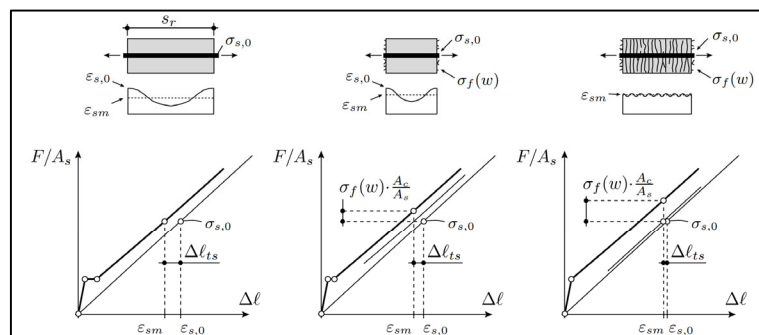
Quand j'ai commencé ma thèse, les connaissances théoriques et expérimentales sur le comportement structural des BFUP étaient encore lacunaires et son utilisation dans la pratique très limitée. Le BFUP



se caractérise par une matrice très dense, pratiquement étanche, et par une résistance à la compression supérieure à 120 MPa. Renforcé avec un taux important de fibres en acier (200-350 kg/m³), il présente un comportement post-fissuration en traction relativement ductile (figure ci-contre), caractérisé dans la première phase par la formation d'un réseau de plusieurs fissures très proches et très fines, qui lui

confèrent une grande déformabilité. Dans les éléments de faible épaisseur et hyperstatiques, les fibres seules permettent d'assurer un comportement structural résistant et ductile. Dans les éléments plus épais, la mise en place d'armatures conventionnelles devient nécessaire pour garantir une réponse fiable en service et à la rupture.

Ma thèse a été consacrée à l'étude expérimentale et théorique du comportement d'éléments de structures en BFUP armé : tirants, colonnes courtes et colonnes élancées. Des essais de laboratoire à échelle réelle ont permis de mettre en évidence les spécificités, les avantages et les limites du comportement de ces éléments. Des modèles mathématiques ont été développés pour décrire les aspects fondamentaux du comportement du BFUP armé, tels que: adhérence



avec les armatures, fissuration, frottement, effets du second ordre. L'approche de modélisation proposée a permis de rendre compte des phénomènes observés lors des essais et de justifier les spécificités du comportement des éléments en BFUP armé dans un contexte théorique plus large, en appliquant et en adaptant les théories du béton ordinaire.

Ce que ma thèse m'a appris

La réalisation d'une thèse de doctorat à l'IBETON a été pour moi une occasion exceptionnelle pour approfondir mes connaissances en mécanique des structures et en construction en béton armé. Ceci grâce à la possibilité de participer à des séries d'essais expérimentaux, mais également grâce à l'analyse approfondie de l'état de l'art le plus pointu, à l'activité d'élaboration et d'implémentation de modèles mathématiques et à la possibilité d'échanger de manière quotidienne avec d'autres chercheurs et doctorants, animés par la même passion.

La possibilité d'évoluer dans un tel contexte m'a aidé à consolider une pensée scientifique, curieuse et rigoureuse, qui consiste à toujours chercher de comprendre les phénomènes observés, les analyser de manière critique et traduire les connaissances acquises en des modèles de validité plus générale. Ce que j'ai appris pendant mon séjour à l'IBETON m'a été fortement utile pendant toute ma carrière, et notamment dans le cadre des activités d'enseignement et de recherche que je réalise à la HEIA-FR.

La participation en qualité d'assistant d'enseignement aux cours dispensés par le professeur Muttoni, ses remarquables qualités didactiques et les interactions positives avec les étudiants ont sûrement contribué à renforcer en moi une propension naturelle vers les activités d'enseignement et ont influencé mon choix de m'orienter vers une carrière en milieu académique.

Mon activité après ma thèse et de quoi suis-je fier

Une partie importante de mes activités de Ra&D reste liée au domaine des bétons fibrés ultra-performants. Je fais d'ailleurs partie des groupes de travail SIA CT-2052 (Construction en BFUP) et SIA CT-2064 (Construction en béton de fibres) et j'organise à Fribourg, depuis 2015, les journées d'études suisses sur la construction en BFUP. Dans les projets de recherche et les mandats industriels, je cherche de promouvoir la conception et la mise en œuvre de solutions permettant d'exploiter les qualités du BFUP de manière efficiente et durable. Je travaille ou j'ai travaillé récemment sur plusieurs projets motivants, qui explorent des idées prometteuses (Figure 1) :

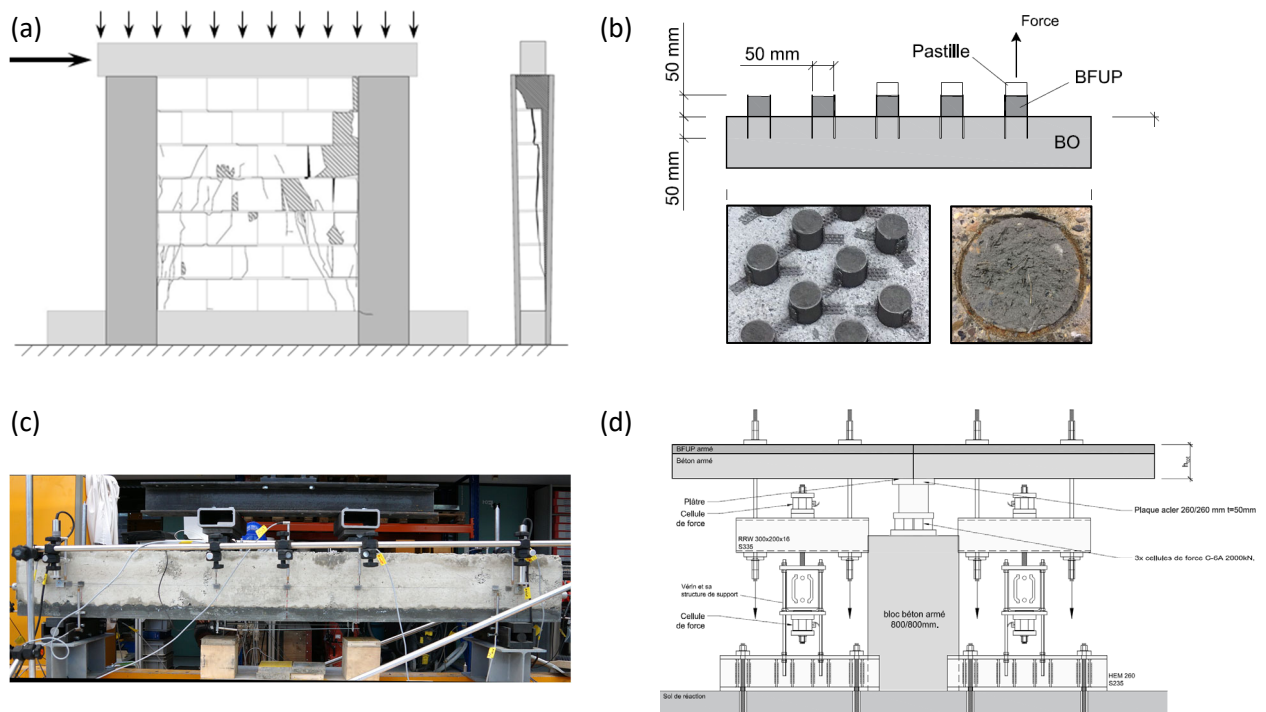
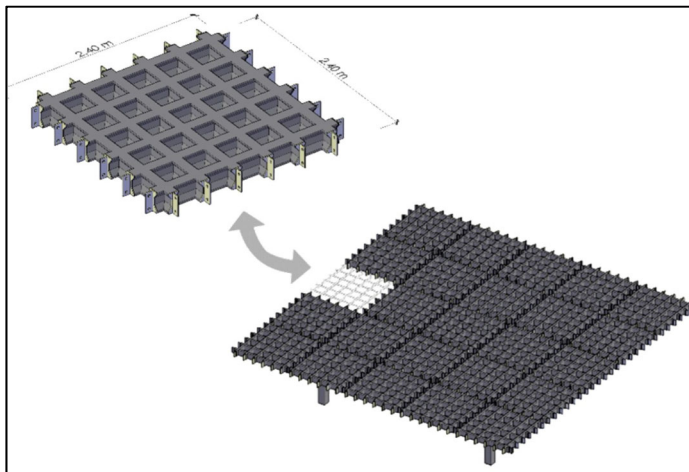


Figure 1. (a) test statique-cyclique sur mur en maçonnerie terre cuite renforcé avec couches en BFUP [1] ; (b) test set-up développé ad-hoc pour réaliser des essais d'arrachement BFUP-BO à très jeune âge [2] ; (c) essais de résistance à l'effort tranchant d'une poutre mixte BFUP-terre stabilisée [3] ; (d) test set-up d'essais de poinçonnement sur dalles renforcées avec une couche de BFUP [4].

- conception et développement de solutions constructives pour le renforcement parasismique de murs en maçonnerie avec des couches minces en BFUP (Fig. 1.a), en collaboration avec la Professeure Dr Mylène Devaux (HEIA-FR) ;
- étude de l'effet des vibrations à très jeune âge sur la qualité de l'adhérence BFUP-béton ordinaire dans les ouvrages d'art (Fig. 1.b);
- conception et développement d'éléments porteurs mixtes BFUP-terre stabilisée (Fig. 1.c), dans le cadre d'un projet de recherche HES-SO sur la construction en terre stabilisée, réalisé en collaboration avec le Professeur Dr Marco Viviani (Haute École d'Ingénierie et de Gestion du canton de Vaud) ;
- étude expérimentale théorique sur l'utilisation de couches minces en BFUP pour le renforcement au poinçonnement des planchers dalle existants (Fig. 1.d), en collaboration avec le bureau d'ingénieurs civils MGI SA ;
- analyse de la durabilité des structures en BFUP armées sous l'effet combiné d'actions mécaniques et environnementales, en collaboration avec l'École Polytechnique de Milan.

Depuis quelques années, je m'intéresse également à la thématique du réemploi des éléments porteurs, dans le cadre de divers projets réalisés au sein du *Smart Living Lab* (SLL), le centre de recherche et de développement Fribourgeois sur l'habitat du futur. La thématique du réemploi y est abordée selon deux questions complémentaires : - comment concevoir des nouveaux éléments de structure, afin de



maximiser leur potentiel de réemploi dans plusieurs bâtiments successifs? - comment extraire les éléments porteurs des bâtiments déconstruits, caractériser leurs performances et éventuellement les améliorer pour les réemployer dans des nouveaux bâtiments, avec une nouvelle fonction? Une recherche collaborative menée avec le Professeur Dr Corentin Fivet (Structural Xploration Lab, EPFL) a abouti à un concept novateur de plancher dalle modulaire, réversible et facilement adaptable (ci-contre, variante en BFUP), qui a été breveté [5] et est actuellement en phase de commercialisation par une start-

up basée à Zürich [6]. Grâce au soutien du Smart Living Lab et de la HEIA-FR, en outre, un laboratoire collaboratif *Reuse@lab* sera lancé à Fribourg en avril 2024 afin de réunir hautes écoles, industries, propriétaires immobiliers et administrations pour définir et porter de manière conjointe des thématiques de recherche et des projets pilotes ambitieux dans le domaine du réemploi.

De manière plus générale, ma recherche porte sur l'analyse et la modélisation du comportement des structures en béton armé et précontraint, incluant toute sorte de béton et autres matériaux de construction à base cimentaire. L'approche de recherche adoptée allie une forte composante expérimentale, qui bénéficie des infrastructures d'essais de la HEIA-FR, des techniques de modélisation numérique non linéaire et l'établissement de modèles mathématiques. Les projets de recherche menés au sein des hautes écoles se caractérisent par une forte composante appliquée, et sont majoritairement réalisés avec des partenaires industriels issus du tissu économique suisse et cantonal. Dans ce contexte, j'ai également la chance de continuer à collaborer avec le professeur Muttoni dans des projets de Ra&D en partenariat avec l'industrie. En parallèle, j'interviens également dans le cadre d'expertises techniques privées ou juridiques.

Dans le poste que j'occupe, j'ai la chance d'être confronté à des activités très variées et très enrichissantes, qui me permettent de rester en contact avec l'enseignement, la recherche et la pratique professionnelle.

Un point de fierté particulier reste néanmoins lié à l'enseignement, auquel je me suis toujours dévoué sans réserve et qui m'a apporté beaucoup de satisfaction personnelle. Compte tenu des années passées à l'EPFL et à la HEIA-FR, j'ai monté ou participé au montage de plus de vingt cours différents, dans les domaines de la construction en béton (principalement), la mécanique des structures, la technologie des matériaux et les normes de construction. En qualité d'assistant ou d'enseignant, j'estime avoir côtoyé et accompagné dans leur formation environ 500-600 étudiant.e.s en ingénierie civile. Pour la très grande majorité, je garde un souvenir de contacts humains et d'échanges très positifs et collaboratif, qui continuent souvent au-delà de la fin des études et qui constituent un large réseau de contacts et de confiance en suisse romande et au-delà. Dans la continuité de cet engagement pour l'enseignement, je suis responsable depuis 2019 de la formation master en génie civil au sein de la HES-SO.

L'avenir de l'ingénierie structurale selon moi

L'impact environnemental du domaine de la construction et la nécessité pressante de réduire un tel impact à niveau mondial sont bien connus. La société ne peut plus accepter la déprédation des ressources naturelles, le gaspillage de matières premières et la production de déchets et de gaz à effet de serre qui ont caractérisé les décennies précédentes et le boom de l'économie industrielle.

Les ingénieurs en structures peuvent et doivent jouer un rôle primordial dans la transition vers une construction plus durable.

La sensibilité de la communauté des ingénieurs vis-à-vis des enjeux environnementaux évolue rapidement, aussi grâce à l'impulsion des nouvelles générations et à la pression sociale sur cette thématique. Il faut cependant mettre à disposition des ingénieurs les *connaissances scientifiques* et les *outils techniques* qui leur permettront de contribuer de manière active à cette évolution, par l'optimisation du dimensionnement, la conception de solutions innovantes, l'utilisation de nouveaux matériaux à faible impact environnemental et l'adoption dans la pratique de nouvelles stratégies d'économie circulaires, tel que le réemploi cité auparavant. C'est le rôle de la communauté scientifique, des associations professionnelles et des normes de construction de promouvoir le partage et la diffusion de ces connaissances.

Je vois dans cette phase de transition une très grande opportunité pour réaffirmer le rôle et l'importance de l'ingénieur en structures. Pour cela, il faut cependant que le contexte social évolue de sorte que la contribution de l'ingénieur en structures puisse être valorisée à sa juste hauteur.

Références

- [1] Devaux M., Redaelli D., Moix J. (2016), Seismic Retrofitting of Masonry Walls with thin UHPFRC Layers. HiPerMat 4th International Symposium on Ultra-High Performance Concrete and High Performance Construction Materials, Kassel.
- [2] Redaelli D., Fleury B., Stroligo D. (2019), Étude expérimentale de l'influence du trafic routier sur l'adhérence BFUP/béton, Actes de la Troisième Journée d'étude BFUP, HEIA-FR.
- [3] Schranz N. (2022), Conception et réalisation de sections mixtes en BFUP et terre stabilisée projetée, Rapport TM MSE.
- [4] Agustoni A., Schranz N., Redaelli D. (2022), Rapport d'essais interne HEIA-FR - AGP-110957.
- [5] Fivet C., Redaelli D., Muresan A., Brütting J., European Patent EP4051846, Load-bearing device.
- [6] www.aeternum-tech.com

Contact :

Dario Redaelli

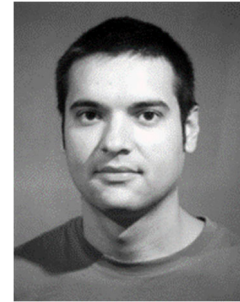
Haute École d'Ingénierie et d'Architecture de Fribourg
Boulevard de Pérolles 80
1700 Fribourg, Suisse

email: dario.redaelli@hes-so.ch

Neven Kostic

Curriculum vitae

Neven Kostic was born in Belgrade in 1980. He studied civil engineering first in Belgrade, then in Milan, where he received his engineering diploma in 2004. Subsequently he worked as a research assistant of Prof. Dr Aurelio Muttoni at the EPF Lausanne, where he focused his research on the topologies of stress fields for the design of reinforced concrete structures. In 2009, he received his doctorate in Lausanne on the same topic. After working experience in the office of Prof. Aurelio Muttoni et Dr. Miguel Fernández Ruiz, he became a long-time collaborator in the praxis of Dr. Joseph Schwartz. In 2015 he founded his own office in Zurich. Since then he has been involved in many small and large-scale projects in Switzerland and abroad.



My PhD thesis

The title of my thesis, submitted in 2009, was: “Topologie des champs de contraintes pour le dimensionnement des structures en béton armé” (Eng.: Topology of stress fields for the design of reinforced concrete structures). The doctoral thesis focused on the stress field method, an advanced approach for analysing and designing reinforced concrete structures. This method, rooted in elasticity and plasticity theories, is widely adopted in professional practice. The doctoral work significantly contributes to the development and optimisation of strut-and-tie and stress field models, employing both manual and automated methods.

A key aspect of this research was the use of the deformation energy minimisation criterion for automatic generation of strut-and-tie or stress fields models. This approach ensures not only the balance of elements but also their deformation compatibility, proving to be essential for optimising strut-and-tie models in given geometries and continuous stress fields in non-linear finite element models.

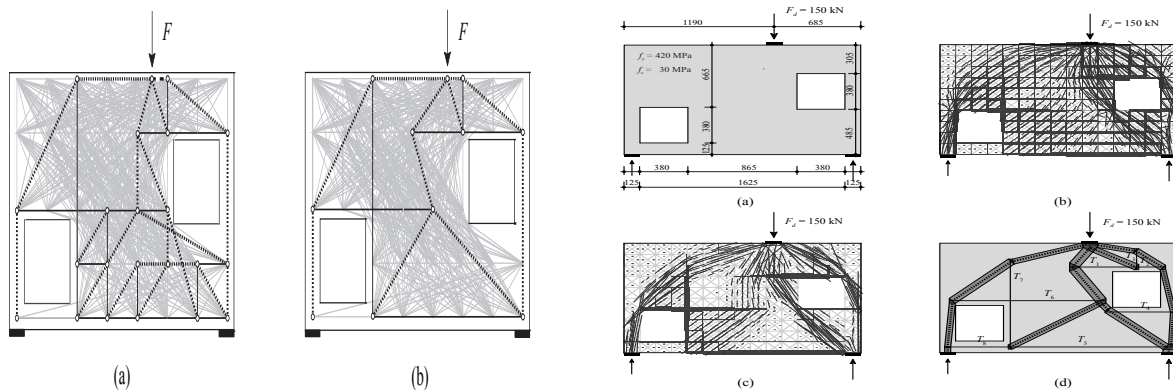


Figure 1 (a) Strut-and-tie model obtained with optimisation procedure in between given geometries; (b) Stress field obtained with the optimisation procedure in non-linear finite element model.

The doctoral work compared classical study examples and new case studies well, demonstrating the effectiveness of his methods in analysing real structures, especially those with geometric discontinuities. The work stands out for its practical and educational applicability, highlighting its relevance in the field of structural engineering. Part of this work has been implemented on a platform to support teaching activities, while the continuous stress fields, initially developed by Prof. Aurelio Muttoni and Dr. Miguel Fernández Ruiz, found wide applicability in practice in the subsequent years and were adapted by similar platforms, further developed by other universities.

What I learned from my thesis

I have always thought that the only real knowledge in structural engineering, is the kind that you don't forget even after 20 or 50 years, deprived of access to any book in structural engineering. In this sense, it is hard to differentiate what I learned as a teaching assistant to Prof. Muttoni or as his doctoral student. I think the two things are interconnected and it can be said that both were focused on the essence of things, on how to intuitively and geometrically explain the behaviour of concrete structures, a concrete element, or their detail. Once this became understandable, it was very easy to apply similar principles of thought to the general behaviour of structures in practice, regardless of the material they are made of. So, during my thesis, I learned not only to understand the structural problems but also how to find solutions for them.

My activity after my thesis and what I am proud of

During my time at the I-Beton Lab, I had the opportunity of being the first assistant for a new course, 'Structure and Architecture,' led by Aurelio Muttoni and the architect Renato Salvo. Preparing for this course involved extensive discussions between the two teachers, which I followed closely, contributing through thorough research on teaching materials and building examples suitable for student presentation. This experience, particularly the time spent listening to them, waked up my longstanding interest in studying architecture, this time from a structural point of view. I cannot think of any other learning experience during my extensive studies that had a more profound impact on my growth as an engineer. This awakening continued to evolve as I encountered notable figures like Joseph Schwartz, Christian Kerez, and briefly, Peter Zumthor. I am proud to have been influenced by them, which is evident in my work as a structural engineer. In my practice, I am keenly focused on ensuring that the mathematical precision of a structure is echoed in its aesthetic elegance. I firmly believe that these aspects are intrinsically linked, something the human eye can perceive even without conscious realisation.



Figure 2. Holliger Tower competition, 4. Prize, Bern (with TEN architects, Neven Kostic structural designer).



Figure 3. Koch Areal Zürich, Building site (with Krebs&Herde and Park Architects, Neven Kostic structural engineer)

The future of structural engineering in my perspective

In the future, I anticipate a greater involvement of AI in our structural design work, particularly in the calculations. This will likely result in less engineers being able to interpret AI results or utilise them effectively. Thus, I sincerely hope that the teaching approach, which emphasizes understanding the essence of concepts, akin to the methods taught by Prof. Aurelio Muttoni, will be adopted by other universities. This approach should be more aligned with the future of our field, as opposed to teaching methods that were tailored to our profession 50 years ago.

Additionally, I believe that the demand for eco-friendly construction will significantly increase in the future. This presents a substantial opportunity for the further advancement of our profession, as well as for the development of innovative structural systems and building solutions.

Acknowledgements

My acknowledgments go equally to Dr. Olivier Burdet, Dr. Miguel Fernández Ruiz, and Yvonne Buehl, as well as to all my colleagues who have all contributed equally to the output of our I-Beton Structural Lab.

Contact:

Neven Kostic

Dr. Neven Kostic GmbH, Zürich

email: neven.kostic@drnk.ch

Yaser Mirzaei

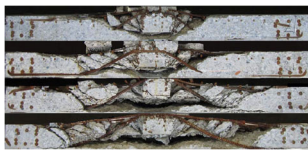
Curriculum vitae

Yaser received his B.Sc. and M.Sc. from SUT, Tehran, Iran, in 2002 and 2005, and then received his Ph.D. from EPFL in 2010. Later, he moved to the USA where he mastered some of the latest state-of-the-art analytical skills conducting non-linear finite element analysis of reinforced concrete structures subject to blast and progressive collapse in Boston. These skills were further developed at professional level in New York City while working on numerous high-rise buildings. Dr. Mirzaei is a structural engineering powerhouse, building a career at the intersection of scientific research and real-world impact. His leadership extends beyond design. He expertly manages, develops, and empowers his team, ensuring top-notch performance and quality deliverables. Driven by a passion for safety and innovation, Dr. Mirzaei is a trusted leader in the field, bridging the gap between cutting-edge research and everyday infrastructure needs. His dedication to building stronger, more resilient structures promises a brighter future for communities across and beyond the continental US.



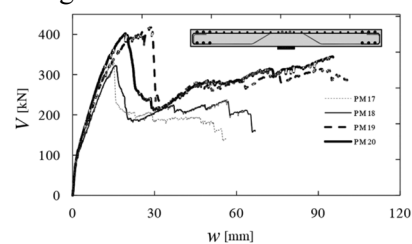
My PhD thesis

The title of my thesis, submitted in 2010, was “Post-Punching Behavior of Reinforced Concrete Slabs”. Reinforced concrete flat slabs are common in buildings and parking garages and their design focuses on preventing deflection and sudden failure due to punching shear. Over the past few decades, several structural collapses occurred in Switzerland due to punching shear failure resulting in human casualties and large damages. These collapses revealed some shortcomings in codes of practice and the necessity



of reconsidering punching provisions. The investigations of these collapses showed that the collapse initiated from a local punching failure and propagated throughout the structure and the absence of punching shear reinforcement leads to brittle collapse with no warning signs. As a local punching failure can trigger progressive collapse, the study of the post-punching behavior can help adopting constructive solutions to avoid

progressive collapse. This study investigates the post-punching behavior of flat slabs with various reinforcement layouts. Twenty-four slab specimens were tested, revealing the influence of factors like bending reinforcement, integrity bars, and anchorage details. Key findings were that “Tensile reinforcement” offers limited post-punching strength due to thin concrete cover and spalling. And, “Integrity reinforcement” significantly improves post-punching strength and deformation capacity by acting as a tensile membrane. It was concluded that well-anchored straight bars placed in the soffit of the slab over the supported areas (integrity reinforcement) can increase the residual strength of flat slabs. Its activation, however, requires significant column penetration. In addition, to ensure sufficient post-punching strength, fairly large amounts of integrity reinforcement over the columns are usually required. Bent-up bars generally perform better than straight bars. This is justified because they contribute to the punching strength of the slab and have a more favorable angle for their activation as integrity reinforcement after punching. As part of the doctoral studies a mechanical model was developed to predict post-punching behavior without shear reinforcement. It considers various parameters and failure modes, including concrete breakout strength and spalling, elastic and plastic behavior of reinforcing bars, curvature-influenced zone and maximum strain calculations, and ultimate tensile strain of reinforcing bars. The model accurately predicted the experimental results and identified key factors affecting post-punching strengths. Overall, this study provides valuable insights into post-punching behavior and its role in preventing progressive collapse. The findings can inform design practices and improve the robustness of reinforced concrete flat slabs.



What I learned from my thesis

Punching shear occurs when a concentrated load, like a heavy column, punches through the slab like a fist through drywall. This failure is often sudden and catastrophic, with little to no warning signs. In the worst-case scenario, it can trigger a domino effect known as progressive collapse, where the initial failure propagates through the structure, leading to widespread devastation. To counter this threat, engineers employ a range of strategies. One of the most effective is integrity reinforcement. These are steel bars strategically placed within the slab and passing through the column. Unlike traditional reinforcement, which primarily resists bending, integrity reinforcement acts as a safety net, preventing the slab from disintegrating after a punching shear failure. A few benefits of integrity reinforcement are listed here. Enhanced post-punching strength: After the initial failure, the integrity bars engage, creating a tensile membrane that can hold up significant weight. This provides valuable time for evacuation and emergency response. Improved ductility: The reinforcement allows the slab to deform and redistribute load to surrounding areas, preventing a localized failure from cascading into a full-blown collapse. Greater robustness: Buildings equipped with integrity reinforcement are more resilient to unexpected events, such as explosions or accidental overloading. Beyond its immediate benefits, integrity reinforcement represents a shift in engineering philosophy. It acknowledges the inherent uncertainty in construction and design and prioritizes resilience over rigidity. By embracing the possibility of localized failures and equipping structures to withstand them, we can build safer and more reliable concrete environments. In conclusion, integrity reinforcement is not just another building material; it is an investment in safety and peace of mind. By providing a safety net against localized failures, it can make buildings safer and more resilient, offering peace of mind to occupants and a stronger defense against the domino effect.

My activity after my thesis and what I am proud of

I can share a few of my accomplishments as a structural engineer/manager from innovative designs to overcoming complex challenges:

- **Brooklyn Point – Brooklyn, NY** – Structural engineer and Project Manager for 68 story 720 feet tall, 680,000 square feet luxury residential tower with its slender profile is the second tallest building in Brooklyn. Architects: KPF / SLCE: Rising 68 stories above the bustling streets of Downtown Brooklyn, 138 Willoughby Street (Brooklyn Point) is a testament to innovative structural engineering. Its foundation, a 7'-6" thick concrete mat and soldier piles, effectively mitigating potential settlement in the city's soft soil. To withstand lateral loads, the building uses a sophisticated combination of shear walls, outrigger belts and coupling beams that resist wind and earthquake forces. A cast-in-place concrete slush tank was provided at the top of the building to mitigate the wind induced acceleration and bring it within acceptable code limits.
- **Torre Mitikah – Mexico City, Mexico** – Analysis engineer and Project Manager for 65 story residential tower designed using an advanced Performance Based Design approach which is the tallest building in Mexico. Architect: Pelli Clarke Pelli / Sordo Madaleno: This building was designed using performance-based seismic design (PBSD), a cutting-edge approach prioritizes a structure performance during an earthquake. Sophisticated computer models simulate a building's behavior under various earthquake scenarios. Then we analyse potential damages, focusing on critical areas and load-bearing elements and based on these simulations, fine-tune the design, optimizing materials, configurations, and innovative technologies like seismic dampers. The benefits are clear: PBSD prioritizes life safety and functionality, ensuring buildings remain operational even after an earthquake, facilitating evacuation and emergency response. By optimizing materials and avoiding unnecessary over-design, PBSD can lead to more efficient and economical structures. PBSD encourages the use of technologies like dampers and advanced materials, pushing the boundaries of earthquake resilience.

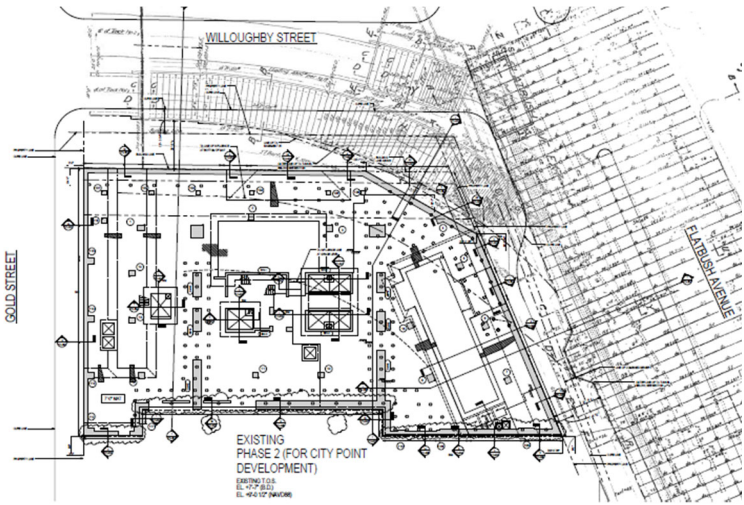


Figure 1. A photo of Brooklyn Point tower under construction and a plan view of the main podium (with KPF / SLCE architects, McNamara Savia structural engineer, Y. Mirzaei structural engineer and Project Manager).

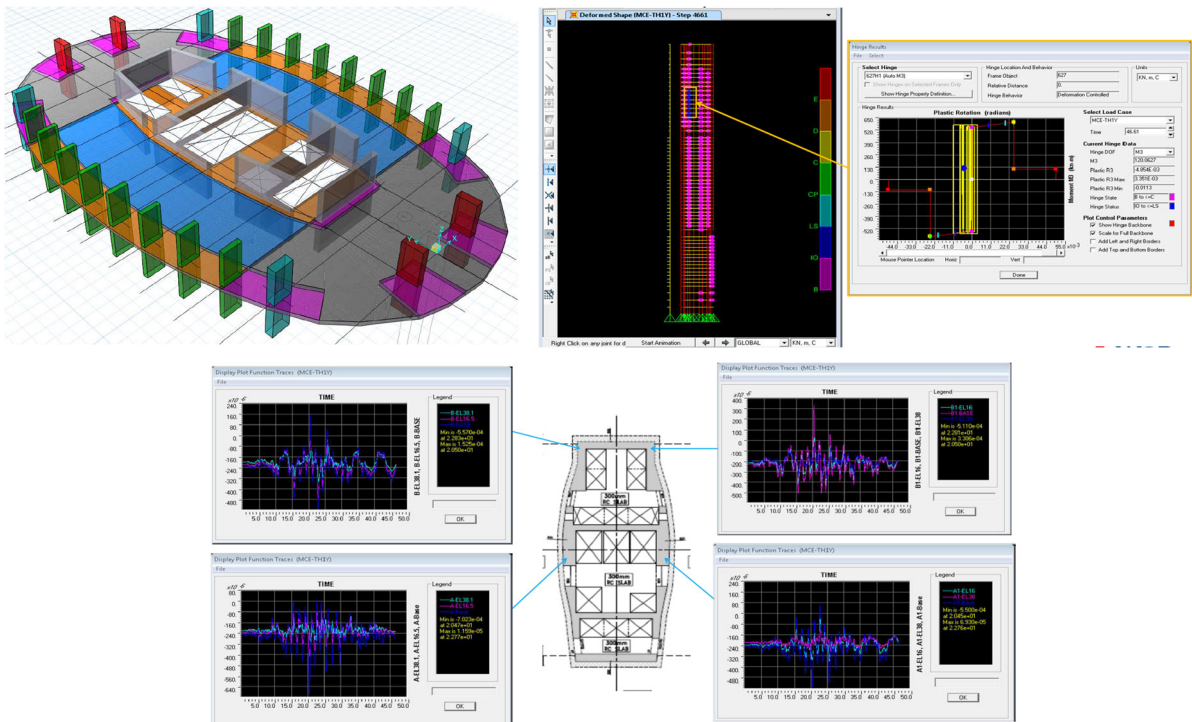


Figure 2. Performance-based seismic design of Torre Mitikah (with Pelli Clarke Pelli / Sordo Madaleno architects, McNamara Savia Inc structural engineering, Y. Mirzaei structural engineer).

- **Reforma 20/26 – Mexico City, Mexico** – Project Engineer for 40-story office tower and 29 story hotel towers designed using Performance Based Seismic Design approach. Architect: Richard Meier & Partners
- **555 West 38th Street (Lyra NYC)– New York, NY** – Project Engineer for 52-story, 570ft. tall, luxury residential building just north of the newly developing neighbourhood of Hudson Yards. Architects: Pelli Clarke Pelli / SLCE
- **217 West 57th – New York, NY** – Analysis Engineer for a 90+ story mixed-use development consisting of reinforced concrete residential tower over retail base. Architect: Adrian Smith + Gordon Gill
- **32 Park Avenue – New York, NY** – Analysis Engineer for 1397 feet tall, 85 story reinforced concrete residential tower with complex outrigger and damper systems. Slenderness of 15:1. Architects: Rafael Vinoly / SLCE
- **Sheikh Zayed National Museum – UAE** – Analysis Engineer for five signature steel and glass featherlike structures above hung gallery pods. Architect: Foster+ Partners
- **35 Hudson Yards Tower E – New York, NY** – Peer Review of 1009 feet tall, 72 story tower a part of the Hudson Yards Redevelopment Project in downtown Manhattan. It provides 1,130,000 square feet of mixed-use residential, office and a hotel tower. Architect: SOM
- **The Ellipse – Newport, NJ** – Analysis Manager for 43-story, 533,000 square feet luxury residential tower built over a pier on the edge of the Hudson River overlooking New York City skyline. Architects: Arquitectonica / HLW
- **609 West 56th St. – New York, NY** – Analysis Engineer for a slender 36 story, 425 ft. tall luxury condominium with a 10:1 aspect ratio. Architects: Alvaro Siza / SLCE
- **301 East 80th Street – New York, NY** – Analysis Manager for concrete design team of this 400ft., 33 story luxury residential building sits on a unique corner site. Architect: Studio Sofield / SLCE
- **Surf Ave Building 2 – Brooklyn, NY** – Analysis Manager for 26-story, 265,000 square feet mixed income residential tower on boardwalk in Coney Island with flood zone compliance. Architects: Stephen B Jacobs Group
- **Gerard Ave – Bronx, NY** – Analysis Manager for 2 building, 400,000 square feet cast-in-place concrete residential rental complex with ground floor retail. Architect: Woods Bagot
- **25-11 49th Ave – Long Island City, NY** – Project Manager for 200,000 square feet new office tower with adaptive re-use of existing 80,000 SF, 2-story full block podium incorporated into the design. Architects: STUDIOS
- **Copley Place Tower – Boston, MA** – Project Engineer for a 596 feet tall, 53-story tower addition to the Copley Place in downtown Boston including 1,150,000 square feet of new and expanded residential, retail and parking garage. Architect: Elkus Manfredi Architects / ODA
- **27-21 44th Drive Silvercup – Long Island City, NY** – Project Engineer for a 27 story, 150,000 square feet residential cast in place concrete structure.
- **Kendall Square at MIT (314 Main Street) – Boston, MA**– Analysis Engineer for a 17-story 465,000 square feet commercial office building with a museum on three of the lower floors, and ground floor retail space. Architects: Weiss/Manfredi Architects
- **909 East Tremont Ave – Bronx, NY** – Project Manager for 11-story 99,000 square feet affordable rental development and 6,500 square feet of commercial space in The Bronx's West Farms neighbourhood. Architects: Aufgang Architects

The future of structural engineering in my perspective

Structural engineering has traditionally been a localized field. I can envision that the future, however, demands global collaboration. Sharing knowledge and expertise across borders will be key to tackling complex challenges. Online platforms and virtual reality tools can facilitate this collaboration, allowing engineers from different regions to work together in real-time on complex projects. This will lead to a cross-pollination of ideas and accelerate the development of innovative solutions. In addition, Climate change, natural disasters, and aging infrastructure pose unprecedented challenges. The future demands structures that can withstand extreme events like earthquakes, floods, and high winds. This will involve advancements in materials science, with engineered composites and self-healing concrete offering promising possibilities. Additionally, incorporating dynamic response systems and advanced monitoring technologies can allow structures to adapt to changing conditions and anticipate potential threats. Also, Building Information Modelling (BIM) will become even more sophisticated, integrating real-time data and allowing for virtual testing and optimization of designs. Artificial intelligence and machine learning can analyse sensor data, predict structural behaviour, and even inform automated maintenance and repair. This fusion of technology will lead to smarter, more efficient structures that improve user experience and minimize environmental impact. Moreover, the future demands a shift towards sustainable construction practices. Embracing recycled and low-embodied-carbon materials like timber will be crucial. Also, designing structures that maximize natural light and ventilation can reduce dependence on artificial lighting and HVAC systems. The focus will move towards net-zero and even energy-positive buildings that generate more energy than they consume.

Contact:

Yaser Mirzaei, PhD, PE

Self-employed Structural Engineer

12307 Crested Moss Rd NE, Albuquerque, NM 87122, United States

email: yaser.mirzaei@gmail.com

Roberto Guidotti

Curriculum vitae

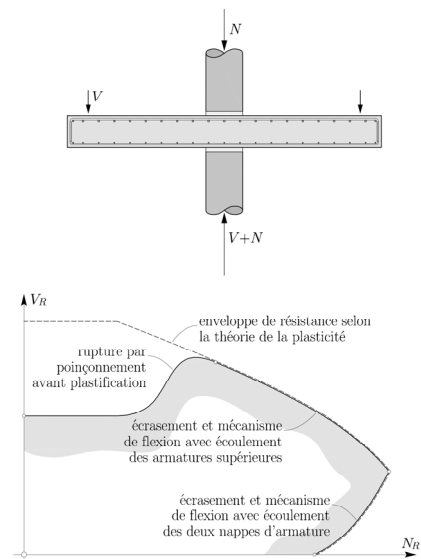
Il obtient son diplôme d'ingénieur civil auprès de la SUPSI de Lugano en 2002. Après une année de pratique en tant qu'assistant du Prof. Massimo Laffranchi à l'Académie d'Architecture de Mendrisio et dans la pratique pour le bureau ingegneri pedrazzini de Lugano, il se déplace à Lausanne où il poursuit ses études. Il obtient son master en ingénierie civile de l'EPFL en 2007 et son titre de docteur de la même école en 2010 sous la direction du Prof. Aurelio Muttoni et du Dr Miguel Fernández Ruiz. Pendant la période de la recherche, il travaille à temps partiel auprès du bureau des codirecteurs de thèse Muttoni & Fernández, Ingénieurs Conseils de Ecublens. En 2011 il retourne travailler pour le bureau ingegneri perazzini, il en devient co-titulaire et le bureau devient ingegneri pedrazzini guidotti. Depuis 2015 il est chargé de cours à l'Académie d'Architecture de Mendrisio dans le domaine des structures en architecture.



Ma thèse de doctorat

Le titre de ma thèse, soumise en 2010, est « Poinçonnement des planchers-dalles avec colonnes superposées fortement sollicitées ». Lors de cette recherche j'ai analysé le comportement des joints colonnes-dalle chargés simultanément sur la dalle et sur les colonnes. Pour des raisons de simplicité constructive, ce détail est normalement réalisé en interrompant les colonnes sur l'épaisseur de la dalle. De ce fait, la dalle, dans les alentours des colonnes, est sollicitée par une compression transversale qui peut être très intense. Cette portion de matière joue aussi un rôle primordial dans la résistance au poinçonnement de la dalle en étant fortement fléchie et sollicitée par l'effort tranchant.

Avant ma thèse, les seules recherches, sur ce type de joint, étudiaient les effets de la flexion de la dalle sur la résistance à la compression du béton des colonnes. Par conséquent, toutes les autres interactions ont toujours été négligées dans la conception et le dimensionnement de ce type de détail. Pour ma part, je me suis concentré sur les effets de l'interaction entre la charge sur la dalle (flexion et effort tranchant) et celle sur les colonnes (effort normal) au niveau de la dalle. Ceci implique, en premier, l'étude de la résistance flexionnelle de la dalle influencée par la contrainte de confinement qui permet de résister à des contraintes transversales supérieures à la résistance à la compression simple du béton qui la compose. Ce mécanisme de ruine, ductile et étudié à l'aide de la théorie de la plasticité, peut être précédé par une rupture fragile au poinçonnement. Ce deuxième mode de rupture je l'ai étudié par le biais de la théorie de la fissure critique en intégrant dans le critère de rupture l'effet de la même contrainte de confinement citée quelques lignes plus haut.



Les résultats théoriques ont été obtenus grâce aux essais de laboratoire que j'ai mené et qui ont mis en évidence que la résistance flexionnelle est diminuée par l'effort normal alors que la résistance au poinçonnement est augmentée. Ce deuxième effet a la même origine que l'augmentation de la résistance au poinçonnement due à la compression radiale introduite par une précontrainte de la dalle. La recherche donne les outils pour un dimensionnement plus précis de ce type de joints et surtout pour en simplifier leur conception en éliminant les dispositifs, compliqués à mettre en œuvre, pour la transmission de l'effort de compression entre les colonnes des deux étages.

Ce que ma thèse m'a appris

J'ai eu la chance de faire ma thèse après plusieurs expériences dans le monde de la pratique où, j'ai acquis une méthodologie efficace de se poser au projet. Celle-ci consiste dans la recherche en premier lieu des questions de base plutôt que la réponse ; donc, de comprendre avant tout le contexte, les besoins et les moyens. La bonne solution enfin ne sera que la réponse unique qui résoudra toutes les questions ; elle semblera simple et triviale. Tant mieux ! Cette manière d'affronter un problème j'ai pu l'appliquer aussi dans mon travail de recherche et me convaincre qu'elle est efficace dans chaque domaine, pour chaque condition et à chaque époque. C'est ça le plus grand enseignement.

Il est clair que les bases théoriques approfondies pendant la thèse, et même l'expérience pratique acquise dans le bureau de Aurelio Muttoni et de Miguel Fernández Ruiz, m'aident quotidiennement pour poser les bonnes questions. Ces bases me sont aussi indispensables pour en acquérir de nouvelles et surtout pour juger et critiquer les projets, et même mes projets, et avoir ainsi des nouvelles données pour les prochains projets.

Comme nous a toujours dit Aurelio, « Ce sont des bases théoriques solides qui permettent de concevoir des bons projets ; l'intuition ne suffit pas ». Je me permets de compléter ceci en affirmant que les bases théoriques solides sont indispensables pour poser les bonnes questions. Les bonnes questions font les bons projets !

Mon activité après ma thèse et de quoi suis-je fier

Je vais présenter ici quelques projets que mes collègues et moi avons conçus et réalisés depuis que j'ai intégré le bureau en 2011. Le premier projet est celui d'une toiture couvrant deux places de stationnement d'une maison individuelle qui, à mon retour de Lausanne, était presque terminée. Le terrain dans la zone du parking est en forte pente et l'idée du projet, y compris pour la maison, était de ne pas modifier la topographie. Seulement deux éléments sont nécessaires pour accomplir la fonction demandée : une dalle au niveau de la route donc soulevée de terre et une toiture qui protège de la pluie et du soleil. Pour soutenir ces deux parties un seul élément doit suffire et sa forme et sa géométrie doivent respecter les contraintes fonctionnelles et structurelles. Le contact entre ce seul support et la dalle doit se trouver entre les deux voitures sur le côté opposé à la route car vers la route elle est déjà appuyée à terre. Pour limiter l'épaisseur de la couverture, le point de contact avec le support doit se trouver plus centré pour réduire l'excentricité entre la résultante des forces agissant en toiture et ce même point. A terre, il n'y a pas de miracle, le support doit rejoindre la ligne d'action de la réaction d'appuis de sorte à limiter les dimensions des fondations. Plus de 90 mots pour dire ce que la statique graphique explique en un seul schéma ! Sur le terrain il y a des vieux bâtis en maçonnerie de pierre sèche et avec des toits en pierre. Leur pente garantit l'écoulement de l'eau avec des éléments qui sont eux-mêmes étanches mais leurs joints non. Ceci nous a suggéré d'utiliser une seule pierre artificielle, en béton armé, plissée et posée avec une légère pente vers l'aval. Ce pli ne résout pas seulement l'écoulement de l'eau mais il confère aussi la rigidité à la toiture pour se trouver en porte-à-faux sur la colonne. Elle est donc une structure plissée à épaisseur modérée variant entre 25 cm sur colonne, 15 cm aux extrémités du creux et 6 cm le long des deux bords hauts.

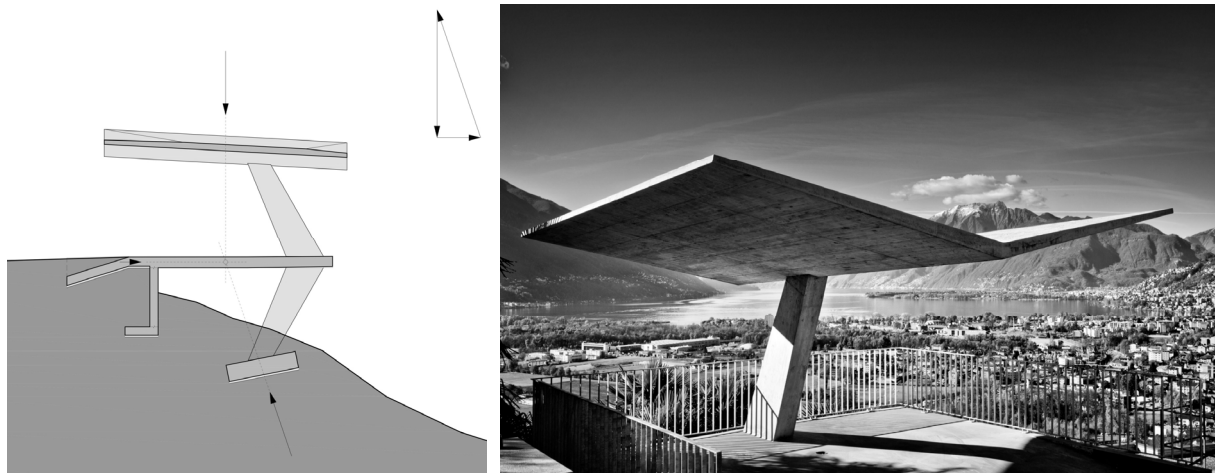


Figure 1. Couverture place de parc Casa Minghetti, Gordola : fonctionnement structurel et vue depuis la route (ingegneri pedrazzini guidotti avec architectes Nicola Baserga et Christian Mozzetti).

Aujourd'hui, les coques minces de quelques cm d'épaisseur ne sont plus réalisables avec du béton armé traditionnel pour des raisons de durabilité. En effet, les enrobages des barres d'armature et l'épaisseur de la nappe d'armature conduiraient à avoir une épaisseur minimale d'environ 10 cm. Or, pour éviter ceci, il est possible soit de construire la coque avec un béton plus « moderne » par exemple du béton textile ou bien de tirer profit de cette épaisseur minimale pour éliminer l'autre obstacle, de notre société, dans la construction des coques : la complexité du coffrage. Ceci signifie, de se permettre une forme moins complexe qui exploite la rigidité et la résistance flexionnelle garanties par l'épaisseur minimale et ainsi simplifier fortement le coffrage et rendre la structure financièrement réalisable. Par exemple pour des coques cylindriques autoportantes la directrice peut sans grande difficulté ne plus respecter les « bonnes » règles de base comme la tangente verticale aux extrémités ou la forme cambrée aux naissances et devenir une ligne brisée comme dans l'exemple précédent. Pour ce qui concerne la pente, elle ne doit pas forcément être exagérée. En effet, la partie de charge transmise aux appuis par effet membranaire est déjà important pour une faible pente et, une pente plus importante améliorerait sûrement le comportement autour des appuis en améliorant les problématiques typiques du comportement flexionnel, en premier le poinçonnement, mais la structure occuperait une hauteur majeure et surtout la mise en place d'un contre-coffrage sera nécessaire pour sa réalisation.

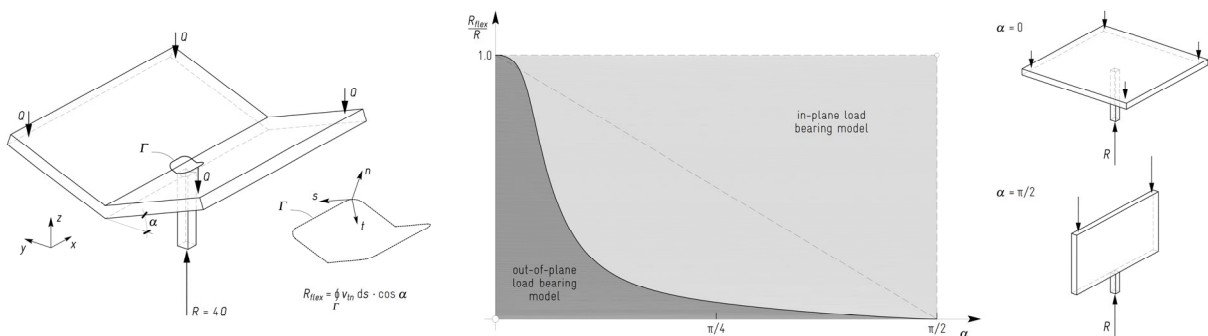


Figure 2. Variation du mode de transmission des charges au droit du support (périmètre critique du poinçonnement) d'une structure plissée en fonction de la pente des plaques (gris foncé : fonctionnement flexionnel et gris clair : fonctionnement membranaire).

Cette réflexion est à la base de la conception du bâtiment de l'entreprise Namics de Saint Gall, pour lequel des planchers en structure plissée d'épaisseur modérés et identiques ont été répétés sur 5 étages pour offrir un espace complètement libre de 31.50 m x 12.50 m et fortement caractérisé par la structure. Dans ce cas, la structure plissée, qui porte en poutre simple sur l'entière largeur du bâtiment, a été précontrainte et chaque onde a été renforcée par une nervure sur la crête (comprimée) et une sur le creux (tendue). L'épaisseur des panneaux entre plis est de 23 cm dans la zone des appuis et de 15

cm en partie centrale avec deux zones de transition qui se trouvent à environ $\frac{1}{4}$ de la portée. A l'intérieur du béton du plancher un réseau de tubes pour l'activation thermique de la structure a été noyé et pour cette raison l'épaisseur de l'enrobage inférieur a été augmenté de 30 mm ; qui s'est traduit en 20 mm de plus sur l'épaisseur totale. En plus d'avoir permis d'épargner environ 20% de béton par rapport à une dalle sur sommiers, la structure plissée permet de créer des parties plus hautes à l'intérieur du plénum du plancher technique où sont logés les appareillages plus volumineux de la ventilation contrôlée. En tirant profit de la légèreté de la structure des planchers, les longues façades du bâtiment qui se trouve le long d'une rue avec un front continu de bâtiments mitoyens, ont pu bénéficier de grandes ouvertures bien qu'elles constituent les seuls contreventements en direction longitudinale. Dans un but de contenir la matière de la structure, les éléments verticaux en façade s'amincissent d'étage en étage comme les efforts qui les sollicitent. Les parties horizontales ont les mêmes dimensions à tous les étages en raison de la variation très contenue des efforts ; mais, leur géométrie est optimisée, en suivant les mêmes règles, avec une réduction d'épaisseur au-dessous de l'intrados des ondes des planchers.

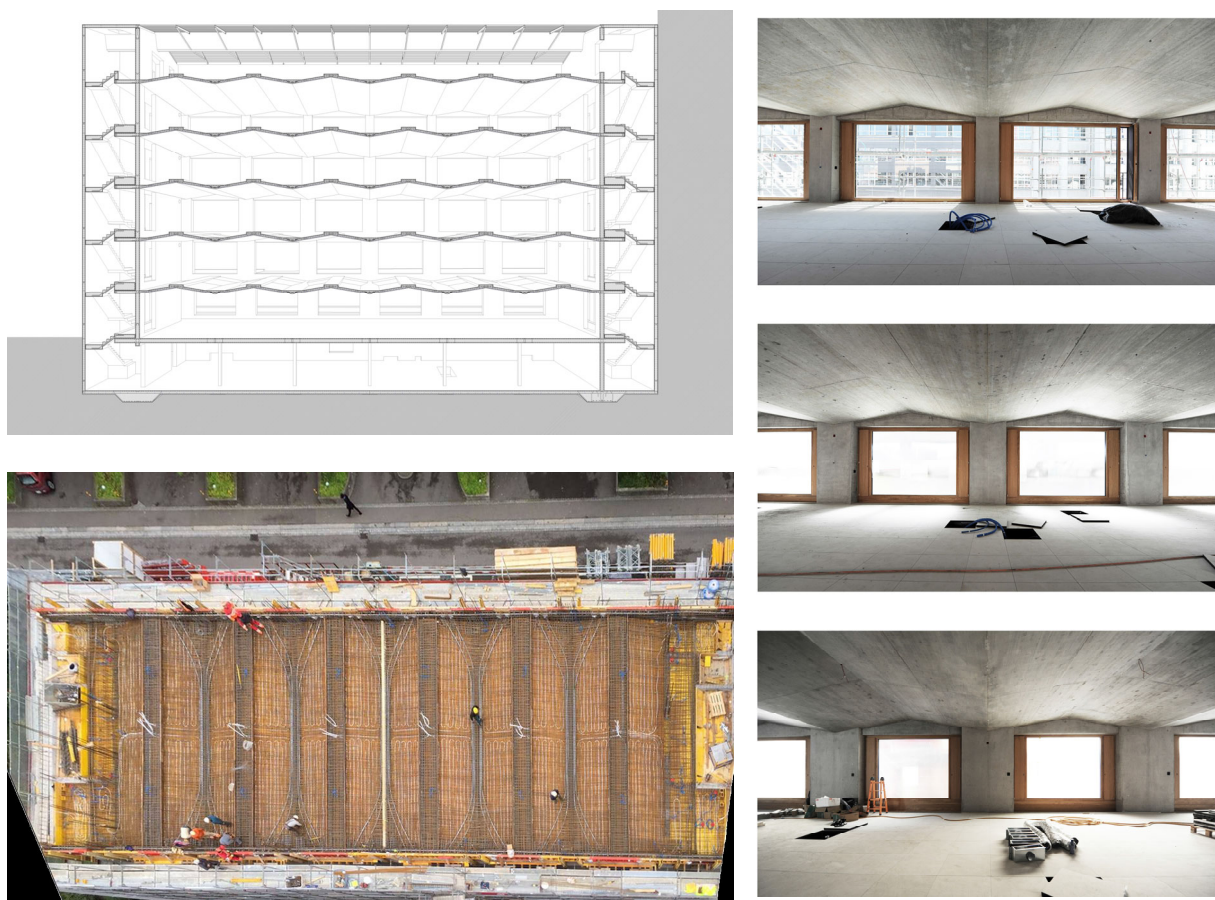


Figure 3. Bureaux Namics, Saint Gall : vue axonométrique de la structure; vue de la construction d'un plancher et vue intérieures sur trois étages différents (ingegneri pedrazzini guidotti avec architectes Corinna Menn et Mark Ammann).

Si la plaque est disposée verticalement et sollicitée uniquement par des actions verticales, elle est un voile et, si elle est contenue entre deux dalles qui font partie d'un système stable, un seul point d'appui suffit. La structure du bâtiment de l'EMS de Giornico profite de ce principe pour créer une bande libre et ouverte vers l'extérieur, d'un peu plus de 7 m de profondeur, sur tout le pourtour du rez-de-chaussée ; un carré qui mesure 36 m de côté. Cet espace libre permet de relier le bâtiment au noyau historique du village et lui donner, avec le plan carré, son caractère d'institution publique. Structurellement, le porte-à-faux est facilement soutenu par les éléments qui définissent les chambres des hôtes qui sont regroupées en 4 blocs de deux niveaux chacun et elles sont divisées par des murs en béton armé et des dalles tous de 20cm d'épaisseur. Ces blocs sont appuyés exclusivement sur le bord

intérieur et tenus en équilibre par les dalles qui les relient tous. Pour compenser la torsion en plan due à la disposition asymétrique des 4 blocs, les points d'appuis de chaque voile sont excentrés de leur plan. Pour résister aux actions asymétriques, les dalles sont contreventées par des noyaux intérieurs qui, malgré leur continuité verticale, varient de forme sur les différents niveaux.

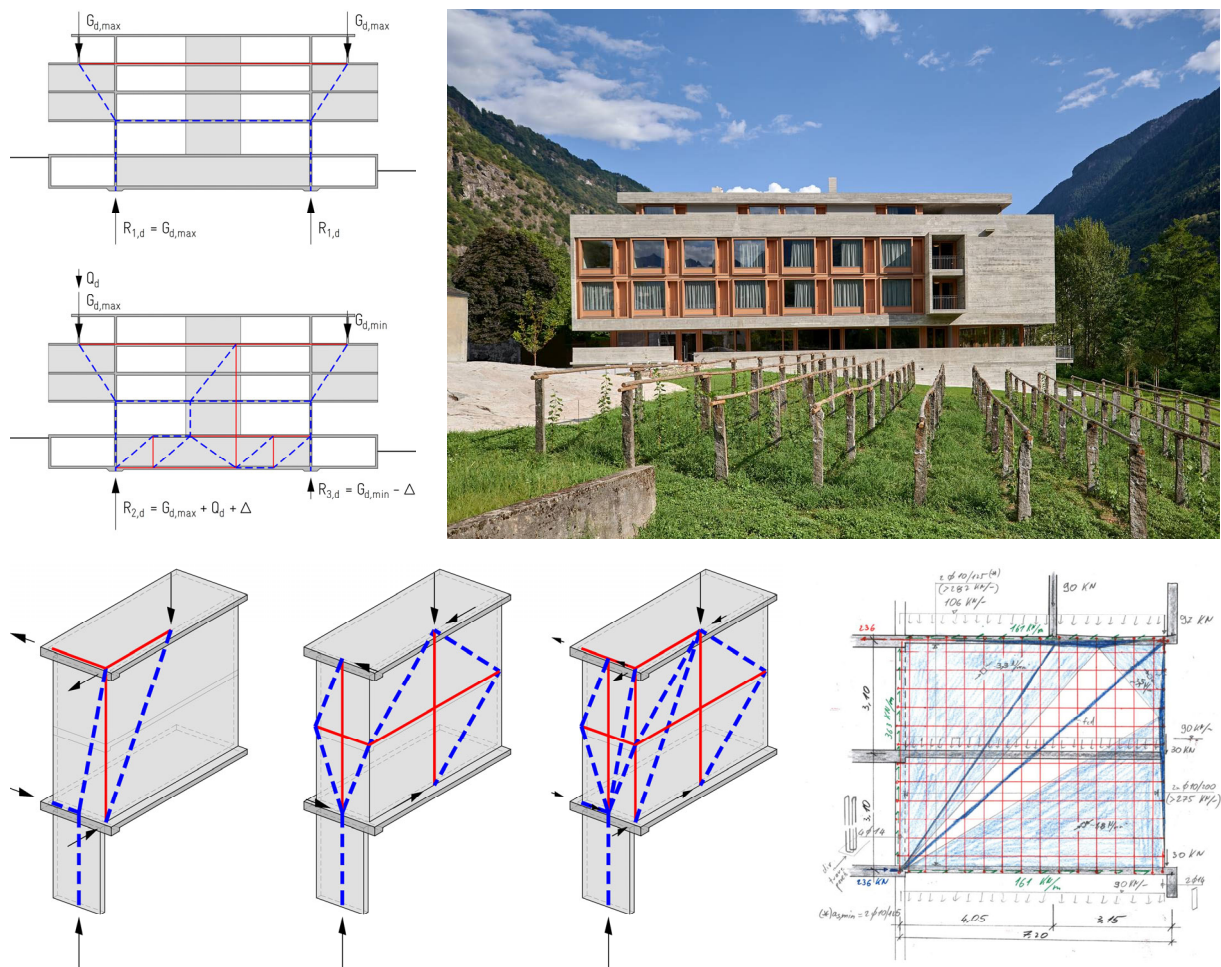


Figure 4. EMS, Giornico : principe de fonctionnement structurel des porte-à-faux sur le rez-de-chaussé et vue depuis le noyau historique de Giornico (ingegneri pedrazzini guidotti avec architectes Nicola Baserga et Christian Mozzetti).

Je suis fortement convaincu que la méthodologie suivie pour projeter, ou pour aborder un problème, est bien plus importante et instructive que le résultat final qui ne reste qu'une conséquence de ce parcours. Ceci parce que la méthode reste universelle et toujours répétable à la différence du résultat qui, comme le problème, ne peut qu'être unique. Ou mieux le répéter serait une grave erreur ! Par conséquent, comme Christophe Colomb décrit par l'idiote de Dostoïevski, je ressens le plus grand plaisir lors du projet avec sa composante d'absurdité. Une fois l'objectif atteint, et donc l'œuvre terminée, elle ne m'intéresse presque plus : la recherche est terminée et il en faut une nouvelle. Enfin, je crois que l'œuvre pour laquelle je suis le plus fier sera toujours la prochaine !

L'avenir de l'ingénierie structurale selon moi

Le besoin primordial qu'a l'homme de construire pour se protéger ne s'épuisera jamais bien que les dangers évoluent. Donc, je ne crois pas que l'avenir soit si différent du présent, qui d'ailleurs ne l'est pas du passé. En effet, les ingénieurs qui se sont distingués dans le passé sont ceux qui ne se sont pas limités à appliquer la solution déjà prête à un problème plus ou moins bien connu. Grâce à une analyse approfondie de la situation et à une sorte de rejet du « déjà vu », ils ont su faire évoluer la technique de la construction et en même temps la société. N'est-ce pas cette même méthode de travail, répétable de tout temps, la meilleure des solutions aux défis de l'humanité ? Je crois que oui et donc nous pouvons appliquer la même méthodologie, sans crainte d'être dépassés, en intégrant des données actuelles et le résultat ne pourra qu'être différent et adapté au contexte présent.

Contact:

Roberto Guidotti

ingegneri pedrazzini guidotti sagl
Via Pico 29 / CH-6900 Lugano

email: roberto.guidotti@ing-ppg.ch

Damien Dreier

Curriculum vitae

Né à Genève en 1982, de nationalité suisse, Damien Dreier débute des études en génie civil à l'EPFL en 2001. Lors de cette première année d'études, son frère lui offre le livre « Brücke - Bridges » de Fritz Leonhardt qui marque le début de son amour pour les ponts. Pendant sa deuxième année, à l'occasion d'une journée de visite d'ouvrages d'art, il rencontre pour la première fois le Prof. Aurelio Muttoni. Le Prof. Muttoni lui offre en 2003 sa première opportunité professionnelle comme assistant étudiant pour le nouveau cours i-structures traitant de la compréhension intuitive des structures sur la base de la statique graphique. Ses études à l'EPFL s'achèvent par un travail de Master en 2006 sous la supervision du Prof. Muttoni et du Dr Jean-François Klein du bureau Tremblet. Une thèse à l'ibeton sur les ponts intégraux suivra entre 2006 et 2010. Il réalise une première expérience pratique entre 2011 et 2013 chez T-ingénierie sous la direction du Dr Klein et de Pierre Moïa. Ce travail lui permettra de prendre part à des projets de grande ampleur comme, entre autres, la construction du 3ème pont sur le Bosphore. En 2014, en association avec le Dr Luis Borges, il fonde le bureau structurame. Ses activités professionnelles sont combinées avec des charges d'enseignement à l'ibeton entre 2011 et 2023, à la HES-SO (hepia) depuis 2014 et d'heureuses charges familiales suite à son mariage puis de la naissance de ses trois enfants.

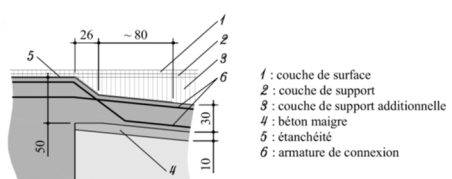
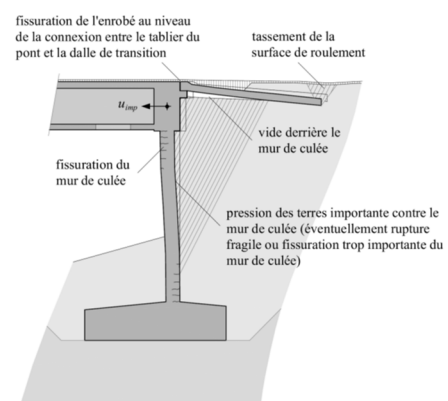


Thèse de doctorat

« Interaction sol-structure dans le domaine des ponts intégraux » soumise en 2010.

L'étude des ponts intégraux, c'est-à-dire des ponts sans joints de dilatation ni appareils d'appui, était et reste un sujet d'actualité. En effet, la maintenance des éléments mécaniques des ponts est devenue de plus en plus coûteuse et problématique à cause des entraves portées au trafic lors des travaux de maintenance. L'objectif principal de cette recherche était d'étudier l'interaction sol-structure dans la zone des culées et d'évaluer les points spécifiques d'attention. Les résultats des études sur les culées intégrales ont mis en évidence l'importance de la considération de l'état limite de service dès la phase de conception. En effet, des modifications géométriques, comme l'augmentation de la longueur et de la pente de la dalle de transition, ainsi que le dimensionnement statique des éléments des culées intégrales considérant l'interaction sol-structure de manière simplifiée permettent une amélioration significative du comportement à long terme de ce type d'ouvrage. Lorsque ces considérations spécifiques sont prises en considération dès les prémices du projet, seule une augmentation négligeable du coût de construction total de l'ouvrage est à attendre. Ces conclusions s'appliquent autant aux nouvelles constructions qu'aux rénovations des ponts existants dont le remplacement des joints de dilatation est nécessaire.

Les résultats de cette recherche ont été publiés dans un rapport à l'attention des praticiens (rapport du projet de recherche AGB 2005/018) puis partiellement intégrés dans la mise à jour du chapitre 3 « Extrémités des ponts » de la directive ASTRA 12004 « Détails de construction de ponts ». Entre autres, le détail de rotule en béton armé pour la connexion entre la culée et la dalle de transition.



Acquis lors de la thèse

Lors de ces quatre années passées à l'ibeton, mes connaissances théoriques ont progressé dans les domaines divers que sont la théorie de la plasticité, les limites et limitations des mécanismes fragiles, le comportement rhéologique des sols et l'interaction sol-structures. Cette période m'a également permis d'acquérir des connaissances approfondies sur la technologie et la conception des ponts, et en particulier sur les ponts intégraux.

Jouissant d'une liberté importante, mes années de thèse m'ont permis de développer mon indépendance. Confronté à une montagne de publications, pas toujours cohérentes, mes années de thèse m'ont permis de développer des capacités de synthèse de l'information ainsi qu'un sens scientifique critique. Accompagné par l'exigence scientifique du Prof. Muttoni, la recherche a développé ma rigueur scientifique. Les projets de semestre et de master des étudiants m'ont permis d'accroître la compréhension et les capacités de synthèse des contraintes de conception. Les échanges avec le Prof. Muttoni dans le cadre de son enseignement m'ont permis de développer mes connaissances sur les ingénieurs marquants qui ont révolutionnés notre métier et mon intérêt pour la culture du bâti en lien avec l'ingénierie structurale.

Cette période de ma vie m'a permis également de rencontrer des professionnels exceptionnels, personnes qui sont aujourd'hui des amis. En effet, l'atmosphère extrêmement stimulante de l'ibeton a ouvert la voie des échanges dans les domaines propres à nos sujets de recherche mais également plus larges sur la conception structurale et sur l'art de l'ingénierie.

Sans ces acquis et rencontres, ma confiance en mes capacités mais également la conscience de mes limites et des limites théorique par rapport aux réalités constructives propres à notre domaine n'auraient pas pu être les mêmes.

Résultats et fiertés professionnelles post-académique

Suite à ma thèse, ma première expérience pratique, entre 2011 et 2013 a été dans le bureau T (anciennement Tremblet puis T-ingénierie puis T) dirigé par le Dr Jean-François Klein et Pierre Moïa. Cette première expérience m'a permis de mettre en œuvre mes acquis et de progresser dans le management de projet et la gestion d'équipe. Arrivé dans ce bureau pour travailler avec Jean-François Klein, j'ai eu l'opportunité d'œuvrer à ces côtés, et à ceux de Thierry Delémont, sur le projet de 3ème pont sur le Bosphore, ouvrage, conçu en partenariat avec Michel Virlogeux, puis dimensionné en collaboration avec le bureau Greisch, le bureau Grid et le bureau Lombardi pour la géotechnique. Cette première expérience m'a également permis de seconder Pierre Moïa dans la direction de projet, entre autres, sur les phases préliminaires des projets d'agrandissement de la Jonction autoroutière du Grand-Saconnex et de la création de la route des Nations à Genève. Je dois beaucoup à Jean-François et à Pierre pour m'avoir offert ces opportunités.

En 2014, j'ai fondé le bureau structurame et été rejoint, la même année, par mon associé le Dr Luis Borges. Ce bureau a été fondé avec pour objectif de développer quatre axes principaux. Axes que l'on a nommé l'architecture structurale, l'ingénierie structurale, la recherche structurale et le développement durable structural. L'idée principale étant de prôner une approche où l'ingénieur structure est un acteur des fondements du projet au sens large et non simplement un technicien ou pire un calculateur.

Depuis la création de structurame, j'ai eu l'opportunité de développer des projets divers et variés, en autres :

L'immeuble de logement rue Verdeaux à Renens dans le canton de Vaud / CH



Figure 1. Immeuble de logements rue Verdeaux à Renens
© photo de droite Matthieu Gafsou, © photo de gauche Eik Frenzel

Cet immeuble, développé en collaboration avec Dreier – Frenzel architecture + communication, colonise une petite parcelle triangulaire. Ce monolithe brut en béton, dégrossi dans la masse, contraste avec la légèreté apportée par les escaliers en porte-à-faux. Les scarifications laissées par le coffrage contrastent avec les frises sablées entourant les ouvertures. Le contre-exemple de la recherche du béton lisse, parfait. Le béton vivant.

Le Beautiful Bridge à Bernex dans le canton de Genève / CH

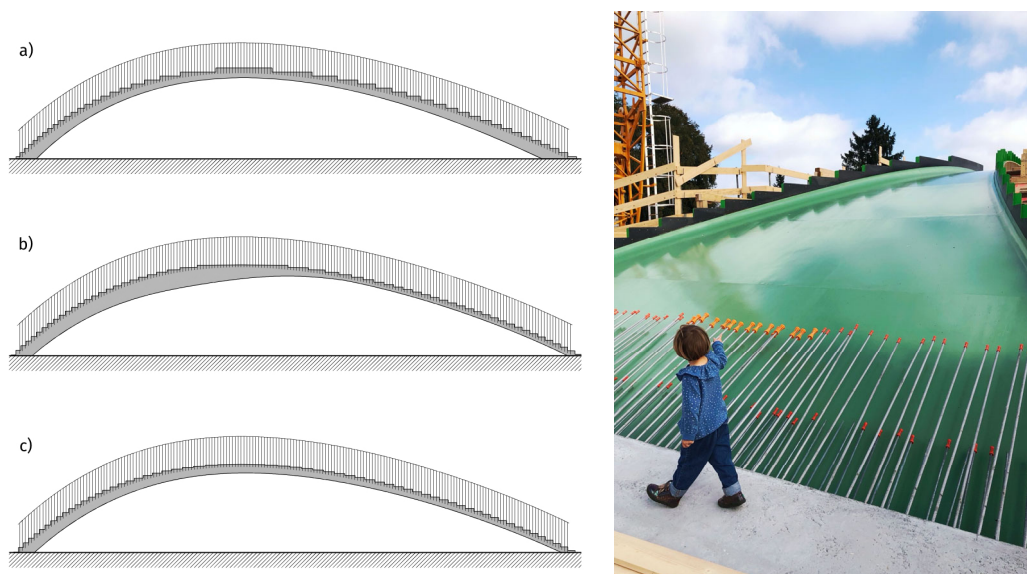


Figure 2. Beautiful Bridge à Bernex
a) à c) : Evolution de la forme du Beautiful bridge © structurame
Photo : Coffrage © structurame

Cette petite passerelle, de 20 m de portée, a été réalisée en collaboration avec les artistes Lang/Baumann et financée par le fonds cantonal d'art contemporain (FCAC) du canton de Genève / CH dans le cadre de la réalisation de la ligne de tramway 14 en direction de la campagne genevoise. La répartition du poids propre de la première version de l'œuvre (fig. 2a) n'étant pas optimale d'un point de vue statique,

une étude formelle a été effectuée. Étant donné la variation de la courbure, un poids propre plus important dans la zone courbée serait optimal vis-à-vis des efforts (fig. 2b) mais inacceptable d'un point de vue esthétique. C'est pourquoi, un entre-deux, proposant une variation linéaire de l'épaisseur de l'arc (fig. 2c), a finalement été adoptée. Ce choix permet de réduire significativement les moments sous poids-propre et d'apporter une attractivité à la forme statique découlant de l'élévation de l'œuvre.



Figure 3. Beautiful Bridge à Bernex © Maxime Vermeulen

Restauration de la passerelle de Mâchefer à Versoix dans le canton de Genève / CH



Figure 4. Restauration de la passerelle de Mâchefer à Versoix © Philippe Weissbrodt

Construite par Charles Schmiedt en 1887, la passerelle de Mâchefer, en acier puddlé, donnait accès au bâtiment appelé la «Tourne» dont la pompe intérieure irriguait l'imposante fontaine du Château de Saint-Loup aujourd'hui disparu. Rare mémoire du passé hydraulique lié au tracé de la Versoix, une restauration patrimoniale était nécessaire pour revaloriser cet ouvrage de 130 ans défiguré lors d'une intervention dans les années soixante. Après une campagne de tests en laboratoires, d'analyses statiques, de relevés et de recherches de documents historiques, chaque élément de la passerelle a été daté, identifié et qualifié en rapport avec la période de sa conception.

Pour répondre aux enjeux statiques, une nouvelle sous-structure en acier, invisible depuis la berge, permet de supporter les charges et de mettre en valeur les poutres rivetées d'origine. Les garde-corps ont été reconstruits d'après les rares photographies du XXe siècle ainsi que sur la base des percements retrouvés réalisés(?) sur les poutres. Le dispositif a finalement été complété d'un filet en inox tressé in situ pour répondre aux normes actuelles.

Chalet pédagogique dit les Cabris à Leysin dans le canton de Vaud / CH



Figure 5. Chalet pédagogique à Leysin

© photos vue générale et espace intérieur Yves André, © photo de chantier Meier et Associés architectes

Le chalet pédagogique dit les Cabris à Leysin, d'une capacité d'une centaine de lits, a été conçu avec meier & associés architectes. A l'image des établissements de soins pour enfants caractérisant historiquement le lieu, le projet propose une longue coursive vitrée sur la largeur de la parcelle pour permettre de profiter au maximum de l'orientation solaire et visuelle offerte par le site. Le bâtiment se compose d'une structure en béton au rez-de-chaussée pour garantir la protection contre les potentielles avalanches et d'une structure bois aux étages. Ce projet a été développé de façon à disposer les matériaux les plus adaptés à chaque fonctionnalité, à permettre un démantèlement de la structure en bois en fin de vie et, étant donné l'environnement montagnard contraignant, de réduire au maximum la durée de construction du gros œuvre.

Projets théoriques

Lors de ces dernières années, j'ai également eu l'opportunité de collaborer sur des projets théoriques présentant des applications pratiques directes. J'ai en particulier une grande fierté d'avoir participé à la mise-à-jour de la directive ASTRA 12003 dénommée à présent « Les ouvrages d'art des routes nationales en qualité de bien culturels ». La mise-à-jour de cette directive est un pas supplémentaire dans la reconnaissance de la qualité et de la protection du bâti infrastructurel du XXème siècle au niveau national. J'ai également eu l'opportunité et la fierté de travailler en coopération avec le groupe de recherche Advancing Life Cycle Assessment (ALCA) de l'Empa sur l'évaluation du potentiel de réduction des émissions de CO2 dans le domaine des ouvrages d'art, sujet éminemment d'actualité. Finalement, des études, tests in-situ et en laboratoire combinées à une collaboration avec le bureau apaar_ architectes me permettra, dans les prochains mois, une première expérience dans l'emploi du pisé statiquement porteur.

Je profite de remercier mon équipe et mon associé, composées d'ingénieurs de très grande qualité, sans qui la réalisation de ces projets et études n'aurait pas été possible.

Vision sur l'avenir de l'ingénierie structurale

Comme très justement transcrit par Louis I. Kahn dans Silence et Lumière "Si vous savez à quoi une chose ressemblera dans cinquante ans, vous pouvez la faire maintenant. Mais vous ne le savez pas, parce que la façon dont une chose sera faite dans cinquante ans, c'est ce qu'elle sera".

Par contre, ce qui est certain, c'est que nous voyons s'installer un nouveau paradigme pour l'ingénierie civile et l'ingénierie structurelle en particulier. De l'après-guerre jusqu'à nos jours, notre corps de métier a été dominé par la construction d'infrastructures et de bâtiments neufs en lien direct avec le développement de notre société. Aujourd'hui et demain, notre (lente, trop lente) prise de conscience des conséquences de l'activité humaine sur l'environnement, et entre autres du domaine de la construction, nous conduira à moins (plus) démolir et reconstruire mais à réparer, renforcer, transformer, surélever, réinterpréter, A titre personnel, je pense que ce changement de paradigme ne bouleverse pas le cœur de notre métier de concepteur mais au contraire, il l'exige d'autant plus. Il faudra toutefois projeter avec les objectifs, les contraintes, les acteurs, les matériaux, les outils, ... de notre époque pour créer le futur.

Nous ne pouvons donc qu'être optimiste et continuer à servir la société avec notre histoire, notre savoir, notre exigence et notre plaisir.

Contact

Damien Dreier

structurame

42Bis rue du Môle

1201 Genève

www.structurame.com

email: ddr@structurame.com

Luca Tassinari

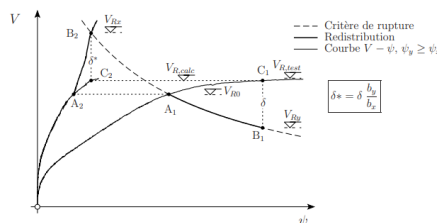
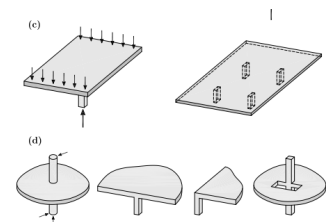
Curriculum vitae

D'origine italienne et naturalisé suisse, Luca Tassinari a obtenu son master en génie civil (structures) en 2006 à l'Université de Bologne en Italie. Dans la même année, il a commencé le doctorat à l'Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne dans le laboratoire IBETON sous la direction du Prof. Aurelio Muttoni. Le sujet du doctorat était le poinçonnement des dalles en béton armé. A la fin de cette expérience, en 2011, il a été engagé comme chercheur Tenure track à l'Université de Saint-Marin. Durant cette expérience, il a réalisé de didactique et de recherche surtout dans le domaine du génie parasismique. En 2013, il est revenu à la profession d'ingénieur en Suisse, d'abord dans le bureau d'ingénieurs Kung et Associés de Lausanne et ensuite chez les Transports publics lausannois, où il est aujourd'hui le Responsable du domaine génie civil. Depuis 2013, il a aussi le plaisir d'enseigner la mécanique des structures et les constructions en béton aux jeunes ingénieurs et architectes des HES d'Yverdon et de Fribourg. Pendant les années de profession, il a réalisé des projets de rénovation et de construction de ponts et bâtiments divers.



Ma thèse de doctorat

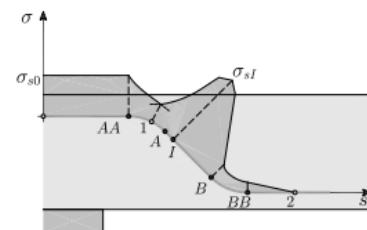
Le titre de ma thèse présentée en 2011 était : Poinçonnement non symétrique des dalles en béton armé. Le sujet était la suite naturelle du travail de mes prédécesseurs qui s'étaient occupés surtout du poinçonnement symétrique. Le but principal de mon travail était d'améliorer la connaissance du poinçonnement des cas qui présentent des asymétries géométriques, matérielles ou statiques et de travailler sur l'application pratique de la théorie sur le poinçonnement développée par le Prof. Muttoni aux cas non symétriques (théorie de la fissure critique). J'ai conduit plusieurs séries d'essais à l'échelle réelle qui ont permis de mieux comprendre le comportement des dalles à la rupture par poinçonnement.



Les résultats théoriques ont été reformulés dans une méthode pratique avec une approche par "degrés d'approximation", bien adaptés au travail des professionnels. Cette approche a été introduite dans la révision partielle de la norme SIA 262 du 2013, qui est actuellement en vigueur, et dans le Model Code 2010 (le chapitre concernant le poinçonnement de ces deux

normes étant basé sur la théorie de la fissure critique). Un autre résultat de ma thèse a été la mise en évidence de la possibilité de redistribution de l'effort de cisaillement autour du périmètre de contrôle de la dalle et l'extension de la théorie du poinçonnement du Prof. Muttoni qui permet de prendre en compte cette effet important dans les cas non symétriques.

Le thème du poinçonnement avec barres d'armature relevées a été également étudié dans le cadre d'une recherche sur les ponts-dalles précontraints financée par l'Office Fédéral des Routes. Cette recherche a donné un modèle simplifié, basé sur la théorie de la fissure critique, pour le calcul de l'activation des barres relevé et l'estimation de leur contribution à la résistance au poinçonnement. Ce modèle est exploitable pour le dimensionnement mais surtout pour le l'évaluation de la sécurité des structures existantes.



Ce que ma thèse m'a appris

La thèse de doctorat est une expérience de vie unique qui va au-delà de la simple acquisition de connaissances. Mis à part les nombreuses connaissances techniques, mon expérience doctorale m'a poussé à développer une indépendance intellectuelle et une pensée rigoureuse. Cette expérience a été une opportunité de croissance personnelle, me permettant de développer la persévérance face aux défis intellectuels et une capacité critique à évaluer et à remettre en question mes propres idées. Les compétences développées grâce à la rigueur de la méthodologie de recherche se sont traduites par une approche plus méthodique et efficace dans la résolution de problèmes organisationnel et d'ingénierie, mais également des problèmes de la vie quotidienne.

Mon activité après ma thèse et de quoi suis-je fier

Pendant ma carrière professionnelle en tant qu'ingénieur civil, j'ai eu l'opportunité de réaliser des projets captivants d'ouvrage d'art et de bâtiment.

Une réalisation intéressante a été la rénovation et restauration du pont de Guillermaux à Payerne dont j'ai dirigé le chantier. Il s'agit d'un pont en arc en béton armé réalisé en 1920. L'objectif était son renforcement structurel avec l'emploi de CFUP et la restauration de son parement en mortier simili pierre. Pour ce propos, il a fallu un travail de recherche historique des méthodes et matériaux de l'époque de construction afin de recréer un mortier identique à l'existant.



Figure 1. Rénovation et restauration du Pont de Guillermaux à Payerne.

Un chantier intéressant a été aussi la rénovation pont de la Tannerie à La Sarraz, un pont mixte acier béton des années '70. Le projet avait pour but l'évaluation de la sécurité structurelle actualisée du pont et l'intervention de rénovation complète du pont (étanchéité, élargissement du tablier, renforcement des poutres en acier, remplacement des joints et des appuis).



Figure 2. Rénovation du Pont de la Tannerie à La Sarraz.

J'ai eu également l'opportunité de réaliser plusieurs projets et chantiers autoroutiers pour l'OFROU. Ces projets ont été particulièrement intéressants. En effet, j'ai pu mettre au profit les connaissances techniques de modélisation de poinçonnement des dalles en béton que j'ai appris durant le doctorat.

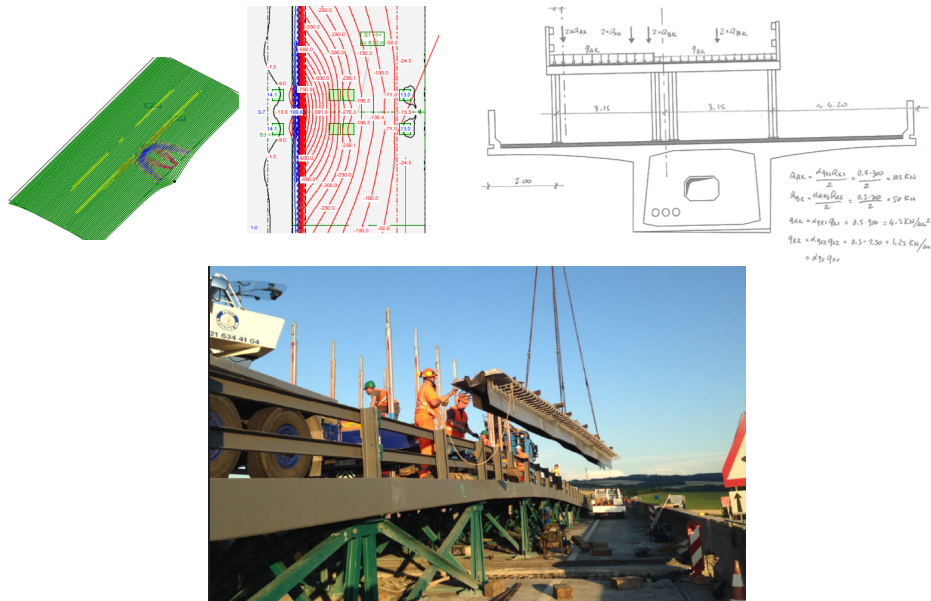


Figure 3. Remplacement des joints de chaussée du pont sur le Talent à Chavornay. Analyse non linéaire de la dalle de roulement et vérification au poinçonnement sous charges de trafic de type « fly-over ».

Une autre réalisation emblématique était sûrement le Boschung Technology Center à Payerne. Il s'agit d'un bâtiment industriel en béton armé avec des colonnes de forme particulière et dont l'effort de compression était de 20 MN, soit de l'ordre de grandeur des piles de ponts.



Figure 4. Remplacement des joints de chaussée du pont sur le Talent à Chavornay. Analyse non linéaire de la dalle de roulement et vérification au poinçonnement sous charges de trafic de type « fly-over ».

Sans autre, le projet le plus important est en cours maintenant. Il s'agit de l'agrandissement et rénovation du dépôt bus de Perrelet des Transports public lausannois. Dans ce projet, contrairement aux précédents où j'étais l'ingénieur civil du projet, je suis le chef de projet du Maître de l'ouvrage. Je suis en charge de la réalisation de toutes les phases du projet, de l'identification de besoins à la mise en service, en passant par la planification, l'approvisionnement des ressources et la coordination des intervenants. Ce projet a également un fort intérêt politique et il nécessite d'une votation du Grand Conseil Vaudois pour

l'obtention du crédit de construction. Je collabore donc étroitement avec la DGMR pour préparer le projet de décret qui doit être voté. Sur le plan technique, il s'agit d'un bâtiment en béton armé, avec des dalles en béton précontraint de portées de 25 m. La toiture est composée de treillis métalliques de portée jusqu'à 40 m et l'enveloppe du bâtiment est en verre photovoltaïque. Un projet très intéressant qui me permet d'apprendre tous les jours des nouvelles connaissances dans des domaines très pointus.



Figure 5. Agrandissement et rénovation du dépôt bus de Perrelet des Transports publics lausannois.

L'avenir de l'ingénierie structurale selon moi

L'évolution de l'ingénierie structurale est loin d'être terminée et s'annonce fascinant. Elle sera sûrement marquée par des avancées technologiques qui redéfiniront la manière dont nous concevons, construisons et maintenons les structures. Les progrès tels que l'utilisation de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage machine offriront probablement des aides à la conception des structures permettant l'optimisation des matériaux et des processus de construction.

Néanmoins, je reste convaincu que ces avancées technologiques ne sont que des outils et qu'ils ne pourront pas remplacer les méthodes « classiques » basées sur le crayon et calculatrice.

Littérature

- Tassinari L., Sordet J., Viviani M. (2015), The Tannery bridge: A case study in structural health monitoring and rehabilitation of structures. Proceedings of the 4th International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting (ICRRR-4). Leipzig, Allemagne.
- Sagaseta J., Tassinari L., Fernández Ruiz M., Muttoni A. (2014), Punching of flat slabs supported on rectangular columns. *Engineering Structures*, 77, pp. 17-33.
- Sagaseta J., Muttoni A., Fernández Ruiz M., Tassinari L. (2011). Non-axis-symmetrical punching shear around internal columns of RC slabs without transverse reinforcement. *Magazine of Concrete Research*, Vol. 63 No. 6, UK, pp. 441-457.
- Tassinari L. (2011), Poinçonnement non symétrique des dalles en béton armé. Thèse de doctorat n°5030. EPFL. Lausanne.
- Tassinari L., Lips S., Muttoni A., Fernández Ruiz M. (2011), Applications of bent-up bars as shear and integrity reinforcement in R/C slabs. *fib Symposium Prague 2011*, Prague, pp. 631 – 634.
- Sagaseta J., Tassinari L., Muttoni A., Fernández Ruiz M. New provisions for punching shear in Model Code 2010 based on the Critical Shear Crack Theory. *fib Symposium Prague 2011*, Prague, pp. 155 – 158, 2011.
- Tassinari L., Monleón S., Gentilini C. Unified formulation for Reissner-Mindlin plates: a comparison with numerical results. *IASS Symposium 2009*, Valencia, Spain, pp. 2759 – 2770, 2009.

Remerciements

Je tiens à remercier le Prof. Dr Muttoni pour son soutien à mon doctorat et pour toute la connaissance qui m'a appris. Encore aujourd'hui et je me sens fier et chanceux d'avoir été dans son équipe de doctorants.

Contact :

Luca Tassinari

Responsable du domaine génie civil – Transport public de la région lausannoise.
Ch. du Closel 15, CP 1020 Renens 1, Suisse

email : luca.tass@gmail.com

Stefan Lips

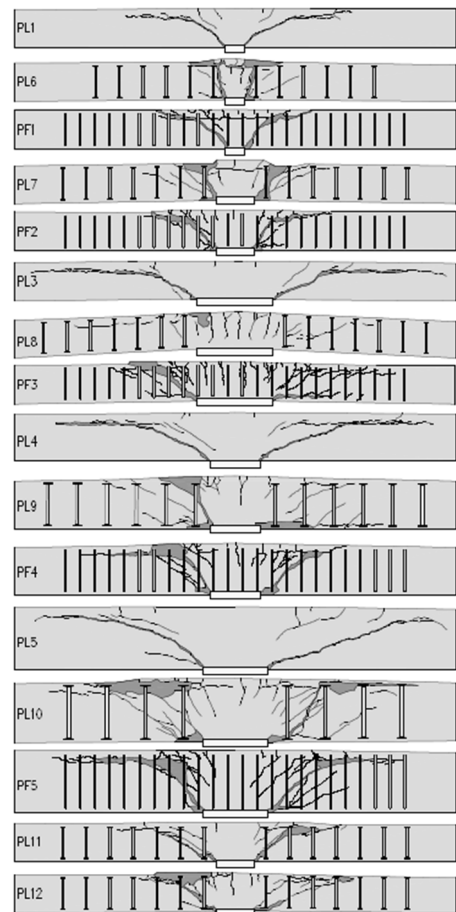
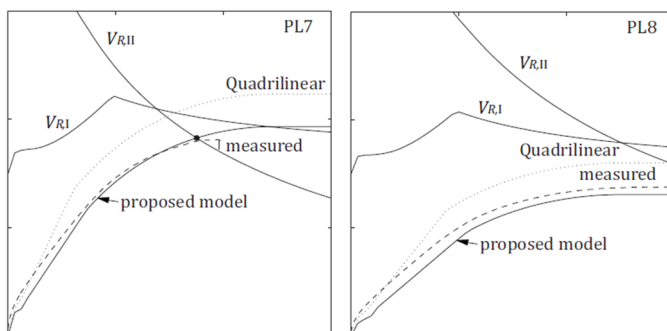
Curriculum vitae

His career in the construction industry began with an apprenticeship as a structural draughtsman. Afterwards, Stefan Lips pursued his studies at various universities. He received his Bachelor of Science degree in Civil Engineering from the University of Applied Sciences in Rapperswil in 2004, his Master of Science degree in Civil Engineering from the Georgia Institute of Technology in Atlanta, USA, in 2007 and his PhD from the École Polytechnique Fédérale de Lausanne in 2012. He joined Aschwanden AG in 2012 as a project manager in the Research and Development (R&D) department, which he became head of in 2017. In 2019, the company merged to form the global company Levia, where he took on the position of Head of R&D in Switzerland. In 2023, he moved to GRAVIS AG to help build the company and lead the R&D and engineering support team.



My PhD thesis

The title of my thesis, submitted in 2012, was “Punching of Flat Slabs with Large Amounts of Shear Reinforcement”. The core element of the thesis is the experimental campaign consisting of sixteen punching shear tests. The results of the tests, together with tests from the literature, are used to analyse the different approaches of design codes such as the SIA Code, Eurocode, ACI Building Code and the fib Model Code. In addition, measurements were used to better understand the load bearing behaviour and global load-deflection response of the slab. The global load-deflection response was compared with non-linear finite element models to gain more information on the detailed behaviour of the slab. The thesis shows that the flexural strength of the slab calculated by yield line theory overestimates the flexural strength of the slab specimens if the influence of the concentrated shear forces in the column vicinity is not considered. The proposed approach limits the forces within the flexural reinforcement that contribute to the flexural strength to account for the additional forces required to obtain a three-dimensional stress field in the column vicinity due to concentrated shear forces.



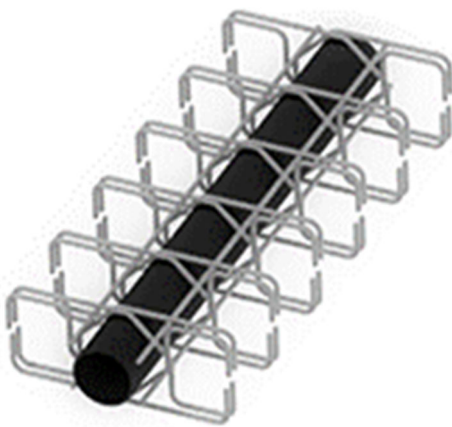
What I learned from my thesis

I'd like to highlight two aspects of my experience at EPFL and of the work on my PhD thesis. The first, more technical aspect is the experience gained in experimental work. In my opinion, there is no better way to understand the behaviour of reinforced concrete than by preparing, carrying out and analysing experimental research. Since I'm still working in research and development, this is a clear advantage for my current work. Although I don't carry out the tests myself, I'm still very much involved in preparing them and analysing the results. It also helps me to judge the quality of the proposed research and to evaluate the work I haven't been involved in. The second aspect is more of a side effect of doing my PhD in Lausanne. Even with limited language skills, I learned enough French to communicate with engineers in the French-speaking part of Switzerland and with the technical approval authorities in France. It even led to my participation in a working group at the French approval office.

In conclusion, most people are aware of the technical skills that a PhD provides, but one should not forget the many secondary effects that come with it.

My activity after my thesis and what I am proud of

Working in the private research sector has the price or the perks - depending on your point of view - that most of the work is confidential and therefore most of the information and most of the achievements are done in secret. As a result, most of the achievements I am most proud of are hidden from the public, which also prohibits any mention of them here. It does not help that most of the products are cast in concrete and hidden from view either. Nevertheless, there are some that do see the light of day. This is certainly the case when a product is launched or some technical publication is made.



An example is shown in the figure on the left. It shows a shear reinforcement system for load transfer in the vicinity of embeddings. The name of the product is DURA Box from Leviat and GRAVIDUR TUB from GRAVIS. The reason I chose this one to highlight is, firstly, that I was heavily involved in the development of the product. Secondly, I like the product because it is a system that shows the customer a clear load transfer, it is easy to install and it is cost effective. Generally, customer feedback on certain products is only seen in the sales figures. As this product was also exhibited at BAU in Munich - the largest building products exhibition in Europe - I was able to see the reaction of the visitors. The highlight for me was seeing someone take out a piece of paper and a pencil to draw the product. It seemed that a simple photograph or the pictures in the technical

literature were just not enough. Although I do not know every project that has used it, nor do I see it when the project is finished, it feels good to be able to provide a good and easy solution to a common problem in contemporary building design.

Another objective of my work is to support engineers in the design of concrete structures using building products. This includes, for example, easy-to-use design software and technical support for specific project situations. Another example is the technical literature, of which I have been the main proponent and author. It serves as a detailed design guide with various design examples. Although there are several on different topics, one of the most recognised by engineers within this series is the one on punching shear design. This is therefore very much related to the subject of my PhD and shows how the PhD gave me the background to support my current work.



The future of structural engineering in my perspective

If someone wants to guess the weather for the next day, the best chance of being right is to guess the same weather as the current day. I think the same could be said to some extent for civil engineering. Yes, there will be challenges in terms of building more sustainably or creating a circular construction industry. However, the main hurdle for new ways of building and new building materials is that reinforced concrete is so powerful and has proven itself for decades that new inventions face quite big challenges for widespread application. The good news is that, compared to other countries, the advantage of being a civil engineer in Switzerland is that the regulatory boundaries are still broad enough to allow you to find the optimal design - if you want to and have the time to do so. If all the developments in digital design allow and support engineers in their work, so that they have time to do what they do best, then the future of structural engineering is bright.

Acknowledgements

On this occasion, I would like to thank Aurelio again for granting me the opportunity to do my doctoral studies at IBéton.

Contact:

Stefan Lips
 GRAVIS AG, Birchstrasse 17, 3186 Düringen
 Hessweg 5, 3052 Zollikofen
 email: stlips@bluewin.ch

Thibault Clément

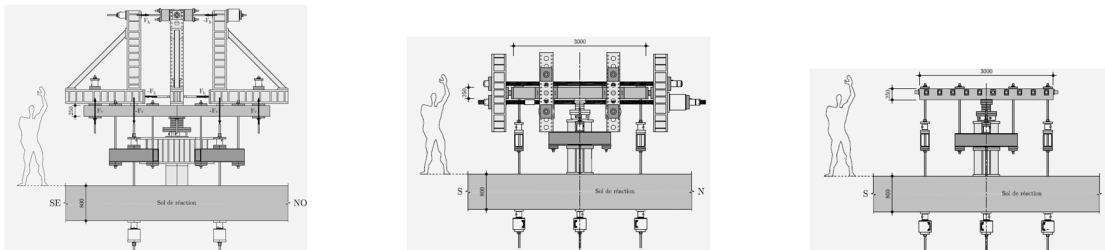
Curriculum vitae

Né à Montbéliard en France en 1984, il suit ses études en à l'Ecole des Mines (France - Alès) et reçoit son diplôme d'ingénieur en 2008 avec la meilleure note de projet de fin d'étude, après une année d'échange Erasmus à l'EPFL. Il y poursuit ses études de doctorat sur le thème de l'influence de la précontrainte sur la résistance au poinçonnement et reçoit le titre de docteur ès sciences en 2012. Il rejoint ensuite le bureau T-Ingénierie à Genève où il travaille notamment sur le 3^{ème} pont sur le Bosphore et sur la couverture des quais de la gare de Lausanne. En 2015, il rejoint le bureau INGPFI à Lausanne et intègre la direction en 2021. Il s'implique sur des projets de remise en état d'ouvrages existants en France et en Suisse, des projets d'infrastructures comme les cinq gares du CEVA, des expertises sur des ouvrages pour des compagnies de transports publics, pour le canton ou la confédération et développe l'activité des ouvrages étanches au bureau avec plusieurs projets de stations de traitements des eaux.

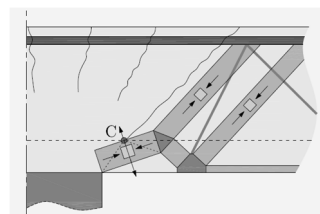
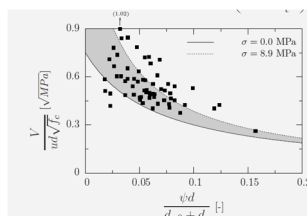


Ma thèse de doctorat

Le titre de ma thèse, présentée en 2012 est « Influence de la précontrainte sur la résistance au poinçonnement de dalles en béton armé ». Le travail s'est articulé autour d'une campagne d'essais qui a permis de découpler les différents effets de la précontrainte sur la résistance au poinçonnement : moment de flexion, effort normal et composante verticale du câble de précontrainte.



Une loi de comportement a été dérivée qui permet de prendre en compte l'influence du moment de flexion et de l'effort normal. Un modèle a été développé pour la dérivation théorique d'un critère de rupture sur les bases des résultats de Roberto Guidotti. Il permet de tenir compte de l'effort normal dans sa formulation. Le modèle est compatible avec la théorie de la fissure critique et étend sa plage d'application. Les différentes campagnes expérimentales ouvrent un nouveau champ d'observation avec des mesures réalisées à l'intérieur de la dalle à l'aide d'un bras articulé habituellement utilisé dans l'industrie mécanique. Ces mesures ont permis de mieux comprendre la cinématique et les mécanismes de transmission des efforts notamment le long de la fissure critique et à proximité du point d'appui.



Les trois différents effets de la précontrainte ont pu être intégrés à la norme SIA 262 (2012) et au Model Code (2010).

Ce que ma thèse m'a appris

« Ce qui compte, c'est de dire le plus juste possible » annonce Michel Serres. Loin de proposer une vérité en soi, le travail de doctorat permet la recherche du plus juste, ou en tout cas donne le temps de reconsidérer ce qui donne l'impression de pouvoir être amélioré en se posant les bonnes questions. On recherche, on se trompe, on croit, on fait des hypothèses et par le travail de thèse notamment, on essaie d'arracher un peu de matière au monde de l'inconnu en espérant pouvoir la transmettre à celui de la connaissance. La thèse apprend ça, le devoir d'essayer de faire le plus juste possible.

Transmission. Une phrase simple et marquante d'un parcours étudiant : « les forces se transmettent d'un élément à un autre ». C'est une phrase clef, utile dans la boîte à outils de l'ingénieur civil. A l'image de Lavoisier pour qui rien ne se perd, tout se transforme, les forces dans les structures ne font effectivement que se transmettre d'une structure à une autre. La thèse apprend ça, c'est parfois en se rattachant au simple qu'on lève une incompréhension ou mieux qu'on parvient à libérer une phase créative, à laquelle l'activité de l'ingénieur est nécessairement rattachée.

Transmission. Le travail de doctorat apprend la transmission, celle des forces et celle des savoirs. En approfondissant les notions abordées durant les études d'ingénieur, en essayant de les transmettre à notre tour aux étudiants, aux collègues, en s'interrogeant sur des concepts qu'on avait jusqu'alors à peine effleurés, les connaissances se consolident et se transmettent d'autant plus facilement.

Mon activité après ma thèse et de quoi suis-je fier

Je ne suis pas sûr de pouvoir véritablement être fier des projets sur lesquels je me suis impliqué, en ce sens que je considère la fierté comme liée à quelque chose de complètement abouti, parfait, qui fait l'unanimité. Or je considère mes projets perfectibles. Ils m'ont néanmoins permis de grandir et les leçons qu'ils m'ont données sont probablement ce que je considère de plus précieux.

Après avoir fini le travail de thèse, j'ai rejoint le bureau T-Ingénierie où j'ai été impliqué sur le projet du 3^{ème} pont sur le Bosphore à Istanbul. Le concours venait d'être gagné et une équipe se mettait en place pour construire ce que d'aucun pourrait considérer comme l'ouvrage de leur vie. A Genève on s'occupait de toutes les parties en béton. L'ouvrage est un pont mi suspendu mi haubanné de 2'164 m de longueur pour une portée centrale de 1'408 m et une largeur de 58.5 m. Je devais m'occuper de la partie qui retiendrait le câble principal : le bloc d'ancrage. Il s'agit d'un gros massif en béton qui permet d'ancrer le câble principal en s'appuyant sur le sol. Les efforts sont différents de ceux avec lesquels on est habitué à travailler : on devait ancrer 400 MN, l'effort maximum ELU. Cet effort est équilibré par le poids propre du bloc lui-même, du remblais et de la réaction sur le sol. On ose penser à un simple équilibre de force qui se résout avec la statique graphique. On affine un peu les détails et on analyse l'ouvrage avec les champs de contraintes élastique puis élasto-plastique, comme dans les projets de champs de contraintes qu'on suivait à l'IBETON, ce qui nous permet de disposer l'armature dans l'ouvrage. En se posant les bonnes questions, on a pu croire que cet énorme massif pourrait être traité sur la base d'un petit modèle relativement simple, ce qui nous a permis de proposer une solution qui semble fonctionner.

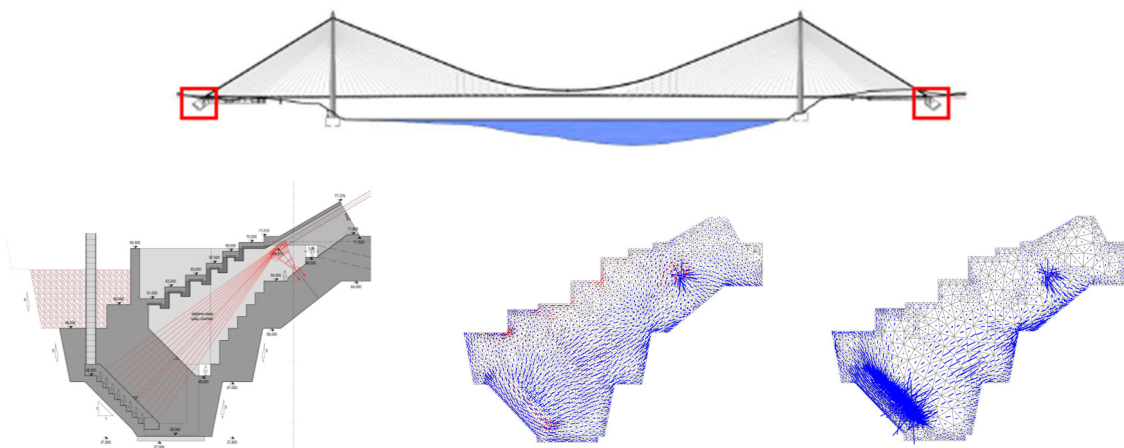




Figure 1. Bloc d'ancrage du 3ème pont sur le Bosphore : identification des blocs, champs de contraintes élastique et élasto-plastique et vue du site (T-Ingénierie, concepteur Jean-François Klein et Michel Virlogeux)

Ce n'est pas la taille qui compte. Après le gigantisme, c'est aussi sur des échelles de taille plus humaine qu'il est possible de répondre aux besoins de ceux pour qui on construit. Le projet de la Villa Grillon à Pully a permis de conserver une villa existante ce qui allait un peu à contre-courant des constructions voisines très modernes et très ouvertes. C'est aussi ce que les propriétaires souhaitaient, mais ils avaient les clefs d'une maison des années 1980. Les volumes ont été retravaillés pour répondre aux demandes des propriétaires et la structure existante a été conservée dans sa grande majorité. Une petite partie de la charpente a été reconstruite pour ouvrir un volume libre sur la cuisine, le salon et la salle à manger tout en ouvrant en même temps une large part du pignon Ouest. Les portées traditionnelles voisines de 4.2 m de la structure existantes ont été modifiées dans cette partie ouverte pour atteindre 7.9 m. Les espaces s'agrandissent, la lumière pénètre et les propriétaires même s'ils voulaient du neuf ont accepté cette maison reconditionnée.

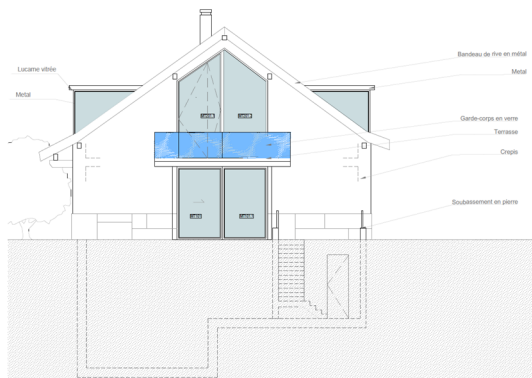


Figure 2. Villa Grillon à Pully, vue architecte de la façade Ouest, façade Ouest en reconstruction, vue depuis l'intérieur vers l'Ouest pendant les travaux et vue depuis l'intérieur vers l'Est après travaux (INGPHI avec Eric Maria Architectes)

Le projet de l'EMS de Crissier m'a donné une leçon importante, celle d'oser, oser la remise en question, oser aller contre ce qui est établi. Le maître d'ouvrage souhaitait un ouvrage très rationnel avec des étages qui accueillent les chambres et le rez qui accueillent les espaces de vie communes, cuisine, réfectoire, salle d'activité diverses. La rationalité de l'organisation des chambres peut conditionner l'organisation de l'espace de vie commune si la structure ne faisait que se répéter d'un étage à l'autre. Le principe initial était le suivant : un atrium central, un couloir autour qui distribue les chambres et la même organisation au rez avec le réfectoire dans la zone de l'atrium et les autres salles aux alentours. Dans les étages une structure devait être marquée pour séparer le couloir de l'atrium qui était créé un vide. Même si l'atrium apportait un espace agréable au rez, il se contraignait par la structure des étages. Il a donc été proposé de démarquer la structure des étages de la structure du rez en reposant les porteurs de deux fois la largeur du couloir, permettant ainsi au rez non seulement de proposer une zone de réfectoire plus large mais aussi une zone modulable capable d'accueillir des événements divers. Pour cela, les charges des couloirs de chaque étage sont transmises à des sommiers précontraints de 18.4 m de portée. Les sommiers profitent de l'épaisseur de la dalle de 22 cm et forment une poutre en L avec 75 cm de retombée.

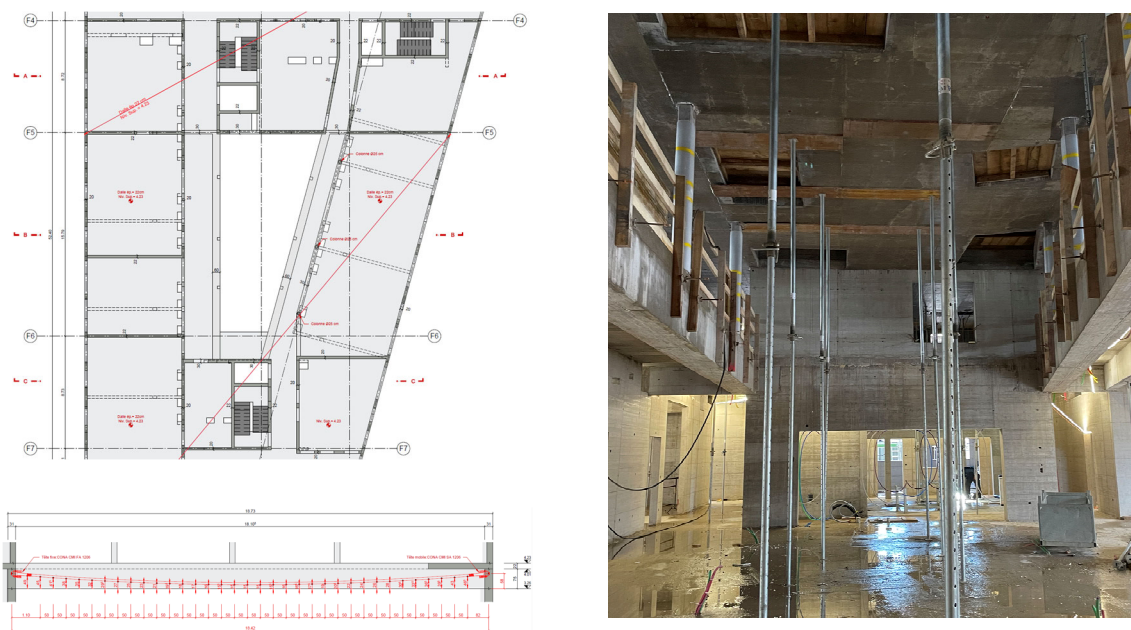


Figure 3. EMS de Crissier, vue en plan de l'étage avec sommiers précontraints, coupe sur sommier précontraint et vue depuis l'intérieur en cours de construction (INGPHI avec Architram Architectes)

Le projet des bassins SETEC (pour Station pour l'Evacuation et le Traitements des Eaux de Chaussées) dans l'échangeur du Vengeron près de l'aéroport de Genève tente de faire en sorte que leur forme suive au mieux leur fonction. Ils s'intègrent au cœur des voies autoroutières autrefois dépourvue de construction avec une petite forêt et de la végétation arbustive. Le point d'arrivée des eaux et celui de sortie sont fixés. Ils permettent de noyer les bassins dans le terrain sans qu'ils ne dépassent trop. Là où les murs des bassins sont le plus proche de l'autoroute, ils suivent la géométrie du tracé autoroutier. Le coffrage n'en est pas plus compliqué, il est réalisé avec les mêmes banches que les murs intérieurs qui sont droits. Les bassins récupèrent les eaux de chaussées autoroutières, les filtrent naturellement avec du sable et du gravier et les restituent dans le cours d'eau en aval qui se jette quelques centaines de mètres plus loin dans le lac Léman. Deux des quatre bassins sont plantés de roseaux pour tenir les sables filtrants. Cette végétation cohabite avec la végétation alentour. Les murs des bassins doivent être étanches. Ils sont alors précontraints, seulement pour maintenir une section comprimée sous les différentes charges mais surtout sous l'effet du retrait. La fissuration est évitée et les étanchéités complémentaires aussi. Les angles courbes permettent à la manière des réservoirs de garantir une continuité de la précontrainte sur toute la périphérie des murs. Les bassins sont des cellules étanches indépendantes.

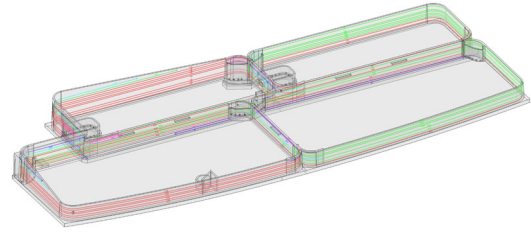


Figure 4. Bassins SETEC du Vengeron, Concept paysagiste, visualisation de la précontrainte dans les murs, test de mise en eau et remplissage avec matériau filtrant (INGPHI).

Je ne sais donc pas si nos projets nous donnent matière à être fiers, en tout cas, ils nous permettent d'apprendre.

L'avenir de l'ingénierie structurale selon moi

La façon de construire varie beaucoup à travers les âges. En restant simplement dans le XXème siècle, les années 1920-1930 voient les matériaux comme des ressources à économiser du fait de leurs prix élevés. A partir des années 1960, il faut construire pour loger, pour se déplacer, pour divertir. L'économie ne portait pas sur les matériaux. Aujourd'hui les différentes crises et les enjeux environnementaux imposent à la construction de se réinventer, pas seulement en limitant la quantité de matériaux, en optimisant les structures ou en ne les construisant plus qu'en bois, mais aussi en reconsidérant nos besoins et notre place dans notre environnement. Mais une chose est immuable, et ce qui compte aussi dans le domaine de la construction, c'est de construire le plus juste possible. Notre époque, pas forcément plus que les autres mais en tout cas au moins autant, semble propice à une construction juste. Juste dans le respect des espaces dans lesquels on construit, dans le respect de ceux à qui ces constructions sont destinées. Marguerite Yourcenar pensait que construire c'est collaborer avec la Terre. Cette phrase ne doit pas être oubliée aujourd'hui et nous permet de répondre aux besoins à venir.

Remerciements

Oui c'est nécessaire et ça restera court : un immense merci à toi Aurelio !

Contact :

Thibault Clément

Membre SIA

Membre Gesellschaft für Ingenieurbaupunkunst

INGPHI SA

Rue Centrale 9 bis

1007 Lausanne

email :

cletib@gmail.com (privée)

thibault.clement@ingphi.ch (professionnelle)

Stefano Campana

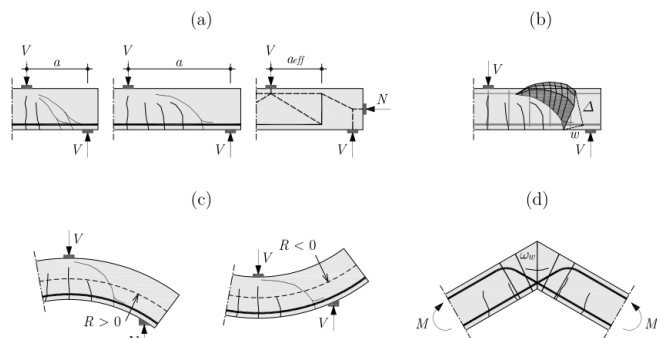
Curriculum vitae

Suite l'apprentissage de dessinateur (1997-2001), Stefano Campana a obtenu le diplôme d'ingénieur civil à l'HES de Lugano (2004) et poursuit les études (Bachelor, 2006, et Master, 2008) à l'EPFL. Après le doctorat (2008-2013), il a fait son retour à Lugano, où il travaille pour le bureau d'ingénierie Passera & Associati SA, actif dans le secteur des bâtiments et du génie civil, dont il est associé dès 2015 et directeur dès 2017. Depuis 2013 il est également Chargé du cours «Structures en béton armé» et du projet de semestre «Bâtiments en béton armé» à l'HES de Lugano/Mendrisio. Depuis 2020 il est ingénieur pour la «Commission cantonale des biens culturels». Son activité pour la catégorie professionnelle le voit actif dans le «Centro Competenza Onorari SIA Ticino» (2022), dans le comité de l'Association des Bureaux d'Ingénierie et Architecture Tessinois (ASIAT, 2023) et de la «Commission Professionnelle Paritaire Cantonale pour les Ingénieurs et Architectes» (CPPCIA, 2023).



Ma thèse de doctorat

Les structures en béton armé peuvent être concernées par des zones de géométrie particulière dues à des changements de la direction de leur ligne moyenne. Dans ces zones particulières, les efforts tranchants et les efforts normaux agissant nécessitent d'être déviés. Pour ces raisons, ces zones sont fréquemment caractérisées par le développement de ruptures prématurées, qui peuvent influencer de manière sensible le comportement global des structures. Dans le



cas des éléments courbes, des ruptures d'effort tranchant ou par éclatement du béton d'enrobage peuvent être observées. Dans le cas des angles de cadre, la nécessité de dévier les forces internes peut également conduire à des ruptures prématurées. Des détails d'armature adaptés permettent toutefois des comportements satisfaisants en termes de résistance et de capacité de déformation. Les paramètres principaux influençant la réponse de ces éléments ont été identifiés, permettant le développement de méthodes pour leur vérification ainsi que pour leur dimensionnement. Le travail de recherche a donc débuté par l'étude des modes de rupture qui s'observent dans les éléments droits en fonction de leur élancement, défini par leur géométrie, mais qui peut également être influencé par la présence d'efforts normaux. Cette étude initiale a été complétée par une première campagne expérimentale qui a permis d'analyser, sur la base de la cinématique des fissures mesurée de façon raffinée, l'importance relative des différents modes de transmission qui peuvent contribuer au transfert de l'effort tranchant aux appuis. Une deuxième campagne expérimentale a permis de saisir l'effet de la courbure des éléments sur leur résistance à l'effort tranchant. Il a été mis en avant que les forces de déviation ont un effet positif ou négatif selon le type de courbure des éléments. Leur effet a par la suite été considéré pour l'établissement d'un modèle de calcul basé sur les principes de la théorie de la fissure critique, qui s'est montrée pertinente pour l'étude de ces éléments. Une troisième campagne expérimentale a enfin permis d'identifier des détails d'armature performants pour les angles de cadre obtus soumis à des sollicitations d'ouverture, pour lesquels une sensibilité conséquente aux ruptures prématurées a été mise en évidence par les recherches existantes dans la littérature. Ceci passe par la mise en place d'une armature transversale dans la zone nodale, pour laquelle il a été démontré que le dimensionnement peut se faire en se basant sur des modèles bielles-et-tirants ou sur la méthode des champs de contraintes continus. Des indications pour le dimensionnement de cette armature transversale ont également été établies.

Ce que ma thèse m'a appris

Mon parcours scolaire, de l'apprentissage au Master, a été caractérisé par un mix entre notions pratiques et théoriques. Pendant la période de ma thèse je crois que d'une part j'ai pu profiter de cette expérience mais d'autre part j'ai pu mieux comprendre et tester l'importance d'un bon équilibre entre l'approfondissement théorique et la concrétisation des choix pratiques et solutions techniques associées. Cet équilibre est fondamental dans notre métier. Dans la pratique on est souvent confrontés avec l'impossibilité d'approfondir certains aspects comme on l'aimerais, car le chantier et les nécessités des partenaires et des maîtres d'ouvrages imposent d'avancer rapidement. Je pense que l'expérience de la thèse m'a permis d'acquérir une meilleure capacité d'identifier et analyser les problèmes et de les affronter avec une vision et une approche méthodique, qui souvent m'aident à trouver rapidement des solutions techniques caractérisés par un niveau d'approfondissement équilibré. Dans les situations où un degré d'approfondissement plus important s'impose, l'expérience maturées grâce à la thèse et à l'école doctorale se révèle certainement très utile si confrontée avec les notions acquises dans la seule phase des études jusqu'à l'obtention du diplôme d'ingénieur.

Mon activité après ma thèse et de quoi suis-je fier

En 2013, après la fin de ma thèse, j'ai commencé en même temps mon activité professionnelle dans le bureau d'ingénieur Passera & Associati SA, dont je suis actuellement directeur, et d'enseignement à l'HES de Lugano. Mon rôle dans le bureau depuis 2017, m'oblige à m'occuper beaucoup également des tâches administratives et de programmation, mais je n'ai jamais voulu abandonner la partie technique de mon métier, qui reste la partie que j'apprécie le plus et qui donne sûrement les meilleures satisfactions. Mon bureau est actif dans la construction de bâtiments (nouvelles constructions, assainissements, vérifications et assainissements sismiques, ...) et aussi dans tous les secteurs principaux du génie civil (ouvrages d'art, géotechnique, canalisations, routes, hydraulique et renaturation de rivières et rives lacustres, ...). La taille de notre bureau reste plutôt limitée (15-20 employés), mais je suis convaincu qu'il s'agit d'une taille idéale pour travailler dans un climat positif, familial et permettant de garantir des prestations de qualité. Personnellement je préfère être actif sur les bâtiments et les ouvrages d'art. J'apprécie aussi énormément la participation au concours de projet, pour les bâtiments et pour les ouvrages d'art, car indépendamment du résultat final dans cette phase le climat de travail est souvent très enthousiaste et satisfaisant.

Concernant l'activité d'enseignement, ça fait désormais 11 ans que j'y suis impliqué. J'ai déjà connu plus de 500 élèves et beaucoup apprécié le contact avec eux. Certains ont même effectué le même parcours que j'ai effectué après l'HES, avec les études à l'EPFL. Pour quelques-uns, l'exemple de mon parcours et mes indications leurs ont été utiles.

Dans la suite je résume une série de projets qui m'ont le plus impliqué pendant ces 10 ans d'activité après la thèse, ainsi que quelques concours de projet primés :



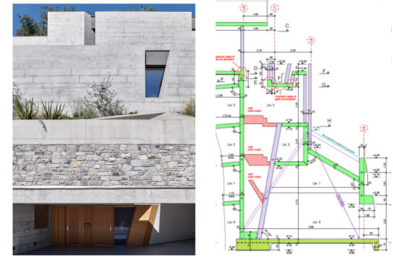
Casa Anziani, Caslano

Projet du nouvel EMS de Caslano. La structure est caractérisée par un grand porte-à-faux de 7 m au premier étage. La reprise du porte-à-faux est gérée par des voiles en béton armé, qui portent des dalles précontraintes avec des longues travées de 11.5 m. Longueur bâtiment 114 m.



Palazzo Lloyd - ex SBS, Lugano

Assainissement du bâtiment avec exécution de renforcements structuraux, démolitions partielles, démolition et réfection de la façade. Nouveaux œuvres en béton armé.



Casa Bambù à Sonvico

La structure porteuse de la villa est entièrement en béton armé en vue. La géométrie particulière est déterminée par un garage dont l'accès a une forme pyramidale, définie par les murs en béton, inclinés en plan et en élévation, en partie composés de 3 couches (béton interne, isolation thermique et béton extérieur).



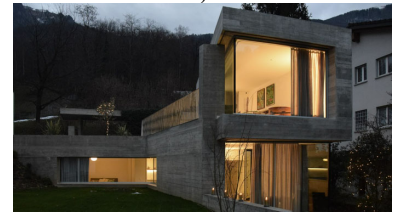
Nouvelle halle de stockage Wullschleger Group à Muzzano

Conception et suivi de l'exécution du système de fondation sur pieux et radier portant pour la nouvelle halle de stockage préfabriquée. La surface de la halle en plan est d'environ 4'000 m2.



Nouvelle salle d'exposition BMW à Lamone

Construction nouveau garage/showroom Mini. Assainissement de l'autolavage. Assainissement total et modifications structurelles pour la reconversion du garage existant BMW en charpente métallique en une salle d'exposition.



Casa Di Paola à Cadro

Projet de la structure porteuse en béton armé apparent et ouvrages de soutènement de la fouille.



Edification Villa Tansi à Viganello

La structure porteuse de la villa est entièrement en béton armé. Pour éviter l'utilisation de colonnes au-dessus du porte-à-faux un concept structurel basé sur des poutre-parois et des éléments précontraints.



Surélévation du CardioCentro Ticino

Projet et exécution du renforcement sismique de la structure existante et de la surélévation de 3 étages en construction mixte acier-béton.



Renforcement sismique Cabina K à Balerna

Projet de vérification et renforcement sismique d'une structure en béton armé existante. Renforcements en béton armé à l'intérieur et en acier en façade. Fondations ancrées dans le sol avec nappe en pression. Le bâtiment est protégé par les biens culturels du Canton Tessin.



Nouvelle siège Divisione Spazi Urbani de Lugano

Projet structural bâtiments en béton armé et en bois (mixte bois-béton) et projet du génie civil (fouille, pieux, aménagements extérieurs, canalisations, pavages).



Nouveau centre scolaire à Viganello

Projet de la structure mixte bois-béton hors terre et de la structure du sous-sol en béton armé. Projet du génie civil (fouille, aménagements extérieurs, canalisations, pavages).



Istituto cantonale agrario à Mezzana

Projet d'assainissement et élargissement de la Villa Cristina (bien culturel protégé au niveau cantonal) et de la Cantina vini. Vérification et adéquation de la conformité sismique.



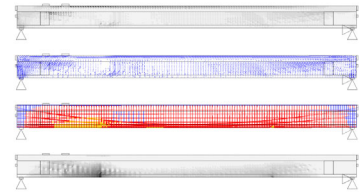
Élargissement du pont Val Marcou

Le projet a permis d'élargir le pont en pierre naturelle existant au-dessus de la Val Marcou. Le porte-à-faux est soutenu par une poutre inversée précontrainte appuyée sur 3 éperons ancrés dans la roche. Le système statique de la poutre, qui se développe sur 2 portées d'env. 30+5 m, est assimilable à celui d'une poutre appuyée-encastée.



Gare de Mendrisio

Projet et direction des travaux pour la hausse du quai M1 dans le cadre de l'adéquation des quais des gares CFF à +0.55 du rail. Les infrastructures et le bâtiment de la gare, deux sous-passages existants et les accès ont aussi été assainis et transformés.



Vérification du Ittgrabenviadukt N01

Vérification statique et sismique de 5 ponts de l'autoroute N01 à Berne. Les ponts, composés par de nombreuses poutres préfabriquées et précontraintes, présentent des problèmes de corrosion et des carences statiques, résolues à travers des analyses approfondies avec la méthode des champs de contraintes.



Surveillances d'ouvrages d'art OFROU

Spécialiste ouvrages d'art
Mandat pour les inspections régulières des ouvrages d'art de l'OFROU.



Mezzanine Gullwing

Projet d'une structure en acier pour une mezzanine de représentation dans une halle industrielle.



Expertise Liceo 1 à Lugano

Expertise pour la vérification structurale des éléments porteurs principaux, en particulier des poutres en béton armé de l'année 1904 avec armature lisse. En outre, des travaux de mise en sécurité contre le risque généralisé de détachement du plâtre ont été définis et suivis.



**Neubau eines
Lehrschwimbeckens**
Commune de Belp
1er prix
Enrico Garbin 2 Architetti +
Matteo Rossetti
2022



**Riqualifica area pubblica a
Carabbia**
Commune de Lugano
1er prix
Wespi De Meuron Romeo
2020



**Nouveau centre scolaire à
Viganello**
Commune de Lugano
1er prix
Epure Architecture et Urbanisme
2019



**Nouvelle siège Divisione Spazi
Urbani de Lugano**
Commune de Lugano
1er prix
Epure Architecture et Urbanisme
2019



**Siège Raiffeisen Assens
Banque Raiffeisen**
2ème prix
Epure Architecture et Urbanisme
2019



Salle de sport polyvalente
Commune de Terre di Pedemonte
2ème prix
Romeo Wespi De Meuron
2018



**Nouvelle mensa et esplanade
OSC Mendrisio**
Sezione della Logistica Canton
Ticino
3ème prix
Gaëlle Verrier
2022



Nouvelle école communale
Commune de San Vittore
4ème prix
Gian Paolo Ermolli
2020



**Langsamverkehrsführung
Biberbrugg**
Tiefbauamt Kanton Schwyz
4ème prix
Enrico Sassi
2022



Passerelle Ponte di Spada
Canton Tessin
4ème prix
2b architectes Sàrl
2018



Grosshofbrücken / Portal Süd
Bundesamt für Strassen ASTRA
4° prix
Mangeat Wahlen Architectes
Associés
2017

L'avenir de l'ingénierie structurale selon moi

L'évolution des matériaux et la nécessité de constructions plus écologiques permettra à mon avis des grandes nouveautés dans l'avenir. Également, le contexte de travail dans notre secteur nécessite de plus en plus des compétences multidisciplinaires qui nous permettent d'apprendre de nouvelles compétences et notions de jour en jour. Pour ces raisons notre métier est passionnant et sera passionnant aussi dans l'avenir. Nous opérons tout de même dans un marché difficile, où souvent des conflits sont générés par un manque d'attention réciproque vis-à-vis des exigences des différents partenaires professionnels.

Le succès de notre secteur, en tout cas son attractivité, dépendra à mon avis fortement de la capacité des opérateurs d'instaurer des collaborations étroites et solidaires dans toutes les phases du projet. Dans l'esprit de favoriser ces collaborations, depuis 2022, avec mon bureau, nous avons introduit un prix nommé « Structure et Architecture » à l'HES de Lugano/Mendrisio pour les travaux de diplôme du cycle d'Architecture. Le but est de sensibiliser les jeunes sur l'importance de la collaboration Ingénieur-Architecte pour l'obtention de projets de qualité. Le prix est destiné aux travaux démontrant une sensibilité pour les aspects structuraux dans la recherche d'une architecture de qualité.



Littérature

- Présentation de la nouvelle norme SIA 262 (ed. 2013), Formation continue SUPSI, Présentation 1: Application des champs de contraintes dans les vérifications à l'effort tranchant. Présentation 2: Approfondissement sur des aspects choisis
- 4th FIB International Congress (Mumbai, Inde), 2014, Campana S., Fernández Ruiz M., Muttoni A. "Strength of arch-shaped members in bending and shear", 2014
- Documentation du cours de "Structures en béton armé" pour la formation de base, SUPSI, 2013
- Documentation du cours de formation continue sur les champs de contraintes, SUPSI, 2013
- ACI Structural Journal, Campana S., Fernández Ruiz M., Muttoni A., "Shear strength of arch-shaped members without transverse reinforcement", American Concrete Institute V.111, No. 1-6, Farmington Hills, Etas-Unis, 2014
- Engineering Structures, Campana S., Fernández Ruiz M., Muttoni A., "Behaviour of nodal regions of reinforced concrete frames subjected to opening moments and proposals for their reinforcement", Elsevier, Vol. 51, pp. 200-210, 2013
- Magazine of Concrete Research, Campana S., Fernández Ruiz M., Anastasi A., Muttoni A., "Analysis of shear-transfer actions on one-way RC members based on measured cracking pattern and failure kinematics", Thomas Telford Publishing Ltd., Londres, Royaume Uni, Vol. 56, No. 6, pp. 386-404, 2013
- Colloque du Béton 2011, Présentation : "Comprendre pour concevoir: un exemple de tranchée couverte", Rolex Learning Center, EPFL, Lausanne, 2011
- 12th PhD Symposium (Zeist Olanda), Research school integral design of structures, Présentation: "Design of cut-and-cover tunnels using elastic-plastic stress fields", 2010
- 8th FIB PhD Symposium (Copenhague, Danemark), Article et présentation: "Analysis and design of an innovative solution for tunnels using elastic-plastic stress fields", 2010
- ACI Structural Journal, Discussion de Fernández Ruiz M., Campana S., Muttoni A. de l'article de Saqan E. I., Frosch R. J., "Influence of Flexural Reinforcement on Shear Strength of Prestressed Concrete Beams", American Concrete Institute, Farmington Hills, États-Unis, Vol. 106, No. 6, pp. 907-908, 2009

Remerciements

Pendant la période du Master, les cours de “Structures en béton” ou de “Ponts en béton” étaient pour moi les cours les plus attendus de la semaine. J’appréciais en particulier le fait qu’avec les notions théoriques on recevait souvent pleins d’exemples pratiques fascinants, ce qui n’était certainement pas la règle pour tous les cours du programme des études. Cet intérêt m’a poussé à m’approcher au laboratoire pendant les travaux de semestre pour enfin me convaincre à me lancer dans un travail de doctorat qui n’était pas du tout dans mes programmes de vie, mais que je suis enfin content d’avoir abordé. Je remercie Aurelio pour cet enthousiasme qu’il a su me transmettre pendant ses cours, qui a contribué aux choix que j’ai fait à la fin de mes études. Ayant la possibilité de donner à mon tour des cours des « Structures en béton » à l’HES de Lugano, j’essaye toujours transmettre cette même passion aux étudiants.

Contact :

Stefano Campana

Passera & Associati Studio d’Ingegneria civile SA
c/o Passera & Associati Studio d’Ingegneria civile SA, Via la Sguancia 5, 6912 Lugano-Pazzallo
email: stefano.campana@passing.ch

Michael Rupf

Curriculum vitae

Im Jahr 1996 begann Michael Rupf eine Lehre als Bauzeichner bei der Widrig, Leumann & Willi AG in Mels. Nach Abschluss seiner Lehre im Jahr 2000 studierte er von 2000 bis 2003 an der Hochschule für Technik Rapperswil (HSR). Von 2004 bis 2007 arbeitete er als Projektingenieur bei der wlw Bauingenieure AG in Mels und Zürich. Im Jahr 2006 setzte er seine akademische Reise fort und erwarb 2009 einen Masterabschluss an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich, gefolgt von einem Dokortitel an der École Polytechnique Fédérale de Lausanne im Jahr 2013. Seit 2014 arbeitet er als Projektleiter bei der wlw Bauingenieure AG in Zürich. In dieser Zeit hat er zahlreiche Industrie-, Gewerbe- und Wohnbauprojekte erfolgreich geplant und realisiert, vom Einfamilienhaus über das Logistikzentrum oder Wohnüberbauungen mit 250 Wohnungen bis hin zu Hochhäusern, einschliesslich der dazugehörigen Baugruben, Baugrubensicherungen und Spezialgründungen.

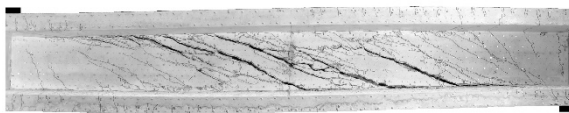


Meine Dissertation

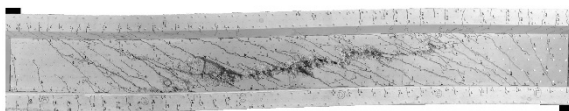
Der Titel meiner Dissertation, eingereicht im Jahr 2014 war: “Querkraftwiderstand von Stahlbeton- und Spannbetonträgern mittels Spannungsfeldern”. Auslöser des Forschungsthemas waren die zahlreichen bestehenden Stahlbetonbauten, insbesondere die Brückenbauwerke, welche mit ihren Querkraftbewehrungsgehalten und der Detaillierung der Verbügelungen nicht den aktuellen Normengenerationen entsprechen. Es stellte sich die Frage, welche Ansätze verwendet werden dürfen und wie präzise diese das effektive Tragverhalten abbilden können.

Die Dissertation umfasste eine Versuchsserie von zwölf grossmassstäblichen Spann- und Stahlbetonträgern, welche möglichst realitätsnah die Verhältnisse in schwach schubbewerten, vorgespannten Durchlaufträgern (bestehenden

(a) SR21



(b) SR24

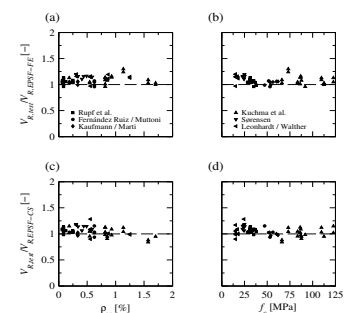


Brückenträgern) repräsentieren sollen. Basierend auf den Versuchen wurde eine Quantifizierung der verschiedenen Querkrafttraganteile, des Einflusses der Trägerflansche und der Spannkraftzunahme im geneigten Spannglied vorgenommen. Die Anwendbarkeit bestehender Bemessungsansätze, wie der elastisch-plastischen Spannungsfelder, konnte anhand der Versuchsergebnisse und Modellierungen für Träger mit sehr kleinen

Querkraftbewehrungsgehalten validiert werden, was ebenfalls in den minimalen Querkraftbewehrungsgehalten der aktuellen Norm SIA 262:2013 Berücksichtigung fand.

Aus der Dissertation ging ebenfalls ein vereinfachter Ansatz für ein Modell mit elastisch-plastischem Materialverhalten hervor, welcher gegenüber den starr-plastischen Spannungsfeldern weniger Modellvereinfachungen benötigt und gegenüber den FE-Modellen der elastisch-plastischen Spannungsfelder deutlich geringeren Modellierungs- und Rechenaufwand erfordert. Der vorgeschlagene Ansatz der elastisch-plastischen Spannungsfelder mit Analyse der kritischen Druckstrebe lässt die Berücksichtigung der Spannkraftzunahme im Spannglied und des Flanscheinflusses ebenfalls zu und erreicht bei der Ermittlung des Querkraftwiderstandes von 57 Versuchsträgern ähnlich präzise Werte wie die FE-Methode (Mittelwert $V_{R,Test}/V_{R,EPSCS}$ von 1.05 über sämtliche 57 Versuchskörper und Variationskoeffizienten von 8.0%).

Im Astra-Bericht Nr. 658 zum Forschungsauftrag AGB 2006/015 vom April 2014 wurde aus der Dissertation eine Zusammenfassung der Resultate für die Praxis publiziert.



Was ich aus meiner Dissertation lernte

Eine Dissertation bedeutet, eine Aufgabe anzupacken und durchzuziehen. Dabei ist ein hoher Grad an Eigenverantwortung und Durchhaltevermögen erforderlich. Diese Fähigkeiten werden während den vier Jahren des Doktorates geprüft und gestärkt. Ebenso wird schnell klar, dass man auf Hilfe angewiesen ist und diese auch erfragen und annehmen kann. Der Austausch mit den Kollegen und dem Doktorvater, sowie der Rückhalt und die Unterstützung im Privaten sind wichtig. Weiter werden das wissenschaftliche Arbeiten, das Schreiben von Texten und die sprachliche Qualität gestärkt. Fachlich ermöglicht das Arbeiten an einer Dissertation, sich insbesondere im eigenen Thema aber auch in denjenigen der Doktorandenkollegen, ein sehr detailliertes Fachwissen aneignen zu können. All diese Erfahrungen fand ich sehr bereichernd. Von Nutzen in der aktuellen Tätigkeit sind mir insbesondere das Organisieren und Strukturieren von Projekten. Ebenso nutzt mir die Erkenntnis, dass durch Kollegialität, den aktiven Austausch und das Fördern der (Fach-)Kompetenzen bei den Mitarbeitern die besten Resultate erzielt werden können.

Meine Tätigkeiten nach der Dissertation und worauf ich stolz bin

Nach der Dissertation an der EPFL bin ich in Zürich bei der wlv Bauingenieure AG wieder als projektierender Ingenieur tätig geworden und in die Geschäftsleitung bzw. Geschäftsführung des Büros eingestiegen. Ein Grossteil meines Arbeitspensums darf ich in die Projektleitung, die Tragwerks- und Baugrubenkonzipierung oder vereinzelt auch in statische Berechnungen investieren. Auf die nachfolgende Auswahl von uns realisierter Projekte dürfen wir als Büro und ich als Projektleiter stolz sein:

Logistikcenter Schönholzer, Märstetten



schwindreduziertem Beton erstellt.

Neubau eines Logistikcenters mit drei Geschossen, einem integrierten Bürogebäudeteil und einer Gesamtlänge von 280 Metern. Einseitig Bahnanschluss mit Verloaderampe und Gegenseite mit LKW-Verloaderampen. Unter- und Erdgeschoss in Massivbau mit vorfabrizierten Filigrandeckenplatten, Spannbetonsträgern und Rippenplatten, Obergeschoss in Stahlbauweise. Gebäude undilatiert und mit projektbezogenem,

Hochhäuser Albanteich-Promenade, Basel



Wellpoint und Grundwasserabsenkung.

Neubau von vier Hochhäusern mit rund 55m Höhe neben vier bestehende Scheibenhochhäuser und Erstellung von zwei Einstellhallen. Einbau der neuen Gebäudeteile in und an bestehende Tragstruktur und Ertüchtigung der bestehenden Hochhäuser. Foundation auf Grossbohrpfählen. Baugrube mit diversen Sicherungsmassnahmen wie eckgespriessten Spundwänden, Nagelwänden, Unterfangung von Tiefgaragen und Hochhäusern,

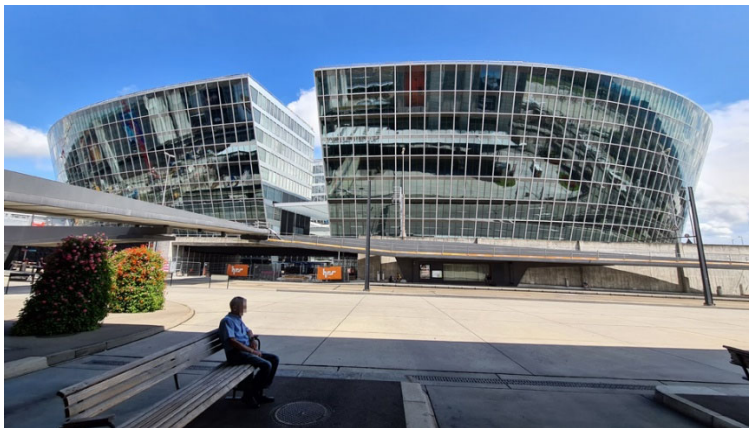
Thermalbad Baden



Neubau Thermalbad Baden im alten Bäderquartier an der Limmat. Gebäudekomplex in Massivbauweise mit zwei Parkingegeben, Technik, Nebenräumen und den diversen Bädern und Wellnesseinrichtungen. Anspruchsvolle Tragstruktur mit diversen Abfangungen und Spannbetonträgern. Projektbezogene, schwindarme und Thermalwasserbeständige Betonrezeptur. Baugrube mit über 10m Höhe mit Spritzbetonsicherung,

Ankern und Nägeln, sowie Gebäudeunterfangungen.

The Circle, Zürich Flughafen



Das neue Dienstleistungszentrums am Flughafen Zürich weist ein Investitionsvolumen von rund einer Milliarde Franken auf. Der Gebäudekomplex besteht aus mehreren Baukörpern, welche unterirdisch miteinander verbunden sind. Zahlreiche ingenieurtechnische Herausforderungen waren zu lösen, wie die Überspannung des SBB-Tunnels, sehr grosse Spannweiten mit vorgespannten Trägern, Lasten in sämtlichen Richtungen infolge der

schrägen Fassadenstützen, etc.

Kunsteisbahn Aarau



Die bestehende Kunsteisbahn Aarau wird umfangreich umgebaut, erdbebenertüchtigt und mit neuem Foyergebäude ergänzt. Die Seitentribüne in der Halle wird neu konstruiert und die Technik komplett erneuert. Angrenzend an die bestehende Halle entsteht ein neues, zweigeschossiges Technikgebäude und ein Garderobengebäude, sowie eine neue Ausseneisbahn. Vom neuen Technikgebäude wird ein Energiekanal bis in die Bestandeshalle

erstellt.

Bürogebäude BRICK, Kempththal



Das bestehende Produktionsgebäude auf dem Givaudan-Areal wurde in den 1920er-Jahren erstellt und nach rund zwanzig Jahren aufgestockt. Die Struktur wurde als Betonskelettbau mit Mauerwerksfassade und teilweise Stampfbetonwänden erstellt. Für den Umbau zum Bürogebäude wurden in zwei Gebäudeecken neue Kerne eingebaut, welche auch die Stabilisierung gewährleisten. Die komplette Fundation wurde rund 1.5m tiefer neu erstellt und eine Aufstockung um zwei Geschosse

vorgenommen.

Mit den Aufgaben der Geschäftsführung und der Projektleitung einher geht auch die bürointerne Aus- und Weiterbildung unserer Mitarbeiter. Als Büro beschäftigen wir neben den Ingenieuren auch Konstrukteure/Zeichner und engagieren uns mit einem bis zwei Lehrlingen pro Jahr aktiv an der Berufsbildung unseres Zeichner- und Ingenieur Nachwuchses. Mein besonderes Interesse gilt vor Allem dem Aufbau und der Förderung unserer jungen Ingenieurinnen und Ingenieure im Büro durch die stetige und gezielte Weitergabe des Fachwissens und das Übertragen von Verantwortung und Einflussmöglichkeiten in den Projekten.

Meine Einschätzung zur Zukunft der Bauingenieurwissenschaften

In meiner aktuellen Tätigkeit erkenne ich immer wieder, dass mit gutem Engineering, robusten und baustellentauglichen Detaillierungen, sowie materialsparenden und wirtschaftlichen Tragwerken beim Bauen ein Mehrwert für alle beteiligten geschaffen werden kann und tolle Bauwerke entstehen. Vom Bauingenieur oder der Bauingenieurin werden hierzu sowohl strukturiertes Denken als auch Kreativität und Leidenschaft für die Aufgabe gefordert. Diese Eigenschaften werden nach meiner Einschätzung auch in Zukunft der Schlüssel zur Realisierung guter Bauwerke sein.

Literaturverzeichnis

Rupf M., Fernández Ruiz M., Muttoni A. (2014), Querkraftwiderstand vorgespannter Brücken mit ungenügender Querkraftbewehrung, Bericht Nr. 658, Bundesamt für Strassen Astra, p. 88.

Danksagung

Ein herzliches Dankeschön an Aurelio Muttoni, meine Doktorandenkollegen, das Bauhallenteam und meine Familie für die spannenden und lehrreichen vier Jahre in Lausanne. Sie sind mir in bester Erinnerung geblieben.

Kontakt:

Michael Rupf

wlw Bauingenieure AG
Luegislandstrasse 31
CH-8051 Zürich

email: michael.rupf@wlw-ingenieure.ch

Francisco Natário

Curriculum vitae

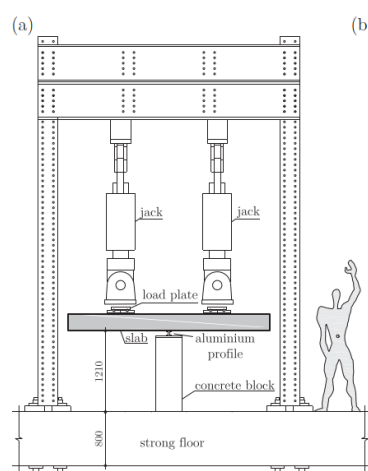
He holds a BSc in Civil Engineering (2006) and an MSc in Structural Engineering (2008) from Técnico Lisboa, Portugal. Between 2008 and 2011 he worked as a structural and geotechnical engineer at the construction company Teixeira Duarte SA. In 2011 he joined Prof. Muttoni's Laboratory IBETON, where he developed a thesis on the static and fatigue shear strength of bridge deck slabs. Later in 2015 he was hired by Synaxis SA Lausanne, contributing to various projects such as the new Cantonal and University Library of Fribourg, the seismic retrofitting of the CERN ISR viaduct and the new digestion silos of the Lausanne Water Treatment Station. In 2020, he relocated to Lisbon to collaborate remotely with Synaxis SA Lausanne. In 2024 he joins Prof. Muttoni once again, this time in the design office Muttoni Partners Ingénieurs Conseils SA.



My PhD thesis

The title of my thesis, submitted in 2015, was “Static and fatigue shear strength of reinforced concrete slabs under concentrated loads near linear supports”.

During my stay at EPFL I participated in two research projects funded by FEDRO, the Swiss Federal Roads Office. The first one aimed to increase the number of monotonic static tests on typical European cantilever bridge deck slabs under concentrated loads near linear supports. It sought to study the influence of internal force redistributions, the location of the concentrated load, and the presence of prestressing ducts parallel to the support, typical of balanced cantilever bridges. The second project



(b) aimed to perform fatigue tests on typical European bridge deck slabs and to examine the influence of fatigue loading on the shear-fatigue strength of cantilever slabs.

The 16 static tests on 3 m x 3 m real-scale slabs linearly supported in the center on top of an I-shaped aluminum profile equipped with vertical strain-gauges revealed that shear failures are the governing failure mode. Prior to failure, shear redistributions were observed.

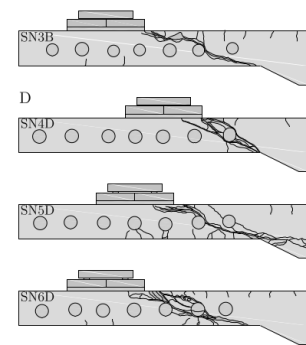
The subsequent 11 fatigue tests demonstrated that shear-fatigue failures without flexural rebar fractures only occurred for very high levels of the maximum applied load. Slabs that failed in shear after several flexural rebar fractures exhibited a remarkable fatigue life after the first rebar fracture.

Several proposals were presented to perform the shear/punching shear assessment of slabs under concentrated

loads near a linear support based on the Critical Shear Crack Theory (CSCT). These proposals focused on determining the acting internal forces, locating control sections, accounting for shear redistributions, and considering arching action.

A consistent design approach for shear-fatigue of slender reinforced concrete members without transverse reinforcement was also presented applying the principles of fracture mechanics for quasi-brittle materials combined with the CSCT.

The main conclusions of my thesis were subsequently included in a FEDRO research report that outlined simple methods for addressing the design and assessment of bridge deck slabs under concentrated loads.



What I learned from my thesis

My decision to apply for a PhD at Prof. Muttoni's Laboratory IBETON was deeply influenced by Prof. José Câmara and my colleague Filipe Leal, who had been at EPFL before. They told me that at IBETON, I could find interesting research topics highly relevant to real engineering practice, and it proved to be true.

When I first met Prof. Aurelio Muttoni and Dr. Miguel Fernández Ruiz in 2010, they presented two experimental campaigns on deck slabs that I would have to conduct during my PhD: a static campaign (based on the Chillon Viaduct) and a fatigue one.

The extended experimental campaigns were genuinely engaging, allowing me to build my own specimens and test setups. Conducting tests and observing my colleagues' experiments made me feel privileged to witness firsthand how static and fatigue failures occur in reinforced concrete structures.

Throughout my PhD, I addressed various research topics relevant for everyday practice in bridge design/assessment: identification of governing failure modes, shear redistributions due to flexural and shear cracking, arching action, influence of prestressing ducts, fatigue life, and assumptions in finite element modeling. As an outcome, we developed simple assessment methods based on the CSCT that can be used by engineers.

As a teaching assistant, I enjoyed interacting with many bright students and future engineers. It was also an excellent opportunity to familiarize myself with the Swiss approach to Structural Concrete and witness the excellence of Prof. Muttoni's lectures.

In the doctoral school, I attended some compelling courses, such as "Behavior and Numerical Modeling of Reinforced Concrete Structures" taught by Prof. Kuchma. It was a valuable opportunity to enhance my programming skills and develop my own user-friendly software.

My activity after my thesis and what I am proud of

After completing my PhD thesis, I joined Synaxis SA Lausanne as a collaborator, a design office directed by Hans-Ulrich Frey, Eric Gysin, and Ricardo Ferreira.

Over the last 8 years, I have been involved in various noteworthy projects, such as the new Cantonal and University Library of Fribourg. This project presented several challenges related to the preservation of the 1910 building, the complete demolition of the 1976 structure, and the implementation of a diverse range of geotechnical solutions: strutted diaphragm walls, anchored pile walls, anchored and strutted soldier pile walls, micropiles, underpinning of existing structures, and jet grouting. My prior professional experience as a geotechnical engineer proved valuable in collaborating with the geotechnical engineers of De Cérenville Géotechnique SA and GeoMod SA ingénieurs conseils SA.

Between 2016 and 2018, I had the opportunity to contribute to the refurbishing and seismic retrofitting of the CERN IRS viaduct. This involved eliminating expansion joints, replacing bearings, and executing various other tasks to enhance the viaduct's lifespan.

Another noteworthy project I participated in is the construction of the new digestion silos at the Lausanne Water Treatment Station. These are two prestressed reinforced concrete structures with a pile-raft foundation.



Figure 1. The new Cantonal and University Library of Fribourg under construction in Fribourg, Switzerland (with Butikofer de Oliveira Architectes, Synaxis SA Lausanne civil engineers, De Cérenville Géotechnique SA and GeoMod SA ingénieurs conseils SA geotechnical engineers).

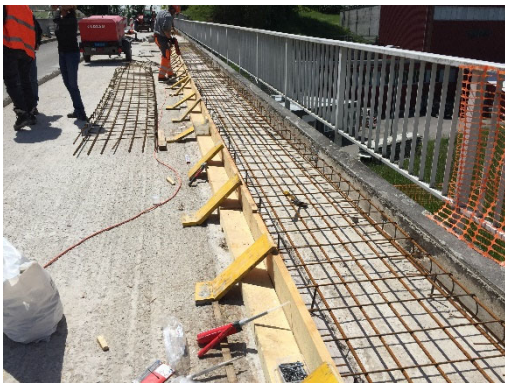


Figure 2. Refurbishing and seismic retrofitting of the CERN ISR Bridge (Synaxis SA Lausanne civil engineers).



Figure 3. The new digestion silos of the Lausanne Water Treatment Station in Lausanne, Switzerland (Synaxis SA Lausanne civil engineers).

The future of structural engineering in my perspective

In my perspective, structural engineering will continue to demand a delicate balance between a robust engineering background and creative thinking. It will be crucial to find ways to attract bright young people to civil engineering.

As the industry evolves, engineers will increasingly shift their focus towards renovation and refurbishment projects rather than new constructions, emphasizing sustainability by preserving existing structures instead of demolishing them.

Good sketching skills will remain invaluable alongside proficiency in developing BIM models to foster efficiency. Regular site visits will continue to be a cornerstone for the improvement of each engineer's work.

While AI will undoubtedly assist, caution is necessary regarding AI solutions and the one-size-fits-all black box approaches of design software. The human touch, especially in control calculations on the back of an envelope, must persist to ensure reliability and safety in structural designs.

An open-minded approach will remain vital in discussions with architects and other specialists, encouraging engineers to prioritize functional, aesthetically pleasing, and harmonized solutions that contribute positively to the urban landscape. This includes using fewer construction materials, aligning with the global push for sustainable practices.

In essence, the future structural engineer must be a versatile professional, blending technical skills, creativity, and a commitment to sustainable and aesthetically pleasing designs.

Contact:

Francisco Natário

Muttoni Partners Ingénieurs Conseils SA

email: f.natario@mpic.ch

Jürgen Einpaul

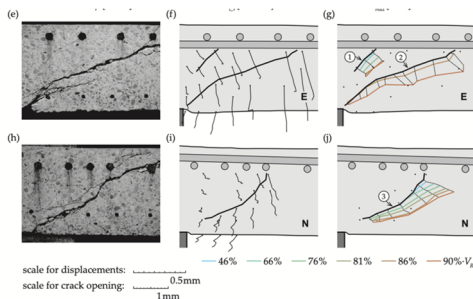
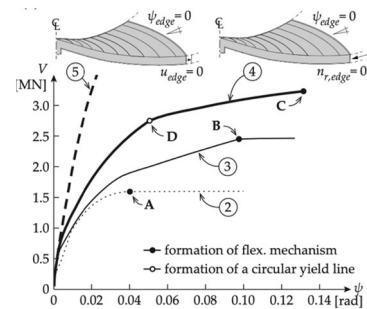
Curriculum vitae

Jürgen Einpaul holds a MSc in Civil and Building Engineering obtained from Tallinn University of Technology, Tallinn (Estonia) in 2010. In 2006 he started working at Loodesystem OÜ in Tallinn (Estonia) as a structural engineer until 2007, when he joined Estkonsult OÜ in Tallinn (Estonia). In 2011 he decided to pursue the PhD degree in IBETON, EPFL, Lausanne (Switzerland) which he completed in 2016. During this period, he was engaged in performing research and as a doctoral assistant. Between 2016 and 2017, he worked as a post-doctoral researcher in Imperial College London (UK). In 2017, He continued his post-doctoral journey, this time at FCT NOVA in Lisbon (Portugal) until 2018. Since 2018, he works as a structural engineer and is a member of the board at Estkonsult OÜ in Tallinn (Estonia). He is the winner of the best infrastructure project in 2021 & 2023 from the Estonian Association of Civil Engineers, the best timber structure in 2023 from the Estonian Forest and Wood Industries Association and the best Master thesis on concrete in 2010 from the Estonian Concrete Association. He is a member of the management board at Estonian Concrete Association and part-time teacher at the Tallinn University of Technology and at Estonian Academy of Arts.



My PhD thesis

The title of my thesis, submitted in 2016, was: “Punching strength of continuous flat slabs.” I focused on the differences between punching responses of typical isolated test specimens and actual continuous flat slabs. Based on an analytical model, I studied the effects of moment redistribution between hogging and sagging actions, or shift of the line of contraflexure, as well as compressive membrane action that occur in continuous slabs. My results showed that the compressive membrane action arises not only due to the lateral restraint from supporting walls but also from self-confinement, where the lateral expansion of the slab from cracking is restrained by the uncracked slab portions around the slab-column connection.



During my PhD studies, I performed over 30 full-scale punching tests on specimens with various column sizes, slenderness ratios and shear reinforcement systems. I took detailed measurements of cracking inside the slab at different load levels to study in detail the failure mechanism



and find out when various cracks seen on saw-cut surfaces actually appear. The effect of compressive membrane action on punching strength can be accounted for in the provisions for assessment of existing structures in the new Eurocode 2. The punching calculation model also uses a method similar to the one proposed in my thesis for considering the effect of column size.

What I learned from my thesis

Beside learning a lot about the behaviour of concrete under loading, working in the lab, scientific writing and coming up with exam questions for first year students, I also learned to:

- trust engineer's intuition and simple rules of statics over blindly believing results from complex calculations. A quote I ascribe to Aurelio that I often use is that a well-conceived but poorly calculated structure is always better than a poorly conceived but flawlessly calculated structure.
- think big and not be afraid of asking complicated questions. Sometimes you can just go for it – even if you didn't exactly get to where you wanted to go, you still got to somewhere new.
- get good ideas from spontaneous conversations with smart people.
- make myself understood to someone even if we don't speak a common language. If you don't know a word in French, just smile instead and things will work out.

My activity after my thesis and what I am proud of

The project I'm most proud of is the new building for the museum of natural history on the seaside in Tallinn, Estonia. The new museum will be located next to seaplane hangars completed in 1917 which were the largest concrete shells at the time of construction and now house a maritime museum. The goal was to build a structure of similar standing. The main construction material was to be wood to showcase Estonia's timber construction industry, Europe's largest exporter of prefabricated timber houses.

The architects Siiri Vallner and Indrek Peil called me the same night that the results of the international architecture competition were announced in 2019. I had a great collaboration with them in designing a complex of three buildings on a common underground floor showing different types of timber structures. The tallest building alludes to a shipyard dock that was located on the plot before and comprises cross-laminated timber walls and floors with bent and twisted glulam arches that surround the atrium. The square structure is a modern and efficient office building built of prefabricated frame walls and ribbed LVL floors whereas the third building is an exhibition hall covered by a large-span glulam beam system with a concrete overhang and boulders on the roof for counterweight. The construction started in the beginning of 2024 and the museum should be open to the public by the summer of 2026.

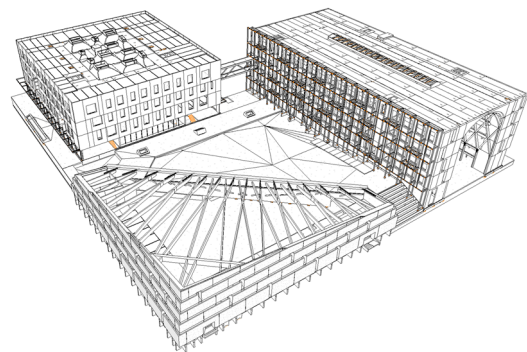


Figure 1. Project for the Museum of Natural History, Tallinn, Estonia

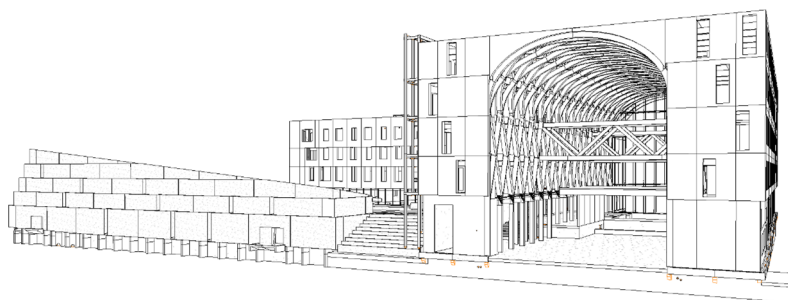


Figure 2. Project for the Museum of Natural History, Tallinn, Estonia

I'm also teaching a yearly course on concrete structures at Tallinn University of Technology and regularly co-supervising Master theses there. I'm very proud of my students, several of which have now become my colleagues. I'm very happy to see them excited about their first large projects – it reminds me how thrilled I was as a young engineer to see my first designs become a reality.

I'm also consulting architecture students in their projects at the Estonian Academy of Arts. Our vision at Estkonsult is to take the whole construction industry of Estonia to the level where the work of our architects, engineers and craftsmen would be internationally renowned and attract visitors and clients from all over the world. We try to learn something new with each project and promote collaboration and sharing on knowledge and experience. I am active as a board member of Estonian Concrete Association that comprises companies from all fields related to concrete construction and participate in or lead working groups for bulletins of information that we publish.

At the moment, I am working on the Tallinn terminal of Rail Baltic high-speed railway. The architectural design of the terminal is by Zaha Hadid Architects. It is a very complex project where I am responsible for the design of concrete structures under the rails and platforms. The construction has started, and the first platforms will be put into service in the summer of 2025.



Figure 3. Rail Baltic Ülemiste terminal (architecture by Zaha Hadid Architects)

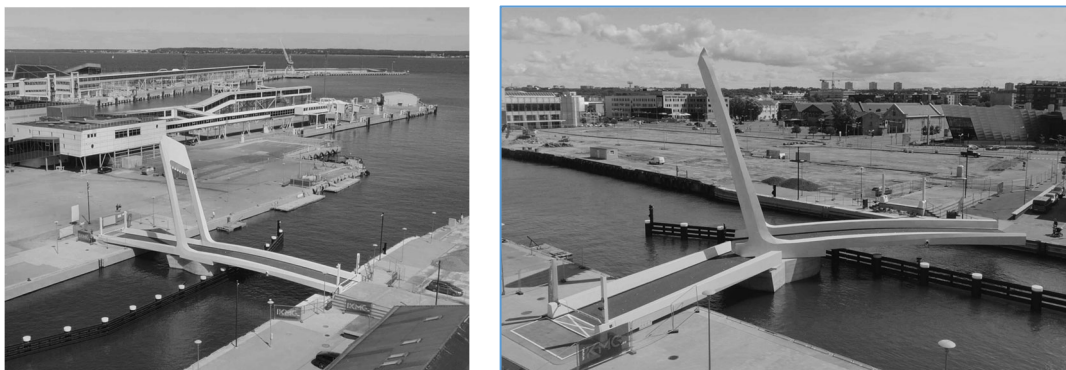


Figure 4. Swing bridge at the port of Tallinn, award for the best civil engineering project in 2021 (architecture by Plein06, Netherlands)



Figure 5. Pelgulinna State Gymnasium, best timber structure in 2023 (architecture by Arhitekt Must)

The future of structural engineering in my perspective

Structural engineering will only get more exciting in the future with increased automation of simple and tedious tasks. This will allow us to focus more on complicated and interesting projects. At the same time, there will be more difficult problems due to new challenges caused by environmental issues and societal changes. This means that in the future, engineers can't only rely on old methods and will be forced to come up with new solutions. We need to be more adaptable than ever and continue to learn throughout our life. But in return we will have potential to significantly impact the future of our planet.

Contact:

Jürgen Einpaul

Estkonsult OÜ, structural engineer, member of the board
Sõpruse pst 151, 13147 Tallinn, Estonia

email: jyrgen.einpaul@gmail.com

Ioannis Drakatos

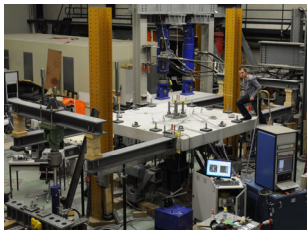
Curriculum vitae

Ioannis-Sokratis Drakatos is currently a structural engineer in Résonance ingénieurs-conseils SA, Geneva, Switzerland, focusing on the seismic assessment and retrofit of existing buildings and the vibration protection of buildings located in the proximity of railway/tramway lines. Previously, he was mainly responsible for assessment and strengthening studies of existing highway infrastructures, as well as the design of new bridges using various structural systems (integral, semi-integral, and seismically isolated bridges) in response to strict project constraints (Mauler SA, 2018-2022). The projects included seismic retrofit measures and necessary bearing uplift through jacking to compensate for differential settlements of straight, skewed, and curved bridges. He received his PhD at EPFL, Switzerland, in 2016, developing a thesis on the seismic behaviour of slab-column connections without transverse reinforcement. He received his M.Sc. diploma in 2011 from the University of Patras, Greece, developing a thesis on the seismic assessment of a reinforced concrete school building using linear and non-linear methods.



My PhD thesis

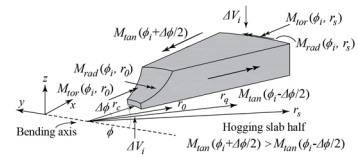
The title of my thesis, submitted in 2016, was: “Seismic behaviour of slab-column connections without transverse reinforcement”. The main objective of the research was the development of an analytical model to describe the moment-rotation relationship of interior slab-column connections without punching reinforcement and a failure criterion to compute both the strength and the deformation capacity due to seismically induced drifts. The first part of the thesis included an experimental investigation on 13 full-scale internal slab-column specimens. The objective of the test campaign was to assess the influence of the loading history (monotonic vs. reversed cyclic) for different gravity loads and reinforcement ratios. The results showed that cyclic loading leads, particularly for slabs subjected to low gravity loads, to significant moment strength and deformation capacity reduction compared to results obtained from monotonic loading tests. The effect of cyclic loading was more pronounced for slabs with low reinforcement content.



The second part of the thesis included the development of the mechanical model. The model accounts explicitly for the three load transfer mechanisms between slab and column contributing to the unbalanced moment resistance, i.e., eccentric shear, flexure, and torsion. The moment resistance and deformation capacity are deduced from the intersection of the moment-rotation curve with a failure criterion based on the Critical Shear Crack Theory and distinguish between monotonic and cyclic loading conditions. The model predicts well the moment strength and the deformation capacity of slabs tested within the performed campaign and reported in the literature. The third part of the thesis proposed an extension of the mechanical model for the moment-rotation relationship to account for the hysteretic behaviour and cumulative damage effects on slab-column connections subjected to cyclic loading. A hysteretic moment-curvature relationship was proposed for the radial direction, based on local deformation measurements from the cyclic tests. Cyclic damage was considered by adopting a damage index proposed by a previous study. The extended model predicts more accurately the response of cyclic tests than the simplified approach based on the monotonic model. Based on the two previous parts, two methods are proposed for the numerical analysis of flat slab buildings. First, an Effective Beam Width method is presented and validated against experiments found in the literature. A simplified method is then proposed to estimate the contribution of column and slab deformation to the interstorey drift for flat slabs not part of the lateral force-resisting system.

What I learned from my thesis

My PhD thesis allowed me to develop skills extremely useful in my career as a structural/seismic engineer in response to strict deadlines and project constraints, like those encountered in the engineering practice. The projects I was involved in after my thesis presented a significant variety in terms of objectives, technical challenges and opportunities, involved and third parties, deadlines, and budget. To respond effectively to all above features, I realised quickly the need for a panoply of tailored and reliable engineering tools. Among these, developing analytical or semi-analytical tools to describe the mechanical behaviour of structures and structural components, an ability developed throughout my doctoral studies remains a key capability deployed for most of my projects. Simple tools are particularly useful for preliminary studies and for checking complex finite element calculations or as part of review studies. On the other hand, the use of more sophisticated tools becomes justified at later design phases when crucial project decisions need to be taken. The elaboration of such tools requires a profound understanding of the mechanical behaviour of structures and a continuous search of relevant scientific works in academia, comparable to the literature review I conducted during my PhD thesis. Valuable scientific works contribute to the body of knowledge and impact future standard developments. For all these reasons, I believe that, besides the obvious advanced technical knowledge acquired concerning the behaviour of reinforced concrete flat slabs in seismic-prone areas, my PhD thesis had a tremendous impact on my career to date and will surely influence my career development positively.



My activity after my thesis and what I am proud of

My work activity after the end of my PhD thesis included a first period of active involvement in a significant amount of bridge projects (2018-2022, Mauler SA ingénieurs civils) and a second period with a focus on the protection of buildings against dynamic actions, like earthquakes and vibrations (2022-..., Résonance ingénieurs-conseils SA).

The first period included the assessment of the static and dynamic behaviour of several existing bridges on the A9 highway, namely the Curnilles bridge, the Salenche bridge, and the Chenaux bridge. The Curnilles bridge work package was particularly challenging due to the seismic non-compliance of a large number of bearings and bridge piers. To respond effectively to such a challenge, the static system of the bridge needed to be adapted from a system with the fixed point at the bridge centre to a seismically isolated system (Figure 1a). In this way, the natural period and the damping of the bridge were significantly increased, leading to a reduction of the induced seismic forces in the bearings and the piers. To provide the required stiffness against braking forces, lead-rubber bearings (LRB) were arranged at the central axes of the bridge, the remaining existing bearings being replaced by new high-damping rubber bearings (HDRB). Other projects included the design of new highway infrastructures in the N20 highway (bypass of Chaux-de-Fonds and Le Locle), such as an integral three-span bridge and a retaining wall, both founded on piles due to poor superficial soil deposits.

Moreover, as part of the UPlaN5 maintenance programme of OFROU for the A5 highway, I was responsible for designing the new bearings of several bridges, namely the Bridge on Grandsonnet, the Viaduct of Brine, the Viaduct of Yverdon, and the Overpass (PS) N5/N1. Due to the presence of an intermediate clayey loam layer under the piles of several bridge axes, the last two bridges have been experiencing significant settlements at their abutments over the last decades, thus compromising the structural integrity of the end spans. To re-establish the static compliance, an uplift operation through jacking needed to be carefully planned and designed to ensure both the structural integrity during the uplift operation (introduction of sagging moments) and after the re-development of settlements over a projected period up to 2040 (re-introduction of hogging moments). The uplift operations were performed over 3 nights (to limit the influence of traffic restrictions) and included real-time in-situ monitoring of the support reactions and displacements during the jacking procedure (Figure 1b).

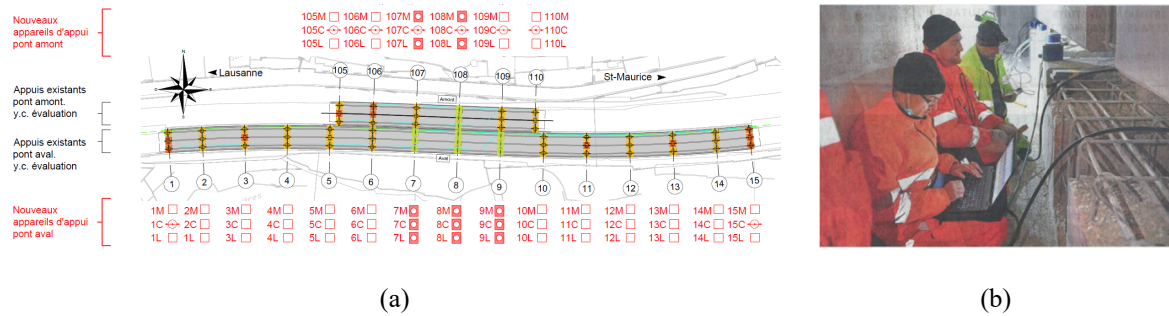
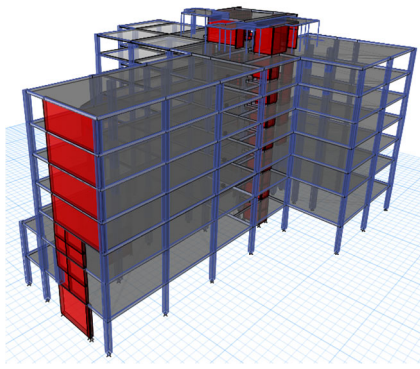


Figure 1. (a) Static system of the Curnilles bridges before (in black) and after strengthening (in red) (Mauler SA), and (b) Monitoring of uplift operation of the Viaduct of Yverdon abutment to compensate the developed settlements (Source: www.laregion.ch).

During the second period of my post-PhD activities, I am mainly responsible, as a structural/seismic engineer in Résonance SA, Geneva, for seismic assessment studies of a various typology of buildings, such as residential/commercial buildings, hotels, schools, and hospitals using force-based and displacement-based methods and recommendations for seismic strengthening. In addition to the examination of the load-bearing structure using numerical tools (Figure 2a) and analytical solutions, particular attention is dedicated to the assessment of the seismic compliance of non-structural elements (e.g. suspended ceilings, partition walls, heavy parapets, façade panels, mechanical/electrical equipment, medical devices, etc.) to permit compliance with various performance criteria, such as life safety, property value loss minimisation, and post-earthquake functionality (for vital infrastructure). Moreover, I am responsible for seismic assessment studies of various industrial equipment, including tanks, pipelines, compressors, and various processing equipment belonging to large industrial facilities in Switzerland and France.

On top of the above duties, I am partly responsible for the design and implementation quality assurance of vibration mitigation measures aiming at guaranteeing occupant comfort inside buildings located in the proximity of tramways and train lines. The adopted mitigation system depends largely on the distance from the train/tramway lines, and on the dynamic characteristics of the source (train/tram), the receiver (building), and the propagation path between the source and the receiver. For new buildings constructed close to train/tramway lines partial or full isolation at the base is often privileged (Figure 2b). On the other hand, for the rehabilitation of existing tramway lines or for the construction of new ones, a source isolation method is often selected, most commonly using a floating slab. When it comes to the implementation of such solutions, significant challenges to the system's efficiency often arise from the introduction of piping systems, interfaces with temporary earth-retaining structures, and neighbouring structures.



(a)



(b)

Figure 2. (a) Numerical model established for the seismic assessment of a hospital building in Lausanne, and (b) Installation of continuous PUR mat for the vibration isolation of a new residential building located close to the Geneva-Lausanne train lines (Résonance ingénieurs-conseils SA).

The future of structural engineering in my perspective

The current global situation in terms of climate change, growing conflicts, and economic warfare pose significant challenges for governments and other decision-makers regarding the resilience of modern economic systems, energy networks, and societies. In this context, I believe that modern structural engineering will need to provide solutions to many aspects for new and existing infrastructures, such as energy performance, minimisation of life-cycle costs, structural robustness, and research aesthetically pleasant structural forms in synergy with modern architecture. Therefore, the role of structural engineering will be, in my perspective, further reinforced in the upcoming decades.

Contact :

Ioannis Drakatos

Résonance ingénieurs-conseils SA
Rue Jacques-Grosselin 21, 1227 Carouge

email: ioannis.drakatos@resonance.ch (professional) - isdrakatos@gmail.com (private)

Fabio Brantschen

Curriculum vitae

Les 10 années consécutives passées à l'EPFL ont permis à Fabio d'acquérir des connaissances avancées dans le domaine de l'ingénierie structurale (Bachelor : 2006-2009, Master : 2009-2011) avec une spécialisation dans le béton armé (Doctorat : 2011-2016). Avec cet important bagage expérimental et théorique, il a dirigé entre 2017 et 2021 la section « R&D » d'Ancotech dans la région zurichoise, l'un des plus importants fournisseurs d'armatures spéciales en Suisse. Au travers d'un mandat de support technique pour l'OFPP dans le cadre de la campagne internationale d'essais SHIELD (Super Heavy Improvised Explosives Loading Devices), il a pu compléter son expertise des structures soumises à des actions terroristes.



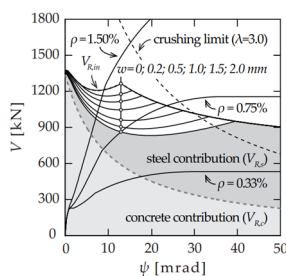
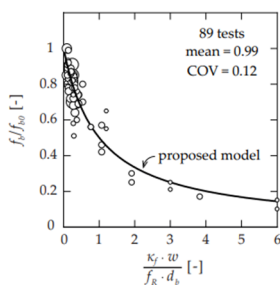
Depuis 2021, Fabio travaille pour armasuisse Immobilier (DDPS) à Berne en tant que conseiller technique senior et responsable du groupe d'experts pour la protection d'infrastructures militaires où il contribue à améliorer la qualité du portfolio d'un des plus grands propriétaires immobiliers de Suisse.

Ma thèse de doctorat

Le titre de ma thèse, publiée en 2016, est : «*Influence de l'adhérence et des conditions d'ancrage de l'armature de cisaillement dans la résistance au poinçonnement de planchers-dalles en béton armé*». Ma recherche s'est concentrée sur le rôle des conditions d'adhérence et d'ancrage sur l'activation de l'armature transversale dans le phénomène de poinçonnement des planchers-dalles en béton armé.

Une vaste campagne d'essais d'arrachement (« pull-out ») visait à caractériser la performance en milieu fissuré des détails d'ancrage représentatifs des types les plus courants d'armature de cisaillement considérés dans les dalles contre le poinçonnement. Les recherches effectuées ont considérablement élargi les informations disponibles dans la littérature sur le sujet des mécanismes de transfert de force entre l'acier et le béton dans un milieu fissuré. La comparaison des quelques formulations disponibles pour l'évaluation de ce dernier phénomène pour les barres droites a soutenu la nécessité de développer une expression plus globale et cohérente (avec une base mécanique). L'approche analytique proposée offre une solution intéressante, pertinente et élégante pour tenir compte de la présence de fissures sur la performance de l'adhérence pour divers types de produits en acier et de situations pouvant être rencontrée en pratique. Les expressions développées ont été par la suite utilisées et adaptées avec succès par plusieurs doctorants IBETON dans leurs thèses respectives.

La série d'essais de poinçonnement consistait en trois spécimens de dalles à l'échelle réelle avec une faible quantité d'armature transversale et un taux d'armature de flexion élevé. Elle visait à améliorer les connaissances sur la cinématique des fissures internes et l'activation des éléments transversaux pour le mode de rupture à l'intérieur de la zone renforcée. Les mesures approfondies de l'activation de l'armature transversale -systématique et simultanée dans toutes les directions de la dalle- combinées à une configuration d'armature innovante ont permis de suivre l'évolution des contributions du béton et de l'acier dans le phénomène de poinçonnement. Les principales hypothèses de la théorie de la fissure de cisaillement critique (CSCT) concernant ce mode de rupture ont ainsi pu être vérifiées et validées. Le modèle d'activation de la CSCT -qui définit la contribution de l'armature transversale à la résistance au poinçonnement- a finalement été étendu pour prendre en compte des conditions de liaison et d'ancrage plus réalistes (pas parfaites).



Ce que ma thèse m'a appris

Pendant plus d'une décennie consacrée à l'étude de l'ingénierie structurale à l'EPFL, mon parcours a débuté par une simple curiosité et a rapidement évolué vers une véritable passion pour le sujet, nourrie par l'esthétique des structures en béton armé bien conçues et dimensionnées. L'IBETON m'a non seulement permis d'approfondir, aux côtés de sommités internationales, ma compréhension d'aspects techniques très pointus, mais m'a également fourni une plateforme pour des échanges enrichissants avec les étudiants, les doctorants et le corps enseignants. La chance de collaborer quotidiennement avec ces individus cosmopolites est devenue avec le temps centrale pour moi, favorisant un apprentissage continu et une culture de l'erreur.

Ces expériences m'ont donc permis de construire un réseau solide pour l'avenir, que je m'efforce de maintenir et développer encore aujourd'hui. Les liens forgés durant ma thèse, autant dans les salles de classe, qu'au laboratoire ou dans les bureaux, vont au-delà de simples collaborations professionnelles, aboutissant à des amitiés durables, jusqu'à trouver mon témoin de mariage parmi cette communauté remarquable. La culmination de mon parcours académique se trouve bien évidemment dans ma thèse. Ce processus de recherche a non seulement affiné mes compétences analytiques et de résolution de problèmes, mais a également cultivé un profond sentiment d'indépendance et de résilience face aux défis ainsi qu'affûté mon sens critique.

En transition vers mon poste actuel en tant que conseiller technique chez armasuisse Immobilier, les compétences et les connaissances acquises à l'IBETON se sont révélées d'une valeur immense. L'expertise acquise lors de ma thèse s'aligne particulièrement avec les exigences de mon poste, améliorant ma capacité à relever des défis complexes sans forcément avoir une connaissance approfondie des thématiques en question. De plus, le réseau et l'esprit collaboratif encouragés à l'ENAC continuent de servir de ressources inestimables dans mes projets professionnels, soulignant l'impact durable de mon parcours académique et personnel à l'EPFL.

Mon activité après ma thèse et de quoi suis-je fier

Après ma thèse, j'ai forgé mon parcours professionnel hors de la Suisse Romande pour saisir les meilleures opportunités disponibles. Dans la continuité de mon travail de doctorat, je suis fier de mes contributions en matière de recherche et de développement pour Ancotech, notamment :

- Développement, validation et mise sur le marché de produits innovants (notamment ancoFORTE®, un des systèmes d'armature de poinçonnement les plus performants existants, voir Figure 1) ainsi que de logiciels pour l'industrie de la construction au niveau suisse et européen.

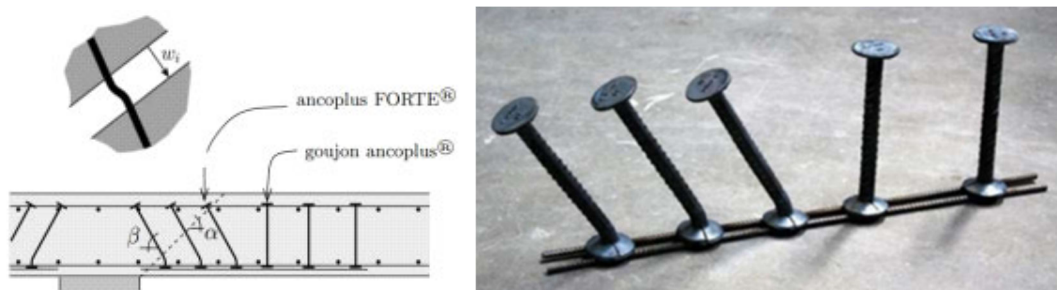


Figure 1. Coupe de principe des ancoFORTE® (activation idéale de la fissure critique) et prototype

- Soutien technique avancé pour les ingénieurs civils (problèmes de poinçonnement-cisaillement et d'introduction de charges) et considération des feedbacks pour l'amélioration des processus.

En tant que conseiller technique chez armasuisse Immobilier, j'ai apporté mon expertise dans l'un des portefeuilles les plus grands, variés et intéressants de Suisse : bâtiments, ouvrages protégés, centres de commandement, hôpitaux militaires, simulateurs, laboratoires, forteresses, complexes de tirs, stations radars, centres de calculs souterrains, magasins pour stockage de munitions, ponts et aérodromes militaires. Des projets qui m'ont particulièrement marqué durant ces 3 années et dans lesquels j'ai eu un rôle central sont par exemple :

- Nouveau centre de calcul du DDPS
- Protection contre les crues des aérodromes militaires
- Mesures urgentes associées à la fonte du permafrost pour des infrastructures en altitude
- Expertise des ponts de la zone de tir d'Hongrin
- Directive sur le risque de poinçonnement pour les grands parcs immobiliers
- Projets pilotes appliqués dans le domaine des nouvelles technologies et de la digitalisation

En outre, ma fonction de responsable du groupe d'experts en protection de l'infrastructure militaire reflète mon engagement en faveur du renforcement de la capacité de résilience de la Suisse et de ses capacités de Défense dans un contexte géopolitique mondial tendu. Des projets stratégiques qui peuvent être mentionnés incluent notamment :

- Campagnes expérimentales internationales [Jaun, 2019] pour acquérir des meilleures connaissances dans le domaine de la protection des structures contre les effets d'armes ou valider des concepts existants ou innovatifs, voir Figures 2 et 3.



Figure 2. Boule de feu et onde de choc 24 millisecondes après la détonation lors de l'essai SHIELD en 2019.



Figure 3. Cratère et fissuration dans la dalle en béton armé après un essai d'explosion.

- Échanges internationaux réguliers avec USA, DEU, NOR, SWE, UK, CAN pour planifier R&D
- Évaluation de l'état de fonction des ouvrages de protection et rapport à l'État-Major de l'Armée

Mon travail s'étend donc au-delà des frontières traditionnelles de l'ingénierie civile, englobant une compréhension globale des défis associés aux infrastructures civiles et militaires. Je suis fier des multiples facettes de mon rôle actuel, qui allie compétence technique, relationnelle et prise de décision stratégique pour rendre notre pays plus sûr.

L'avenir de l'ingénierie structurale selon moi

L'avenir de l'ingénierie structurale en Suisse sera durable, « data-driven » et digital, s'alignant sur les tendances mondiales et les priorités nationales. Les objectifs climatiques et la durabilité joueront un rôle central, l'accent sera mis sur des conceptions, des matériaux et des pratiques de construction plus respectueux de l'environnement [Reguléz et al., 2022]. Parmi les thèmes principaux, on peut notamment mentionner la réutilisation d'éléments structuraux existants pour des nouvelles structures (« reuse »), l'utilisation des dalles nervurées ou avec coffrage réutilisable (en comparaison à des dalles pleines), l'adaptation (à la hausse) des limites de flèches admissibles ou encore la résilience d'infrastructures critiques.

Les inspections visuelles par des humains, à la base de la formulation des besoins pour les grands propriétaires immobiliers, seront progressivement remplacées par des machines (drones, scanners mobiles) pour obtenir des informations plus quantitatives et fiables. Les stratégies de maintenance basées sur les données deviendront plus répandues, tirant parti du développement croissant des technologies de surveillance efficace des infrastructures (IoT) et du développement des réseaux. Les approches basées sur le risque prendront en importance et permettront une priorisation efficace des ressources financières, matérielles et environnementales aux actifs les plus critiques.

La digitalisation des normes de construction connaîtra des avancées majeures, en intégrant des réseaux neuronaux ainsi que des règles basées sur des données. L'intelligence artificielle (IA) jouera probablement un rôle crucial dans les processus de conception, offrant une assistance pour optimiser les solutions structurelles et assurer la conformité vis-à-vis de normes en constante évolution (remplacement à moyen termes des SIA par les Eurocodes de 2^{ème} génération).

Dans l'ensemble, l'ingénierie structurelle 4.0 en Suisse sera caractérisé par un engagement en faveur de la durabilité, des technologies de pointe et une approche holistique de la gestion des infrastructures qui s'aligne sur les objectifs climatiques mondiaux soutenu par l'innovation digitale.

Littérature

[Reguléz et al. 2022] Reguléz B., Faria D.V., Todisco L., Fernández Ruiz M., Corres Peiretti H., 2022, “Sustainability in construction: the urgent need for a new ethics”, Structural Concrete, Wiley, pp. 1-21
[Jaun, 2019] Jaun M., 2019, “Sprenggrossversuch in Schweden: Fünf Schweizer Experimente erfolgreich umgesetzt”, armafolio 2/2019, pp. 32-33

Remerciements

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude au Prof. Aurelio Muttoni pour m'avoir permis de réaliser ma thèse dans son laboratoire. Son soutien, ses remarques et son temps ont été déterminants. Cette expérience restera une pierre angulaire de formation académique et me permet d'avoir la position passionnante que j'ai aujourd'hui. Merci infiniment !

Contact :

Fabio Brantschen
armasuisse Immobilier
Guisanplatz 1
email: fabio.brantschen@aramsuisse.ch

Marie-Rose Backes

Curriculum vitae

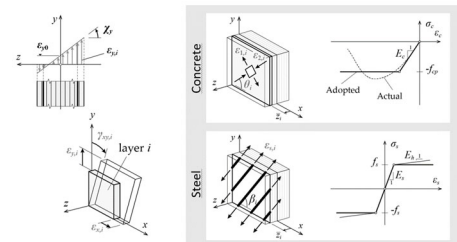
De 2006 à 2011, Marie-Rose Backes a poursuivi ses études en génie civil à l'EPFL, se spécialisant en structures. Son PdM à l'I-Béton « *Optimisation de la forme structurale du Rolex Learning Center* » a remporté la 1ère place du Holcim Junior Trophy en 2011. De 2011 à 2016, elle a ensuite rejoint le Laboratoire de construction en béton de l'EPFL en tant que doctorant. Pendant cette période, elle a mené des recherches dans le domaine des coques en béton armé et des champs de contraintes élastiques plastiques. De 2017 à 2022, elle a travaillé chez Synaxis SA à Lausanne en tant qu'ingénieur de projet. Ses responsabilités incluaient la réalisation d'études statiques et la conception de divers projets, ainsi que la réalisation d'expertises statiques et sismiques sur des bâtiments existants en maçonnerie. Depuis 2022, elle occupe le poste d'ingénieur en chef au sein de Schroeder & Associés au Luxembourg. Elle fait partie de l'unité « Revalorisation et transformation » où elle apporte son expertise technique dans des projets d'assainissement et de transformation d'immeubles existants de tout type. Parmi ses réalisations notables figurent le projet de Hall 1 et de l'Ancienne Direction du Campus Paul Wurth à Luxembourg-Ville.



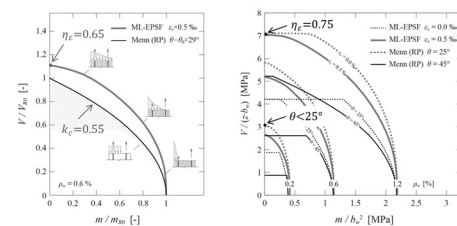
Ma thèse de doctorat

Le titre de ma thèse, rendue en 2016, était « Stress fields for the interaction of in-plane and out-of-plane forces in reinforced concrete shell elements ».

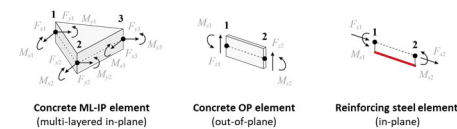
L'objectif de la thèse était de mieux saisir l'influence d'un moment hors plan sur la capacité portante d'éléments porteurs plans dont la fonction primaire est de transmettre des efforts planaires. Dans la pratique cette combinaison des effets de charges se rencontre fréquemment, comme p.ex. dans les âmes des ponts caisson. Contrairement aux pratiques simplifiées de dimensionnement, cette recherche propose des outils d'analyse plus précis pour étudier l'interaction complexe entre les efforts en plan et hors du plan, en mettant particulièrement l'accent sur l'effet du moment transversal sur la résistance à l'effort tranchant des poutres.



La thèse présente une méthode multicouche basée sur les champs de contraintes élastiques-plastiques (ML-EPSF) pour analyser l'interaction entre la flexion transversale et l'effort tranchant. Cette approche, appliquée aux âmes des poutres, génère des diagrammes d'interaction comparables aux modèles rigide-plastiques existants. Cependant, elle met en évidence que l'effet sur la résistance à l'effort tranchant est moins prononcé et elle souligne la non-linéarité significative du champ de contrainte dans la direction transversale (η_ε , θ), dépendant fortement de l'intensité du moment transversal et d'un éventuel effort axial.



Pour l'application dans la pratique, la thèse propose également une méthode simplifiée de vérification pour les poutres avec flexion transversal, en combinant la méthode des éléments finis 2D des EPSF (j-conc) avec des considérations basées uniquement sur l'équilibre des moments. Cette méthode fournit une borne inférieure améliorée de la résistance. L'effet du moment est pris en compte par une réduction de l'épaisseur de l'âme et une adaptation du taux d'armature effectif.



Dans le but d'étendre l'application de l'approche multicouche des EPSF, la thèse développe un programme aux éléments finis non-linéaire, y compris la conception de nouveaux éléments finis multicouches. Cette méthode permet d'étudier le comportement d'éléments en béton armé plan soumis à des charge en plan et hors du plan, offrant ainsi un outil prometteur pour le dimensionnement et la validation d'éléments soumis à des efforts membranaires et flexionnels.

Ce que ma thèse m'a appris

Compréhension approfondie des flux d'efforts : L'étude approfondie des structures, caractérisées par des géométries complexes et des conditions de bord variées, m'a sensibilisé aux flux complexes d'efforts à l'intérieur de ces systèmes. Cette compréhension fine est essentielle pour appréhender la performance et la stabilité des structures. En particulier dans le contexte des ouvrages existants pour lesquels on n'a pas été le concepteur et on a besoin de « lire » la structure sur bases de ses pathologies.

Résilience des structures en béton armé : La thèse a mis en évidence la remarquable résilience des structures en béton armé, soulignant leur capacité à absorber et à supporter des charges importantes tout en maintenant leur intégrité structurelle.

Limites de la méthode des éléments finis : J'ai appris que la méthode des éléments finis, qu'elle soit élastique ou non-linéaire, constitue toujours une représentation simplifiée du comportement réel des structures. La qualité des résultats dépend fortement des hypothèses d'entrée faites par l'ingénieur, en plus des prémisses déjà établies par le concepteur de l'élément fini. Il est crucial de faire preuve de vigilance dans le contrôle de plausibilité des résultats obtenus.

Réflexion et intuition en tant qu'ingénieur : La thèse a renforcé l'importance de réfléchir aux problèmes en tant qu'ingénieur et de faire confiance à son intuition. Face à des défis complexes, cette approche holistique et intuitive s'avère souvent cruciale pour prendre des décisions éclairées.

Réseau de compétences techniques : Enfin, au-delà des connaissances techniques, la thèse m'a offert l'opportunité de rencontrer des individus exceptionnels et de m'intégrer à un vaste réseau de compétences techniques. Ce réseau constitue une ressource précieuse à laquelle je peux désormais m'adresser pour obtenir des informations ou des avis spécialisés.

Mon activité après ma thèse et de quoi je suis fier

Passage inférieur de la voie de chemin de fer – Yverdon les bain (Suisse).

Réalisation d'un passage inférieur en béton armé non-précontraint soumis à d'importantes charges et des charges de fatigue. Réalisation dans un environnement complexe (très mauvaise qualité du sol et ligne de chemin de fer en service lors des travaux).



Figure 1. Route de contournement secteur Sud – Passage inférieur de la voie de chemin de fer – Yverdon-Les-Bains (Suisse). Maitre d'ouvrage : Commune d'Yverdon-les-Bains, bureau d'ingénieurs Geos et Synaxis SA Lausanne. Illustration : Geos.

Bâtiment de traitement biologique de la Station d'épuration de Vidy, Lausanne.

Conception de la structure du bâtiment D intégrant les processus de traitement biologique de l'eau d'épuration. Le bâtiment se compose de grands bassins d'eau situés à plusieurs niveaux reliés par des canaux. Géométrie des volumes intérieurs est très complexe pour la descente de charge. Le bâtiment est entièrement réalisé en voiles et dalles en béton armée et béton précontraint. Une des particularités était les grandes portées avec des pressions d'eau très élevées et des tolérances d'exécution et déformation extrêmement exigeantes afin d'assurer le bon fonctionnement des processus de filtration. D'autres sujets importants étaient l'étanchéité des bassins et l'agressivité du milieu. Le bureau d'ingénieur Synaxis SA Lausanne était responsable pour le génie civil et le béton, Karakas et Français SA pour le terrassement et les travaux spéciaux et apaar_ SA pour l'architecture et l'aménagement extérieur.

Campus Paul Wurth – Ancienne Direction et Hall 1.

Transformation d'une ancienne halle industrielle datant ~1900. Structure existante en maçonnerie de pierre naturelle et charpente métallique riveté. Stabilisation des murs extérieurs et renforcement de la charpente.

Transformation de l'immeuble de l'Ancienne Direction datant ~1900 pour y installer des bureaux. Immeuble à deux étages réalisés en maçonnerie de pierre naturelle avec des plancher hourdi très fin. Renforcement des planchers, remplacement de la toiture en charpente bois et rehaussement de l'étage du grenier.



Figure 1. Future Campus Paul Wurth à Luxembourg-Hollerich avec au premier plan le bâtiment “Ancienne Direction ” et “Hall 1” des années ~1900. Maître d’ouvrage : Paul Wurth, avec Metaform Architects et Schroeder & Associées ingénieurs-conseils. Illustration : Metaform Architects.

Literature

Muttoni A., Fernández Ruiz M., Nikétić F., Backes M.-R. (2016), Assessment of existing structures based on elastic-plastic stress fields – Modelling of critical details and investigation of the in-plane shear transverse bending interaction, OFROU report n°680.

Backes M.-R., Fernández Ruiz M. Muttoni A., Interaction between in-plane shear forces and transverse bending moments in concrete bridge webs (2014), 10th fib International PhD Symposium in Civil Engineering, Québec, Canada.

Contact :

Marie-Rose Backes

Schroeder & Associés SA – Bureau d'études d'ingénieurs-conseils

13 rue de l'innovation, L-1896 Kockelscheuer, Luxembourg

47, Rue du Merschgrund, L-8373 Hobscheid, Luxembourg

email: backesmarierose@gmail.com

Filip Niketić

Curriculum vitae

Born on 15.08.1987. in Kragujevac (Republic of Serbia), Filip Niketić graduated with honours in 2011 from the University of Novi Sad, holding a master's degree in structural engineering. After working as a teaching assistant at his alma mater, he started the PhD research at IBETON laboratory at EPFL in 2013.

After obtaining his doctoral degree in 2017, he was employed as a project engineer at BG Ingénieurs Conseils SA in Lausanne at the department of infrastructure. During this time his most memorable project involved the assessment of the pedestrian platform in Vevey designed in 1933 by R. Maillart.

In 2019 he started working as project engineer at Nicolas Fehlmann Ingénieurs Conseil SA (NFIC) in Morges. Over the past 4 years, he has been promoted to a senior project engineer and has been involved in the design and the execution buildings. His most significant projects are One Roof (new headquarters of Lombard Odier in Geneva) and Central Malley (a commercial/residential complex in Lausanne).

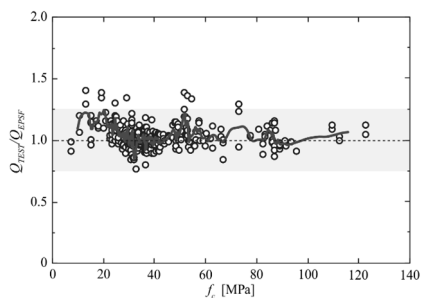
He has been academically involved in masters/semestral projects at ETH and EPFL. The most notable project (done in collaboration with Gramazio Kohler Research) involved a fabrication of a reinforced concrete pavilion using a 3D printed formwork.

In 2020, NFIC set a goal to develop a more sustainable recipe for recycled concrete. Promising results were obtained in 2023 after defining mixtures with a high dosage of recycled aggregate (more than 50%) and a moderate amount of ZND type cement (less than 300 kg/m³). This was achieved in collaboration with Orllati Granulats & Béton SA, the main industrial partner.



My PhD thesis

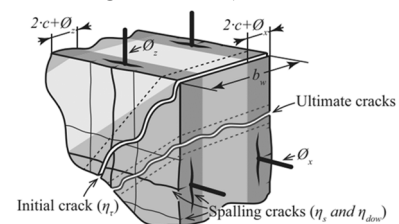
The title of my thesis, submitted in 2017, was: “Development of a consistent approach for design and assessment of structural concrete members using stress fields and strut-and-tie models”.



When designing new elements, the aim of the models is to achieve equilibrium with external forces, and have simple reinforcement layouts while ensuring satisfactory behaviour at serviceability limit state. When assessing the ultimate strength of elements, the goal is to avoid/minimize the unnecessary strengthening. The required complexity of such models depends on the strength requirements and needs to be gradually refined, ultimately leading to the exact solutions according to the limit analysis.

My thesis presented various strategies which can be employed to develop stress fields and strut-and-tie models suitable for the design and assessment of structural concrete members. The idea of a gradual model refinement (both for design and assessment) was introduced through practical examples. The accuracy and the limits of practical application of Elastic-Plastic Stress Fields (EPSF) was investigated. An online database containing finite element models of 315 members was assembled. The average Q_{TEST}/Q_{EPSF} ratio was 1,04 with the coefficient of variation of 10% (see the figure above).

To better understand the mechanical origins of concrete compression softening (important for an accurate application of stress fields), a mechanical model for estimating the effective concrete compressive strength was developed. Concrete cover spalling, concrete crushing and crack sliding was considered (see the figure on the right). Special attention was given to the dowel action of the reinforcement and its effects on the surrounding concrete matrix. The model was able to distinguish between the different failure criteria of the concrete struts. It was validated using a database of 77 structural panel found in the literature. The average Q_{TEST}/Q_{EPSF} ratio was 1,01 with the coefficient of variation of 12%



What I learned from my thesis

Conducting research at IBETON was a humbling experience. I was humbled by my peers, as well as the topic of my thesis. Throughout my studies, I was often told that coursebook solutions represent nothing more than an approach to describe a specific phenomenon. It took two years of my Ph.D. to fully grasp the meaning of these words, and it took another two to gather the courage to continue working in this rewarding field, knowing that none of our models fully represents reality. To paraphrase Aurelio, there is the reality, then the laboratory, followed by advanced mechanical models, and finally, technical guidelines.

I left the lab with a profound appreciation for the history of engineering and architecture. The works of great engineers, pioneers of structural concrete, ignited a spark that fuels my passion for this noble profession to this day. I am honoured to have the privilege of physically shaping our surroundings through my projects, as well as obligated to constantly challenge myself when balancing aesthetics, risks, history, and the natural resources associated with every structure.

Working alongside Aurelio and Miguel has taught me how to be critical about the work, especially my own. It helped me define problems clearly and answer them concisely. To paraphrase A. Einstein, solutions should be as simple as possible but as complicated as necessary. This motto remains with all IBETONIANS upon our graduation, and in my experience, it is what sets our laboratory apart in practice.

The most valued prize earned during my Ph.D. studies was the personal relationships developed with like-minded engineers. People whose opinions I respect to this day, and whose expertise I rely on when facing elusive challenges.

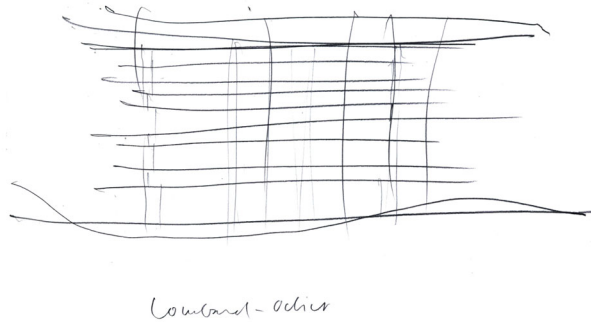
What keeps helping me strive in my career? Passion... Passion that was embedded in me after receiving my Ph.D. degree from IBETON.

My activity after my thesis and what I am proud of

One Roof – Bellevue

<i>Location:</i>	Geneva
<i>Costs:</i>	Confidential
<i>Investor:</i>	Banque Lombard Odier & Cie SA
<i>Architects:</i>	Herzog & de Meuron and Favre & Guth SA
<i>Structural engineer :</i>	Nicolas Fehlmann Ingénieurs Conseils SA
<i>Date:</i>	2019 – under construction

Motivated by the idea of bringing together all its employees under one roof, Lombard Odier Group has decided to build its new headquarters on a lakeside plot in Bellevue. The facility will accommodate up to 2,600 workstations.



One Roof: the initial architectural sketch (Herzog & de Meuron)

The building includes an underground parking, a dedicated area for clients, a collaborative space with offices, a corporate restaurant/cafeteria, and a fitness center for employees.

The main structure consists of eight flat-slabs with curved edges covered with a glass facade. The exterior of the building is surrounded with terraces placed on a forest of round steel profiles. The center of the building contains an atrium which serves as a light pool.



One Roof: Rendering of the suture (Herzog & de Meuron)

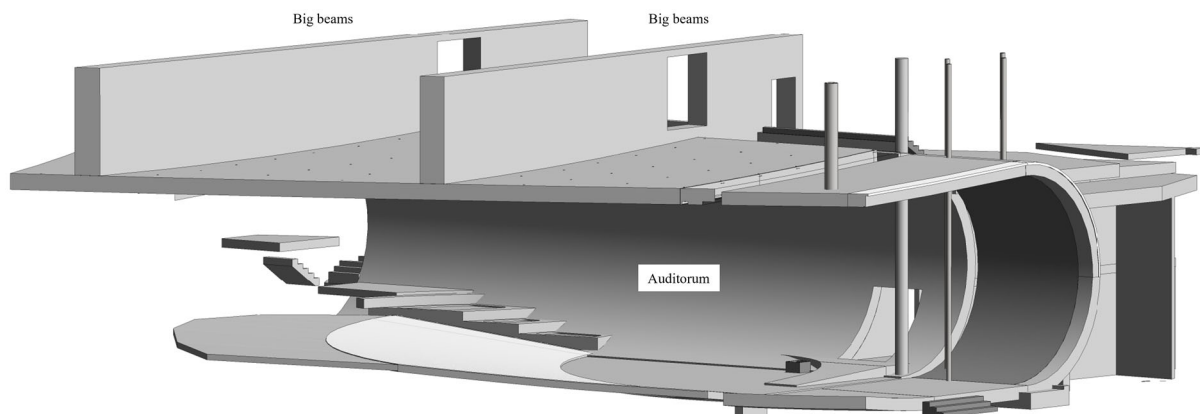


One Roof: Rendering of the auditorium (Herzog & de Meuron)

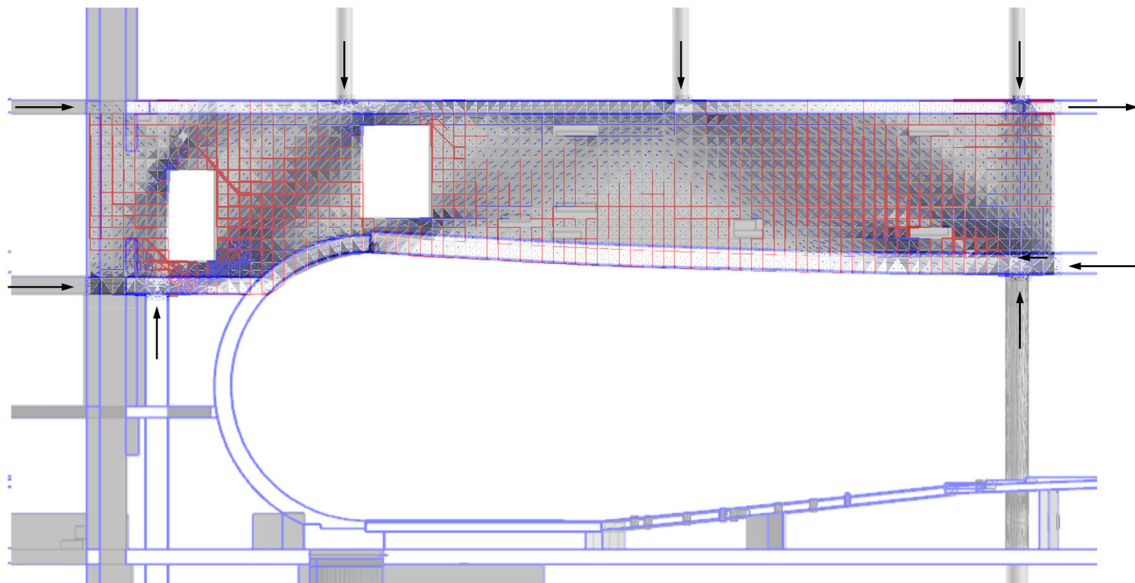


One Roof: Construction of the auditorium: formwork (on the left) finished load carrying structure (on the right)

The project includes a few monumental staircases and a state-of-the-art auditorium with 800 seats – the crown jewel of the project. The construction of the curved wall involved a meticulous planning and dimensioning, taking into consideration the construction stage. Two reinforced concrete walls that span up to 23 m, named the BIG BEAMS, were placed above the auditorium to carry the load of six floors. The monumental elements supporting the total load of approximately 45 MN were designed using the EPSF method.



BIM model of auditorium with the BIG BEAMS (NFIC)



EPFL model of one of the BIG BEAMS (NFIC)

Central Malley – Lausanne

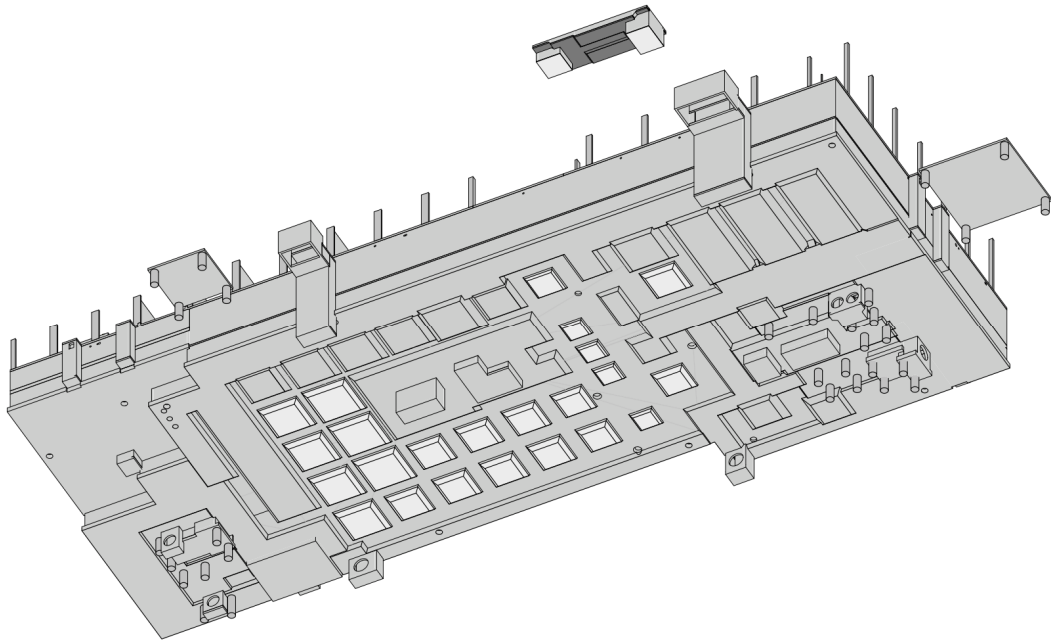
<i>Location:</i>	Lausanne
<i>Costs:</i>	200 million CHF out of which 15 million CHF for the structure
<i>Investor:</i>	CFF SA
<i>Architects:</i>	Aeby Perneger & Associés SA and Pont12 Architectes SA
<i>Structural engineer :</i>	Nicolas Fehlmann Ingénieurs Conseils SA
<i>Date:</i>	2020 – under construction

Located at the border between Prilly and Malley communities in Lausanne, the Central Malley project is positioned next to the Malley train station. It consists of two areas, Zone A (to the west) and Zone B (to the east), which were developed in parallel by two different architectural firms: Aeby Perneger & Associés SA and Pont12 Architectes, respectively (see the figures below).



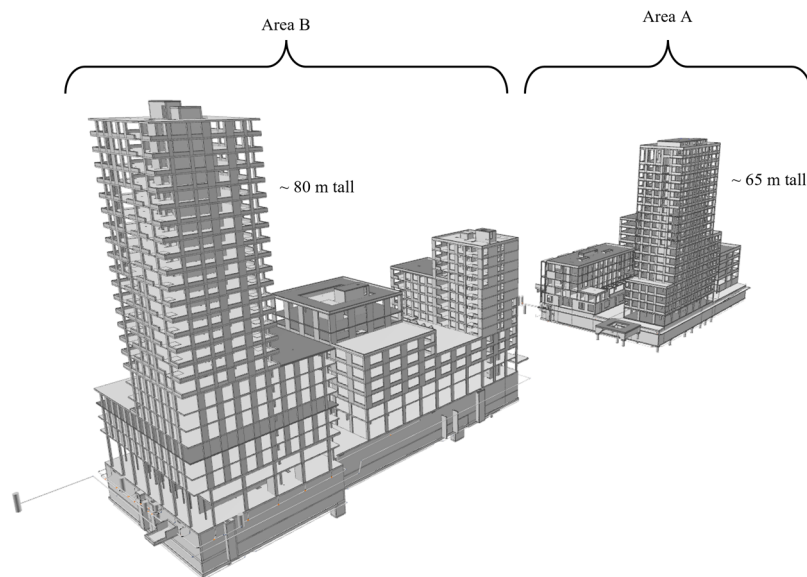
CFF Malley: 3D (rendering taken from the site: <https://central-malley.ch/>)

The project comprises two underground parking lots and six buildings, among which two towers, standing 65 m and 80 m tall, will represent the focal points of the future neighborhood. The entire structure is constructed from structural concrete (prestressed and reinforced) and was optimized in the execution stage to use as little material as possible, especially in the foundations, where a mixed solution of piles and surface rafts was implemented.



CFF Malley zone B: BIM model of the foundation (NFIC)

The ground floor features commercial areas where businesses are directly connected to the public space and its users. The first seven floors consist of fully modular office spaces with urban gardens. Starting from the eighth floor, a wide variety of residences ranging from 1.5 to 5.5 rooms is provided.



CFF Malley: BIM model of the structure (NFIC)

From a structural perspective, the project faced the challenge of incorporating blast load considerations due to the proximity of the buildings to the train station. A risk of an explosion of a propane tank transported by the railway had to be considered as a horizontal load of approximately 100 kN/m^2 over a surface that reached the eighth floor of each building.

Central Malley is also the first development project certified as a '2000-watt site' in French-speaking Switzerland.

The eggshell pavilion – Zurich

<i>Location:</i>	Temporary structure exposed in 2023 on the Vitra design campus
<i>Costs:</i>	Confidential
<i>Sponsors:</i>	Swiss National Science Foundation Swiss Federal Institute of Technology Zurich Nicolas Fehlmann Ingénieurs Conseils SA
<i>Structural engineer :</i>	Nicolas Fehlmann Ingénieurs Conseils SA
<i>Architects:</i>	Gramazio Kohler Research
<i>Date:</i>	2023

To showcase the capabilities of 3D printed formwork technology in contemporary construction, a ten-week student project was initiated at the Gramazio Kohler Research, ETH Zurich. The project's objective was to create a distinctive reinforced concrete pavilion that needed to be conceived, designed, manufactured, transported, assembled and exhibited for six months at the Vitra Design Campus in Weil am Rhein, Germany, as part of the Hello, Robot exhibition in 2022-2023

All the details of the final pavilion design and fabrication process have been presented in an open-access article “Eggshell Pavilion: a reinforced concrete structure fabricated using robotically 3D printed formwork”, written by Joris Burger, Petrus Aejmelaeus-Lindström, Seyma Gürel, Filip Niketić, Ena Lloret-Fritschi, Robert J. Flatt, Fabio Gramazio and Matthias Kohler in February 2023 (the link is provided: <https://rdcu.be/db2SA>).



Vitra Design Campus and the location of the concrete pavilion

The Eggshell process is a fabrication method for non-standard, structural concrete elements. In the process, robotic fused deposition modeling (FDM) 3D printing is combined with the casting of a fast-hardening, set-on-demand concrete. Set-on-demand casting allows for the controlled hydration of concrete, which enables the use of a thin, 3D printed formwork without causing breakage.

Figure below shows that the final design of the pavilion comprised four columns, each supporting a slab-like element arranged as a column-slab pair. The pavilion was constructed by joining four segments together. Each segment was composed of a column and a ribbed concrete slab. The pavilion's column-slab pairs were designed to be self-stabilizing, with the slab's center of mass directly on top of each column. The structure stood at a total height of 3.26 m, with the tallest columns reaching a height of 2.8 m. Its maximum span was 2.15 m and its longest cantilever measured 1.52 m. The slabs had a thickness of 6 cm, while the ribs had a minimum cross-section of 6×18 cm without the slab.



Eggshell Pavilion 3D rendering (above) printed eggshell formwork (below)

The future of structural engineering in my perspective

In my humble opinion, the future of structural engineering is digital. The eggshell pavilion project stands as a pioneer in this field. Parametric structural design has been seamlessly integrated into the fabrication routine, allowing the program to adapt the structure based on a few input parameters. The formwork is then automatically printed, and the reinforcement plans are adjusted accordingly.

With significant improvements being made in the field of artificial intelligence, it's only a matter of time before a vast database of projects is created and utilized for automatic structural design. Assuming that the insurance companies accept the risks associated with machine-designed projects, the role of engineers in small-scale projects could become redundant.

However, considering the multitude of variables involved in larger projects, this type of design is unlikely to entirely replace the work of engineers. Instead, it will coexist with engineers, enhancing computational capabilities. Less time will be spent on modelling of the structures, and more time will be dedicated to interpreting the results. The need for profound knowledge in structural design remains paramount, emphasizing the importance of retaining experienced engineers in the field of hands-on structural design.

References

Burger J., Aejmelaesus-Lindström P., Gürel S., Niketić F., Lloret-Fritschi E, Flatt R., Gramazio F. and Kohler M. (2023): “Eggshell Pavilion: a reinforced concrete structure fabricated using robotically 3D printed formwork”, Construction Robotics

Acknowledgements

I would like to thank Nicolas Fehlmann Ingénieurs Conseils SA, for allowing me to publish the projects. Would like to thank the direction of the office Mr N. Fehlmann, Mr. G. Donnia and Mrs. S. Ben Haouala, as well as the engineers Mr. E. Niedermann and Mrs. C. Spinelli for their collaboration on the One Roof and Central Malley projects.

I would also like to acknowledge the contribution of the students of the 21/22 master’s in advanced studies architecture and digital Fabrication (MAS DFAB) at ETH Zurich and their excellent work on the Eggshell pavilion. I would also like to thank Joris Burger and Petrus Aejmelaesus-Lindström for inviting me to participate in this project.

Contact:

Filip /Niketić

Nicolas Fehlmann Ingénieur Conseils SA
Av. de Morges 58 1004/Lausanne

email: filip.niketic@gmail.com

Francesco Cavagnis

Curriculum vitae

Currently Francesco Cavagnis works as a Project Manager at Sottas, a Swiss leader in the design, supply and construction of steel structures and high-tech facades. Prior to this role he worked as a Project Manager for Zwahlen and Mayr and Cimolai Group, a leading international company in the production of steel construction. As a project manager he is responsible for the overall technical and financial direction, planning and execution of complex steel structures such as bridges and buildings (Pont Tournant des Cheneviers in Geneva, Mudac in Lausanne, Stadium Ambri-Piotta in Ambri, Sport Centre in Tenero, Rehabilitation and elevation of the Hospital of Bellinzona, School Plaines-du-Loup in Lausanne). His academic journey includes a Ph.D. in Civil Engineering at the Structural Concrete Laboratory of EPFL, Master degree in Structural Engineering from Politecnico di Milano and Politecnico di Torino, Bachelor degree in Civil Engineer from Politecnico di Milano, and the Alta Scuola Politecnica Diploma.



My PhD thesis

The title of my Ph.D. thesis, submitted in 2017, is “*Shear in reinforced concrete without transverse reinforcement: from refined experimental measurements to mechanical models*”.

The thesis had the objective to advance knowledge on the topic of shear in structural concrete members without transverse reinforcement.

The thesis presents the results of an experimental programme on 20 reinforced concrete specimens subjected to different loading and support conditions investigated by means of innovative measurements techniques, such as the Digital Image Correlation. The aim of these measurement techniques was to track in an accurate manner the development of cracking and its progression to failure.

The results have provided a new view on the phenomenon of shear in structural concrete, showing various potential modes of failure. By performing detailed integrations of fundamental constitutive laws, the test results provide a clear and undisputable view on the governing shear-carrying actions at failure, which may be very different depending on the specimen conditions. The analyses show that, for slender members, the shear-transfer actions contributing to the shear capacity are the inclination of the compression chord, the residual tensile strength of concrete, the dowelling action and the aggregate interlock, and the latter is predominant. For squat members or members in which the critical shear crack develops below the theoretical compression strut, differently, the arching action is governing.

As a result of the experimental programme, a mechanical model allowing implementing realistic cracking patterns and their associated shear transfer capacities has been proposed. The model allows determining the amount of shear transferred by each potential action and the location and shape of the critical shear crack for any given load and boundary conditions (simply supported and continuous beams, cantilevers subjected to point load, with and without axial forces, and to distributed load), and predicting rather accurately the failure load and deformation capacity. The mechanical model has been extended to lightweight reinforced concrete beams, reinforced concrete members with steel fibres and with low amount of shear reinforcement.

The analyses are used to investigate on the suitability of the general design expression of the Critical Shear Crack Theory for shear design, confirming its assumptions, and an improved power-law failure criterion is proposed. The enhancement of the failure criterion is shown to be consistent and allows, in addition, to obtain closed-form equations for shear design whose format is very simple and suited as code-like formulae. The closed-form equation presented in the thesis has been included in the second generation of Eurocode 2.

What I learned from my thesis

My Ph.D. thesis was an intense and transformative journey that not only allowed to advance knowledge on the topic of shear in structural concrete, but also shaped my character and interests.

Through research, I learned to critical evaluate literature, identify gaps in knowledge, design and execute experiments, collect, and interpret data. The journey has strengthened my analytical skills and ability to analyze, synthesize and derive conclusions. The analytical expertise developed has not been confined to the specific research area of my Ph.D., but it permeates to problem-solving in diverse contexts in my actual career as project manager.

Resilience became a companion during my thesis. During the pursuit of my research, I was confronted to challenges and setbacks, during both experimental and theoretical activities. The resilience acquired during my Ph.D. has not been merely the ability to adapt, persevere and endure but an empowerment to advance despite the lack of certainty. It's a mindset that accompanies me during my professional life that transforms obstacles into opportunities for growth and discovery of new passions and interests.

The Ph.D has been crucial in the development of my writing skills. The demands of drafting scientific papers necessitated clear, concise, and rigorous communication. The improvement in my writing skills has been a powerful tool for sharing and communicating during my everyday life.

Autonomy has been a defining skill of my thesis. During the Ph.D. I learned the independence to shape the research, make decisions, and drive the project. However, autonomy, coupled with high-personal expectations, led sometimes to a sense of isolation, moments of doubt and questioning and occasionally overshadowed the joy of research and sharing. Nonetheless, thanks to the collaboration and support from my supervisor and all my colleagues at EPFL I was able to complete the thesis and this academic journey.

In conclusion, my Ph.D journey left an indelible mark in my life, shaping my identity and my character.

My activities after my thesis and what I am proud of

Embarking on a Ph.D. journey has proven to be an enriching decision and an opportunity to contribute to advance knowledge on the topic of shear in structural concrete members without transverse reinforcement.

Firstly, the experimental tests presented in the thesis significantly expanded the database of structural concrete specimens tested under varying loading and support conditions available to the scientific community.

During my Ph.D., collaboration proved instrumental in developing innovative measurement techniques that significantly advanced the precision and efficiency of the measurements during the experimental tests. These innovative techniques not only enhanced the accuracy of the results, providing a clear view on a topic largely debated in the scientific community since decades, but also become valuable assets for colleagues from EPFL and other institutions engaged in similar investigations.

Finally, a crowning achievement is the integration of the derived closed-form equations presented in the thesis into the 2nd generation of Eurocode 2, approved by CEN in June 2023, leaving a lasting imprint in structural engineering.

Presently I work as a Project Manager in steel construction industry. Being a Project Manager goes beyond managing tasks; it's about guiding projects to execution, fostering collaboration, and contributing to the construction of complex structures.

My pride lies in the participation and commitment to the technical proficiency of the company in manufacturing and building complex structures. Additionally, I am proud of managing construction projects ensuring the respect of planning and costs. Finally, working in the steel construction industry, allows me to be continuously challenged in the design of durable, cost-effective, and long-lasting solutions and I am proud to participate in projects that involve the reuse of steel structural elements, contributing to the development of sustainable construction practices.

The future of structural engineering in my perspective

Sustainability will be a driving force in the future of structural engineering. With a growing emphasis on environmental responsibility, engineers must seek innovative solutions in construction practices that prioritize sustainability, exploring methods to reduce the carbon footprint of structures, adopting environmentally friendly materials, and minimizing waste in the construction processes.

Engineers should prioritize designing structures that minimize resource consumption, incorporate future flexibility of structures, and consider the end of a structure's life, exploring opportunities for reusing structural components.

To achieve this goal the use of 3D modeling and building information modeling (BIM) will facilitate more precise and effective structural analysis, design, and construction processes and innovations such as 3D printing, advanced robotics, and new materials will contribute to offering efficiency and durability.

Additionally, engineers will face major challenges in retrofitting aging infrastructure. Embracing innovative materials and technologies will become crucial in securing infrastructure for future generations, prioritizing sustainability, safety, and cost-effectiveness.

In conclusion the future of structural engineering is both challenging and promising. With optimism and pursuing innovation, engineers will play a pivotal role in shaping our future world.

Acknowledgements

I would like to gratefully acknowledge the Swiss Federal Road Authority for the funding and support of the Ph.D. thesis through the project AGB-2011-015.

Contact:

Francesco Cavagnis

email: francesco.cavagnis@gmail.com

João Tiago Simões

Curriculum vitae

João T. Simões earned a BSc in Civil Engineering (2009) and a MSc in Civil Engineering – Structures Profile in 2012, both from the NOVA School of Science and Technology (FCT/UNL). In the beginning of 2013, he joined the team of Prof. Aurelio Muttoni at the Structural concrete laboratory – IBETON (EPFL), where he was a teaching assistant and PhD student. In early 2018, he successfully defended his thesis on the mechanics of punching shear failures of slabs and footings without shear reinforcement. Throughout 2018, he continued as post-doc at IBETON, conducting theoretical research on the shear and punching shear resistance of reinforced concrete members, notably in the framework of the development of the 2nd generation of Eurocode 2. He became a structural engineer active in practice in Portugal by the end of 2018. Towards the end of 2020, he started collaborating remotely in the design office Muttoni & Fernández Ingénieurs Conseils SA, where he focused in the analysis and retrofitting of existing critical structures, as well in the participation in design competitions. In the beginning of 2024, he joined the design office Muttoni Partners Ingénieurs Conseils SA.



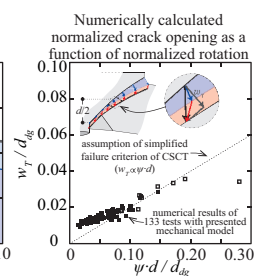
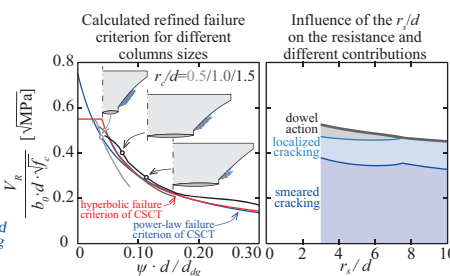
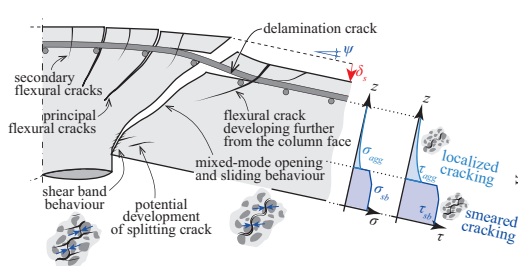
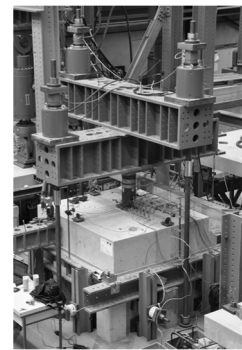
My PhD thesis

The title of my thesis, submitted in 2018, was “The mechanics of punching in reinforced concrete slabs and footings without shear reinforcement”.

In the first part of my thesis, I performed an experimental campaign of 5 full-scale reinforced concrete footings using a novel test configuration to ensure a uniform soil pressure. Detailed measurements in the shear-critical region clearly showed that, beyond the flexural deformations, considerable shear deformations also occur due to the high levels of shear force. These shear deformations significantly affect the state of deformation at the shear-critical region.

More on the theoretical component, I developed a comprehensive mechanical model describing the kinematics and load-transfer capacity of RC slabs without shear reinforcement failing in punching. This model, which follows the principles of the Critical Shear Crack Theory and is based on experimental evidence from an analysis of available experimental campaigns, allows a refined calculation of the failure criterion. It further enables establishing a relationship between flexural deformation–shear deformation–punching load. An extension of the model for footings suggested that, by accounting explicitly for the shape of the critical shear crack and for both flexural and shear deformations, the principles of the CSCT can also be applied to such members. Furthermore, such model proved to be valuable in the years that followed, providing a general framework that could be used and extended to investigate the punching failures of slabs with shear reinforcement.

Eventually, in my thesis, I had also the opportunity to participate actively in the development of the formulae for the punching design according to the 2nd generation of Eurocode 2. The developed refined mechanical model was also important in that topic (allowing to validate the simplified failure criteria of CSCT, and enabling to further check the influence of the main governing parameters).



What I learned from my thesis

It is evident that my time at EPFL during the development of my thesis significantly contributed to my personal and professional growth. This experience not only allowed me to enhance my expertise in the field of structural engineering, but also provided me with a set of valuable soft skills which makes me a better professional.

On a broader scale, having the opportunity to follow the ongoing experimental campaigns in the laboratory of structures gave me a wider perspective and understanding on how the various materials (not only concrete but also steel, masonry and wood) behave under different loading situations. In what concerns specifically structural concrete, beyond the expertise developed in my research topic (punching shear), my thesis also allowed me to expand my knowledge on the research topics explored by my colleagues (stimulated by spontaneous and informal discussions).

On a more individual level, working on my thesis enhanced my research and problem-solving skills. This improvement involved becoming more organised and methodical when dealing with a task, as well as boosting resilience and stimulating creativity when looking for solutions. The independence that was given me to develop my thesis also contributed to improve my project management capacities. As of today, I can also clearly see that the time I spent in the laboratory performing experimental tests was crucial to better understand and always keep in mind the differences between a mathematical model or a drawing and reality. Realizing the existence of such differences is instrumental to understand the uncertainties related to the daily-practice in the field of structural engineering.

I could not conclude this section without highlighting the meaningful experience of being a teaching assistant. Following the inspiring lectures given by Prof. Aurelio Muttoni, discussing with students and addressing their questions was always a pleasant and thought-provoking exercise.

My activity after my thesis and what I am proud of

Over the last 5 years, I have been involved in various interesting projects with different objectives and scales. I can divide my activity in four domains: research; analysis of existing critical structures; design of new structures and participation in design competitions.

More on a research level, after finishing my thesis, I continued working closely with Prof. Aurelio Muttoni in the development of the formulae for the punching design for the 2nd generation of the European standard for concrete structures. Another example in this domain of activity is the development of a simple strategy to assess the shear resistance of voided slabs without shear reinforcement. The objective of such work, which is currently under development together with FEDRO (Federal Roads Office), is to provide engineers simple tools to assess a number of existing voided slab bridge decks (thus covering a topic which is not explicitly addressed by the Swiss Code for Concrete Structures; see Figure 1). These are two instances of research contributions that have a practical orientation, thereby fostering the development of our profession.

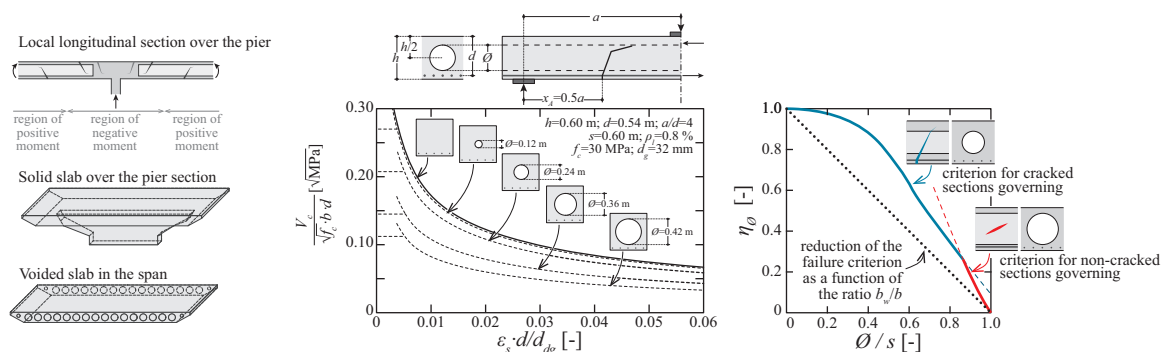


Figure 1. Calculation of the shear resistance of voided slabs without shear reinforcement by extension of the mechanical model of the CSCT.

In my activity as structural engineer in Muttoni et Fernández Ingénieurs Conseils SA (from the end of 2020 to the end of 2023), I had the opportunity to participate in a number of projects involving the

analysis of critical existing structures. Some of those projects involved performing analysis with advanced models mainly tailored for existing structures. An instance of such projects is shown in Figure 2, consisting on the analysis of a prestressed girder of the Allaman overpass (built in the 60's) with elastic-plastic stress fields. Another instance of the use of elastic-plastic stress fields for the analysis of an existing structure is shown in Figure 3, aiming to determine the transversal shear resistance of voided bridge deck slabs with shear reinforcement (the example shown is part of a parametric study carried out for G rignoz bridge in Fribourg).

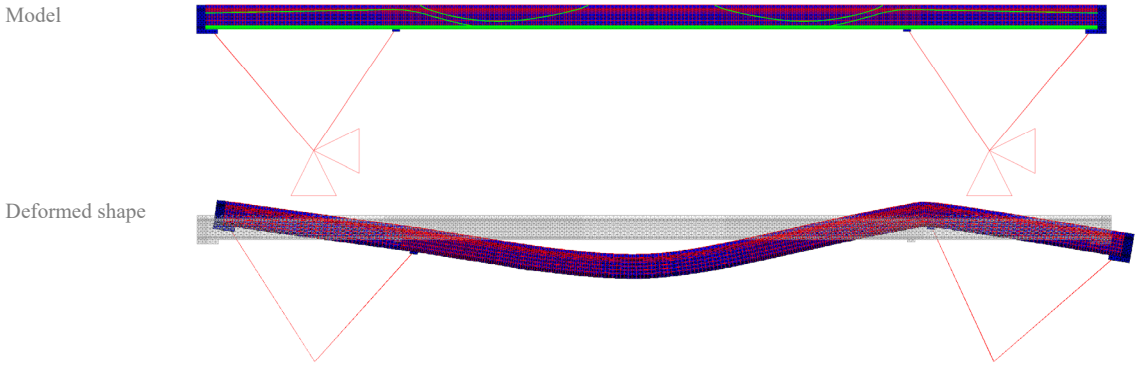


Figure 2. Analysis of a prestressed concrete girder of Allaman overpass with elastic-plastic stress-fields (Muttoni et Fern andez Ing nieurs Conseils SA).

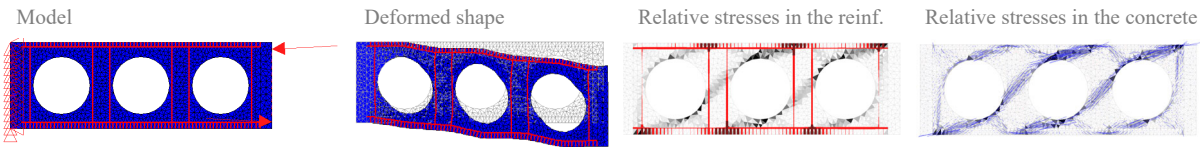


Figure 3. Analysis of the transverse shear resistance of voided bridge deck slabs with shear reinforcement using elastic-plastic stress-fields (Muttoni et Fern andez Ing nieurs Conseils SA).

When it comes to the design of new structures, I had the opportunity to be involved in projects of different scales in different design phases. While in some cases my participation was punctual and mainly related to the conceptual design in a preliminary design phase (building shown in Figure 4 (left)), in others my participation continued until more advanced phases of the project (villa shown in Figure 4 (right)). The villa shown in Figure 4 (right) is an example of a rather small-scale project, yet very interesting due to the various particularities of the structure (use of roof folded slab to overcome long spans and wall beams to overcome structural discontinuities). The majority of the projects of new structures in which I have been involved were drawn using Autodesk Revit, allowing me to quickly get familiar with it.

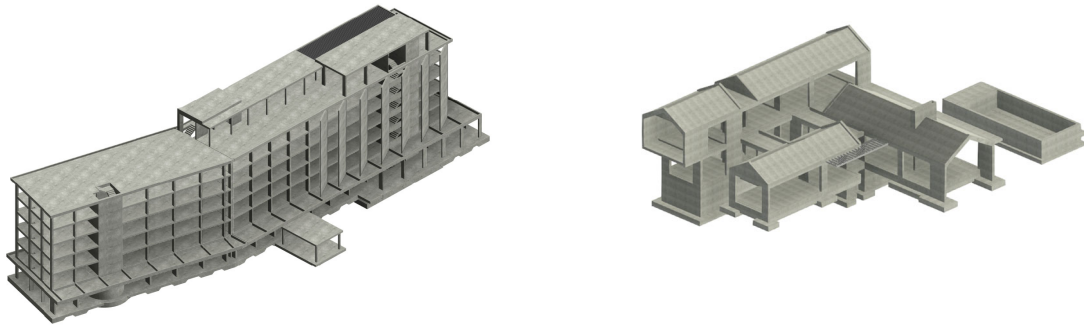


Figure 4. Autodesk Revit models for: building in Dakar/Senegal in the end of phase 31 (left) – Strutlantis Engineering subcontracted by PNC; villa in Vilamoura/Portugal in the end of phase 41 (right) - Strutlantis Engineering subcontracted by Pe a21.

Since the beginning of my activity as a structural engineer, I have actively pursued a close collaboration with architects. This involvement extends beyond an active participation in discussions from the early stages of projects; I strive to be an active team member in design competitions where the structural design plays an important role. Some instances of the design competitions in which I have participated as a team member are presented in Figures 5 to 7.

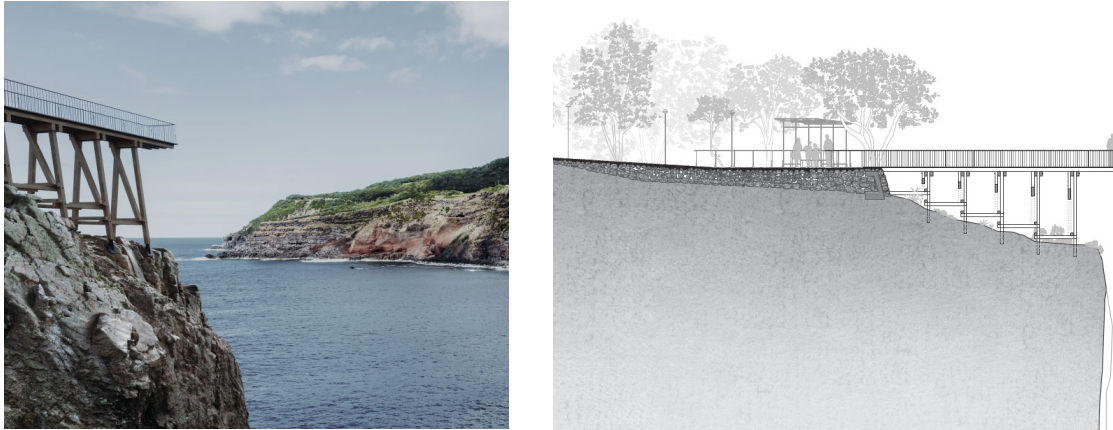


Figure 5. Proposal for the design competition in 2022 for *Serreta* viewpoint in Angra do Heroísmo (Azores, Portugal). Design team: Architects Tiago Atalaia and Fabio Baldo; Structural Design: João T. Simões and Francisco Natário / Strutlantis Engineering. Images copyright: Tiago Atalaia and Fabio Baldo.



Figure 6. First prize in the design competition in 2022 for *Drague* Bridge over the Rhone in Sion. Design team : Pierre-Alain Dupraz Architectes; Muttoni et Fernández Ingénieurs Conseils SA, PRA Ingénieurs Conseils SA. Images copyright : Images Archigraphie.

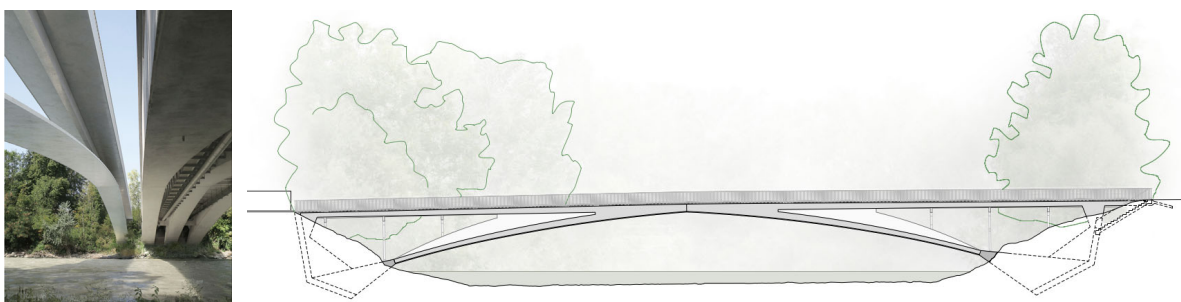


Figure 7. Third prize in the design competition in 2023 for *Bout-du-Monde* footbridge in Geneva (next to Vessy Bridge by the world recognized Engineer Robert Maillart). Design team : Pierre-Alain Dupraz Architectes; Muttoni et Fernández Ingénieurs Conseils SA, Lurati Muttoni Partner SA. Images copyright : Images Archigraphie (left) and Pierre-Alain Dupraz Architectes (right).

The future of structural engineering in my perspective

The practice of structural engineering has already been evolving over the last few decades along with technological progress. In the past, structural engineers relied on exceptional analytical skills to calculate and comprehend the behaviour of structures. However, today, the calculation of a structure can be performed in only a few minutes or hours (depending on its complexity) using some of the available software. This increased computational capacity may give a feeling of greater control over the behaviour of structures, but is this really the case? As it is widely acknowledged, the risk is that the ability to critically analyse the behaviour of a structure is replaced by the less thoughtful use of automatic programs.

The field of structural engineering must obviously keep pace with technological development. The fact that the current computational capabilities allow certain tasks to be carried out (estimation of internal forces; calculation of deformations or vibrations; dimensioning of sections; calculation of material quantities...) in a much more expeditious manner, should be seen as an enhancement to our profession as it can allow time to be allocated to more intellectually challenging tasks. Any calculation or task carried out automatically must, however, be overseen by an engineer who knows how to carry it out without the aid of software (albeit perhaps in a very approximate and much less expeditious way), predict (at least roughly) the expected result, and have the ability to critically interpret it (the more complex the analyses carried out, the greater should be the capacity and the experience of the engineer for interpreting them). As structural engineers, we must above all avoid technological development to cause an increased pressure to make projects more quickly with the sole aim of increasing competitiveness (i.e. doing the same work with lower fees). This will only lead to a depreciation of our profession.

It is clear that a number of tasks performed by engineers today will increasingly be carried out automatically by computers (and here, artificial intelligence should be seen not as a threat, but as an opportunity). On the other hand, the greater availability of time can be used to respond to the needs of today's society. One of the main ones is undoubtedly the sustainable development. At this level, one can talk about the importance of structural engineers to verify existing structures with more advanced models (together with in-depth knowledge), allowing to reduce or avoid unnecessary interventions. In terms of new structures, it is widely accepted that the idea should be to optimize them, avoiding the overuse of construction materials (or replacing them with materials with lower carbon emissions). In both cases, technological progress should be seen as an opportunity, as it provides working tools to carry out these tasks in effective manners.

In summary, structural engineers will most likely perform less and less repetitive tasks in the future. Their time will be allocated to more intellectually challenging and less prone to automatization tasks. As in many other professions, structural engineers will also have to be highly adaptable and creative in order to effectively keep up with technological progress and to take advantage of it to enhance their profession.

Contact:

João T. Simões

Muttoni Partners Ingénieurs Conseils SA

email: joao.simoes@mpic.ch

Darko Tasevski

Curriculum vitae

After his civil engineering studies in Vienna and Paris, Darko Tasevski joined Prof. Muttoni's research group (2014-2019) and specialized in the non-linear behaviour of concrete structures subjected to high permanent loads. This highly instructive and practice-oriented experience led him to join one of the larger Swiss design offices, Emch+Berger AG Bern, to further specialize in bridge construction. Today, his daily tasks include project management of major road maintenance projects for the Swiss Federal Roads Office, some involving more than 30 bridges. A notable success in his design career was winning a competition for a 700-meter-long soft mobility link over the Zurich railroad tracks, not far from Zurich HB - the third busiest railroad station in Europe. From his research experience, a significant contribution to engineering practice was the participation in the fib COM10 Task Group "Concrete", which led to his dissertation results being included in the Model Code 2020 and later in the partial revision of SIA 262.



My PhD thesis

The title of my thesis, submitted in 2019, was: "Time-dependent strength of concrete in compression and shear". It addresses the strength reduction and potential failure of concrete under the action of high levels of sustained stresses. Although a phenomenon acknowledged since the 1950s, there is still scant knowledge on its governing physical mechanisms. Furthermore, current design codes provide limited guidance on how to account for this effect at ultimate limit state. My PhD thesis introduces a comprehensive theoretical framework for the long-term analysis of concrete structures, allowing to

consistently investigate the response both at serviceability and ultimate limit states (SLS and ULS). Based on the inelastic strain capacity of concrete measured in tests (figure on the left), a failure criterion for the time-dependent uniaxial compressive strength of concrete is established, allowing accurate prediction of failure for different loading histories. Both the mechanical approach and the conducted tests show that the detrimental effect of sustained loading is associated with a potentially beneficial increase of deformation capacity at failure. This finding is essential for the explanation of potential internal stress redistributions at the ULS under elevated sustained stresses. Furthermore, the ageing of concrete (increase of strength with time) is observed to be an instrumental phenomenon as it compensates for the material damage. For a detailed verification of structures with complex loading histories, a cumulative damage approach accounting for time-dependent effects is presented, addressing typical engineering design situations such as the case of application of a variable action after a given period of sustained loading (results presented in the figure on the right).

The second part of the thesis aims at verifying whether the shear strength of members without transverse reinforcement is influenced by the action of sustained loads. Based on two test series conducted on slender and squat members failing in shear, it is shown that there is no marked decrease of the shear strength under high sustained loads. This behaviour is supported by detailed observations performed by means of DIC, allowing to quantify the contribution of the various potential shear transfer actions (e.g. confinement capacity of the concrete surrounding the compression strut carrying shear).

Based on the analytical model developed in the thesis, a simple code-type equation has been introduced in the fib Model Code 2020, replacing the empirical equation from the 1980s. Furthermore, the findings have been considered in the partial revision of the SIA 262 in 2022.

What I learned from my thesis

My thesis has taught me how to challenge design codes.

Looking from the perspective of the practicing engineer, design codes serve as an instrument for engineers to communicate in a unique language. However, it is the responsibility of the engineer to meet the right hypotheses in order to obtain plausible results, even though sometimes in contradiction with the code. And for that, it is important to understand the theoretical bases behind the code. Especially in the case of assessment of existing structures, this allows to explore “hidden” reserves in a structure and hence give a second life to numerous existing structures.

The research of my thesis focused on understanding a phenomenon which has been largely misunderstood and hence ignored by practicing engineers in the last couple of decades. The corresponding SIA 262:2013 clause that accounts for this phenomenon is somewhat outdated and suggests that the concrete compressive strength should be generally reduced to 85% of the short-term strength if the structure is subjected to high permanent actions. However, the code does not consider many potentially beneficial effects associated to the action of high sustained stresses, such as the increased deformation capacity at ULS, the additional activation of compression reinforcement and the additionally activated confinement from the concrete surrounding the compression strut. Furthermore, no clear guidance is provided on the threshold sustained load between the beneficial and the detrimental effect, or on how to consider complex loading histories. Simply said, if blindly applying the code, we globally penalize the strength of many structural elements by up to 15%.

The thesis taught me that, thanks to some modern analytical tools such as Elasto-Plastic Stress Fields, which, if wisely combined with detailed considerations on the beneficial effects of high sustained loads, we can explore some “hidden” (or actually not so hidden) reserves in the structure, in full compliance with the current design codes.

My activity after my thesis and what I am proud of

In my daily job as a practicing engineer, I mostly deal with major highway capacity expansion and maintenance projects for the Swiss Federal Roads Office (FEDRO). Beside the technical challenges in such complex projects, I could experience that in terms of social responsibility, it is quite a challenge for the practicing engineer to bring sufficient sustainability aspects into this kind of projects. However, the knowledge obtained during my time spent at EPFL has helped me to push the limits in my everyday tasks and try to come up with sound and sustainable solutions while giving my best to minimize the necessary interventions as much as possible.

Larger infrastructure projects

A project which I have a lot of fun working on is the FEDRO maintenance project of the N6 highway section Thun-Spiez (EP N06 RUTS). It is a major highway maintenance project including 31 engineering structures (bridges, over- and underpasses) and 16 retaining walls. Besides the role of the project manager responsible for the engineering structures, I also have the internal expert role to assess the structural deficiencies which cannot be assessed by the current design codes (i.e. SIA 262:2013).

This role makes me especially proud of the knowledge I was able to acquire during my research stay at EPFL. One very inspiring task where I could apply this knowledge was the evaluation of a load bearing deficiency of the cantilever slab of an asymmetrical box girder bridge (overpass T53, see Figure 1). It was found that the cantilever slab of the box girder is insufficiently supported in the area of one of the bridge abutments and therefore does not have sufficient load-bearing capacity under the assumption of a 4-axle truck load at the tip of the cantilever. Even after considering a realistic load distribution and the spatial load-bearing action in detail, no sufficient reserves could be found.

In order to overcome this deficiency with the least possible strengthening measures, the proposed solution was the post-installation of a concrete rib membrane cast monolithically between the box girder and the bottom of the cantilever slab, with the aim to relieve the stress in the cantilever. The force transmission from the cantilever to the box girder is activated via a shear surface located in the immediate vicinity of the anchor plates of the prestressing. My role as an expert was to design the rib membrane and to verify the force transmission through the shear surface, which was out of the scope of the SIA 262:2013. The acting forces in the shear surface were estimated using the stress field method.

The transfer of the forces through the shear surface was verified using the model for aggregate interlock of the fib Model Code 2010 §6.3. To ensure the integrity of the shear surface under self-weight, several post-installed short rebars needs to be foreseen, in which the max. bond stress needs to be limited to approx. $0.2f_y$ due to the proximity of the anchor plates of the prestressing. The stress transfer by mechanical interlock and friction is guaranteed by producing a rough surface by means of hydro-jetting. The proposed solution, which was approved by the internal specialist for engineering structures of the FEDRO, guarantees the additional support of the cantilever slab, so that it is no longer necessary to reinforce the slab over a larger area. The monolithic realization significantly increased the robustness of the load-bearing structure by ensuring a durable and yet optically discrete solution.

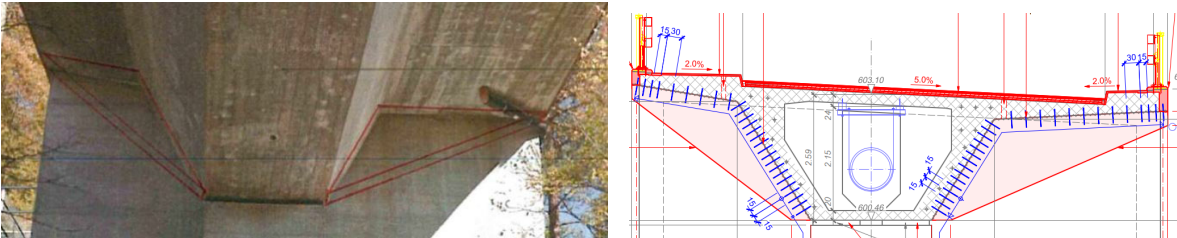


Figure 1. Design of a supporting rib membrane of a box girder bridge. Design by means of detailed failure mechanism observations outside the scope of the SIA 262:2013 (D. Tasevski, Emch+Berger AG Bern).

Another highly interesting task in scope of this project where I could apply my thesis knowledge was calculating the temporary bearing situation occurring during the bearing replacement of a 110-meter-long highway bridge (T54, see Figure 2). This verification could not be performed using the SIA 262:2013, as there was deficient detailing of the reinforcement in the area where the hydraulic press location was foreseen. Thanks to the method of elasto-plastic stress fields (EPSF), the possible area for installing the hydraulic presses could be defined in order to avoid any restrictions to the running traffic on the highway N6.

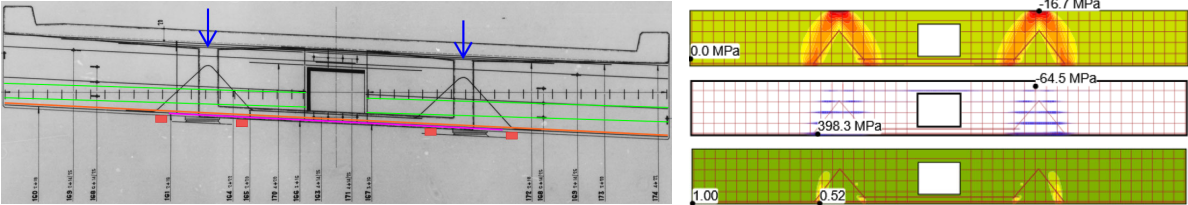


Figure 2. Verification of hydraulic press location for bridge bearing replacement. Right: Maximum concrete and reinforcement stress and reduction factor k_c , as obtained by EPSF (D. Tasevski, Emch+Berger AG Bern).

Another FEDRO project I've particularly enjoyed working on is the capacity expansion (also known as bottleneck elimination) project of the Swiss national highway N4, with the aim of widening the highway to 2x2 lanes between the Schaffhausen-South and Herblingen junctions. The central element of the project is the construction of a second tube of the Fäsenstaub tunnel. In the adjacent part of the tunnel including the open section, a part of the highway embankment needs to be widened towards the neighbouring parcels of land in order to create enough space for the additional lanes. In order to overcome the height difference of up to 10 meters, the project author of the general project (precedent project phase) has foreseen massive concrete retaining walls over the length of about 500 meters. In the current project phase, which consists of the elaboration of the dossier for the construction permit, I have the role of the design project manager responsible for the engineering structures, including the design of the above-mentioned retaining walls. The requirements regarding sustainable design of the walls are manifold, and also include the guarantee of the ecological restoration of the current situation (currently, a conventional slope with bushes separates the highway from the neighbours). Furthermore, the uninterrupted access to the neighbouring parcels needs to be guaranteed (maintenance access to the walls allowed only from the highway). Considering that in the same project we have enough tunnel excavation material, for which the geological survey has shown to be with satisfying mechanical properties for backfill use, as project author we tried to challenge the classical solution of a RC-wall with a reinforced soil retaining wall (i.e. SYTEC TerraMur or similar, see Figure 3).

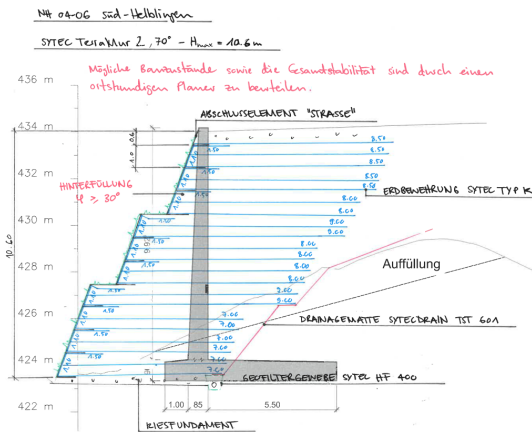


Figure 3. Left: Design sketch of reinforced soil retaining walls as an alternative to conventional RC walls (D. Tasevski, Emch+Berger AG Bern). Right: Photo of similar application of the TerraMur system (SYTEC AG).

The analysis of the space constrains (especially the vicinity on the neighbouring parcels) has shown to be favourable of this alternative solution. Subsequently, we elaborated a first system proposal and coordinated it with the internal specialists of the company SYTEC AG in order to confirm the feasibility of the solution. Finally, the challenge was to convince the internal geotechnics specialists and project managers of the FEDRO, considered that the FEDRO has previously made some negative experiences with this kind of systems and is understandingly sceptical in aspects such as the longevity and the ease in the maintenance of reinforced soil retaining walls. However, several arguments could be gathered, which spoke for this system: (i) the successful reuse of tunnel excavation material (44k m³ instead of 15k m³ in the initial solution) and hence the optimization of final landfill disposal quantities, (ii) the cost optimization (from CHF 6 mil. down to CHF 3 mil.), (iii) the construction time minimization (from 15 months down to 6 months), (iv) the considerable CO₂-emmission reduction, (v) the successful fitting into the surrounding landscape and (vi) the enhancement of biodiversity by rehabilitation of the biodiversity network. After presenting these arguments and elaborating a strategy for the maintenance of the system, we could finally obtain the green light from the FEDRO to go on with the elaboration of this solution.

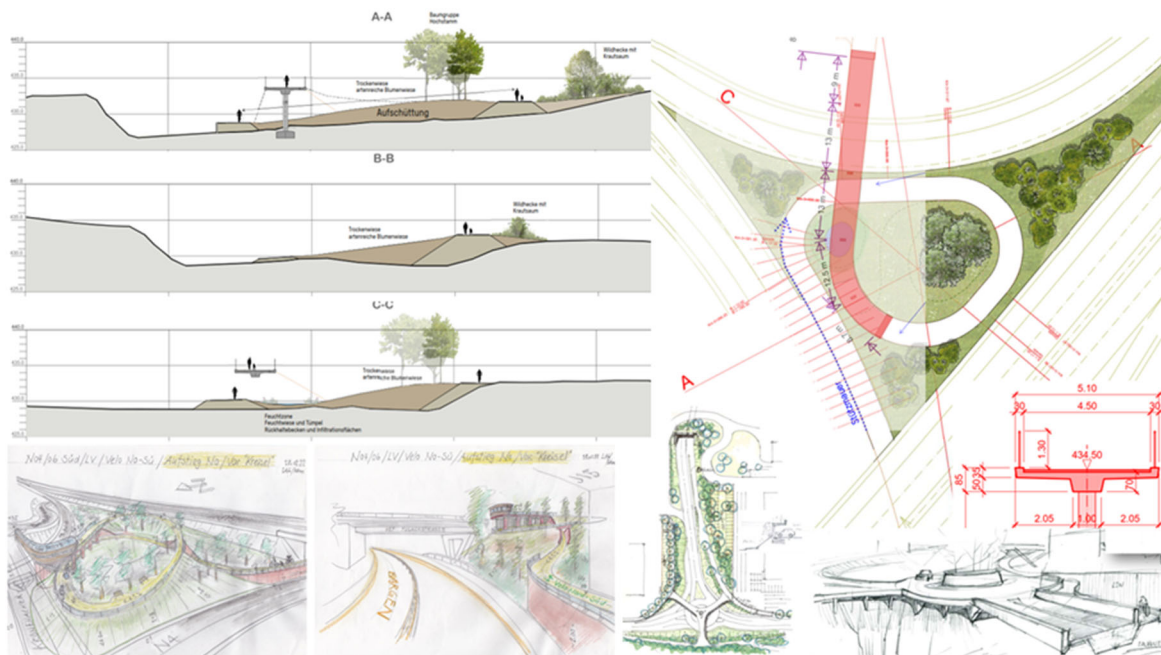


Figure 4. Iterative conceptual design process between the bridge engineer, the landscape architect, and the traffic planner. In this case, integration of the new urban road network in the perimeter of the FEDRO project N4 capacity expansion Schaffhausen (bridge engineer D. Tasevski, landscape architect D. Rochat, traffic planner A. Hemmi, Emch+Berger AG Bern).

Another very interesting task in the scope of this project are the accompanying measures on the new urban road (soft mobility) network, which need to be integrated in the perimeter of the capacity expansion project (this work is currently underway). This task was commissioned jointly by the federal government, the canton and the city of Schaffhausen. The commission came after the original planning of the capacity expansion of the highway N4, which resulted in adjustments to the already developed project, such as the redesign of the lanes and additional accompanying measures to create more attractive conditions for pedestrians and cyclists.

In the role of project author, the task is far more complicated than simply designing several new soft mobility bridges. It is necessary to understand the language of the surrounding environment in order to successfully fit the structures into the landscape and take into account the various social and ecological but also economical requirements whilst respecting the current design rules for soft mobility. To guarantee a sound solution for such a complex task, the interdisciplinary work and constant exchange with both a landscape architect and a soft mobility traffic planner is indispensable. Figure 4 depicts the intermediary result of an ongoing fruitful collaboration.

Franca-Magnani Bridge

As a passionate cyclist, the design of soft-mobility bridges has always been an extraordinary passion in my work as a civil engineer. One project which I consider a notable success in my design career was winning a competition for a 700-meter-long soft mobility link over the Zurich railroad tracks.

The municipal traffic plan of the city Zurich in 2021 provided for a pedestrian and bicycle overpass over the railroad track field between the historical Letten viaduct in district 5 and the Hohlstrasse in district 4. The aim of the competition was to elaborate a project for the overpass. In addition to providing a functional link between the two urban districts, the overpass is also intended to create a pleasant, enjoyable space, taking into account all the requirements for conflict-free routing of pedestrian and bicycle traffic.

The laureate project (Figure 5) elaborated in partnership between Emch+Berger Group, schlaich bergemann partner, Itten+Brechbühl and ghiggi paesaggi offers a great opportunity to take the ongoing urban development of Zurich's industrial district a step further. The main bridge structure meets its many tasks as a holistic, unifying ribbon. A clear separation of the pedestrian and cycle routes is ensured by a linear, almost continuous strip of vegetation consisting of pioneer species in the middle of the bridge, which is additionally emphasized by two differently coloured floor surfaces. This solution ensures conflict-free guidance and coexistence of pedestrian and bicycle traffic and meets a key objective of the Cycling Strategy 2030, namely, to make cycling routes visible. The local widening of the bridge, surrounded with groups of freestanding trees and individual seating areas offer a pleasant, shaded space for short breaks. The open railing provides a clear view of the railroad track field and offers the possibility to enjoy a spectacular panoramic view of the city of Zurich.

The bridge access areas and the main bridge merge seamlessly into one another, sharing a common design language and materiality. The slender bridge cross-section made of steel widens leisurely along the crossing, creating space in the middle for the integration of the plants and for statically enhancing the cross-section, which gently undulates in height to indicate the larger spans under the bridge. The horizontal bottom chord allows the main bridge to be launched from the north. The constant radii of curvature, both in the situation and in the height, help to ensure a well-controlled incremental launching process (analogous to launching over a spherical surface). The slenderness of the silhouette is emphasized by a horizontal contact protection above the tracks.

The new link guarantees not only the soft mobility connection, but also promotes the strategic development of the two adjoining areas. The existing staircase in the historic Letten Viaduct, which is currently designed as a solid element but differs from the typical arched structure, will be replaced by a spiral ramp with stairs, making the vertical bicycle-pedestrian connection easy to read. The spiral solution thus creates the image of a crossroads between the epochs, between the urban levels, between the layers of history, leaving the sequence of arches and the original structure of the historic viaduct untouched. The reading of the project calls for a bold approach that allows for global clarity, accessibility, safety and harmony.

Currently, the project is in the stage of the preliminary project elaboration. The total costs are estimated at around CHF 75 mil. According to the current status, a referendum on the construction project is

planned for 2027 following the public planning requirements in accordance with the Swiss road law. The earliest possible start of the construction work is in 2028.

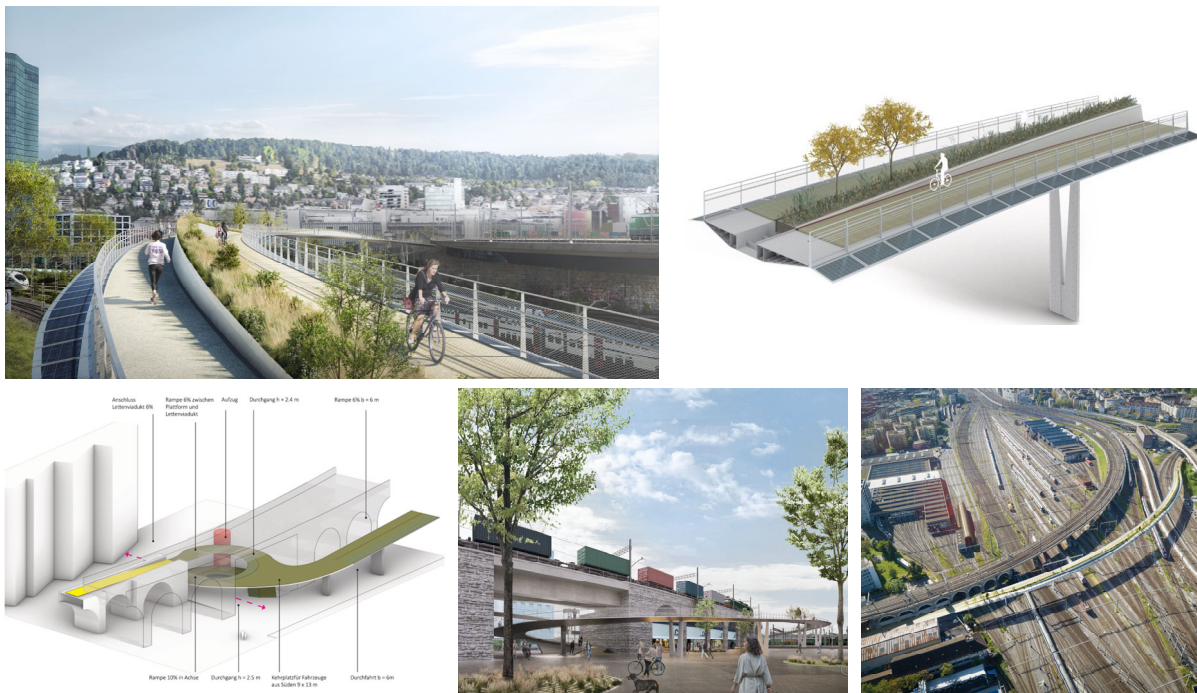


Figure 5. Soft mobility link over Zurich railroad tracks, later renamed Franca-Magnani Bridge (laureate project by Emch+Berger Group with schlaich bergermann partner, Itten+Brechtbühl and ghiggi paesaggi).

The future of structural engineering in my perspective

Today, it is the social responsibility of the structural engineer to make sound conceptual designs while handling responsibly with our natural resources. Thanks to his critical reasoning, the structural engineer is the key to a sustainable development of our built environment. He has the power of the mind to challenge the status quo, to refuse, rather than reduce, rather than reuse, rather than recycle...

However, the engineer is a human and humans make errors. And AI promises to fix them all!!! We are currently experiencing a booming construction industry with AI invading it with the speed of lightning. It promises to automatise all the repetitive design processes and avoid human errors. In the future, there will be no more errors! But wait, who checks if AI makes errors?

We are currently also experiencing a general shortage of qualified engineers. In times when AI is already reducing our workload...or is it maybe increasing our workload? Is it maybe giving us options, where refuse seems to be the best option?

I dream of the day when AI will make sound conceptual designs. I dream of the day when AI will learn how to challenge the status quo. I dream of the day when AI will decide to refuse. Unfortunately, I don't know if this day will come. Or maybe, I'm just naive. In the meantime, I'm happy with my gut feeling telling me that a good engineer is indispensable.

Acknowledgements

My sincere gratitude goes to my colleagues of Emch+Berger AG Bern and external partners who have contributed to the above-mentioned works.

Contact:

Darko Tasevski

Emch+Berger AG Bern

email: darkotas@gmail.com

Patrick Valeri

Curriculum vitae

Patrick Valeri is born in 1985 in Cologne Germany. Since 2021 he is serving as a project manager in structural engineering at *Dr. Lüchinger+Meyer Bauingenieure AG*. Previous roles include engagements at *Zilch+Müller Ingenieure GmbH* (2014-2015), and *Jauslin+Stebler Ingenieure AG* (2011-2014). He earned his Ph.D. at the *Structural Concrete Laboratory* (IBETON, EPFL), in 2020 with a thesis entitled *A Contribution to the Design of Textile Reinforced Concrete Structures*. On this topic, he has a robust publication record in esteemed journals such as *Engineering Structures* and *Structural Concrete*. For its contributions, he received several awards such as the *fib* Special Mention Award and BASF Excellence Award.

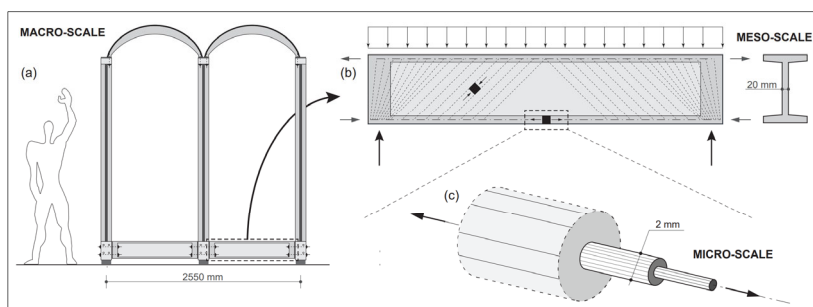


Dr. Valeri earned his master's degree in civil engineering from *Politecnico di Milano* and his development was shaped by international exchange programs in France and Austria.

Currently, he is actively engaged in professional boards, taking part in the Swiss delegation of the *fib*, the *fib* young members group and *BETONSUISSE*.

My PhD thesis

The title of my thesis, submitted in 2020, is: “*A Contribution to the Design of Textile Reinforced Concrete Structures*” Among others, my doctoral thesis addresses the mechanical modelling and



application potential of Textile Reinforced Concrete (TRC) as an environmentally sustainable alternative to ordinary reinforced concrete. TRC, a novel material comprising high-strength fabrics in a fine-grained mortar matrix, enables a drastic reduction in concrete

cover requirements. This reduction empowers the casting of remarkably thin-walled structural elements, reducing structural dead-load by up to 90% compared to conventional Reinforced Concrete.

The thesis undertakes a comprehensive exploration at three analytical levels. Firstly, an extensive experimental program investigates the tensile response of TRC, leading to the derivation of a mechanical model crucial for understanding micro-level effects. Meso-scale analyses adapt the Elastic-Cracked-Stress-Field approach, validated through full-scale load tests. Lastly, the macro-level explores TRC's application potential, drawing from ferrocement history and culminating in the construction of a full-scale prototype pavilion.

TRC's advantages lie in the high-strength, lightweight nature of fabric reinforcement, allowing for substantial material savings and environmental benefits. Despite its advantages, TRC faces limited implementation, addressed in the thesis through a multifaceted approach to promote widespread adoption in construction practices, contributing to sustainable structures.



What I learned from my thesis

Throughout my doctoral journey in structural engineering, I grappled with the formidable challenge of generating unprecedented knowledge through a synthesis of experimental observations, critical thinking, and the application of mathematical models in mechanics. The culmination of this endeavour manifested in the completion of my PhD thesis, a testament to my ability to systematically unravel complex problems.

My tenure at the Structural Concrete Laboratory, EPFL, was instrumental in cultivating a myriad of hard skills directly pertinent to my research. This encompassed honing logical thinking, applying mechanics to novel challenges, adeptly employing equilibrium and compatibility equations for problem-solving, and gaining hands-on experimental expertise in concrete mixing, casting, formwork construction, and large-scale structural test setup design. Furthermore, I delved into coding, developing proficiency in implementing mathematical equations.

Beyond the confines of my specialized domain, collaboration with architects broadened my skill set, incorporating effective communication through drawing, adept utilization of references from prior projects, and seamless integration of structural design with architectural considerations.

Navigating an international and multidisciplinary environment at EPFL also fostered invaluable soft skills. Engaging with researchers beyond my field expanded my intellectual horizon, emphasizing the vast expanse of the unknown. The crucible of critical thinking extended beyond structural engineering, addressing everyday life subjects. Active listening, the cultivation of a robust professional network, and the recognition of the perpetual interplay between the known and unknown became integral facets of my academic and personal growth.

My activity after my thesis and what I am proud of

In the following I will give an overview of the projects that I am involved in and for which I am responsible of the load bearing structure:

PLAISANCE À YVERDON-LES-BAINS (new construction)

The rental property project in Yverdon-les-Bains encompasses two slender buildings with residential floors and an underground car park. The project is planned in collaboration with *RDR architects Lausanne* and *De Cerenville geotechnique SA*. Due to poor soil bearing capacity, the basement relies on reinforced concrete supported by column piles, transferring loads to deeper molasse

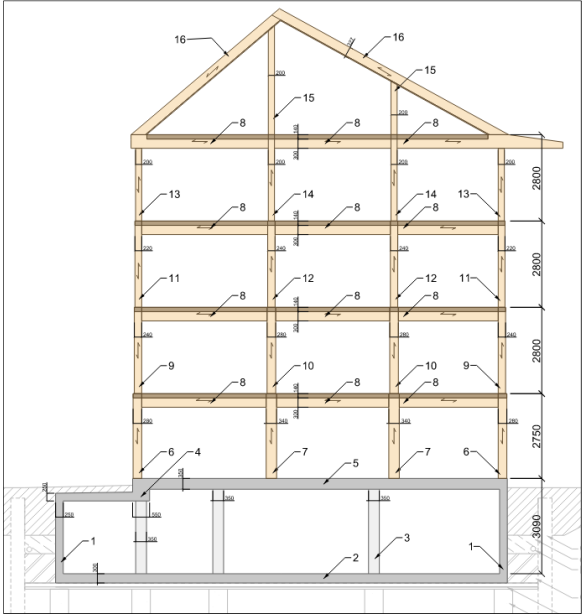


formations. The above-ground structure prioritizes sustainability, utilizing a glulam skeleton and cross-laminated timber floors to minimize weight and ecological impact. Horizontal stability against wind and earthquakes is ensured by reinforced concrete vertical circulation cores.

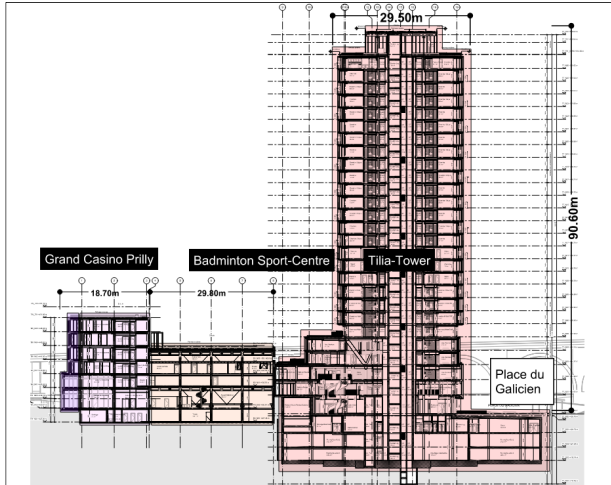
The concrete structures, including basement elements, passageways, ramps, and an oculus, are meticulously designed for functionality and durability. The basement slab, specifically, addresses load redistribution from floors to load-bearing elements through different grids. Structural elements like stairwells and lifts play a crucial role in bracing against external forces.

Prefabricated concrete construction involves pillars with punching heads in the basement car park and prefabricated stairs with light grey cement and rough formwork. The load bearing above-ground structure stands out for its use of structural wood, emphasizing ecological construction with a reduced carbon footprint. This sustainable approach aligns with the project's commitment to utilizing renewable and indigenous materials while actively contributing to long-term carbon dioxide absorption.

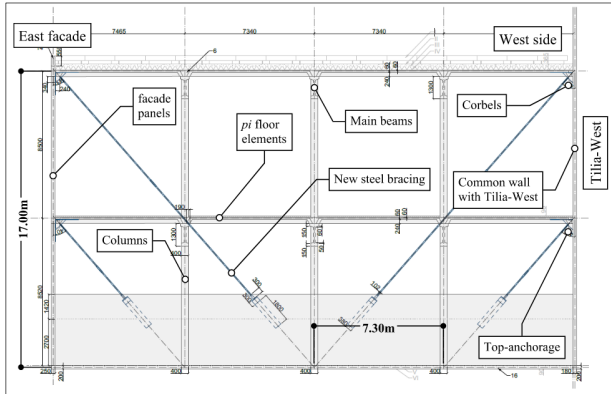
Current project state: the permit is obtained, and the tender design is ongoing. The construction site is planned to open in September 2024.



BADMINTON SPORT CENTRE (retrofit)



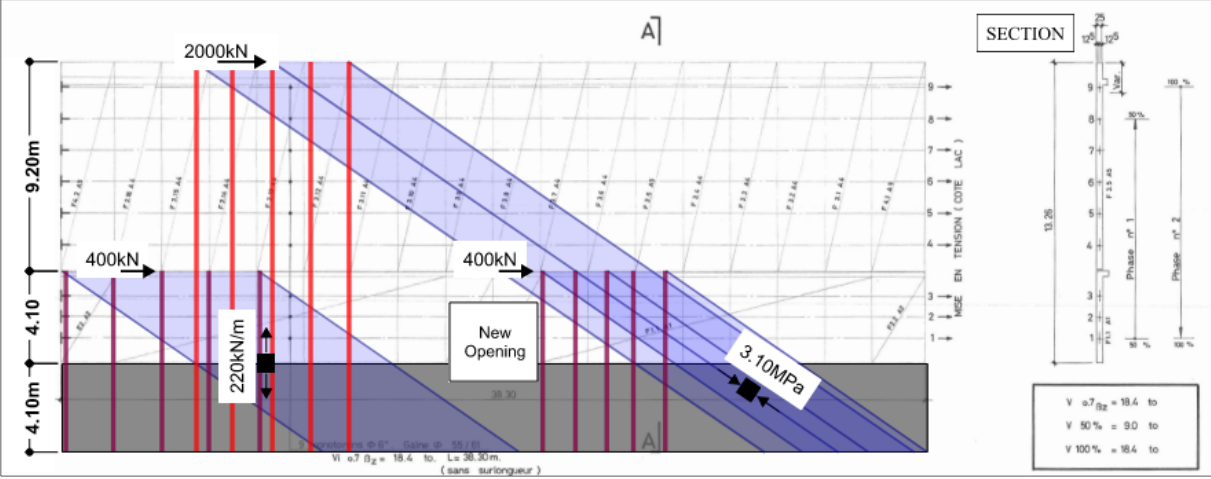
In response to global urbanization and the imperative to combat climate change, the *Les Balcons du Viaduc* project in Lausanne undertakes significant architectural transformations. The endeavor aims to densify urban areas, aligning with scientific consensus on sustainability. The winning project, developed by *3XN Copenhagen & Itten+Brechtbühl Lausanne*, with *Dr. Lüchinger+Meyer Lausanne*, includes the construction of a new 90m high-rise tower and the renovation of existing buildings, notably the Badminton Sport-Centre.



An essential aspect of the transformation involves enhancing the horizontal stability of the Badminton Sport-Centre. Non-compliance with current code requirements necessitates a novel V-shaped bracing system on the north and south facades. This innovative approach, utilizing Ø50mm Swiss-Gewi rods anchored with Steelheads, not only ensures stability but also allows for a strategic redistribution of forces between the Badminton and the connecting Grand Casino structure.

Of particular significance is the creation of a new door opening in the eastern end-wall to establish a connection with the adjacent Tilia- Tower. This process involves cutting through an existing segmental prestressed wall, presenting unexpected

challenges. A detailed design, including a strut-and-tie model for horizontal resistance verification, and precedes a meticulous construction sequence. This comprises temporary propping, cable relaxation, wall demolition, cable re-anchoring using steel jaws and high-strength mortar, the construction of a new composite overhead beam, and re-tensioning of deactivated cables. The structural interventions ensure the seamless integration of the Badminton Sport-Centre with the Tilia-Tower, contributing to the overall sustainability and resilience of the project.



Current project state: the construction is currently ongoing.

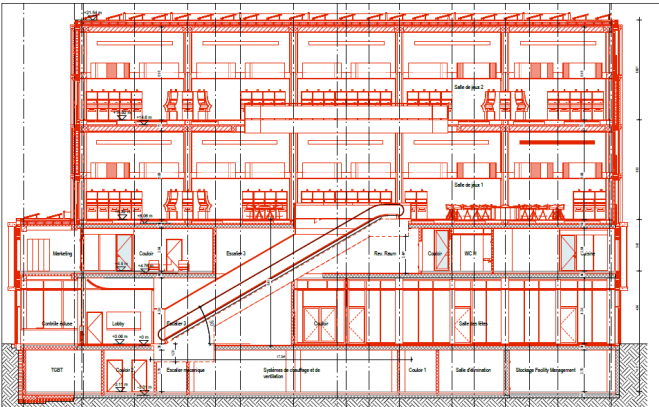
GRAND CASINO PRILLY (general transformation)

The Grand Casino Prilly project, a part of the Les Balcons du Viaduc initiative, involves the transformation of the existing Baloise building into a casino with a focus on innovative structural engineering and retrofit techniques. The project is planned in collaboration with *Burckhardt Partner Architects Zürich*. Built in 1982, the Baloise structure is a seven-level reinforced concrete framework, interconnected with the neighbouring Badminton sports centre.



The Grand Casino, spanning six above-ground floors and a basement, undergoes a comprehensive conversion. This includes the demolition of a significant portion of the Baloise, specifically the load-bearing structure over slab N01. The upper floors are then reconstructed using lighter structural systems, introducing a slight volume increase while maintaining the existing envelope. Structural reinforcement is planned for the basement floors (slab on N01, slab on N00, and slab on NS1), utilizing Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete (UHPFRC) for punching retrofit in the existing slabs.

A noteworthy aspect of the project is the combination of different materials, with the basement extension employing a self-supporting structure horizontally connected to the existing building. The basement extension, designed in reinforced concrete, is monolithically connected to the existing structure. Special attention is given to the connection with the Badminton sports centre, necessitating the preservation of the partition wall to support the upper playing fields. The Grand



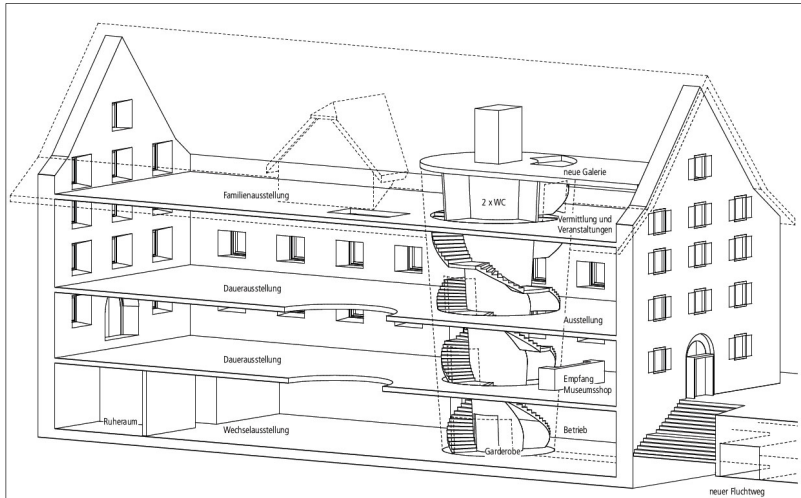
casino, necessitating the preservation of the partition wall to support the upper playing fields. The Grand

Casino Prilly project exemplifies a sophisticated integration of various materials and cutting-edge structural engineering methodologies for a seamless and robust transformation.

Current project state: the permit is obtained, and the tender design is ongoing. The construction site is planned to open in June 2024.

FORUM SCHWEZER GESCHUCHTE SCHWYZ (general renovation)

The former Schwyz armoury, a multifaceted architectural legacy tracing its origins to the 18th century, underwent a transformative journey, serving various roles before emerging as the National Museum of Swiss History in 1992. Strategically located in Schwyz, at the nexus of Zeughausstrasse and Bahnhofstrasse, the museum stands as a testament to historical resilience and adaptation, overlooking Hofmatt.

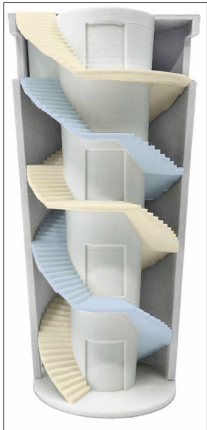


After a comprehensive renovation in the 1990s that revitalized its structure, the building is now at the precipice of a new chapter. The imminent 2025 renovation is prompted not only by the aging of building technology but also by a vision to enhance the museum space through interventions in the supporting structure.

The architectural symphony unfolds within the National Museum, characterized by a

rectangular volume housing three standard storeys and additional attic floors. The external dimensions, 40.10 × 14.90 meters, showcase a historic load-bearing outer shell constructed of natural stone masonry. The 1992-1995 remodelling introduced innovative structural elements, prominently featured in the ceilings. The upper floor's intercepting ceiling, a fusion of welded steel beams, trapezoidal sheets, and a concrete flooring, creates a column-free expanse. The subsequent ceilings above the basement and ground floor, supported by reinforced concrete composite structures, exhibit adaptability through variable spans and the creation of a triple-height gallery.

The renovation in 1992 encompassed the addition of load-bearing elements, including a cone-shaped staircase core, demonstrating a fusion of tradition and innovation. The underpinning of the basement, with injections into existing masonry, attests to a commitment to structural integrity, while the cultural property shelter adds an independent supporting structure.



Looking ahead to 2025, the planned interventions signify a meticulous approach to maintain and improve the building's functionality. The project has been elaborated together with *Dario Wohler Architekten GmbH Zürich*. Demolition works are strategized to spare the main load-bearing structure, focusing on spaces for optimal use. The extension of the existing cone emerges as a pivotal element, not only contributing to earthquake safety but also housing a new lift and a double helix staircase, emphasizing both function and horizontal bracing.

In conclusion, the story of the former Schwyz armoury encapsulates a rich narrative of historical evolution, architectural innovation, and ongoing adaptation. The 2025 renovation promises not only to

address technological concerns but also to underscore the structural saga, marking a harmonious blend of historical essence with contemporary engineering expertise.

Current project state: the project is in its preliminary phase. Construction works are planned for 2025.

The future of structural engineering in my perspective

In the future of structural engineering, a crucial imperative is the reduction of greenhouse gas emissions, particularly those arising from construction activities. Concrete production, known for its high energy demand, must be curtailed to align with climate goals. Structural engineers are poised to replace concrete members with timber, especially in residential buildings, capitalizing on timber's environmental friendliness and negative CO₂ footprint. With proper forest management, timber could potentially emerge as Switzerland's primary construction material.

However, concrete will persist in the future with a nuanced role, reserved for high-performance applications. It will find relevance in elements in contact with soil, such as foundation piles, waterproofed underground structures, and tunnels. Concrete's indispensability extends to bracing elements for high-rise structures, elements facing harsh weather conditions like bridges and load-bearing facades, and situations requiring long spans, where prefabricated and prestressed concrete beams and slabs will be utilized. Additionally, concrete and timber combinations will be explored to enhance load-bearing capacity.

The aging state of current infrastructure prompts a growing emphasis on retrofitting existing structures in structural engineering. The evolving role of structural engineers requires adaptability to a complex environment, undertaking interdisciplinary tasks, fostering communication with architects and experts, and navigating increasingly sophisticated design tools to synthesize vast information for the development of clear and efficient load-bearing systems.

References

Valeri, P.; Bouleau, E.; Bassetti A. (2023), Integration of new high rise-buildings with existing structures, fib-Conceptual design of Concrete Structures, Norway, Oslo. 2023

Acknowledgements

Gratitude to *Cemsuisse* for funding my PhD thesis. Acknowledgements to Aurelio and Miguel for supporting my work at IBETON. Special thanks to my peers at *fib*, young members, podcast group, and *fib* Switzerland. Also, appreciation for the daily collaboration with Mr. Bouleau and Dr. Bassetti in the consulting office.

Contact:

Patrick Valeri

Current affiliation: Dr. Lüchinger+Meyer Bauingenieure AG

Private address: Route de Cossonay 20, CH-1008 Prilly

email: valeri.patrick@yahoo.it

Max Tirassa

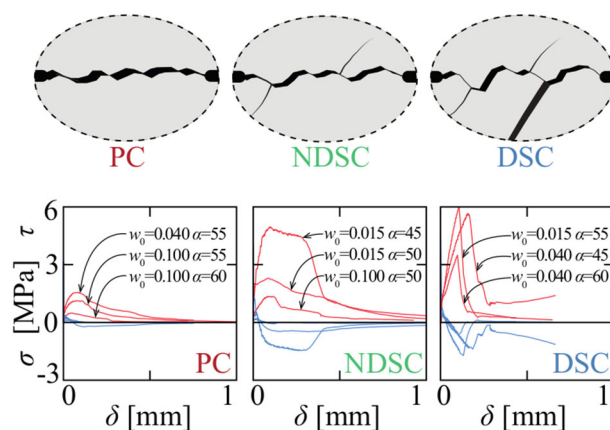
Curriculum vitae

Growing up in South Tyrol (Italy) Max Tirassa was exposed to different languages and cultures, sparking his interest in interdisciplinary studies. This led him to study Architecture and Building Engineering in Rome and Paris, graduating with honours. In collaboration with a German student, he adapted part of his Master's Thesis for an international student design competition organized by the International Council for Caring Communities, where they won the third team prize. Max began his career working as a Structural Engineer in Munich, but soon decided to deepen his knowledge in the field by starting a doctoral thesis. He is happy to have joined the Structural Concrete Laboratory at EPFL, with its focus on combining research and practice. Since his graduation he has been working at Bänziger Partner in Zurich, primarily participating in projects for bridges and cut-and-cover tunnels.



My PhD thesis

The title of my thesis, submitted in 2020, was: "The transfer of forces through rough surface contact in concrete". The work discusses aggregate interlocking, a phenomenon occurring in sliding concrete cracks and affecting the load-carrying capacity for structures like beams and slabs without transverse reinforcement.

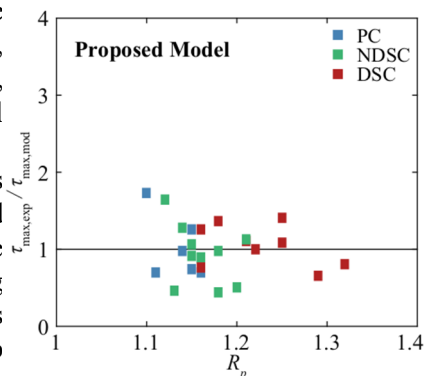


The thesis mainly comprises three scientific publications focusing on the fundamentals of force transfer across concrete cracks. It also extends the main findings to other interfaces related to concrete structures, like the ribs of reinforcement bars.

An extensive experimental campaign served as a starting point. The tested specimens included pre-cracked concrete prisms subjected to simultaneous crack opening and sliding and steel-to-concrete interfaces characterized by simple geometries (spheres and rebar-surfaces). Particular attention was given to the roughness properties of the tested interfaces, several of which were scanned at high resolution.

The experimental results were then used to develop a new model for estimating aggregate interlocking forces as a function of crack kinematics. It allows estimating the contact properties using 2D crack-profiles. Depending on the crack width, two contributions to force transfer are considered. For contacts occurring in wide cracks, contact forces are calculated using an elastic-plastic material law, whereas for small crack opening the effect of residual material soundness is considered.

Finally, the bond between steel rebar-ribs and concrete is investigated using steel-to-concrete interface specimens, and several similarities with aggregate interlocking are discussed. The previously introduced model is extended to the case of interlocking rebar-ribs, where it can estimate the bond and confinement stresses and the decrease in bond strength for cases where cracks develop parallel to the rebars.



What I learned from my thesis

While it is sometimes argued that the research conducted in universities is too theoretical and rarely useful for practical situations, my experience at EPFL contradicts this notion. The process of conducting a literature review, experiments, data analysis, validation, and modelling provided me with valuable insights into the origins of design codes and informal rules. I believe this understanding is crucial, as it enables me to critically evaluate commonly used formulas and procedures to determine if they are truly applicable to the problem at hand.

My activity after my thesis and what I am proud of

In the last three years, I have been involved in multiple projects focused on constructing new bridges and cut-and-cover tunnels. Among these projects, one particularly interesting and unconventional case was the design of temporary supports for a bridge over the Rhine at Flaach.

The project dealt with an existing steel bridge, crossing the river in four spans. It had two continuous side-beams connected by transverse beams, upon which lied a concrete deck. The goal was to replace this bridge with a new structure while reusing the stone masonry piles. To achieve this, it was decided to slide the old bridge sideways onto temporary steel supports and use it for traffic during the construction of the new bridge.

However, a structural analysis of the old bridge revealed that the stresses in the structure were significantly influenced by the horizontal stiffness of the intermediate supports. The original stone masonry piers were very stiff, ensuring that in its original configuration, the bridge was unaffected by the water current and wind loads were conveyed to the nearest support. In contrast, the temporary supports inherently allowed for some transverse movement. Consequently, the bridge became subject to larger deformations.

To address these issues, steps were taken to increase the stiffness of the temporary supports and activate the concrete bridge deck between the main steel beams. This activation allowed the concrete deck to contribute to the overall stiffness and load carrying capacity, ultimately enabling a cost-effective and safe crossing of the Rhine during the construction of the new bridge.

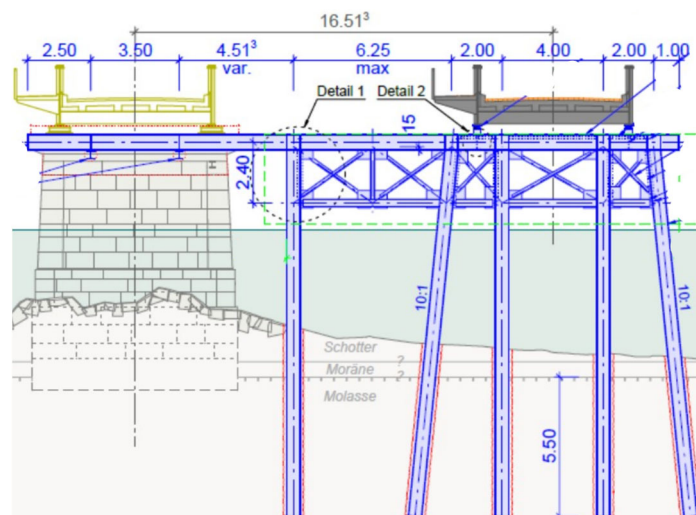


Figure 1. Cross section through bridge. Left side: Stone masonry pillar with the bridge in its original position. Right side: Temporary support with the existing bridge in its final position.

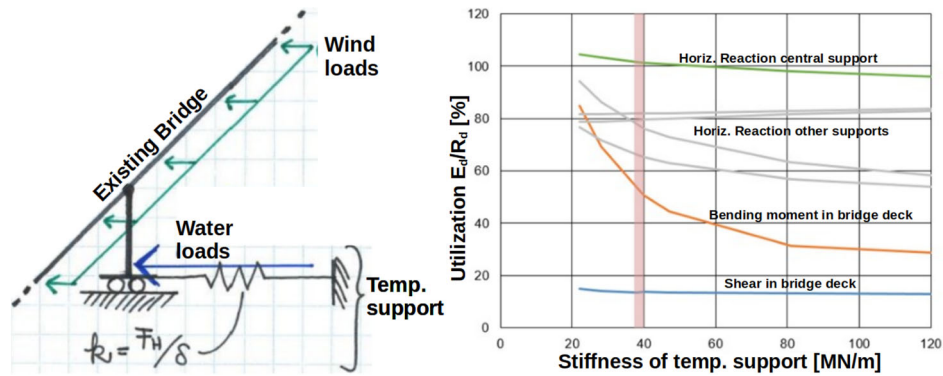


Figure 2. Utilization of various elements of the bridge as a function of the horizontal stiffness of the temporary supports. The minimum acceptable stiffness marked red.



Figure 3. Picture of a temporary support before moving of the existing bridge.

The future of structural engineering in my perspective

An important aspect for the future of structural engineering will be the use of new technologies and methods for assessing and retrofitting existing structures. As many of these structures reach the end of their lifespan, extending their usefulness while maintaining high safety and reliability standards becomes crucial. Improved inspection and modelling techniques will facilitate a better understanding of the current state and behaviour of older structures. Furthermore, new high-performance materials can be employed to retrofit and enhance critical elements. Although numerous approaches exist, they remain relatively unfamiliar and require rigorous field testing. Therefore, it is vital that the structural engineering community shares and capitalizes on new knowledge to reduce resource requirements and minimize construction waste.

Contact:

Max Tirassa

Bänziger Partner AG

email: max.tirassa@gmail.com

Francesco Moccia

Curriculum vitae

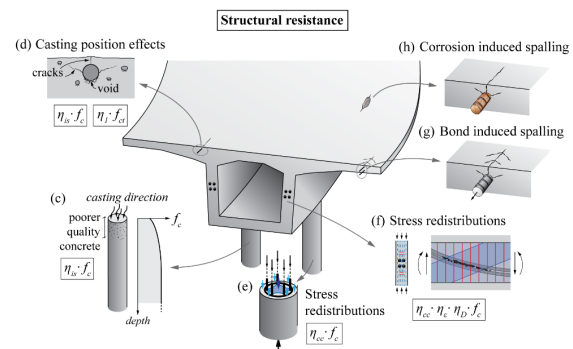
Francesco est né en 1991 dans le canton du Tessin, où il a suivi sa scolarité obligatoire et post-obligatoire. En 2010, il entreprend des études de génie civil à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Au cours de ses études de Master, il saisit l'opportunité de se rendre à l'Université du Texas à Austin pour réaliser son projet de fin d'études. Après l'obtention de son diplôme de Master en 2015, il choisit de poursuivre son parcours académique en entreprenant un doctorat sous la direction du Professeur A. Muttoni et du Docteur M. Fernández Ruiz. Il obtient son doctorat en février 2021, puis entame sa carrière professionnelle au sein du bureau d'études Nicolas Fehlmann Ingénieurs Conseils. En avril 2023, il rejoint le bureau d'études Perreten & Milleret en tant qu'ingénieur Chef de projet, spécialisé dans les domaines des bâtiments et des ouvrages d'art, poste qu'il occupe actuellement.



Ma thèse de doctorat

Le titre de ma thèse, publiée en 2021, était “La résistance à la compression et l’adhérence dans le béton armé en tant que propriétés structurelles”. Dans cette thèse, une étude approfondie a été menée sur les phénomènes qui peuvent nuire à la résistance à la compression du béton et à l’adhérence acier-béton.

Il est important de souligner que la résistance in-situ d’un élément structural peut diverger considérablement par rapport à celle d’un échantillon normalisé de petites dimensions et testé en laboratoire. Des phénomènes liés au processus de consolidation du béton frais peuvent nuire à la résistance à la compression, mais aussi à l’adhérence des barres d’armature situées dans la partie supérieure d’un élément structural. Après durcissement, la réponse structurale du béton diffère également de celle d’un échantillon normalisé de par sa fragilité, la présence de fissures ou d’éléments perturbateurs. La résistance mesurée sur échantillon doit donc être corrigée avec des facteurs de réduction, afin d’assurer une analyse structurale appropriée. Ces phénomènes ont été caractérisés au travers de plusieurs campagnes expérimentales équipées de systèmes de mesure de haute précision, tels que la tomographie ou la corrélation d’images numériques.



Une série d’essais a été effectuée afin d’évaluer l’influence sur la résistance à la compression de la position de bétonnage, de la direction de chargement et de la présence d’éléments perturbateurs. Des mesures détaillées ont été réalisées sur le béton à l’état frais et à l’état durci, ce qui a permis la définition de nouvelles règles de calcul pour les éléments structuraux. Une attention particulière a par ailleurs été accordée au rôle joué par la fragilité du béton et les redistributions internes d’efforts sur la réponse structurale de colonnes en béton armé et des zones comprimées de poutres fléchies. La pertinence des résultats a été validée à partir de centaines de tests sur colonnes recueillies dans la littérature scientifique. De plus, les implications de la position et orientation des barres d’armature sur l’adhérence et sur l’éclatement de l’enrobage ont été étudiées sur la base d’essais d’arrachement de barres d’armature. De cette étude découle alors la proposition d’une approche mécanique qui permet l’évaluation de l’adhérence en fonction de la position des barres d’armature à l’intérieur d’un élément structural et des caractéristiques de leurs nervures.

Finalement, le phénomène d’éclatement de l’enrobage a été examiné sous l’application d’une pression radiale interne, comme cela apparaît par exemple lors de la dilatation volumétrique due à la corrosion de barres d’armature ou lors de l’activation de l’adhérence acier-béton. Un modèle mécanique a ensuite été dérivé, permettant la caractérisation de l’adhérence en cas d’éclatement de l’enrobage.

Ce que ma thèse m'a appris

Une thèse de doctorat s'étend sur plusieurs années – dans mon cas, presque cinq ans – nous accordant le temps nécessaire pour évoluer tant sur le plan technique que sur le plan humain. En premier lieu, sur le plan technique, nous apprenons à développer une rigueur essentielle pour tout travail d'ingénieur. Réaliser une thèse de doctorat permet également de rester à jour et de contribuer au développement des normes de construction. Il est crucial d'être indépendant et de chercher les réponses à ses questions dans la littérature ou au travers de travaux expérimentaux en laboratoire. Cependant, l'indépendance ne signifie pas l'isolement. Au cours d'une thèse de doctorat, il est primordial d'échanger avec ses collègues et superviseurs. Ces échanges sont très enrichissants et permettent de tisser des liens profonds et durables. Cette dynamique demeure pertinente par la suite dans le cadre d'un travail en bureau d'études. En effet, même si chacun est responsable de son propre projet, la réussite globale repose sur l'échange d'idées et le partage des connaissances.

La réalisation de ma thèse de doctorat m'a également enseigné la vertu de la patience, car les résultats ne se manifestent pas immédiatement. En dépit des périodes difficiles, il est essentiel de faire preuve de persévérance tout en gardant de l'enthousiasme pour le travail effectué. Cette approche demeure présente dans ma gestion quotidienne des projets de construction.

L'expérience pratique au laboratoire a également constitué une source d'apprentissage considérable. La nécessité de préparer des coffrages, d'effectuer des opérations de ferrailage et de bétonnage a renforcé mes compétences d'ingénieur. En effet, la participation active sur les chantiers s'avère être une composante cruciale de notre métier.

Mon activité après ma thèse et de quoi suis-je fier

Depuis mes débuts professionnels en 2021, j'ai eu l'opportunité de m'impliquer dans une diversité de projets, couvrant différentes phases. Mon expérience englobe la construction d'immeubles résidentiels, la rénovation de ponts routiers, la transformation de structures existantes, ainsi que la réalisation de différentes expertises d'ouvrages d'art. Actuellement, c'est la phase d'exécution qui suscite le plus ma satisfaction parmi les différentes étapes d'un projet. La concrétisation des plans et la gestion des chantiers représentent un défi stimulant.

Il est clair que les compétences acquises pendant mon doctorat se révèlent particulièrement bénéfiques surtout dans le contexte des expertises liées aux structures en béton armé. J'ai par exemple eu l'occasion d'appliquer des outils spécifiques acquis lors de ma formation à l'EPFL – tels que les champs de contraintes élastiques-plastiques – dans la transformation de bâtiments existants.

Les connaissances acquises durant mon doctorat m'ont également permis d'exercer en tant qu'expert externe à l'HES-SO Fribourg, où j'ai eu l'occasion de participer à l'évaluation d'une thèse de Master. Je suis également satisfait du fait que les résultats des essais réalisés pendant mon doctorat ont contribué à une publication de l'Office Fédéral des Routes, influant ainsi sur l'actualisation des dispositions constructives des ouvrages en béton armé [1].

J'ai également eu l'occasion de prendre part à divers concours et appels d'offres, et ce qui constitue un accomplissement particulièrement gratifiant, c'est la première place obtenue lors du concours portant sur la surélévation du Cycle d'orientation de la Golette à Meyrin. Ce projet vise à répondre à la demande croissante en salles de classe, tout en respectant les critères les plus exigeants en matière de développement durable.

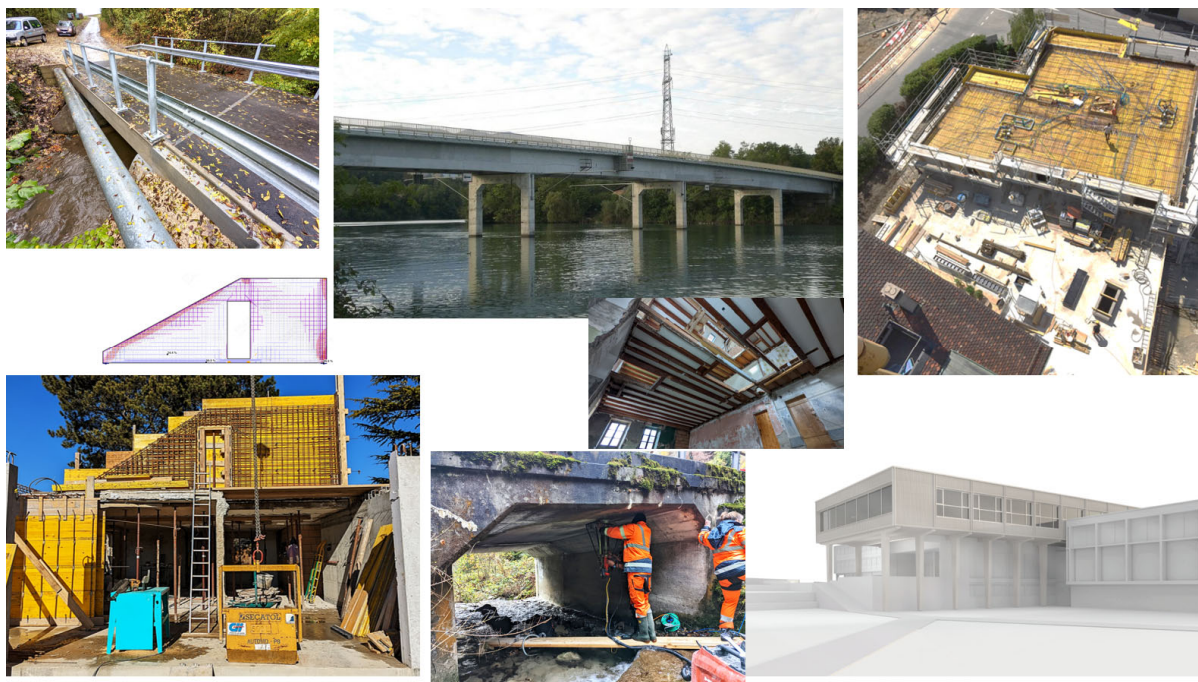


Figure 1. Quelques projets auxquels j'ai pu apporter ma contribution : réfection d'un pont routier sur la Morges entre Vaux-sur-Morges et Vuflens-le-Château ; expertise de l'élargissement du pont de Peney ; construction de trois immeubles de logements en béton armé à Romanel-sur-Lausanne ; surélévation du Cycle d'Orientation de la Golette (© A-Architectes Sàrl) ; transformation d'une villa à Lully ; inspection du pont sur le Torrent d'Yvorne à Corbeyrier.

L'avenir de l'ingénierie structurale selon moi

La prise de conscience de l'impact environnemental du secteur de la construction constitue actuellement l'un des défis majeurs et les plus stimulants. En tant qu'ingénieurs civils, nous sommes confrontés à cette problématique et devons élaborer des solutions efficaces, rationnelles et durables. C'est le moment propice pour apporter à la société notre expertise et notre créativité. A mon avis, tout commence par le choix judicieux du matériau de construction ainsi que du système structurel. En effet, une conception avisée des ouvrages constitue le point de départ essentiel pour économiser les ressources de notre planète. En outre, la réutilisation des matériaux de construction, favorisée par des démolitions intelligentes et sélectives préservant des éléments structurels, s'avère cruciale. A cela s'ajoute, par exemple, la possibilité du réemploi des agrégats issus des démolitions pour la fabrication de nouveaux bétons. Un des principaux défis sera également de développer des ciments à plus faible émission de carbone par rapport au ciment Portland, par exemple en substituant une partie du clinker par d'autres composants nécessitant des températures de production plus basses. Il est en outre judicieux de favoriser l'utilisation de matériaux locaux, réduisant ainsi les émissions liées au transport. Tout cela contribuera à une évolution positive vers une utilisation plus rationnelle et durable des ressources naturelles.

Dans un contexte où l'automatisation prend de l'ampleur, l'avenir de l'ingénierie structurale ne doit pas négliger l'aspect humain et social. La créativité, les expériences pratiques, les enseignements et les échanges doivent rester des éléments fondamentaux de notre profession. Seulement en respectant ces valeurs nous pourrions pleinement tirer parti des avancées dans les domaines de l'automatisation et de l'intelligence artificielle. À mon sens, cela représente la clé essentielle pour le développement positif de l'ingénierie structurale et, plus globalement, pour notre société.

Littérature :

[1] A. Muttoni, M. Fernández Ruiz, F. Moccia, F. Monney, Contribution à l'actualisation des dispositions constructives des ouvrages en béton armé, Office Fédéral des Routes, Projet de recherche AGB 2018/001, Groupe de Travail et de Recherche en Matière de Ponts, pp. 1-255.

Contact :

Francesco Moccia

Perreten & Milleret SA

email : francescomoccia1991@gmail.com

Raffaele Cantone

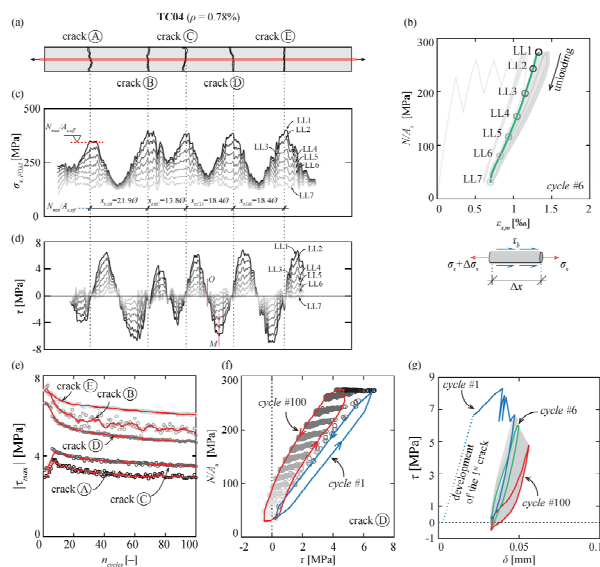
Curriculum vitae

Raffaele Cantone completed his master's degree in Structural Engineering at the University of Parma (UNIPR) in 2015 after an exchange master thesis between UNIPR and EPFL (Title of the thesis: *Evaluation of shear resistance of RC slabs with multi-layered shell elements modelling and PARC_CL crack model according to CSCT*). In the years between 2015 and 2021, he was a PhD Candidate at the Structural Concrete Laboratory (IBETON) at EPFL, defending his PhD thesis "*The mechanics of shear failures in RC slabs based on refined measurements*" in 2021. Since 2021, he is working as a structural engineer at DIC ingénieurs in Aigle.



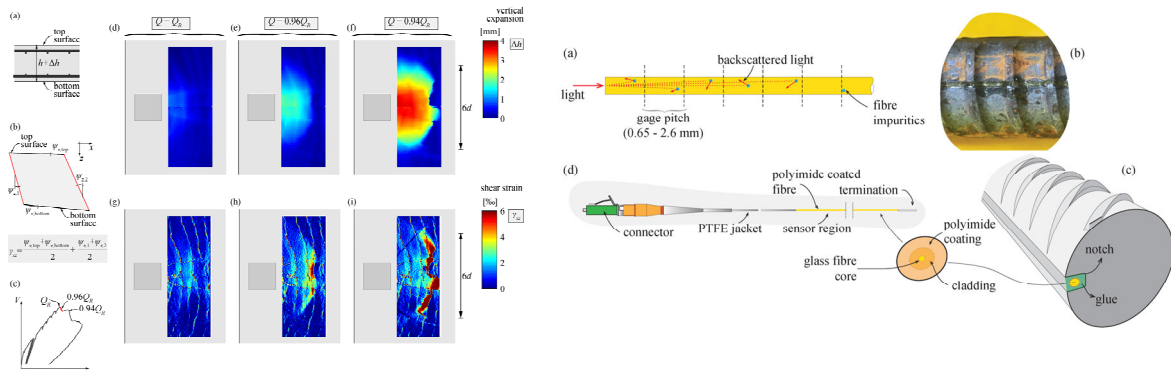
My PhD thesis

The title of my thesis, submitted in 2021, was "*The mechanics of shear failures in RC slabs based on refined measurements*".



To make a step forward, sometimes it is required to make a step back, revisiting previous experiences. Most of experimental programmes performed in the past were oriented towards the determination of failure loads, but not towards the understanding of the failure mechanics. To a large extent, this was related to the difficulty in performing detailed measurements within concrete slabs, allowing to track the progression of failure surfaces and the redistribution of internal forces. On this basis, my thesis offers a new vision on the understanding of the mechanics of concrete slabs failing in shear. Based on the capabilities offered by state-of-the-art measurement techniques, such as Digital Image Correlation and Fibre-Optic Measurements. Detailed measurements of the concrete surface and of rebar strains with fibres allowed to gain more insights on the kinematics of

concrete slabs failing in shear as well as a deeper understanding of the mechanical engagement between the reinforcement and the outer concrete. On this basis, a mechanical model is proposed, considering flexural and shear strains as well as their through-thickness distribution. This novel approach allowed accounting for the redistributions of internal forces and the load-carrying capacity of member failing in shear as well to develop in a subsequent work a design methodology aimed at practical applications.



What I learned from my thesis

The learning process during my Ph.D thesis was the result of several factors, which were both purely related to the role of the structural engineer but also to the spirit with which we should engage in our work. First of all, Prof. Muttoni's guidance was an essential element that conveyed to me how much passion and dedication one can put into our work. My evolution during my Ph.D. allowed me to be more disciplined and rigorous than before as well as to develop a working method, which is essential when faced with high responsibility challenges, such as those of structural engineers.

Pursuing my Ph.D. was a long and challenging journey, which required persistence, resilience, and the ability to overcome setbacks. The setbacks and the ability to overcome them allowed me to improve my independency and to adapt to changing circumstances.

Another key element was the development of an enhanced critical thinking as well as the ability to evaluate and challenge existing knowledge. This holds true also in performing my current job in practice since it allows questioning assumptions, to analyze evidence and to propose creative solutions, if possible, to solve the constraints of specific projects.

Last but not least, I would like to emphasize the added value which laboratory testing provided me. During my Ph.D journey, I had the opportunity to perform an extensive experimental program, which allowed me to put in practice all the theory of my studies, to study closely the behaviour of several structural elements we design daily in practice as well as to visualize their strengths and limitations.

My activity after my thesis and what I am proud of

After ending my Ph.D thesis in 2021, I embarked on a new challenge, working for DIC ingénieurs, a bridge design company funded by Dr Hans Dauner in 1982. Here, I am currently project engineer, focusing on the design and assessment of prestressed concrete bridges and composite bridges.

Even if there is a long way ahead and it is only three years I work in practice as a structural engineer, I could benefit of the learnings of the Ph.D, since critical thinking and problem-solving skills are essential aspects of the design practice, especially once we deal with the assessment and/or retrofitting of existing structures.

In the first phase of my career in practice, the use of refined calculations (mostly learned during the Ph.D) has been a significant chapter of my work, with the final objective to increase the load bearing capacity of several structures (if possible), whose design loads could not be verified with standard calculation methods.

Despite it is just a drop in the sea, I am proud of the fact that, in some cases, these calculations allowed avoiding significant retrofitting, reducing the carbon footprint of these structures, optimizing at the same time the economic impact on the budget of project' owners.



Figure 1. Extract of some bridges, which undertook a refined assessment and/or retrofitting

The beginning of my career in engineering practice has been coupled with novel contributions related to the works of my thesis. In particular, I am proud that the mechanical model accounting for bending and shear redistributions in bridge decks has been extended with the help of wonderful researchers, allowing to obtain a sound code proposal for the shear verification in concrete slabs.

The future of structural engineering in my perspective

For the future of structural engineering, I hope that some inspiration will be drawn from the past, when the figure of the structural engineer was considered an essential professional figure for the society, a job that put creativity and great responsibility at the centre.

This was one of the main reasons, which motivated me to become a structural engineer.

Currently, my general impression is that these aspects, in some cases, are belittled by society as well as by engineers themselves.

For the future of structural engineering, I hope for a return to creativity and innovation, pivotal elements to revalue our professional figure but also to overcome recent challenges, as, above all, the durability of the construction sector and climate change.

It is necessary to put the conceptual design of structures at the centre of the project, combining the optimal use of materials (and the discovery of new ones) with an optimization of economic resources using the support provided by new technologies (BIM, 3D printing, prefabrication etc.).

Innovation will be a key driver in the future of structural engineer both for the design of new structures but, more importantly, for the assessment and retrofitting of our structural heritage, which needs, in my perspective, high regard.

In the framework of existing structures, the combination of refined calculation methods and a more extensive adoption of structural health monitoring and digital twins for technical inspections could have a significant impact on the reduction of the carbon footprint of our sector as well as on the sensitivity of structural engineers' community towards the works of past generations.

Contact:

Raffaele Cantone

DIC ingénieurs (Aigle)

email: raffaele.cantone@dic-ing.ch

Frédéric Monney

Curriculum vitae

Le parcours académique de Frédéric Monney dans le domaine du génie civil et des structures est : une maturité technique à Genève (2005-2008) ; un bachelor à la Haute École du Paysage, d'Ingénierie et d'Architecture à Genève (2008-2011) ; une année passerelle EPFL (2012-2013) pour accéder au master EPFL ; un master à l'EPFL (2013-2016) ; un doctorat à EPFL au laboratoire IBETON (2017-2022). Avant d'entamer son doctorat à l'IBETON, il a travaillé dans le bureau d'étude T-ingénierie à Genève (2016-2017). Il poursuit son activité après son doctorat au sein du bureau d'étude structurame à Genève.

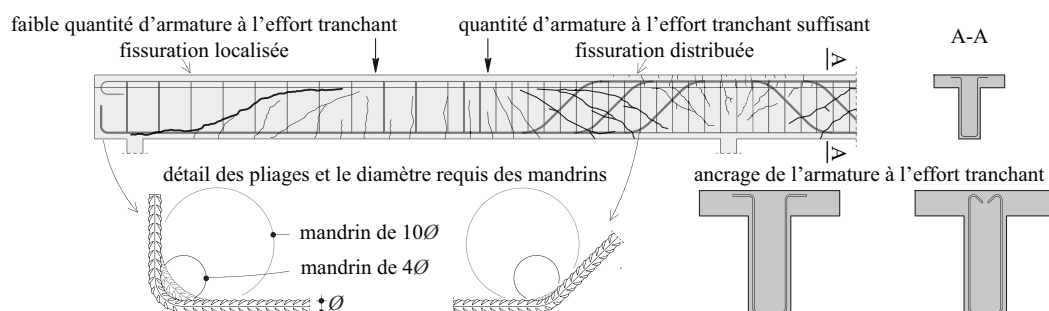


Il est également membre du conseil de fondation et de la commission de programmation de la *Fondation Pavillon Sicli, Architecture et arts du bâti*, depuis 2020. Parallèlement, il s'engage bénévolement au sein de l'Association Pour l'École Primaire de Sakatia à Madagascar où il réalise des projets de passerelles piétonnes.

Ma thèse de doctorat

Le titre de ma thèse, publiée en 2022, est : « *Dispositions constructives modernes pour le pliage des barres, leurs ancrages et l'armature minimale à l'effort tranchant dans les structures en béton* ». Les dispositions constructives liées à l'armature dans les structures en béton armé définissent la forme, les dimensions et la quantité de barres nécessaires. Bien que ces règles permettent un dimensionnement rapide et tiennent compte de certains effets négligés, elles n'ont pas suivi l'évolution des procédés de production, des performances des matériaux et des connaissances scientifiques. Elles sont souvent basées sur des "règles de bonne pratique" qui, bien que jugées satisfaisantes, manquent de base scientifique solide et peuvent s'avérer superflue. C'est l'une des raisons pour lesquelles certaines dispositions constructives diffèrent selon les pays et les normes de construction. Certaines de ces règles sont trop conservatrices, en particulier lors de l'évaluation de structures existantes, tandis que d'autres peuvent négliger des effets importants. Bien que ces règles jouent un rôle majeur dans l'économie et la sécurité des ouvrages en béton, peu de recherches ont été menées dans ce domaine ces dernières années. Un certain nombre de dispositions constructives a été identifié comme nécessitant une recherche approfondie permettant de tenir compte des besoins pratiques actuels et des évolutions technologiques récentes. Ma thèse présente un programme de recherche complet sur trois dispositions constructives importantes : le détail des pliages et le diamètre requis des mandrins, l'ancrage des armatures à l'effort tranchant composé de crochets et la quantité minimale d'armatures à l'effort tranchant. A travers de modèles mécaniques, de formules simplifiées et de dispositions constructives, cette recherche est étayée par des résultats expérimentaux obtenus à l'aide de techniques de mesures avancées telles que la mesure par corrélation d'images numériques ou la mesure par fibre optique, permettant ainsi de mieux comprendre la réponse structurelle.

Les dispositions constructives liées au diamètre requis des mandrins et à la quantité minimale d'armatures à l'effort tranchant ont été adoptées dans la nouvelle génération de l'Eurocode 2 et de la norme SIA 262. Cette recherche a également fait l'objet d'un rapport OFROU (AGB 2018/001) et la publication de trois articles scientifiques.



Ce que ma thèse m'a appris

Une thèse de doctorat confère indéniablement une expertise approfondie dans le domaine étudié. Dans mon cas, cette expertise se concentre sur les dispositions constructives des structures en béton armé. Le développement théorique et les essais réalisés en laboratoire me permettent d'être plus confiant dans la réalisation (conception) des structures. Observer en vrai des essais avec le développement de fissures et la rupture des éléments en béton constitue une opportunité rare, dont peu d'ingénieurs bénéficient.

Au cours de ma thèse, j'ai eu la chance de participer en tant qu'assistant aux cours et projets dispensés par l'IBETON. Cette expérience a contribué à perfectionner mes connaissances de base sur les structures, en mettant particulièrement l'accent sur celles en béton. De plus, expliquer de manière pédagogique la matière de cours et de projets aux étudiants m'a permis d'améliorer mes compétences en communication et vulgarisation, compétences essentielles dans la vie professionnelle.

Outre ces apprentissages passionnants, le parcours menant à la conclusion d'une thèse de doctorat représente un périple formateur. Mener à bien un travail de recherche s'étalant sur près de cinq ans a développé en moi une persévérance et une résilience pour mener à terme un projet. La thèse a également permis l'élaboration d'une méthodologie d'apprentissage. En structurant l'approche d'un questionnement à travers les étapes clés d'un travail de recherche - à savoir, i) situer le contexte (revue de littérature) ; ii) identifier la problématique ou la question ; iii) élaborer une stratégie pour y répondre (campagne expérimentale, approche numérique, etc.) ; iv) interpréter, synthétiser et analyser les résultats ; v) apporter des réponses à la question (modèle mécanique, disposition constructive, etc.) ; et vi) conclure - j'ai acquis une vision méthodique, structurée et créative, compétences qui sont utiles en pratique.

Mon activité après ma thèse et de quoi suis-je fier

L'un de mes premiers projets (2022-2023) dans le bureau structurame, a été la révision de la directive OFROU 12003 *Les ouvrages d'art des routes nationales en qualité de biens culturels* en collaboration avec D. Dreier ainsi que D. Papastergiou et W. Waldis de l'OFROU [Directive OFROU 12003, 2023]. La nécessité de préserver, protéger et entretenir le patrimoine culturel du pays découle de l'article constitutionnel [RS 101, art. 78] sur la protection de la nature et du paysage. Une culture du bâti de qualité apporte une contribution déterminante à la conservation et au développement durable de l'espace de vie. Les ouvrages d'art historiquement et culturellement marquants, particulièrement les ponts, font partie intégrante de ce patrimoine. La directive OFROU 12003 a pour but de [Directive OFROU 12003, 2023] :

- répondre aux enjeux du développement durable par la protection et la conservation du patrimoine culturel ;
- définir et formuler des critères pour apprécier la valeur patrimoniale culturelle d'ouvrages existants ;
- définir une méthodologie d'intervention sur les ouvrages d'art existants ;
- aider les responsables (maîtres d'ouvrages et mandataires) pour la prise en considération de la valeur patrimoniale culturelle lors d'intervention sur des ouvrages existants.

La Figure 1 présente la méthodologie élaborée pour les interventions prévues sur des ouvrages d'art existants. Dans un premier temps, il est essentiel de déterminer si l'ouvrage possède une valeur patrimoniale culturelle en se référant aux divers inventaires patrimoniaux disponibles ainsi qu'en utilisant des critères d'appréciation proposés. Lorsqu'il est établi que l'ouvrage mérite une protection, une stratégie d'intervention patrimoniale ainsi que des mesures patrimoniales doivent être intégrées au projet d'intervention. De plus, il est impératif de procéder à un archivage complet comprenant des fiches d'ouvrage, des plans, des dossiers photographiques, des articles, etc., relatifs à l'ouvrage existant avant l'intervention. Un archivage plus léger est envisagé lorsque l'ouvrage ne présente pas une valeur patrimoniale culturelle suffisante et est destiné à être démolé ou à subir une intervention majeure impactant significativement son apparence. Enfin, aucune mesure patrimoniale ne sont requises dans le cas où l'intervention n'a pas d'incidence visuelle, comme c'est le cas pour la maintenance ou l'entretien.

Une liste « OFROU » répertoriant les ouvrages d'art des routes nationales ayant une valeur patrimoniale culturelle a également été créé dans le cadre de la rédaction de la révision de la directive [Directive OFROU 12003, 2023]. Cette liste aide à identifier les ouvrages d'art possédant une valeur patrimoniale culturelle et à les sauvegarder à long terme.

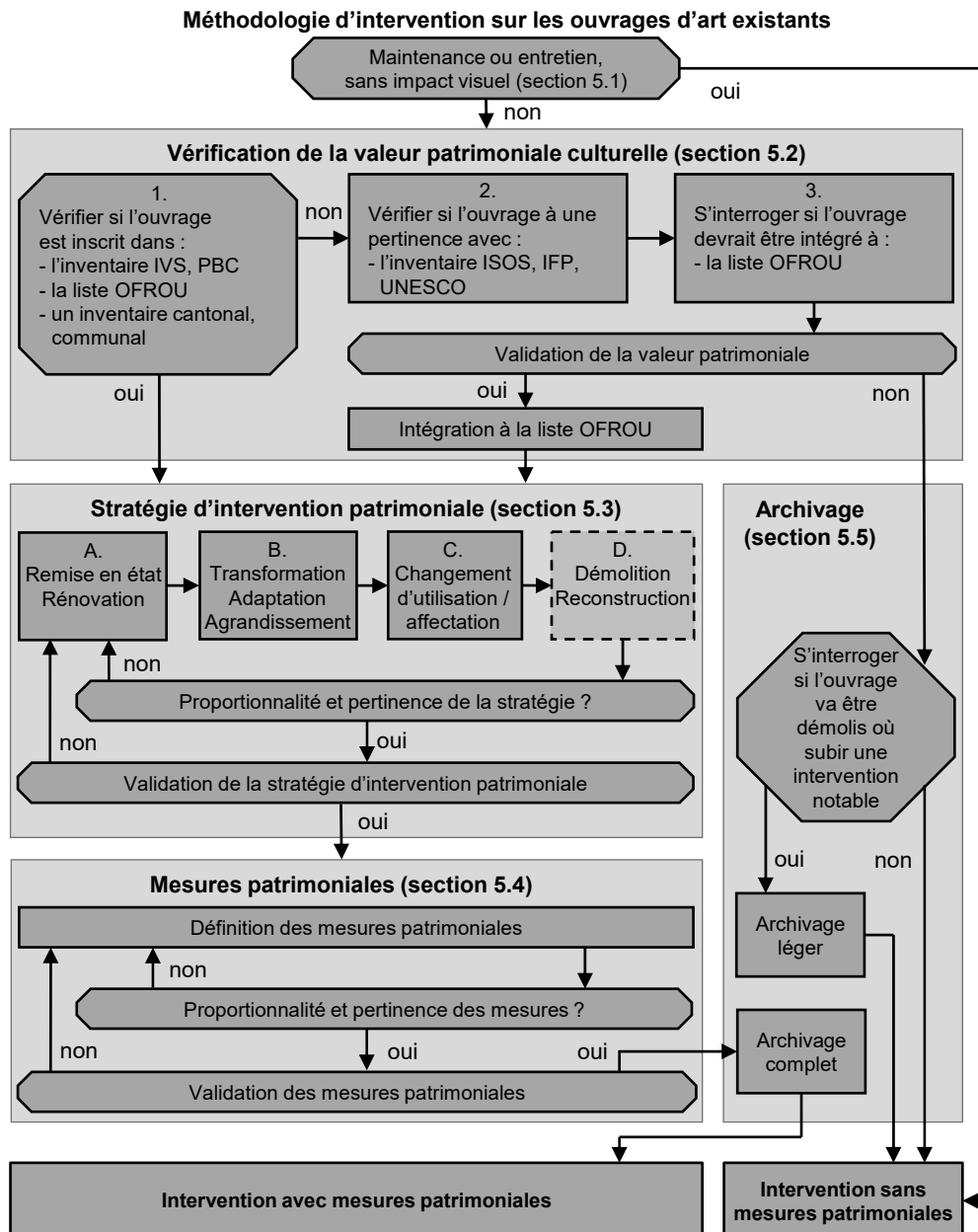


Figure 1. Organigramme de programmation (flowchart) de la méthodologie d'intervention sur les ouvrages d'art existants [Directive OFROU 12003, 2023]. Par soucis de lisibilité et de place, les losanges, habituellement utilisé lors des décisions, ont été remplacés par des losanges rognés

L'avenir de l'ingénierie structurale selon moi

L'ingénierie structurale, tout comme d'autres métiers, est de plus en plus impactée par l'arrivée de l'intelligence artificielle. Ce changement de paradigme engendre une réelle modification de l'approche du métier. En effet, les tâches répétitives ainsi que calculatoires sont et seront progressivement informatisées.

Par ailleurs, dans un contexte sociétal où les questions environnementales sont de plus en plus centrales et influencent inévitablement le monde de la construction, l'ingénieur d'aujourd'hui et de demain est amené à s'adapter à ces enjeux passionnants. Cela requiert les qualités et aspirations suivantes :

- *Un sens critique aigu* : puisqu'une partie des tâches tendent à être déléguées à l'informatique, il me paraît indispensable de vérifier/interpréter minutieusement les résultats et de compléter par la logique et le sens critique les éléments que les IA pourraient négliger.
- *Une grande créativité* : notre métier requiert des réponses adéquates et des solutions innovantes. Loin d'être un simple exécutant, l'ingénieur doit faire valoir sa créativité dans la recherche de solutions, accorder une attention particulière à ses choix de conception. La créativité sera à mon sens un atout de plus en plus central et complémentaire aux solutions amenées par les progrès informatiques.
- *Une compréhension de l'histoire* : comme dans tout domaine, un aspect dont l'importance me semble majeure est la bonne connaissance de l'histoire de l'ingénierie. L'ingénieur devrait être au courant des différents développements du passé pour mieux comprendre les techniques actuelles, et être ainsi en mesure de les analyser, de s'en inspirer, de les réinterpréter.
- *Une responsabilité* : notre métier entraîne de grandes responsabilités. En effet, nous avons un impact sociétal important sur le paysage, sur nos villes et également sur l'écologie. Les structures conçues doivent ainsi répondre de manière qualitative à ces enjeux sociétaux et écologiques.
- *Un sens relationnel* : le contact avec les clients, les entreprises ou d'autres mandataires, en particulier les architectes, est primordial dans un monde où les projets deviennent de plus en plus pluridisciplinaires. Il est nécessaire que l'ingénieur puisse établir et entretenir des relations professionnelles et humaines.
- *Un sens pédagogique et de communication* : avec l'augmentation de la complexité des projets impliquant un grand nombre d'intervenants ainsi que l'automatisation de tâches par l'ordinateur, l'ingénieur doit être capable de vulgariser et d'expliquer clairement son travail.

Littérature

[Directive OFROU 12003, 2023] Papastergiou D., Waldis W., Dreier D., Monney F. (2023), Les ouvrages d'art des routes nationales en qualité de biens culturels, Directive OFROU 12003, OFROU, 44 p., Suisse

[RS 101, art. 78] Article de la Constitution fédérale sur la protection de la nature et du patrimoine (RS 101, art. 78) du 18 avril 1999

Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement le Prof. Muttoni de m'avoir donné la chance de pouvoir faire une thèse de doctorat dans le laboratoire IBETON.

Contact

Frédéric Monney

structurame sàrl

Rue du Beulet 6, 1203 Genève

email : frederic.monney1@gmail.com

Qianhui Yu

Curriculum vitae

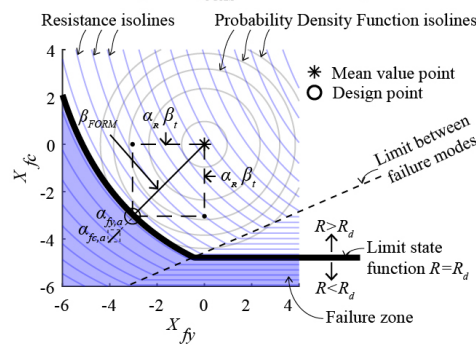
Born in China the 12th of February 1990, Qianhui Yu completed the bachelor's (2008-2012) and master's (2012-2015) degree in civil engineering at Tongji University. She completed her PhD (2018-2023) in IBETON (EPFL) where she currently works as a postdoc researcher in the field of uncertainty quantification and safety format calibration for reinforced concrete structures.



My PhD thesis

The title of my thesis, submitted in 2023 was: “Reliability analysis and partial safety format calibration considering the characteristics of the resistance of reinforced concrete structures”. In the thesis, we investigated the safety format calibration for advanced nonlinear structural resistance analysis methods and new materials in reinforced concrete structures.

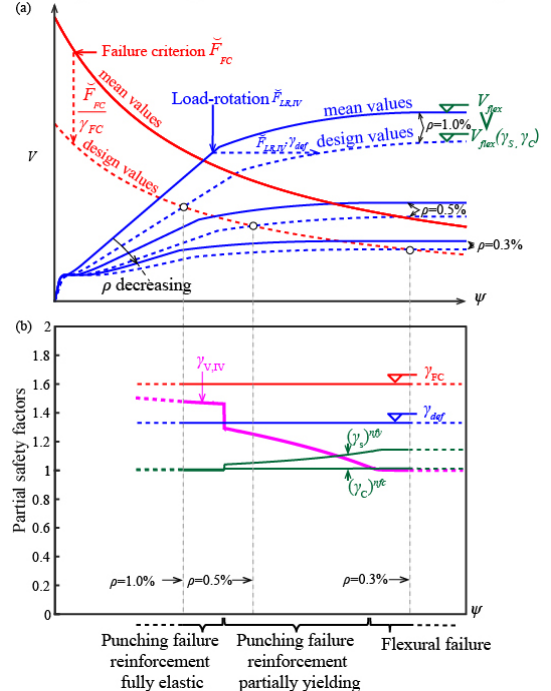
Achieved reliability index β_{FORM} with Partial Safety Factor Format



In the first part, the simplifications and assumptions in the classical partial safety factor format for the resistance of reinforced concrete structures are examined. It is shown that when the ‘non-decreasing assumption’ is valid, the partial safety factors applied to material strength variables lead to a satisfactory level of reliability, regardless of the development of multiple failure modes induced by material uncertainties. The test for the ‘non-decreasing assumption’ for the resistance model is implemented in Annex F ‘Safety format for non-linear analysis’ of the second generation of Eurocode 2. In the second part of the thesis, the model uncertainty and safety format calibration for strain-based approaches are

investigated focusing on the example of the punching shear resistance model based on Critical Shear Crack Theory. It is shown that the model uncertainty of global resistance solution of strain-based approach can be viewed as the resultant of the model uncertainties of the sub-models. In addition, the model uncertainty of the global resistance solution can be lower than those of the sub-models, depending on their sensitivity relationship. Based on these observations, different types of partial safety formats for strain-based approaches are compared. The outcome of this work serves as the background document explaining the consistency between the safety format for the closed-form and the strain-based punching shear resistance model adopted in the second generation of Eurocode 2. The third part of the thesis deals with the partial factor calibration for structures systems with brittle response (with limited or none redistribution capacity of internal forces). Based on the experimental data of Textile Reinforced Concrete, it is shown that unlike structures with ductile response, the model uncertainty for brittle systems is highly sensitive to the assumptions made about the stiffness of structures in the action effect analysis. This effect needs to be accounted for in the partial factor calibration for structures with brittle responses. The partial factor for the flexural response of Textile Reinforced Concrete is calibrated based on the outcome of this work.

Effect of partial factors applied to sub-models for different failure regimes



What I learned from my thesis

Through the experience in IBETON, the first thing I learned is to appreciate more the value and the beauty of civil engineering works. Regardless of the scale, the structures we build can last for a long time and become part of our living environments. Within all the constraints of safety, cost, durability, etc. it is an art to conceive and realise structures that evokes positive emotions in those who inhabit, pass by or just simply see them.

Another important thing that I learned is the balance between simplicity and precision. When I first arrived in Switzerland, I was amazed by the wide use of stress field method (as well as strut-and-tie models) in teaching and engineering practice. It is a good example of a tool with solid theoretical basis and can be used in a flexible manner. Such tools can help engineers understand structural behaviour to an acceptable level of precision when their applicability conditions are respected. The simplicity and efficiency of such tools are crucial for their usefulness in practice. The enhanced intuitive understanding of structural behaviour brought by these tools can increase the reliability of engineering decision. With the wide availability of numerical analysis tools nowadays, it seems that structural modelling can go into great detail. However, it is sometimes forgotten that more refined modelling requires more parameters and the measurement or calibration of those parameters risk of introducing more errors into the model. I learned from the research experience in IBETON that for a given engineering problem, it is the responsibility of the engineers to identify the dominating parameters and control them to an acceptable level of precision. The number of parameters for a model should be sufficient but also not too many.

The future of structural engineering in my perspective

The practice of structural engineering is constantly evolving with the changing demands from society. Nowadays, there is a growing awareness in society of the limits of growth and the planetary boundaries. This also changes the requirements for structural engineering industry. In my opinion, more efficient use of material and energy will be the primary goal for the future structural engineering industry. Significant changes need to be made to achieve this goal. For example, houses in different part of the world use to be constructed in quite different manners as a resultant of the local climate, raw material, culture and other factors. However, in the past century, they tend to become more and more similar everywhere, especially in developing countries where large amount of new houses are built in a short period of time. In the future, I believe structural engineering needs to go back to the localized and customized solutions. This will demand more thoughtful input from engineers. We can draw inspiration from construction history, where human beings had been engineering structures under far tighter resource constraints than we face today. In addition, the advancements in science and technology will also help us achieve more sustainable construction. By learning from past experiences and incorporating modern technologies, we can develop innovative solutions to meet future challenges in structural engineering.

Acknowledgements

I would like to take the chance to express my sincere gratitude to Prof. Muttoni for the great inspiration and support provided throughout my PhD journey.

Contact:

Qianhui Yu

Rue de Genève 77bis, 1004, Lausanne, Switzerland

email: yuqianhui1990@hotmail.com

Marko Pejatović

Curriculum vitae

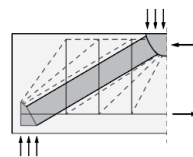
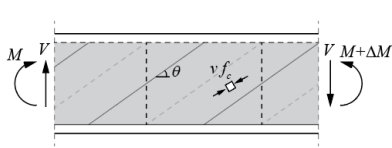
He obtained the Bachelor Degree in Civil Engineering in 2015 and the Specialization Degree the following year in Structural Engineering, both at University of Montenegro (UCG) in Montenegro. Subsequently, he enrolled at The Polytechnic University of Milan (Polimi) in Italy, where he completed the Master Degree in 2018 in the domain of Structural Engineering. In 2019, he started the PhD programme at the Structural Concrete Laboratory (IBETON) at Swiss Federal Institute of Technology (EPFL) in Lausanne, Switzerland. He anticipates to defend his PhD thesis in the mid-February 2024.



My PhD thesis

The title of my thesis, submitted in 2024, was “Models for shear-reinforced concrete and dowel action”. This thesis addresses the design of reinforced concrete members with shear reinforcement based on the stress field approach, with the aim to provide accurate values for the design or verification of both slender and squat members. It then goes on by presenting a model to better understand the behaviour of steel and concrete in presence of dowel action in reinforcing bars.

Consistent models based on suitable stress fields, as for example the Variable-Angle Truss models, can be used for the shear design of slender members with shear reinforcement, as proposed by Eurocode 2 (EN:1992-1-1:2004) and fib Model Code 2010. However, this type of approach usually neglects the contribution of direct struts for loads applied close to the supports, and thus underestimates the resistance in these cases. To account for this phenomenon, the shear resistance of slender members in design codes has typically been

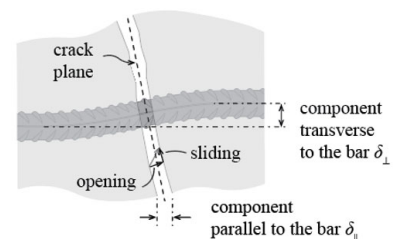


adjusted by empirical corrections. This thesis shows the advantages of designing these cases based on tailored stress fields, which allow a smooth transition between slender and squat members and yield more accurate predictions than empirical corrections. On that basis, simple design formulae are developed to serve as a basis for a revision for the next generation of design codes (Model Code 2020 and 2nd generation of Eurocode 2).

Reinforcing bars are commonly designed to carry axial forces, neglecting their ability to resist transverse forces by dowel action. On the negative side, dowel action can affect the fatigue resistance of reinforcing bars subjected to cyclic loading, inducing stress concentrations near interfaces with relative displacements transverse to the bar.

This thesis contributes to a better understanding of dowel action by two test series. The first series focuses on the dowel response due to monotonic or low stress-level cyclic actions, with optical fibre and digital image correlation measurements. The results show the influence of the bar diameter, the imposed crack kinematics and the angle between the bar and the crack. The second test series investigates the behaviour of concrete underneath the bar due to a point load. The results show a strong dependency on position of the load along the bar.

As for the stress prediction in reinforcing bars due to dowel action, this thesis presents a new formulation for the bearing stiffness of concrete under the bar to be introduced in Winkler's model as a function of the transverse displacement. The formulation is calibrated based on mechanical considerations and optical fibre measurements, accounting for various effects. The proposed bearing stiffness leads to good predictions of both the dowel force-transverse displacement response and the peak stress in the reinforcing bar for both monotonic and cyclic tests.



What I learned from my thesis

My PhD thesis, focusing on models for shear-reinforced concrete and dowel action, holds significant implications for the field of structural concrete engineering. By developing and refining models for shear design of members with shear reinforcement, the thesis provides valuable insights for engineers seeking to optimize the performance and safety of concrete structures, thereby contributing to the overall sustainability of the built environment.

Furthermore, the investigation on dowel action in concrete structures is of paramount importance, particularly in cases of detected cracks, jointed elements and connections. The results of my thesis contribute to predicting the stress in reinforcing bars due to dowel action, facilitating the assessment of existing structures for fatigue.

On a personal level, the journey of developing my thesis has been an invaluable learning experience. It has equipped me with advanced research skills, a deeper understanding of complex structural behaviour, and the ability to apply theoretical knowledge to real-world engineering problems. The interdisciplinary nature of the research, conducted at a prestigious institution like EPFL, has allowed me to collaborate with experts in the field, broadening my perspective and refining my analytical and problem-solving skills.

In conclusion, my PhD thesis not only has practical implications for the improvement of structural concrete design of new and assessment of existing structures, but has also been a transformative learning experience that has prepared me for a rewarding career in engineering practice.

The future of structural engineering in my perspective

In my perspective, the future of structural engineering will be based on the transformative advancements driven by innovation and technology. Moreover, digital tools like Building Information Modelling (BIM) and artificial intelligence are constantly reshaping the way structural concrete is conceptualized, designed and analysed.

The increasing emphasis on eco-conscious design will necessitate the structural optimization. This involves replacing conventional cement with more eco-friendly mixtures, implementing the energy-efficient designs and utilizing recycled materials. These practices are not just trends but are evolving into fundamental aspects of structural engineering.

Acknowledgements

I am sincerely grateful to Prof. Aurelio Muttoni for giving me the opportunity to develop my PhD thesis at the Structural Concrete Laboratory (IBETON) at EPFL in Switzerland. I would also like to express my gratitude to all the collaborators at IBETON for their outstanding collaboration.

Contact:

Marko Pejatović

Structural Concrete Laboratory (IBETON), EPFL
EPFL Route de la Sorge, Station 18, CH-1015 Lausanne, Switzerland

email: marko.pejat@gmail.com

Xhemi Malja

Curriculum vitae

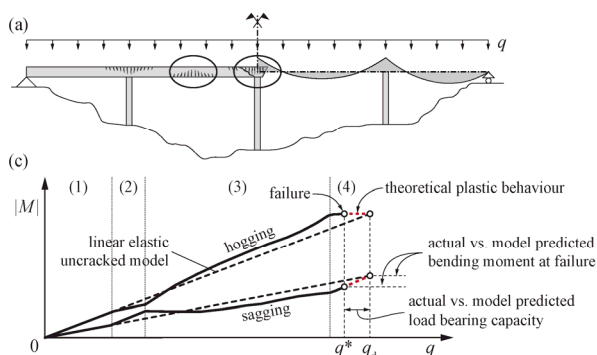
Born in Krujë (Albania) on the 28th of February 1994. Xhemi Malja completed his primary education in Albania before moving to Reggio Emilia (Italy) in 2005, where he continued his studies through the completion of high school. In 2013, he decided to pursue the higher degree studies in Civil Engineering in Modena (UNIMORE) where he obtained both the bachelor's and master's degree. After graduating in 2018, he worked for “Piacentini Ingegneri Srl” in Bologna, where he was mainly involved in projects related to existing bridges. In 2019, he moved to Lausanne (Switzerland) to pursue the PhD studies at EPFL. He will defend his PhD thesis in spring 2024.



My PhD thesis

The title of my thesis, submitted in 2024, is: “Influence of model uncertainty and long-term deformations in action effects calculation in reinforced concrete structures”.

Most current codes of practice adopt a semi probabilistic design approach for the dimensioning and assessment of structures. Accordingly, structural safety is ensured by performing limit state verifications using design values determined with adequately calibrated partial safety factors. In this context, the aim of this thesis is to contribute clarifying the uncertainties covered by each partial factor, quantifying the basic uncertainties still not properly investigated and calibrate the respective partial safety factors.



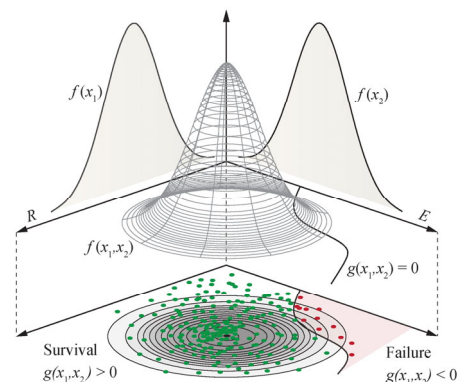
Depending on the type of structure, the analysis performed and the code of practice used, structural verifications can be performed by comparing action effects to sectional resistances or by comparing the load bearing capacity directly to the action. Both verification methods lead to the same result for statically determinate structures, but the results can be different for statically indeterminate structures.

The first contribution of this thesis is to quantify the uncertainty in action effects and load bearing capacity calculation for reinforced concrete structures. To this purpose, various mechanical models and failure modes are considered by using experimental results available in literature.

The second contribution of this thesis is to investigate the effect of high-level sustained loading in axially compressed reinforced concrete members. An experimental programme including 14 prismatic specimens is performed to investigate the deformation capacity enhancement and compressive strength reduction of the members. The deformation capacity influences the uncertainty in calculating action effects due to force redistributions in statically indeterminate members while the compressive strength reduction influences the load bearing capacity calculation for structures relying on reinforced concrete members in compression.

The last part of the thesis focuses on updating the partial safety factors for permanent loads in road bridges by means of updated statistical distributions of the uncertainties related to traffic loads, models, geometry and materials strength. To this purpose Monte-Carlo and FORM reliability analyses are performed.

Based on the results, a partial safety factor to account for model uncertainties in action effects calculation is proposed, the effects of high-level sustained loading are clarified and two different partial safety factors are proposed for structural and non-structural self-weight in road bridges.



What I learned from my thesis

Pursuing a PhD degree enriches you from various perspectives. From the technical point of view, it provides you with the skills to tackle a problem effectively, regardless of its apparent complexity. This is especially true in fields such as structural safety, where the concept of safety itself is challenging to define and quantify. Nevertheless, even for such a cumbersome problem, it is possible to define a scientific and rigorous methodology allowing to formulate codes of practice, which ensure designing structures that are both safe and cost-effective. Thus, an apparent theoretical investigation has significant practical implications.

Although the thesis is an individual journey, informal discussions with colleagues, interactions with the research committee members and a continuous dialogue with the supervisor are essential to foster critical thinking, which allows exploring new approaches and teaches that mistakes are part of the learning process. This journey has also taught me to be resilient and to navigate through difficult moments by leveraging the passion for this profession. Also, assisting courses and projects has taught me the importance of transmitting knowledge. To summarize, despite the perception that investigating the same topic for such a long time might provide all the answers regarding that topic, the true lesson lies in acquiring the skills to pose the right questions.

The future of structural engineering in my perspective

I believe that the future of structural engineering will not be different from what it is today and what it was in the past. The structural engineer's primary responsibility remains ensuring a secure environment, whether it's a residential building, a school, or a bridge. However, I believe that in the future, this profession will become more interesting as routine tasks, which do not require an intellectual contribution, will reduce thanks to new technologies. This shift will leave more space for the conceptual design along with new challenges, which in the current context of climate change become even more significant. In this context, engineers must become more flexible welcoming the use of new materials both by making full use of their advantages and bearing in mind the disadvantages. Also, it is necessary to move towards a more optimized and responsible design that allows using less material more efficiently, without sacrificing durability and safety.

Since many structures in use today are reaching the end of their life span, an important part of structural engineering in the next decades will involve assessing and retrofitting of existing structures. This will require engineers to develop a series of new skills that in the past were less important. In fact, working on a structure conceived and built in the past requires creativity, critical thinking, intuition and a deep knowledge of the underlying theoretical principles. Moreover, new technologies for inspection and monitoring will be fundamental for improving decision making when dealing with existing structures. In conclusion, I am optimistic about the future of structural engineering, however, I also believe that currently our profession lacks the recognition it deserves. Therefore, it is important for every engineer to proactively engage and ensure the rightful recognition by making this profession more accessible, also from a non-technical point of view.

Acknowledgements

I would like to express my gratitude to Prof. Aurelio Muttoni for the opportunity and to the Federal Roads Office (FEDRO) for funding part of my research.

Contact:

Xhemi Malja

PhD candidate at EPFL

Chemin de Montilly, 18, 1007, Lausanne

email: xhemi.malja@gmail.com

Diego Hernández Fraile

Curriculum vitae

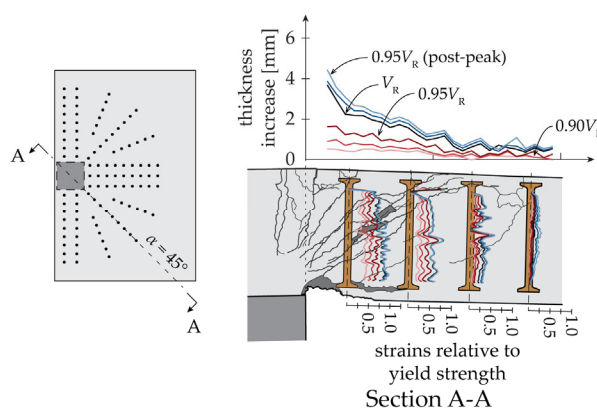
Diego was born in Madrid, Spain, on January 3rd 1992, and raised in a small city in the outskirts called Tres Cantos, where he went to high school. He did his Civil Engineering studies at Universidad Politécnica de Madrid (UPM) from 2010 to 2016, where he participated in two student exchange programs, one to Imperial College London in the UK, and another to UC Berkeley in California, USA. Afterwards, he joined the team of Torroja Ingeniería SLP, the design office created by Eduardo Torroja in 1927, where he worked between 2016 and 2019. He was involved in the design of highway bridges, notably in North America and Brazil, and he also worked on the design of a high-speed railway viaduct in Spain that was unfortunately never built. In January 2020 he came to Lausanne to do his PhD under the supervision of Aurelio Muttoni, becoming the last punching PhD of his tenure.



My PhD thesis

The title of my thesis, submitted in 2024, is: “*Shear and steel-fibre reinforcement for the punching resistance of flat slabs at internal and edge columns*”.

The first part consisted of two tests on edge slab-column subassemblies, one with shear reinforcement and another without, where we externally introduced moment continuity in the direction perpendicular to the slab free edge. Using refined measurement techniques, we quantified the contribution to the slab resistance of the various shear transfer actions. Notably, we estimated the dowelling of the flexural reinforcement and the contribution of the flexural rebars at the free edge of the slab which, if adequately anchored, can enhance not only the resistance but also the deformation capacity. The figure on the left shows detailed results for the shear-reinforced slab in the diagonal direction.



The second part included a refined mechanical model for maximum punching failures and a simplified analytical model, derived from the first. Both were developed within the theoretical framework of the Critical Shear Crack Theory. A new expression to define the flexural response of shear-reinforced flat slabs was proposed, as well as a generalised failure criterion for the contribution of concrete to punching, expressed as a function of the inclination of the failure surface and therefore applicable to slabs with and without shear reinforcement. A shear stress to shear deformation analytical expression was also proposed to allow evaluating stress redistributions around the column perimeter.

By quantifying the influence of the most relevant parameters on the maximum punching resistance of a slab, we derived analytical expressions for the maximum punching coefficient (η_{sys}) introduced in new Eurocode 2 (EN1992-1-1:2023), both for the design of new structures and for the assessment of existing structures. These second formulae are especially useful for existing structures where the shear reinforcement does not comply with current detailing requirements.

The final part addressed the orientation of fibres in flat slabs and their actual contribution to the punching and flexural resistances. We analysed the orientation of fibres in cores extracted from six slabs that had been previously tested. Fibres tend to align in horizontal planes, which is detrimental for the improvement of the shear transfer capacity across inclined cracks. In the horizontal plane, fibres also have a preferential alignment direction, related to the direction of the concrete flow and to the interference of flexural rebars. We also proposed a formulation to estimate in a simplified manner the effectiveness of teel fibres to enhance the punching resistance of a slab and its flexural response.

What I learned from my thesis

By doing a doctoral thesis, you explore the land where no one has ever been before, even if it corresponds to a small research niche. This can be scary at times and is overall one of the greatest challenges a person can face intellectually. It is probably one of the only times in your life when you are given the time to explore your ideas freely. From this perspective, the experience of going through a PhD has given me the courage to trust my ideas, but also the critical spirit to always validate them against experimental evidence or globally accepted theoretical principles.

One very interesting outcome of sharing your ideas with colleagues is that your proposals may face criticism or disagreement. I think one of the most important things this experience has taught me is to accept being wrong. Learning to cope with open criticism (always from a respectful position) has been probably the hardest for me, and I think it has helped me both from a professional and personal perspectives.

Finally, a very peculiar thing about a PhD is that you are working for your own profit, as the only beneficiary of your effort is your manuscript. This requires working with passion and determination, because otherwise it is very difficult to work that hard. Throughout these four years I have developed a greater passion for the field of structural engineering. I hope to be able to translate this passion into a bold, dedicated professional career on the conception of structures, with self-criticism and committed to searching always for the best solution in terms of functionality, durability, and sustainability.

The future of structural engineering in my perspective

In my short professional experience before the PhD, I saw that the huge capacity of computer programs for structural design would become sometimes a problem rather than an advantage. Instead of spending time on sound structural design and detailing, it can be easy to get lost in hundreds of load combinations or non-linear analyses, sometimes even asked by the client. This situation can be alienating for a designer, converted into what could be called a “calculating engineer”, sometimes with no intervention in the actual decision-making process to conceive a structure. Now, Artificial Intelligence tools have taken over, and a great percentage of people use them on a daily basis. If used adequately, these tools may help the structural engineer devote less time to endless Finite Element analyses and guarantee being a central piece in the conceptual design process. I hope the situation evolves in this direction.

The practices in the construction industry are also probably going to change. Many structures are old, people try to use less the car, and the construction industry accounts for about 40% of the greenhouse gas emissions worldwide. Hopefully, this will translate into less new constructions, and into a greater effort to avoid demolitions. This affects not only existing structures but also the structures that we design nowadays. In my opinion, the design decisions should always go towards building long-lasting structures, thinking of the whole life cycle of the structure and not only of the short-term impacts, so that the engineers from the future can avoid demolishing what we are building now. I think there is the commitment from us to make this change, and that even in the development of codes of practice these ideas are being a central point in the discussions.

Contact:

Diego Hernández Fraile

PhD Student at IBETON

Chemin de Renens 41, 1004 Lausanne, Switzerland

email: diego.hfraile@gmail.com

Enrique Corres Sojo

Curriculum vitae

He started his bachelor's in civil engineering in 2011 at the Technical University of Madrid. Between 2014 and 2015, during the last year of the degree, he did an exchange at EPFL. Then he started a double master's degree between the Technical University of Madrid and the Ecole des Ponts Paris Tech between 2015 and 2019. This included a one year internship at Guy Nordenson and Associates in New York. In this small design office specialized in buildings and footbridges, he worked in projects such as the IAAM museum in Charleston or the Studio Museum in New York.



Afterwards, he worked in the Research and Development department of Sumitomo Mitsui Construction in Tokyo for one year between 2019 and 2020. During this time he studied the feasibility of long-span concrete bridges and monitoring of existing bridges. After this, he started my PhD at Ibeton from 2020 until now 2024.

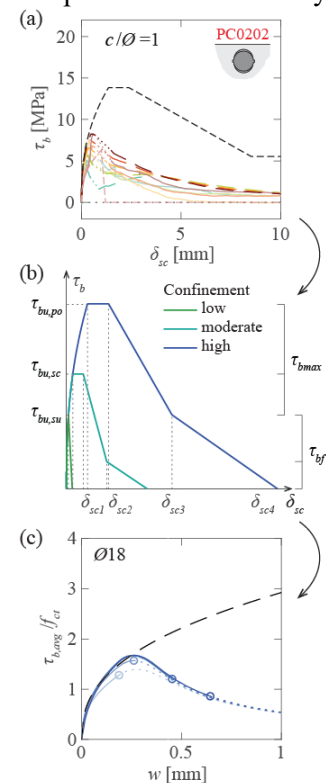
My PhD thesis

The title of my thesis, submitted in 2024, was: “*A contribution to the rebar-to-concrete interaction and its structural implications for design and monitoring applications*”. Bond plays an important role in the response of reinforced concrete structures affecting phenomena such as cracking or anchorage resistance, amongst others. Given its relevance, the main purpose of the thesis is to improve the understanding of bond between the steel reinforcement and the concrete. Extensive research has been conducted in the different phenomena affected by bond. This indicates at the same time its relevance and its complexity. The improvements in detailed measurement techniques such as Digital Image Correlation and fibre optical measurements have proven very useful for the understanding of bond.

Firstly, to investigate the activation of bond stresses in anchorages, an experimental programme of medium-length pull-out tests was performed to study the influence of several parameters commonly appearing in concrete structures. A reference bond-slip relationship based on pullout test results was proposed. The activated local bond stresses along the anchorage length can be explained and quantified by a reduction of the reference bond-slip relationship based on the development of cracks along the bar. Particularly, by the propagation of spalling cracks (parallel to the bar and approximately parallel to the concrete surface), splitting cracks (parallel to the bar and approximately perpendicular to the concrete surface) and conical cracks leading to concrete cone breakouts near the loaded end of the bar.

The second part of this research aims at improving the accuracy and generality of the bond-slip relationship for various conditions. A particular attention was given to provide a mechanical basis for the proposed expressions whenever possible.

Lastly, the pertinence of the proposed bond-slip relationship was verified by applying it to cracked concrete elements. For this purpose, an experimental programme composed of reinforced concrete ties and beams was performed. Further data from tests by other researchers was also used for the validation. The proposed relationship satisfactorily describes the activation of bond stresses in the longitudinal and shear reinforcement of the tested members. The experimental results, however, differ from typically assumed values. Given the potential of these new detailed measurement techniques, their pertinence for monitoring cracks in existing structures was also investigated, showing promising results.



What I learned from my thesis

I consider my thesis to be the result of a period of time devoted to a specific topic that includes learning and trying to push its boundaries. I think the deep insight that one gains on the studied topic also leads to the realization of the immensity of unknowns that still remain on the very same topic. I believe that this is useful to keep in mind the practical sense of the research.

Besides the technical knowledge, I believe that I have learnt many other useful things from the experience. Something I take away from this journey are the tools to approach an open problem. The beginning is an interesting point, where one realizes that there are “infinite” paths that can be followed. Eventually, an idea sparks and sets a course that will then take multiple turns before reaching its final destination. These turns are often the result of failed attempts which, to some extent, help developing resilience and capacity to deal with frustration.

Furthermore, the thesis has been the first opportunity for me to collaborate closely with students. From my own experience, I find that having invested and passionate professors is something that can make a difference in the formation of young engineers. In this sense, the teaching activities during the thesis have been a great opportunity to learn how to motivate and challenge students.

The future of structural engineering in my perspective

My view might be slightly biased as in the past years I have seen much more of the academic world than I have seen of the practice. Nevertheless, here it goes. I believe that for things to change there needs to be a change in the mentality of the society. The civil engineering community seems to be fairly aware of the environmental challenges that we are facing and that we will face in the coming years. This is reflected in the efforts and research devoted to come up with new solutions to solve some of the problems we face today.

Although the construction industry is characterized by a considerable inertia, there are more and more examples proving that things can change. We rarely find the best solution at the first try and, for this reason, we need to keep improving and to keep trying. There is a long way to go, specially in the places where the needs for growth are the highest. I believe that the only way things will improve is by being proactive and participant in the change. In this context, I am optimistic about the Artificial Intelligence boom that is taking place. I think that it can bring tools to facilitate time consuming tasks with lower added value, leaving more room for good conceptual design and sound engineering.

Contact:

Enrique Corres Sojo

PhD candidate at the Laboratory of Concrete Structures at EPFL
Avenue de Sevelin 13B, 1004, Lausanne

email: e.corres.sojo@gmail.com

Publications

Thèses de doctorat

35. Corres Sojo Enrique, *A contribution to the rebar-to-concrete interaction and its structural implications for design and monitoring applications*, EPFL, Examen de thèse le 23.02.2024
34. Hernández Fraile Diego, *Shear and steel-fibre reinforcement for the punching resistance of flat slabs at internal and edge columns*, EPFL, Examen de thèse le 27.02.2024
33. Malja Xhemi, *Influence of model uncertainty and long-term deformations in action effects calculation in reinforced concrete structures*, EPFL, Examen de thèse le 19.02.2024
32. Pejatović Marko, *Models for shear-reinforced concrete and dowel action*, EPFL, Examen de thèse le 16.02.2024
31. Yu Qianhui, *Reliability analysis and partial safety format calibration considering the characteristics of the resistance of reinforced concrete structures*, EPFL, thèse n°10159, Lausanne, 2023, p. 188
30. Monney Frédéric, *Revisiting Detailing Rules for Bending Bars, Anchorage and Minimum Shear Reinforcement in Concrete Structures*, EPFL, thèse n°8824, Lausanne, 2022, p. 184
29. Cantone Raffaele, *The mechanics of shear failures in RC slabs based on refined measurements*, EPFL, thèse n°7555, Lausanne, 2021, p. 160
28. Moccia Francesco, *On the compressive and bond strength of reinforced concrete as structural properties*, EPFL, thèse n°7764, Lausanne, 2021, p. 215.
27. Tirassa Max, *The transfer of forces through rough surface contact in concrete*, EPFL, thèse n°7804, Lausanne, 2020, p. 258
26. Valeri Patrick, *A Contribution to the Design of Textile Reinforced Concrete Structures*, EPFL, thèse n°7490, Lausanne, 2020, 146 p.
25. Tasevski Darko, *Time-dependent strength of concrete in compression and shear*, EPFL, thèse n°9559, Lausanne, 2019, 139 p.
24. Simões João Tiago, *The mechanics of punching in reinforced concrete slabs and footings without shear reinforcement*, EPFL, thèse n°8387, Lausanne, 2018, 223 p.
23. Cavagnis Francesco, *Shear in reinforced concrete without transverse reinforcement: from refined experimental measurements to mechanical models*, EPFL, thèse n°8216, 2017, 223 p.
22. Niketic Filip, *Development of a consistent approach for design and assessment of structural concrete members using stress fields and strut-and-tie models*, EPFL, thèse n°7911, 2017, 193 p.
21. Backes Marie-Rose, *Stress fields for the interaction of in-plane and out-of-plane forces in reinforced concrete shell elements*, EPFL, thèse n°7474, 2017, 136 p.
20. Brantschen Fabio, *Influence of bond and anchorage conditions of the shear reinforcement on the punching strength of RC slabs*, EPFL, thèse n°7315, 2016, 186 p.
19. Drakatos Ioannis Sokratis, *Seismic behavior of slab-column connections without transverse reinforcement*, EPFL, thèse n°7232, 2016, 194 p.
18. Einpaul Jürgen, *Punching Strength of Continuous Flat Slabs*, EPFL, thèse n°6928, Lausanne, 2016, 209 p.
17. Maciel Natário Francisco Manuel, *Static and Fatigue Shear Strength of Reinforced Concrete Slabs Under Concentrated Loads Near Linear Supports*, EPFL, thèse n°6670, Lausanne, 2015, 163 p.
16. Rupf Michael, *Querkraftwiderstand von Stahlbeton- und Spannbetonträgern mittels Spannungsfeldern*, EPFL, thèse n°6004, Lausanne, 2014, 153 p.
15. Campana Stefano, *Éléments en béton armé soumis à une combinaison de flexion, effort tranchant et forces de déviation*, EPFL, thèse n°5574, Lausanne, 2013, 162 p.

14. Clément Thibault, *Influence de la précontrainte sur la résistance au poinçonnement de dalles en béton armé*, EPFL, thèse n°5516, Lausanne, 2012, 222 p.
13. Lips Stefan, *Punching of Flat Slabs with Large Amounts of Shear Reinforcement*, EPFL, thèse n 5409, Lausanne, 2012, 217 p.
12. Tassinari Luca, *Poinçonnement non symétrique des dalles en béton armé*, EPFL, thèse n°5030, Lausanne, 2011, 197 p.
11. Dreier Damien, *Interaction sol-structure dans le domaine des ponts intégraux*, EPFL, thèse n°4880, Lausanne, 2010, 225 p.
10. Guidotti Roberto, *Poinçonnement des planchers-dalles avec colonnes superposées fortement sollicitées*, EPFL, thèse n°4812, p. 197, 2010 (thèse codirigée avec le Dr M. Fernández Ruiz)
9. Mirzaei Yaser, *Post-punching behavior of reinforced concrete slabs*, EPFL, thèse n°4613, p. 230, 2010
8. Kostic Neven, *Topologie des champs de contraintes pour le dimensionnement des structures en béton armé*, EPFL, thèse n° 4414, 2009
7. Redaelli Dario, *Comportement et modélisation des éléments de structure en béton fibré à ultra-hautes performances avec armatures passives*, EPFL, thèse n° 4298, 2009
6. Spasojevic Ana, *Structural implications of ultra-high performance fibre-reinforced concrete in bridge design*, EPFL, thèse n° 4051, 2008
5. Vaz Rodrigues Rui, *Shear Strength of Reinforced Concrete Bridge Deck Slabs*, EPFL, thèse n°3739, 264 p., 2007
4. Plumey Sylvain, *Interaction sol-structure dans le domaine des tranchées couvertes*, EPFL, thèse n°3714, 299 p., 2007 (thèse codirigée avec le Prof. L. Vulliet)
3. Jungwirth Jörg, *Zum Tragverhalten von zugbeanspruchten Bauteilen aus Ultra-Hochleistungs-Faserbeton*, EPFL, thèse n°3429, 214 p. , 2006
2. Hars Eckart, *Zum Querkraftwiderstand von Stahl- und Spannbetonträgern mit dünnen Stegen*, EPFL, thèse n° 3551, 275 p., 2006
1. Guandalini Stefano, *Poinçonnement symétrique des dalles en béton armé*, EPFL, thèse n°3380, 289 p., 2005

Livres

2. Muttoni A. “*The art of structures, Introduction to the functioning of structures in architecture*”, EPFL Press, Lausanne, Switzerland, 2011, 286 p. (in French: *L'art des structures; Une introduction au fonctionnement des structures en architecture*”, Presses Polytechnique et Universitaires Romandes, Lausanne, Switzerland, 2004, 271 p.; in Italian: *L'arte delle strutture, un'introduzione al funzionamento delle strutture in architettura*”, Mendrisio Academy Press, Mendrisio, Switzerland, 2006, 264 p.)
1. Muttoni A., Schwartz J., Thürlimann B., “*Design of Concrete Structures with Stress Fields*”, Birkhäuser, Basel-Boston-Berlin, 1997, 143 p (in German: „*Bemessung von Betontragwerken mit Spannungsfeldern*“, Birkhäuser, Basel-Boston-Berlin, 1997, 145 p)

Articles publiés ou soumis dans des revues scientifiques

125. Yu Q., Simões, J. T., Muttoni A., *Refined punching shear verification of flat slabs: uncertainties and associated safety formats*, Submitted
124. Muttoni A., Yu Q., Simões, J. T., *On the partial safety factors in structural concrete*, Submitted
123. Hernández Fraile D., Simões J. T., Muttoni A., *Enhancing the analytical model of the CSCT for maximum punching failures of flat slabs*, Submitted
122. Pejatović M., Muttoni A., *Shear in members with shear reinforcement according to Eurocode and Model Code: improvements and comparison with test results*, Submitted
121. Pejatović M., Muttoni A., *Steel stresses and shear forces in reinforcing bars due to dowel action*, Submitted

120. Pejatović M., Muttoni A., *Experimental investigation of dowel action in reinforcing bars using refined measurements*, Submitted
119. Corres E., Muttoni A., *Local bond-slip model based on mechanical considerations*, Submitted
118. Corres E., Muttoni A., *Estimation of the bar stress based on crack width measurements in reinforced concrete structures*, Submitted
117. Vincens B., Corres E., Muttoni A., *Image-based techniques for initial and long-term characterization of crack kinematics in reinforced concrete structures*, Submitted
116. Malja X., Nussbaumer A., Muttoni A., *Recalibration of partial safety factors for permanent loads*, Submitted
115. Malja X., Nussbaumer A., Muttoni A., *Model uncertainties in action effects and load bearing capacity calculation in statically indeterminate reinforced concrete structures*, Submitted
114. Setiawan A., Cantone R., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Verification of shear failures of cantilever bridge deck slabs subjected to concentrated loads*, Engineering Structures 303 (2024) 117491
113. Hernández Fraile D., Faccin E., Minelli F., Plizzari G., Muttoni A., *Fibre orientation in SFRC slabs and consequences for punching shear and flexural resistance*, Engineering Structures 302 (2024) 117364
112. Corres E, Muttoni A., *Bond of steel reinforcement based on detailed, measurements: Results and interpretations*, Structural Concrete. (2023)
111. Yu Q., Simões J.T., Muttoni A., *Model uncertainties and partial safety factors of strain-based approaches for structural concrete: Example of punching shear*, Engineering Structures 292 (2023) 116509
110. Muttoni A., Simões J.T., *Shear and punching shear according to the Critical Shear Crack Theory: background, recent developments and integration in codes*, IBRACON Structures and Materials, vol. 16, no. 3, e16302, 2023
109. Coronelli D., Muttoni A., Martinelli L., Del Vecchio C., Gaetani d'Aragona M., Lignola G.P., Prota A., Kagermanov A., Marinkovic M., *Flat slab response for seismic and cyclic actions prediction with numerical models*, Engineering Structures, 289 (2023)
108. Hernández Fraile D., Setiawan A., Borges dos Santos J., Muttoni A., *Punching tests on edge slab-column connections with refined measurements*, Engineering Structures, 288 (2023)
107. Ravasini S., Vecchi F., Belletti B., Muttoni A., *Verification of deflections and cracking of RC flat slabs with numerical and analytical approaches*, Engineering Structures, 284 (2023)
106. Monney F, Fernández Ruiz M, Muttoni A., *Influence of amount of shear reinforcement and its post-yield response on the shear resistance of reinforced concrete members*. Structural Concrete. (2022). 1–33.
105. Borges dos Santos J., Muttoni A., de Melo G.S. *Enhancement of the punching shear verification of slabs with openings*. Structural Concrete. 2022. 1–18.
104. Pejatovic M, Ruiz MF, Muttoni A. *Design of slender and squat reinforced concrete members with shear reinforcement*. Structural Concrete. 2022. 1–17.
103. Malja X, Ebrahimi Motlagh HR, Fernández Ruiz M, Muttoni A., *Influence of sustained loading on resistance and deformation capacity of reinforced concrete members in compression*. Structural Concrete. 2022. <https://doi.org/10.1002/suco.202200571>
102. Fernández Ruiz M., Hoang L., C., Muttoni A., *Stress fields and strut-and-tie models as a basic tool for design and verification in second generation of Eurocode 2*, Hormigon y Acero, <https://doi.org/10.33586/hya.2022.3086>, (2022)
101. Muttoni A., Simões J. T., Faria D. M.V., Fernández Ruiz M., *A mechanical approach for the punching shear provisions in the second generation of Eurocode 2*, Hormigon y Acero, <https://doi.org/10.33586/hya.2022.3091> (2022)

100. Pinho Ramos A., Isufi B., Marreiros R., Coronelli D., Netti T., Lamperti Tornaghi M., Tsionis G., Muttoni A., *Seismic Performance of Strengthened Slab-Column Connections in a Full-Scale Test*, Journal of Earthquake Engineering, <https://doi.org/10.1080/13632469.2022.2112320> (2022)
99. Monney F., Yu Q., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Anchorage of shear reinforcement in beams and slabs*, Engineering Structures, 265 (2022)
98. Yu Q., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Considerations on the partial safety factor format for reinforced concrete structures accounting for multiple failure modes*, Engineering Structures, 264 (2022)
97. Cantone R., Setiawan A., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Characterization of shear deformations in reinforced concrete members without shear reinforcement*, Engineering Structures, 257 (2022), 16 p.
96. Muttoni A., Coronelli D., Lamperti Tornaghi M., Martinelli L., Pascu I.R., Pinho Ramos A., Tsionis G., Bamonte P., Isufi B., Setiawan A., *Deformation capacity evaluation for flat slab seismic design*, Bulletin of Earthquake Engineering, Volum 20 (2022), p. 1619-1654
95. Yu Q., Valeri P., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *A consistent safety format and design approach for brittle systems and application to textile reinforced concrete structures*, Engineering structures, 249 (2021)
94. Monney F., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Design against splitting failures in reinforced concrete due to concentrated forces and minimum bend diameter of reinforcement*, Engineering Structures, 245, (2021), 23 p.
93. Coronelli D., Lamperti Tornaghi M., Martinelli L., Molina F.-J., Muttoni A., Pascu I.R., Pegon P., Peroni M., Pinho Ramos A., Tsionis G., Netti T., *Testing of a full-scale flat slab building for gravity and lateral loads*, Engineering Structures (2021), 17 p.
92. Cantone R., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Shear force redistributions and resistance of slabs and wide beams*, Structural Concrete, 23 p. (2021)
91. Moccia F., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Spalling of concrete cover induced by reinforcement*, Engineering Structures, 237, (2021)
90. Moccia F., Fernández Ruiz M., Metelli G., Muttoni A., Plizzari G., *Casting position effects on bond performance of reinforcement bars*, Structural Concrete, (2021)
89. Coronelli D., Muttoni A., Pascu I. R., Ramos A. P., Netti T., *A state of the art of flat-slab frame tests for gravity and lateral loading*, Structural Concrete, (2020)
88. Cantone R., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *A detailed view on the rebar-to-concrete interaction based on refined measurement techniques*, Engineering Structures, 226 (2020)
87. Tirassa M., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *An interlocking approach for the rebar-to-concrete contact in bond*, Magazine of Concrete Research, (2020)
86. Tirassa M., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Influence of cracking and rough surface properties on the transfer of forces in cracked concrete*, Engineering Structures, 225 (2020)
85. Moccia F., Yu Q., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Concrete compressive strength: From material characterization to a structural value*, Structural Concrete, (2020)
84. Valeri P., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Tensile response of textile reinforced concrete*, Construction and Building Materials, 258 (2020), 22 p.
83. Moccia F., Kubski X., Fernández Ruiz M., Muttoni A. *The influence of casting position and disturbance induced by reinforcement on the structural concrete strength*. Structural Concrete; p. 1–28. <https://doi.org/10.1002/suco.201900562> (2020)
82. Valeri P., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Modelling of Textile Reinforced Concrete in bending and shear with Elastic-Cracked Stress Fields*, Engineering Structures, 215 (2020)
81. Valeri P., Guaita P., Baur R., Fernández Ruiz M., Fernández-Ordóñez D., Muttoni A. *Textile reinforced concrete for sustainable structures: Future perspectives and application to a prototype pavilion*. Structural Concrete. 2020 ;1–17. (2020)
80. Tasevski D., Fernández Ruiz M., and Muttoni A., *Effect of sustained loading on shear resistance of members without shear reinforcement*; ACI Structural Journal, V. 117, No. 2, March 2020, p. 157-170 (2020)

79. Cavagnis F., Simões J.T., Fernández Ruiz M., and Muttoni A., *Shear Strength of Members without Transverse Reinforcement Based on Development of Critical Shear Crack*, ACI, Structural Journal, Vol. 117 n°1, p. 103-118 (2020).
78. Rotta Loria, A.F., Bocco, M., Garbellini, C., Muttoni, A., Laloui, L., *The role of thermal loads in the performance-based design of energy piles*, Geomechanics for Energy and the Environment (2019)
77. Cantone R., Fernández Ruiz M., Bujnak J., Muttoni A., *Enhancing Punching Strength and Deformation Capacity of Flat Slabs*, ACI, Structural Journal, Vol. 116 n°5 (2019), pp. 261-276.
76. Pundira M., Tirassa M., Fernández Ruiz M., Muttoni A., Anciaux G., *Review of fundamental assumptions of the Two-Phase model for aggregate interlocking in cracked concrete using numerical methods and experimental evidence*, Cement and Concrete Research, 125 (2019)
75. Muttoni, A., Fernández Ruiz, M., *From experimental evidence to mechanical modelling and design expressions: the Critical Shear Crack Theory for shear design*, Structural Concrete, 2019
74. Tasevski D., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Assessing the compressive strength of concrete under sustained actions: from refined models to simple design expressions*, Structural Concrete, 2019.
73. Belletti B, Muttoni A, Ravasini S and Vecchi F, *Parametric analysis on punching shear resistance of reinforced-concrete continuous slabs*. Magazine of Concrete Research, 2019, p. 1-14 <https://doi.org/10.1680/jmacr.18.00123>
72. Tasevski D., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Compressive strength and deformation capacity of concrete under sustained loading and low stress rates*, Journal of advanced concrete technology, Vol. 16, 2018, pp. 396-415
71. Simões J. T., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Validation of the Critical Shear Crack Theory for punching of slabs without transverse reinforcement by means of a refined mechanical model*, Structural Concrete, 2018, pp. 191-206, <https://doi.org/10.1002/suco.201700280>
70. Drakatos I.-S., Muttoni A., Beyer K., *Mechanical Model for Drift-Induced Punching of Slab-Column Connections without Transverse Reinforcement*, ACI, Structural Journal, Vol. 115 n°2 (2018), pp. 463-474.
69. Einpaul J., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Measurements of internal cracking in punching test slabs without shear reinforcement*, Magazine of Concrete Research, 2018, p. 1-13 <http://dx.doi.org/10.1680/jmacr.16.00099>
68. Cavagnis F, Fernández Ruiz M, Muttoni A., *A mechanical model for failures in shear of members without transverse reinforcement based on development of a critical shear crack*, Engineering Structures 157 (2018), pp. 300–315, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.12.004>
67. Cavagnis F, Fernández Ruiz M, Muttoni A., *An analysis of the shear-transfer actions in reinforced concrete members without transverse reinforcement based on refined experimental measurements*. Structural Concrete. 2018;1–16. <https://doi.org/10.1002/suco.201700145>
66. Sørensen J., Herfelt M. A., Hoang L. C., Muttoni A., *Test and lower bound modeling of keyed shear connections in RC shear walls*, Engineering Structures 155 (2018), pp. 115–126, <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.11.004>
65. Shu J., Belletti B., Muttoni A., Scolari M., Plos M., *Internal force distribution in RC slabs subjected to punching shear*, Engineering Structures 153 (2017), pp. 766–781, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.10.005>
64. Muttoni A, Fernández Ruiz M, Simões JT. *The theoretical principles of the critical shear crack theory for punching shear failures and derivation of consistent closed-form design expressions*. Structural Concrete. 2017;1–17. <https://doi.org/10.1002/suco.201700088>

63. Fernández Ruiz M, Muttoni A. *Size effect in shear and punching shear failures of concrete members without transverse reinforcement: Differences between statically determinate members and redundant structures*. Structural Concrete. 2017;1–11. <https://doi.org/10.1002/suco.201700059>
62. Brantschen F., Faria D.M.V. Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Bond behaviour of straight, hooked, U-shaped and headed bars in cracked concrete*, Structural Concrete, Structural Concrete (2016), pp. 799-810, DOI: 10.1002/suco.201500199
61. Simões J., Bujnak J., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Punching shear tests on compact footings with uniform soil pressure*, Structural Concrete (2016), pp. 603-617, DOI: 10.1002/suco.201500175
60. Einpaul J., Ospina C. E., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Punching Shear Capacity of Continuous Slabs*, ACI, Structural Journal, Vol. 113 n°4 (2016), pp. 861-872.
59. Einpaul J., Brantschen F., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Performance of Punching Shear Reinforcement under Gravity Loading: Influence of Type and Detailing*, ACI, Structural Journal, Vol. 113 n°4 (2016), pp. 827-838.
58. Drakatos I.-S., Muttoni A, Beyer B., *Internal slab-column connections under monotonic and cyclic imposed rotations*, Engineering Structures 123 (2016), pp. 501–516, <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.05.038>
57. Simões J.T., Faria D.M.V, Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Strength of reinforced concrete footings without transverse reinforcement according to limit analysis*, Engineering Structures 112 (2016), pp. 146–161, <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.01.010>
56. Einpaul J., Bujnak J., Fernández Ruiz A., Muttoni A., *Study on Influence of Column Size and Slab Slenderness on Punching Strength*, ACI, Structural Journal, Vol. 113 n°1 (2016), pp. 135-145.
55. Burdet O., Einpaul J., Muttoni A., *Experimental investigation of soil-structure interaction for the transition slabs of integral bridges*, Structural Concrete (2015), pp. 470-479, DOI: 10.1002/suco.201400018
54. Cavagnis F., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Shear failures in reinforced concrete members without transverse reinforcement: An analysis of the critical shear crack development on the basis of test results*, Engineering Structures 103 (2015), pp. 157–173, <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2015.09.015>
53. Muttoni A., Fernández Ruiz M., Niketic F, *Design versus Assessment of Concrete Structures Using Stress Fields and Strut-and-Tie Models*, ACI, Structural Journal, Vol. 112 n°5 (2015), pp. 605-616.
52. Fernández Ruiz M., Zanuy C., Natário F., Gallego J.-M., Muttoni A., *Influence of fatigue loading in shear failures of reinforced concrete members without transverse reinforcement*, Journal of Advanced Concrete Technology, Volume 13 (2015), pp. 263-274
51. Fernández Ruiz M., Muttoni A., Sagaseta S., *Shear strength of concrete members without transverse reinforcement: A mechanical approach to consistently account for size and strain effects*, Engineering Structures 99 (2015), pp. 360–372, <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2015.05.007>
50. Amin A., Foster S.J., Muttoni A., *Derivation of the σ - w relationship for SFRC from prism bending tests*, Structural Concrete (2015), pp. 93-105, DOI: 10.1002/suco.201400018
49. Natário F., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Experimental investigation on fatigue of concrete cantilever bridge deck slabs subjected to concentrated loads*, Engineering Structures 89 (2015), pp. 191-203, DOI 10.1016/j.engstruct.2015.02.010
48. Einpaul J., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Influence of moment redistribution and compressive membrane action on punching strength of flat slabs*, Engineering Structures 86 (2015), pp. 43-57, DOI 10.1016/j.engstruct.2014.12.032
47. Argirova, G., Fernández Ruiz, M., Muttoni, A. (2014). *How simple can nonlinear finite element modelling be for structural concrete?*. Informes de la Construcción, 66(extra-1): m013, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.085>.

46. Faria D. M. V., Einpaul J., Ramos A. M. P., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *On the efficiency of flat slabs strengthening against punching using externally bonded fibre reinforced polymers*, Construction and Building Materials 73 (2014), pp. 366-377, DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2014.09.084
45. Sagaseta J., Tassinari L., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Punching of flat slabs supported on rectangular columns*, Engineering Structures 77 (2014), pp. 17–33, DOI: 10.1016/j.engstruct.2014.07.007
44. Natário F., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Shear strength of RC slabs under concentrated loads near clamped linear supports*, Engineering Structures 76 (2014), Volume 72, pp. 10-23, DOI: 10.1016/j.engstruct.2014.06.036
43. Micallef K., Sagaseta J., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Assessing punching shear failure in reinforced concrete flat slabs subjected to localised impact*, International Journal of Impact Engineering 71 (2014), pp. 17-33, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2014.04.003>
42. Clément T., Pinho Ramos A., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Influence of prestressing on the punching strength of post-tensioned slabs*, Engineering Structures 72 (2014), Volume 72, pp. 56-69, <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2014.04.034>
41. Campana S., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Shear Strength of Arch-Shaped Members without Transverse Reinforcement*, ACI Structural Journal, V. 111, No. 3, May-June 2014, pp. 573-582, doi: 10.14359/51686574
40. Muttoni A., Fernández Ruiz M., Bentz E., Foster S., Sigrist V., *Background to fib Model Code 2010 shear provisions – part II: punching shear*, Structural Concrete, Volume 14, Issue 3, September 2013, pp. 204-214, DOI: 10.1002/suco.201200064
39. Sigrist V., Bentz E., Fernández Ruiz M., Foster S., Muttoni A., *Background to the fib Model Code 2010 shear provisions – part I: beams and slabs*, Structural Concrete, Volume 14, Issue 3, September 2013, pp. 195-203, DOI: 10.1002/suco.201200066
38. Fernández Ruiz M., Mirzaei Y., Muttoni A., *Post-Punching Behavior of Flat Slabs*, ACI Structural Journal, V. 110, No. 5, September-October 2013, pp. 801-811.
37. Rupf M., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Post-tensioned girders with low amounts of shear reinforcement: Shear strength and influence of flanges*, Engineering Structures 56 (2013) pp. 357–371, DOI:10.1016/j.engstruct.2013.05.024
36. Clément T., Pinho Ramos A., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Design for punching of prestressed concrete slabs*, Structural Concrete, Volume 14, Issue 2, June 2013, pp. 157-167, DOI: 10.1002/suco.201200028
35. Campana S., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Behaviour of nodal regions of reinforced concrete frames subjected to opening moments and proposals for their reinforcement*, Engineering Structures, Volume 51, June 2013, Pages 200-210, DOI:10.1016/j.engstruct.2013.01.029
34. Muttoni A., Lurati F., Fernández Ruiz M., *Concrete shells – towards efficient structures: construction of an ellipsoidal concrete shell in Switzerland*, Structural Concrete, Volume 14, Issue 1, March 2013, pp. 43–50, DOI: 10.1002/suco.201200058
33. Campana S., Fernández Ruiz M., Anastasi A., Muttoni A., *Analysis of shear-transfer actions on one-way RC members based on measured cracking pattern and failure kinematics*, Magazine of Concrete Research, UK, 2013, pp. 1-19, DOI:10.1680/mac.12.00142
32. Lips S., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Experimental Investigation on Punching Strength and Deformation Capacity of Shear-Reinforced Slabs*, ACI Structural Journal, V. 109, No. 6, November-December 2012, pp. 889-900.
31. Pérez Caldentey A., Padilla P., Muttoni A., and Fernández Ruiz M., *Effect of load distribution and variable depth on shear resistance of slender beams without stirrups*, ACI Structural Journal, V. 109, No. 5, September-October 2012, pp. 595-603.
30. Muttoni A., Fernández Ruiz M., *Levels-of-approximation approach in codes of practice*, Structural Engineering International, Vol. 22, n° 2, 2012 pp. 190-194. DOI:10.2749/101686612X13291382990688

29. Fernández Ruiz M., Sagaseta Albajar J., Muttoni A., *La teoría de la fisura crítica como base teórica para el diseño de losas frente a punzonamiento en el nuevo Código Modelo 2010*, Hormigón y Acero, Vol. 63, n° 263, 2012, pp. 49-63.
28. Maya L.F. , Fernández Ruiz M., Muttoni A., Foster S.J., *Punching shear strength of steel fibre reinforced concrete slabs*, Engineering structures, Vol. 40 n° 3, 2012, pp. 83-94, DOI:10.1016/j.engstruct.2012.02.009
27. Muttoni A., Fernández Ruiz M., *The levels-of-approximation approach in MC 2010: application to punching shear provisions*, Structural Concrete, Vol. 13, 2012, pp. 32-41. DOI:10.1002/suco.201100032
26. Sagaseta J., Muttoni A., Fernández Ruiz M., Tassinari L., *Non-axis-symmetrical punching shear around internal columns of RC slabs without transverse reinforcement*, Magazine of Concrete Research, Paper 1000098, UK, 2011, 17 p. DOI:10.1680/mac.10.00098
25. Dreier D., Burdet O., Muttoni A., *Transition Slabs of Integral Abutment Bridges*, Structural Engineering International, Vol. 21 n° 2, 2011, pp. 144-150. DOI:10.2749/101686611X12994961034174
24. Guidotti R., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Crushing and Flexural Strength of Slab-Column Joints*, Engineering structures, Vol. 33 n° 3, 2011, pp. 855-867. DOI:10.1016/j.engstruct.2010.12.007
23. Vaz Rodrigues R., Muttoni A., Fernández Ruiz M., *“Influence of Shear on Rotation Capacity of Reinforced Concrete Members Without Shear Reinforcement”*, ACI Structural Journal, V. 107, No. 5, September-October 2010.
22. Plumey S., Muttoni A., Vulliet L., Labiouse V., *“Analytical and numerical analyses of the load-bearing capacity of retaining walls laterally supported at both ends”*, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, 2010, DOI : 10.1002/nag.942
21. Fernández Ruiz M., Muttoni A., Kunz J., *“Strengthening of Flat Slabs Against Punching Shear Using Post-Installed Shear Reinforcement”*, ACI Structural Journal, V. 107, No. 4, July-August 2010, pp. 434-442.
20. Fernández Ruiz M., Plumey S., Muttoni A., *Interaction between Bond and Deviation Forces in Spalling Failures of Arch-Shaped Members without Transverse Reinforcement*, ACI Structural Journal, V. 107, pp. 346-354, USA, 2010
19. Guidotti R., Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Durchstanzen von Flachdecken bei hohen Stützenlasten*, Beton- und Stahlbetonbau, 105, 19-26, Berlin, Germany, 2010. DOI: 10.1002/best.200900066
18. Brena S. F., Fernández Ruiz M., Kostic N., Muttoni A., *Modelling techniques to capture the backbone envelope behaviour of coupling beams subjected to seismic loading*, Studi e ricerche, Starrylink, Vol. 29, Brescia, 2009
17. Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Aplicaciones de los campos de esfuerzos cortantes en el análisis y dimensionamiento de losas de hormigón armado - Applications of shear fields for analysis and design of reinforced concrete slabs*, Hormigón y Acero, Vol. 60 n° 252, pp. 73-88, Spain, 2009.
16. Fernández Ruiz M., Muttoni A., *Applications of the critical shear crack theory to punching of R/C slabs with transverse reinforcement*, ACI Structural Journal, Vol. 106 N° 4, pp. 485-494, USA, 2009.
15. Guandalini S., Burdet O., Muttoni A., *Punching tests of slabs with low reinforcement ratios*, ACI Structural Journal, V. 106, N°1, pp. 87-95, USA, 2009.
14. Muttoni A., Fernández Ruiz M., Kunz J. , *Nachträgliche Durchstanzbewehrung zur Verstärkung von Stahlbetonflachdecken*, Bauingenieur, 83, pp. 503-511, Berlin, Germany, 12, 2008.
13. Vaz Rodrigues R., Fernández Ruiz M., Muttoni A. , *Shear strength of R/C bridge cantilever slabs*, Engineering Structures, Elsevier, Vol. 30, pp. 3024-3033, Netherlands, 2008. DOI:10.1016/j.engstruct.2008.04.017

12. Muttoni A. , *Punching shear strength of reinforced concrete slabs without transverse reinforcement*, ACI Structural Journal, V. 105, N° 4, pp. 440-450, USA, July-August, 2008.
11. Fernández Ruiz M., Muttoni A. , *Shear strength of thin-webbed post-tensioned beams*, ACI Structural Journal, V. 105 No 3, pp. 308-317, USA, May-June, 2008
10. Muttoni A., Fernández Ruiz M. , *Shear strength of members without transverse reinforcement as function of critical shear crack width*, ACI Structural Journal, V. 105, No 2, pp. 163-172, Farmington Hills, USA, March-April, 2008.
9. Muttoni A., Fernández Ruiz M., *Concrete Cracking in Tension Members and Application to Deck Slabs of Bridges*, ASCE Journal of Bridge Engineering, 12, USA, 2007, pp. 646-653.
8. Fernández Ruiz M., Muttoni A., Gambarova P., *Analytical modelling of the pre and post-yield behaviour of bond in reinforced concrete*, ASCE Journal of Structural Engineering, Vol. 133, N° 10, Reston, USA, 2007, pp. 1364-1372.
7. Fernández Ruiz M., Muttoni A., *On Development of Suitable Stress Fields for Structural Concrete*, ACI, Structural Journal, Vol. 104 n°4, Farmington Hills, USA, 2007, pp. 495-502.
6. Fernández Ruiz M., Muttoni A., Gambarova P., *A re-evaluation of test data on bond in R/C by means of FEM modeling*, Studi e ricerche, Starrylink, pub., V. 27, Brescia, Italy, 2007, pp. 113-134.
5. Fernández Ruiz M., Muttoni A., Gambarova P., *Relationship between nonlinear creep and cracking of concrete under uniaxial compression*, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol. 5, No 3, Japan, 2007, pp. 383-393.
4. Muttoni A., Fernández Ruiz M., *Dimensionamiento y verificación del hormigón estructural mediante el método de los campos de tensiones*, Hormigón y Acero, No 243, Spain, 2007, pp. 93-102.
3. Muttoni A., Burdet O., Hars E., *Effect of Duct Type on the Shear Strength of Thin Webs*, ACI Structural Journal, Farmington Hills, USA, 2006, pp. 729-735.
2. Muttoni A., *Schubfestigkeit und Durchstanzen von Platten ohne Querkraftbewehrung*, Beton- und Stahlbetonbau, Vol. 98, No 2, Berlin, Germany, 2003, pp. 74-84.
1. Muttoni A., *Brücken mit vorgespannter Stahlunterspannung*, Stahlbau, Germany, 2002, pp. 592-597.

