

Table des matières

I Société, risques et sécurité

Éditorial	3
1 Introduction	5
1.1 Seismic Risk and Resilience of Steel Building Structures	5
1.2 Seismic Risk Reduction using Steel Solutions	5
1.3 Increasing Community Resilience using Steel Solutions	7
1.4 Conclusion	7
2 Ambiance de fin du monde aux antipodes – Récit d'une catastrophe vécue	8
2.1 Pur chaos en quelques secondes	8
2.2 Le mode catastrophe activé	8
2.3 Retour à la sécurité	9
2.4 Conséquence sur la construction en Suisse	9

II Dimensionnement et concepts sismiques

3 Principes de base de conception pour architectes	10
3.1 Dégâts sismiques typiques	10
3.2 Principes de base de la conception parasismique	13
Capacity Design Principles for the Ductile Behaviour of Conventional and High-Performance Steel Structures under Earthquake Shaking	16
Summary	16
4 Conventional Structural Steel Systems	16
4.1 Steel Moment Resisting Frame Systems	16
4.2 Steel Braced Frame Systems	21
4.3 Summary Remarks	25
5 Innovative Steel Structural Systems	26
5.1 Eccentrically braced frame systems	26
5.2 Buckling-restrained braced frame systems	27
5.3 Other innovative structural steel systems	28
5.4 Summary Remarks	28

III Exemples

6 Tour Bel-Air à Lausanne	29
7 Bâtiment GC à l'EPFL	32

Annexe

8 Indication des sources	34
---------------------------------	-----------

Centre de compétence en construction métallique

Le Centre suisse de la construction métallique SZS est une organisation professionnelle qui réunit les entreprises de construction métallique et les bureaux d'études les plus importants de Suisse. Par ses actions, le SZS atteint plus de 8'000 architectes, ingénieurs et maîtres de l'ouvrage. Le SZS met à disposition des informations techniques, encourage la recherche et la promotion de l'architecture en acier, s'engage dans la collaboration technique au-delà des frontières et encourage la formation continue des spécialistes. Ses membres profitent d'une vaste palette de prestations aux meilleures conditions.

www.szs.ch

Stahlbau Zentrum Schweiz

Centre suisse de la construction métallique

Centro svizzero per la costruzione in acciaio

Éditorial



Fig. 1: Succursale bancaire à Christchurch le 22 février 2011

Les séismes violents dévastent souvent des régions entières et peuvent paralyser les infrastructures pour de nombreuses années – les récents événements à Haïti, au Népal, au Japon, en Nouvelle-Zélande et en Italie nous l'ont rappelé avec force. Même s'ils sont rares en Suisse, de tels événements peuvent toutefois survenir à tout moment et sans avertissement.

Les ingénieur(e)s civil(e)s ont appris au cours des dernières années à protéger efficacement leurs ouvrages contre les dégâts dus aux séismes. L'importance de protéger également les éléments de construction secondaires fait l'objet d'une prise de conscience récente: Quel avantage y a-t-il à assurer la stabilité d'une caserne de pompiers si les portes sont bloquées? Qu'importe la stabilité d'une maison si ses habitant(e)s se retrouvent sous des parois non porteuses? A quoi sert un hôpital si son réseau d'hydrogène présente des fuites suite à un tremblement de terre et déclenche ainsi des incendies?

Nous avons également appris que des concepts de sécurité et des considérations sur la résilience sont aussi nécessaires pour des infrastructures entières. Les expériences des années précédentes démontrent ce qui suit [1]: en cas d'événement, les réseaux Internet et de téléphonie mobile sont les plus importants, suivis par l'alimentation électrique et en eau. Des voies de circulation utilisables, des systèmes d'évacuation des eaux usées et l'approvisionnement alimentaire figurent également parmi les besoins essentiels.

Indépendamment des aspects techniques, les séismes exercent aussi des conséquences psychologiques sévères sur les personnes. Cinq ans après le tremblement de terre de 2011, une passante de Christchurch (NZ) témoigne: «We're about to get over it» – nous sommes sur le point de nous en remettre. Les tremblements de terre sont vécus comme l'attaque de prédateurs par derrière. Ils laissent un sentiment de peur profonde et d'insécurité. Deux témoins oculaires de violents tremblements de terre s'expriment dans la présente publication: au début de l'année 2011, Myriam Spinnler a été sortie de ses études par le tremblement de terre de Christchurch. Le Professeur Mario Fontana a, quelque temps après, vécu dans sa chair le «séisme de Fukushima» à Tokyo. Tous deux témoignent de leur vécu et du comportement des personnes qui les entourent durant et après l'événement.



Fig. 2: Cathédrale de Christchurch lors d'une réplique le 22 février 2011 (environ 30 minutes après la première secousse)

En tant qu'architectes et en tant qu'ingénieur(e)s civil(e)s, nous voulons et devons mettre à disposition des personnes des ouvrages qui, au-delà de leur valeur d'usage, procurent du plaisir et assurent la sécurité – même dans des cas extrêmes. Les bâtiments métalliques répondent parfaitement à ces exigences.

Légers, les ouvrages à ossature métallique ne subissent en cas de séisme que de faibles forces d'inertie de masse. Les halles en acier sont donc quasiment insensibles aux séismes – les forces du vent et les charges d'exploitation sont presque toujours déterminantes. Dans le cas d'immeubles et d'ouvrages spécifiques à ossature métallique ou mixte, les incidences sismiques peuvent parfois influencer sur le dimensionnement. Grâce à sa haute résistance et à sa ductilité, l'acier est toutefois le matériau le mieux adapté pour supporter de façon sûre les sollicitations sismiques – dans la mesure où l'on évite les ruptures par instabilité et les ruptures fragiles. Une formation spécifique en structures permet d'optimiser l'excellente influence de l'acier sur le comportement sismique des ouvrages.

Dans les régions sismiques comme le Japon ou la Californie, des ingénieur(e)s apportent leur expertise avec succès depuis des décennies lors du dimensionnement d'ouvrages à ossature métallique. Des éléments de structure métallique sont même intégrés dans des ouvrages présentant d'autres modes de construction pour reprendre les sollicitations sismiques. Dans ce cas, il faut trouver le bon équilibre entre les deux principes de résistance et de dissipation.

L'intégration d'éléments métalliques rigides à haute résistance ultime limite fortement les déformations et les dégâts aux bâtiments – notamment aux éléments de construction secondaires – en cas de séismes. On raconte à San Francisco que la Bank of America et la Transamerica Pyramid voisine rivalisent depuis des décennies pour savoir laquelle des deux devra remplacer le moins de fenêtres après un événement extrême.

La mise en œuvre ciblée d'éléments «fuse», c'est-à-dire d'éléments capables de dissiper l'énergie de l'effet d'un séisme, réduit fortement les sollicitations sur le reste de la structure et concentre en même temps les dégâts sur certains éléments de construction sélectionnés, rapidement et facilement remplaçables après l'événement.

Dans le contexte suisse, la recherche de rigidité constitue l'approche la plus appropriée pour la sécurité sismique de bâtiments métalliques – en association le cas échéant avec des éléments «fusibles» ciblés. Les cadres en acier peuvent dissiper une grande quantité d'énergie, mais ils sont généralement très souples. Les déformations résultant d'un tremblement de terre peuvent endommager fortement les éléments de construction secondaires (cloisons, fenêtres, portes, équipement technique, etc.), même si la structure porteuse est loin d'être menacée. En outre, des éléments de construction secondaires peuvent parfois facilement entraîner une augmentation importante et imprévue de la rigidité, donc une augmentation notable de l'effet d'un séisme.

Rassemblant des contributions d'experts leaders dans leur domaine, la présente publication est destinée à aider les ingénieur(e)s, architectes et leurs partenaires de projet à concevoir de façon économique, attractive et antisismique des projets exigeants à ossatures métalliques, mixtes et hybrides.

Comme tribut au caractère international du thème du séisme, certains articles particuliers ont été laissés dans leur langue d'origine, l'anglais.

Nous vous souhaitons, chère lectrice, cher lecteur, bonne lecture et beaucoup de succès dans la planification et la mise en œuvre de structures antisismiques et de structures en acier et construction mixte acier-béton.



Fig. 3: Reconstruction à Christchurch NZ 2016

R. Bärtschi

Dr Roland Bärtschi

M. Spinnler

Myriam Spinnler