

Construire parasismique en Suisse

Pourquoi et comment



Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen
Fondation pour la Dynamique des Structures et le Génie Parasismique
Fondazione per la Dinamica Strutturale e l'Ingegneria Sismica



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Bibliographie

- 1 Normes de structures porteuses SIA 260 à 267, Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich.
- 2 Actions sur les structures porteuses. Norme SIA 261, Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich, 2020.
- 3 Et si la terre tremblait demain? Magazine environnement 2/07, p. 22 à 26, OFEV, 2007.
- 4 Bachmann H., Conception parasismique des bâtiments – Principes de base à l'attention des ingénieurs, architectes, maîtres d'ouvrages et autorités. Directives de l'OFEG, Berne, 2002.
- 5 Bachmann H., Duvernay B., Braune F., Notre bâtiment est-il suffisamment résistant aux séismes? Vérifier la sécurité parasismique, quand et pourquoi? OFEV et Fondation pour la dynamique des structures et le génie parasismique, dépliant n° UI-1065-F, Berne, 2021.
- 6 Bachmann H., Sécurité sismique des bâtiments – Questions juridiques et responsabilités. Dépliant, Fondation pour la dynamique des structures et le génie parasismique, Société suisse du génie parasismique et de la dynamique des structures (SGEB), Institut pour le droit suisse et international de la construction de l'Université de Fribourg, 2021.

Pour en savoir plus

- Office fédéral de l'environnement (OFEV) : www.bafu.admin.ch/seismes
- Fondation pour la dynamique des structures et le génie parasismique : www.baudyn.ch
- Société suisse du génie parasismique et de la dynamique des structures (SGEB) : www.sgeb.ch

Editeurs

Office fédéral de l'environnement (OFEV) et Fondation pour la dynamique des structures et le génie parasismique

Conception et texte

Prof. Hugo Bachmann et Blaise Duvernay (OFEV)
Par souci de lisibilité, la forme masculine est utilisée dans le texte pour désigner aussi bien les hommes que les femmes.

Page de titre

Bâtiment d'habitation parasismique moderne construit à Saint-Maurice (VS). Photo: Hannes Henz, Zurich

Téléchargement de la version pdf et commande d'exemplaires imprimés
www.bafu.admin.ch/ui-1064-f

BBL, Verkauf Bundespublikationen, CH-3003 Berne
www.bundespublikationen.admin.ch
N° de commande 810.400.075.F

Impression neutre en carbone et faible en COV sur papier recyclé.

Cette publication est également disponible en allemand et en italien

© OFEV 2021, 2^{ème} édition

Pourquoi construire parasismique?

De forts séismes à même d'endommager les bâtiments sont possibles en Suisse. Il existe des mesures techniques qui protègent efficacement à moindre coût.

- La Suisse connaît un aléa sismique modéré. Elle n'est donc pas à l'abri de forts séismes, à l'exemple de ceux de Sierre (1946), Brigue (1855), Obwald (1601) ou Bâle (1356), mais est cependant moins exposée que les régions très sismiques comme l'Italie.
- Les bâtiments non conçus pour résister aux secousses risquent de s'effondrer ou de subir d'importants dommages, déjà à partir de séismes d'une intensité assez faible³.
- Un bâtiment conçu pour résister aux séismes et construit selon les normes de structures porteuses de la SIA^{1,2} est sûr pour ses habitants et présente une vulnérabilité face aux dommages acceptable pour la société.
- La construction parasismique ne coûte pas cher. Une amélioration a posteriori de la tenue au séisme peut, en revanche, s'avérer compliquée et coûteuse⁵.
- La construction parasismique ne limite guère la liberté architecturale et l'utilisation des bâtiments.
- S'ils respectent les normes de structures porteuses de la SIA, le concepteur et le propriétaire s'évitent de possibles litiges motivés par une mise en danger des personnes, une diminution de la valeur du bâtiment ou des demandes d'indemnités de la part de tiers⁶.
- En règle générale, les assurances obligatoires des bâtiments ne couvrent pas les dommages dus aux séismes.

Quelle protection?

La protection contre les séismes obtenue par le respect des normes de structures porteuses SIA est très bonne, mais elle n'est pas absolue.

Quels sont les effets d'un séisme sur un bâtiment?

Les mouvements du sol font osciller le bâtiment. Il en résulte des efforts et des déformations horizontales qui sollicitent fortement sa structure porteuse.

Qu'exigent les normes de structures porteuses de la SIA?

L'ouvrage doit être suffisamment résistant (sécurité structurale) vis-à-vis des sollicitations sismiques définies dans la norme SIA 261². Il faut impérativement empêcher un endommagement important de la structure porteuse, et surtout l'effondrement de celle-ci. Le but premier est la sécurité des personnes. Seuls les bâtiments très importants (classe d'ouvrages III) font l'objet d'exigences relatives à la préservation de leur fonctionnalité (aptitude au service).

Quel scénario est couvert par les normes?

Selon la région considérée, les sollicitations sismiques des normes SIA correspondent aux mouvements du sol prévus à environ 5 à 10 km de distance de l'épicentre, pour un séisme de magnitude 5,5 à 6,0. A l'épicentre, il faut s'attendre à ce que ces valeurs soient dépassées.

Comment se présentent les bâtiments conçus correctement après une secousse d'une intensité correspondant à la norme?

Ces bâtiments présentent des dommages faibles à modérés, le plus souvent réparables. La fonctionnalité n'est cependant pas garantie.

Que se passe-t-il en cas de sollicitations plus grandes?

Le risque d'effondrement reste en général faible, mais les dommages s'aggravent progressivement jusqu'à devenir irréparables.

En quoi ça consiste et combien ça coûte?

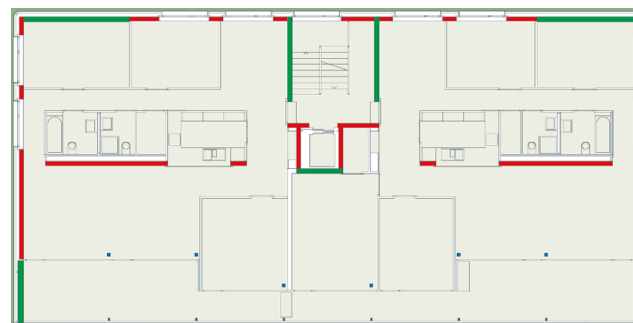
Pour les nouveaux bâtiments, il faut compter jusqu'à 1% du coût de construction – pour autant qu'architecte et ingénieur civil collaborent étroitement dès la phase de conception!

Etape 1: l'architecte et l'ingénieur civil conçoivent conjointement une structure porteuse parasismique et les principes de sécurisation des éléments de construction non-structuraux;

Etape 2: l'ingénieur civil calcule et dimensionne la structure porteuse et détaille les mesures nécessaires pour sécuriser les éléments de construction non-structuraux; il fixe les détails de construction;

Etape 3: le directeur général des travaux coordonne la mise en œuvre des mesures prévues entre tous les concepteurs impliqués dans la construction et il s'assure avec l'ingénieur civil que les mesures constructives sont exécutées correctement.

Bâtiment d'habitation à Saint-Maurice VS (voir photo de couverture) avec une structure porteuse constituée de parois en maçonnerie (rouge), de colonnes en acier (bleu), de parois en béton armé (vert) et de dalles en béton armé (gris). Le contreventement du bâtiment pour les efforts sismiques est assuré par les parois en béton armé.



Plan: Bonnard Weerfray / Kummann & Cretton SA

Responsabilités du propriétaire et du directeur général des travaux

Le propriétaire est responsable de la sécurité dans son bâtiment. L'architecte joue souvent un rôle clé, par sa fonction de représentant du propriétaire et de directeur général des travaux.

Le propriétaire et le directeur général des travaux doivent s'assurer du respect des éléments suivants:

- le propriétaire et tous les concepteurs impliqués passent en revue les questions de sécurité sismique; responsabilités et compétences sont clairement définies;
- un ingénieur civil est associé à l'élaboration du projet de bâtiment pour concevoir la structure porteuse;
- la conception parasismique et le respect des normes SIA en vigueur sont des prestations conjointes de l'architecte et de l'ingénieur civil;
- la convention d'utilisation selon la norme SIA 260¹ traite explicitement de la question de la sécurité sismique; elle définit clairement les exigences en matière de sécurité structurale et d'aptitude au service du bâtiment, ainsi que la sécurisation des éléments de construction non-structuraux, des installations et des équipements;
- les mesures visant à assurer la sécurité sismique du bâtiment sont documentées de manière exhaustive dans le dossier de construction à archiver;
- les mesures prévues pour garantir un bâtiment parasismique sont présentées avant l'élaboration des plans d'exécution, lors d'une séance réunissant le propriétaire, l'architecte et l'ingénieur civil;
- pendant l'exécution des travaux, le propriétaire est informé sur place de la réalisation des mesures.

Responsabilités de l'architecte et de l'ingénieur civil

L'architecte, en tant que concepteur du bâtiment, est responsable de projeter et de réaliser un ouvrage parasismique en collaboration avec l'ingénieur civil.

L'architecte a les responsabilités suivantes:

- associer suffisamment tôt l'ingénieur civil à la conception des mesures parasismiques;
- informer la direction des travaux et l'entreprise, avant l'ouverture du chantier, des mesures constructives prévues et coordonner la sécurisation des éléments de construction non-structuraux avec les concepteurs impliqués;
- procéder avec l'ingénieur civil aux contrôles requis sur le chantier;
- consulter l'ingénieur civil avant toute modification des plans, notamment pour les évidements prévus dans la structure porteuse.

L'ingénieur civil a les responsabilités suivantes:

- conseiller le propriétaire, le directeur général des travaux et l'architecte en matière de sécurité sismique;
- élaborer avec l'architecte une conception parasismique de la structure porteuse et une sécurisation des éléments de construction non-structuraux qui soient optimales, en termes techniques, esthétiques et d'utilisation du bâtiment;
- garantir la conformité de la structure porteuse et des éléments de construction non-structuraux aux prescriptions de sécurité sismique des normes de structures porteuses SIA;
- s'assurer de la mise en œuvre correcte des mesures constructives sur le chantier.

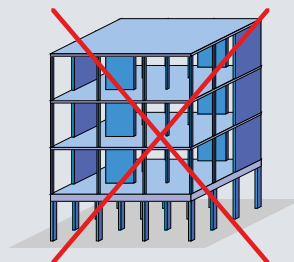
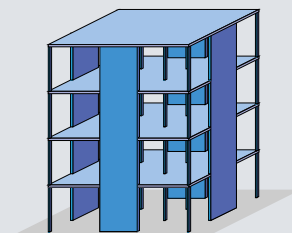
En résumé

La conception, les calculs, le dimensionnement, les détails constructifs et la qualité de l'exécution déterminent la sécurité sismique et la vulnérabilité des ouvrages.

Un ouvrage parasismique possède une structure porteuse robuste, à même de reprendre les sollicitations sismiques horizontales. Les contreventements prévus à cet effet (p. ex. parois ou treillis) doivent être continus, des fondations jusqu'au sommet du bâtiment, et disposés le plus symétriquement possible⁴. Les éléments de contreventement et les planchers doivent être reliés de manière solidaire. Les éléments de construction non-structuraux (façades, cloisons, plafonds suspendus, installations, équipements et autres), et au besoin les armoires, doivent aussi être fixés correctement. Ceci est généralement réalisable simplement et à peu de frais.

Présence d'un «étage faible» dangereux, en raison de l'interruption des contreventements (parois en béton armé) au rez-de-chaussée.

Structure porteuse idéale, bien conçue.



La conception et la réalisation des mesures requises exigent du directeur général du projet une bonne coordination entre tous les intervenants (ingénieur civil, ingénieurs en charge des façades, de la ventilation, etc.). La coordination a également pour but d'éviter un affaiblissement excessif des contreventements en raison d'évidements ménagés pour poser des installations.

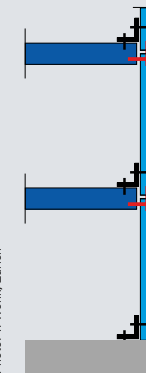
La présente synthèse s'adresse avant tout aux propriétaires de bâtiments, aux adjudicateurs de projets de construction et aux architectes.

Éléments de façade tombés au sol (Emilie-Romagne, Italie, 2012).



Photo: T. Wenk, Zurich

Principe de fixation des éléments de façade pour qu'ils résistent aux sollicitations horizontales.



Armature d'une paroi parasismique en béton armé – les détails constructifs et la qualité de l'exécution jouent un rôle crucial dans le comportement des ouvrages soumis à un séisme.

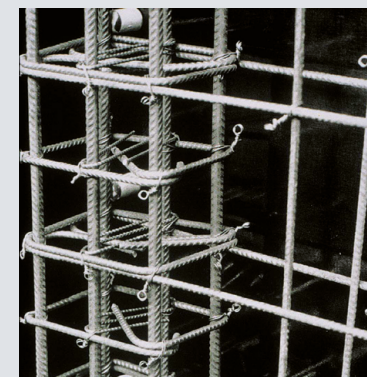


Photo: A. Dazio

Armoires fixées par de simples cornières en acier pour éviter qu'elles ne glissent ou ne basculent.

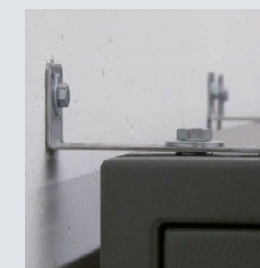
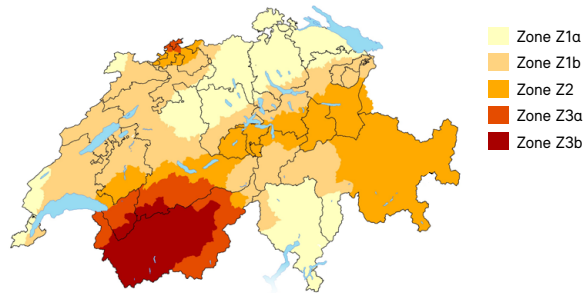


Photo: AXFO

Notions et paramètres des normes de construction SIA

L'aléa sismique affectant un site et l'importance de l'ouvrage considéré sont décrits par trois paramètres déterminants dans la norme SIA 261².

Carte des zones sismiques selon la norme SIA 261².



Zone sismique: région avec un aléa sismique homogène. L'influence de ce paramètre sur les sollicitations sismiques définies par la norme varie entre 1,0 (zone 1a) et 2,7 (zone 3b).

Classe de sol de fondation: six classes (A à F), définies en fonction de la propension du sol de fondation local à amplifier les sollicitations sismiques; l'influence de ce paramètre sur les sollicitations sismiques définies par la norme varie entre 1,0 et 3,4.

Classe d'ouvrages (CO): caractérise l'importance de l'ouvrage et le dommage potentiel; l'influence de ce paramètre sur les sollicitations sismiques définies par la norme varie entre 1,0 (CO I) et 1,5 (CO III).

CO III Fonction d'infrastructure vitale

CO II Occupation humaine importante, grands rassemblements de personnes, marchandises ou installations ayant une valeur particulière, fonction d'infrastructure importante, écoles et crèches, bâtiments de l'administration publique

CO I Autres ouvrages, du moment que tout dégât à l'environnement peut être exclu
