

> Construire parasismique en Suisse

Pourquoi et comment?



Stiftung für
Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen
Fondation pour la
Dynamique des Structures et le Génie Parasismique

Bibliographie

- [1] Bases pour l'élaboration des structures porteuses. Norme SIA 260, Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich, 2003.
- [2] Actions sur les structures porteuses. Norme SIA 261, Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich, 2003.
- [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° UD-1065-F, Berne, 2013.
- [6] Bachmann H., Sécurité parasismique 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, 2010.

Pour en savoir plus

- > Office fédéral de l'environnement (OFEV), thème tremblements de terre, www.bafu.admin.ch/seismes
- > Société suisse du génie parasismique et de la dynamique des structures (SGEB), www.sgeb.ch => Version française.

Impressum

Editeurs:

Office fédéral de l'environnement (OFEV) et Fondation pour la dynamique des structures et le génie parasismique (www.baudyn.ch). L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

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

Commande d'exemplaires imprimés:

www.bundespublikationen.admin.ch, n° de commande 810.400.075.f

Téléchargement de la version pdf:

www.bafu.admin.ch/ud-1064-f

Cette publication est également disponible en allemand

> Pourquoi construire parasismique en Suisse?

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 faible [3].
- > Un bâtiment conçu pour résister aux séismes et construit selon les normes parasismiques 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 coûteuse [5].
- > La construction parasismique ne limite guère la liberté architecturale et l'utilisation des bâtiments.
- > S'ils respectent les normes de construction 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 tiers [6].
- > En règle générale, les assurances obligatoires des bâtiments ne couvrent pas les dommages dus aux séismes.

> Quelle protection offrent les bâtiments parasismiques?

La protection assurée par le respect des normes SIA relatives à la construction parasismique est très bonne, mais elle n'est pas absolue.

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

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

Qu'exigent les normes de construction SIA?

L'ouvrage doit être suffisamment résistant (sécurité structurale) vis-à-vis des sollicitations sismiques définies dans la norme SIA 261 [2]. 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.

> Qu'est-ce que la construction parasismique et que coûte-t-elle?

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

- > **Etape 1:** l'architecte et l'ingénieur civil conçoivent conjointement une structure porteuse parasismique et les principes de sécurisation des éléments de construction secondaires;
- > **Etape 2:** l'ingénieur civil calcule et dimensionne la structure porteuse et détaille les mesures nécessaires pour sécuriser les éléments de construction secondaires; 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.



Photo: H. Henz, Zurich



Plan: bonnard woefray / kurmann cretton

Bâtiment résidentiel à St-Maurice (VS), avec des parois en béton armé sur toute la hauteur de l'ouvrage (vert), destinées à reprendre les sollicitations sismiques. Les parois en maçonnerie (rouge) et les colonnes en acier (bleu) ont pour fonction de reprendre les charges verticales.

> 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 parasismique; 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 260 [1] traite explicitement de la question de la sécurité parasismique; 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 secondaires, des installations et des équipements;
- > les mesures visant à assurer la sécurité parasismique du bâtiment sont documentées de manière exhaustive dans le dossier de construction archivé;
- > les mesures prévues pour garantir la conformité parasismique du bâtiment 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:

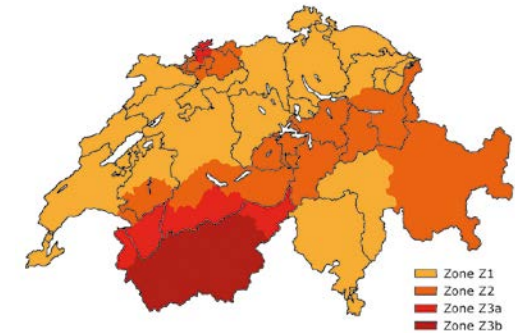
- > associer suffisamment tôt l'ingénieur civil à la conception des mesures parasismiques;
- > informer la direction des travaux et l'entreprise, avant l'ouverture du chantier, des mesures constructives prévues et coordonner la sécurisation des éléments de construction secondaires avec les concepteurs impliqués;
- > associer 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 parasismique;
- > élaborer avec l'architecte la meilleure solution, en termes techniques, esthétiques et opérationnels, lors de la conception parasismique de la structure porteuse et de la sécurisation des éléments de construction secondaires;
- > garantir la conformité de la structure porteuse et des éléments de construction secondaires aux normes SIA relatives à la sécurité parasismique;
- > s'assurer de la mise en œuvre correcte des mesures constructives sur le chantier.

> Notions et paramètres importants des normes de construction SIA

L'aléa sismique affectant un site et l'importance de l'ouvrage considéré sont décrits par trois paramètres importants dans la norme SIA 261 [2].



Zones de risque sismique selon la norme SIA 261 [2]

Zone de danger 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 1) et 2,7 (zone 3b).

Classe de sol de fondation: six classes (A à F), 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 2,7.

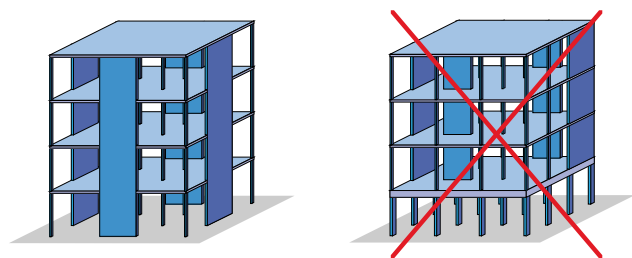
Classe d'ouvrages (CO): caractérise l'importance de l'ouvrage et le dommage potentiel; l'influence de ce paramètre sur les sollicitations sismiques définies par la norme varie entre 1,0 (CO I) et 1,4 (CO III).

CO I	• Bâtiments ordinaires
CO II	• Rassemblement important de personnes • Marchandises ou installations ayant une valeur particulière • Infrastructures ayant une fonction importante • Risque limité d'atteinte à l'environnement
CO III	• Infrastructures ayant une fonction vitale • Risque important d'atteinte à l'environnement

> Aperçu des principes de la construction parasismique

La conception, les calculs, le dimensionnement, les détails constructifs et la qualité de l'exécution déterminent la sécurité parasismique 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 de refend ou treillis) doivent être continus, des fondations jusqu'au sommet du bâtiment, et disposés le plus symétriquement possible [4]. Les éléments de contreventement et les planchers doivent être reliés de manière solidaire. Les éléments de construction secondaires (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.



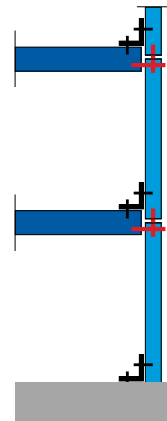
A gauche: structure porteuse idéale, bien conçue; à droite: présence d'un «étage flexible» dangereux, en raison de l'interruption des contreventements (parois en béton armé) au rez-de-chaussée.

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 notamment 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.



Photo: T. Wenk, Zurich



A gauche: éléments de façade tombés au sol (Emilie-Romagne, Italie, 2012); à droite: principe de fixation des éléments de façade pour qu'ils résistent aux sollicitations horizontales.



Armature d'une paroi parasismique en béton armé (tiré de [4]). 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



Photo: ANFO

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