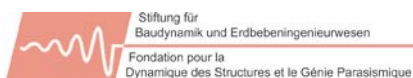


## > Notre bâtiment est-il suffisamment résistant aux séismes?

Vérifier et améliorer la sécurité parasismique: quand et pourquoi?



### Bibliographie

- [1] Normes SIA 260-267 sur les structures porteuses, Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich, 2003.
- [2] Vérification de la sécurité parasismique des bâtiments existants. Cahier technique SIA 2018, Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich, 2004.
- [3] Maintenance des structures porteuses – Sécurité parasismique. Norme SIA 269/8, Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich, en préparation, remplace [2].
- [4] Wenk T., Confortement parasismique de constructions. Stratégie et recueil d'ouvrages en Suisse. Connaissance de l'environnement n° 0832, OFEV, Berne, 2008.
- [5] Inventaire de la sécurité parasismique des ouvrages de la Confédération. OFEV, [www.bafu.admin.ch/seismes](http://www.bafu.admin.ch/seismes) => Publications
- [6] Bachmann H., Duvernay B., Construire parasismique en Suisse. OFEV et Fondation pour la dynamique des structures et le génie parasismique, dépliant n° UD-1064-F, Berne, 2013.
- [7] 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](http://www.bafu.admin.ch/seismes).
- > Société suisse du génie parasismique et de la dynamique des structures (SGEB), [www.sgeb.ch](http://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](http://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, Friederike Braune 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.

Commande d'exemplaires imprimés:

[www.bundespublikationen.admin.ch](http://www.bundespublikationen.admin.ch), n° de commande 810.400.076.f

Téléchargement de la version pdf:

[www.bafu.admin.ch/ud-1065-f](http://www.bafu.admin.ch/ud-1065-f)

Cette publication est également disponible en allemand

© OFEV 2013

## > Dommages aux bâtiments dus aux séismes en Suisse

*De forts séismes à même d'endommager les bâtiments sont possibles en Suisse. Les bâtiments non conçus pour résister aux secousses sismiques sont menacés, quelle que soit la région.*

- > 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.
- > Toutes les régions de Suisse peuvent être touchées par un séisme. Les plus menacées sont le Valais, la région bâloise et le versant nord des Alpes. C'est là que les séismes sont les plus fréquents.
- > 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.
- > Bien des bâtiments existants ne sont pas suffisamment résistants aux séismes en regard des exigences imposées aux nouveaux ouvrages [1]. Les raisons sont l'inexistence ou la non-application de normes parasismiques au moment de la construction.
- > L'existence d'une irrégularité en élévation («étage flexible») est un exemple d'indice de sécurité parasismique insuffisante.



«Etage flexible»: les parois de contreventement sont interrompues au rez-de-chaussée. Ce point faible est fréquent en Suisse.

## > Quand vérifier la sécurité parasismique?

*Au moment de la planification d'une transformation ou d'un assainissement, il vaut la peine d'examiner le niveau de sécurité parasismique d'un bâtiment.*

### Projet de construction

Avant de réaliser des travaux, le propriétaire devrait demander à un ingénieur civil d'évaluer la pertinence de vérifier également la sécurité parasismique de son bâtiment. Les facteurs déterminants sont la nature et l'ampleur de l'intervention envisagée, le montant de l'investissement prévu, la valeur du bâtiment et sa durée d'utilisation restante.

### Soupçon de sécurité parasismique déficiente

La sécurité parasismique devrait être vérifiée à chaque fois qu'il y a de bonnes raisons de croire qu'elle est faible (défauts manifestes).

### Bâtiments importants

La sécurité parasismique des bâtiments dont la fonction revêt une grande importance ou qui présentent un gros potentiel de dommages devrait être vérifiée systématiquement, même en l'absence de tout projet de travaux. Cela permet de planifier les mesures éventuellement nécessaires selon le risque encouru.

### Maisons individuelles ou mitoyennes

Il est généralement disproportionné de vérifier la sécurité parasismique des bâtiments d'habitation de construction traditionnelle (indépendantes, jusqu'à deux étages) et n'ayant pas de défauts graves manifestes.

### Parcs immobiliers

La vérification de grands parcs immobiliers nécessite de fixer des priorités et d'établir une planification. La procédure en trois étapes utilisée par la Confédération pour inventorier la sécurité parasismique de ses bâtiments [5] propose des critères à cet effet.

## > En quoi consiste une vérification parasismique et que coûte-t-elle?

*Effectuée par un ingénieur civil spécialisé, la vérification de la sécurité parasismique comprend un relevé et une évaluation de l'état du bâtiment et se conclut par des recommandations d'intervention.*

- > La vérification de la sécurité parasismique d'un bâtiment consiste à évaluer sa conception, à calculer sa résistance et à vérifier certains aspects constructifs. La procédure comprend un relevé et une évaluation de l'état du bâtiment et se conclut par d'éventuelles recommandations.
- > Plus les données géotechniques et les plans sont détaillés, plus l'examen peut être approfondi. La plupart du temps, les informations disponibles sont lacunaires, si bien que des investigations s'imposent.
- > Le calcul du facteur de conformité  $\alpha_{eff}$  du bâtiment, ajouté à l'analyse de ses spécificités conceptuelles et constructives, permet de caractériser son état actuel.
- > Si l'état actuel du bâtiment est insuffisant, il faut proposer diverses variantes d'intervention pour aider le propriétaire à prendre une décision.
- > Les coûts d'une vérification parasismique sont très variables selon la complexité du bâtiment et le travail nécessaire pour élaborer des mesures judicieuses. Pour un bâtiment de grandeur moyenne, il peuvent varier entre 15 000 et 50 000 francs. Les coûts de cette vérification et des mesures éventuellement nécessaires sont en général plus bas si l'ingénieur mandaté est un spécialiste du génie parasismique.

## > Qu'est-ce qu'une sécurité suffisante? Qu'est-ce qu'un prix raisonnable?

*Les exigences minimales que les bâtiments existants doivent remplir et le rapport coût-utilité des interventions recommandées sont définis depuis 2004 dans le cahier technique SIA 2018(\*) [2].*

- > Pour les nouveaux bâtiments, les objectifs de protection de la norme SIA 261 sont la protection des personnes, la limitation des dommages et la préservation de la fonction des ouvrages importants. Il faut exclure tout risque d'effondrement.
- > Le facteur de conformité  $\alpha_{eff}$  décrit numériquement dans quelle mesure la structure porteuse actuelle remplit les critères de sécurité parasismique imposés aux nouvelles constructions. S'il vaut 1,0 ou plus, les exigences pour les nouvelles constructions sont entièrement remplies. S'il est inférieur à 1,0, elles ne le sont que partiellement.
- > Exigences minimales: pour les bâtiments existants le facteur de conformité doit être d'au moins 0,25 (0,40 pour les bâtiments de la classe d'ouvrages III).
- > Mesures additionnelles: si les exigences minimales sont remplies, seules des mesures proportionnées, basées sur une appréciation du rapport coût-utilité des différentes variantes possibles, sont à réaliser.
- > Le coût des mesures à prendre dépend du cas considéré et varie beaucoup selon la gravité et l'ampleur des défauts. Il est très influencé par les synergies possibles avec d'autres travaux planifiés.

(\*) La norme SIA 269/8 [3] remplace le cahier technique SIA 2018 dès 2014, mais elle en conserve les principes de base.



## Exemple 1 – Intervention localisée Lycée Neufeld de Berne

Ce bâtiment construit en 1965 comprend un sous-sol, un rez-de-chaussée et quatre étages. Sa structure porteuse se compose de colonnes en béton armé et de deux cages d'ascenseur en béton armé [4]. Il était initialement subdivisé en deux moitiés par un joint de séparation continu sur toute sa hauteur. Chaque moitié était contreventée par une cage d'ascenseur excentrée. Du fait de cette forte excentricité, l'ouvrage menaçait de s'effondrer au niveau du joint de séparation, déjà sous l'effet de faibles sollicitations sismiques.

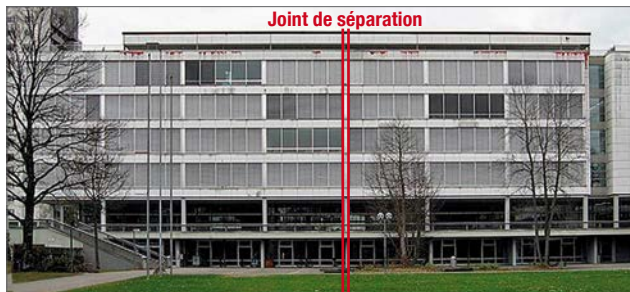
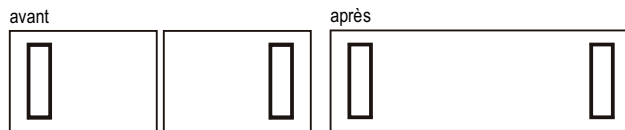


Photo: Wikipedia, R. Frey

Vue de la façade longitudinale (en bas) et vues en plan de l'état antérieur (en haut à gauche) et de l'état amélioré avec le bâtiment contreventé symétriquement (en haut à droite).

Le joint de séparation des dalles d'étage a été fermé. Il en a résulté un ensemble contreventé symétriquement qui résiste beaucoup mieux aux sollicitations sismiques. Le lycée remplit ainsi à 50 % les exigences actuelles pour les nouveaux bâtiments. Le coût à consentir pour encore améliorer sa tenue au séisme aurait été disproportionné. Le confortement parasismique du bâtiment a été réalisé dans le cadre d'un assainissement général mis en œuvre après quarante ans d'utilisation. Les coûts liés à l'aspect parasismique ont été de 0,3 million de francs, soit **0,7 % de la valeur du bâtiment**.

## Exemple 2 – Renforcement général Bâtiments résidentiels à Fribourg

Ce complexe de trois immeubles résidentiels, construit dans les années 70, comportait un rez-de-chaussée ouvert, avec des colonnes mais sans contreventements, surmonté de sept étages avec des parois porteuses en maçonnerie [4]. Pour améliorer la tenue aux séismes, quatre parois élancées en béton armé ont été fondées dans le terrain, dressées contre les façades et ancrées dans les dalles. Ainsi, les locataires ont pu rester dans leurs appartements pendant les travaux. L'intervention a permis de remplir à 50 % les exigences actuelles pour les nouveaux bâtiments. Réalisée lors d'un assainissement général, elle a coûté 1,7 million de francs, soit **7,4 % de la valeur des bâtiments**.



Photo: E. Latelhin

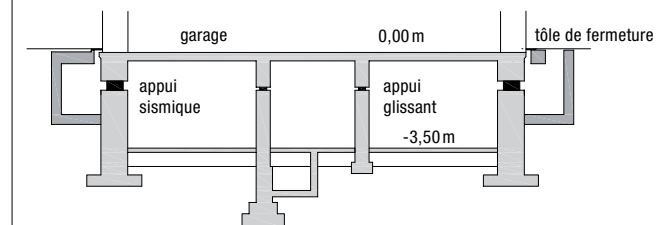
Complexe résidentiel à Fribourg, renforcé par l'ajout de quatre parois élancées en béton armé dressées contre les façades.

## Exemple 3 – Solution spéciale Caserne des pompiers à Bâle

Le bâtiment principal des pompiers de Bâle-Ville, le Lützelhof, est une construction en béton armé datant de la Deuxième Guerre mondiale [4]. Le rez-de-chaussée est occupé par un garage, dont les portes sont séparées par des colonnes élancées qui s'effondreraient déjà sous l'effet d'un séisme modéré. Ce bâtiment a été amélioré en pratiquant une isolation sismique. Les étages ont été séparés du sous-sol par une coupe horizontale sous la dalle du rez-de-chaussée et posés sur des appuis sismiques. Un espace libre d'une vingtaine de centimètres a été créé tout autour du bâtiment pour qu'il puisse se déplacer librement dans le plan horizontal. Cette solution a limité au maximum l'interruption de l'exploitation pendant l'intervention. Elle permet de remplir à 100 % les exigences actuelles pour les nouveaux bâtiments et de garantir la fonction après un fort séisme. L'amélioration de la sécurité parasismique, réalisée à la suite d'une analyse des risques pour les principaux bâtiments du canton, a coûté trois millions de francs, soit **23 % de la valeur du bâtiment**.



Photo: A. Zachmann, Bâle



Vue de la façade longitudinale (en haut) et coupe à travers le sous-sol, avec les nouveaux appuis sismiques (en bas).

## > Rectification de quelques erreurs fréquentes

*Il y a lieu de corriger certaines affirmations fréquemment entendues au sujet de la vérification de la sécurité parasismique des bâtiments existants.*

### Responsabilités

**Faux:** *il incombe à l'ingénieur civil d'aborder la question de la sécurité parasismique d'un bâtiment existant.*

**Juste:** c'est le propriétaire qui est responsable de la sécurité dans son bâtiment. L'architecte, par sa fonction de représentant du propriétaire et de directeur général des travaux, est responsable, en vertu de son devoir de diligence, de traiter les questions de sécurité au stade de projet. L'ingénieur civil, en tant que spécialiste, est responsable, en vertu de son devoir de diligence, aussi bien d'évaluer la sécurité parasismique de la structure porteuse et des éléments secondaires, que de dimensionner les mesures nécessaires et de s'assurer de leur réalisation correcte.

### Convention d'utilisation

**Faux:** *le contenu de la convention d'utilisation est établi par l'ingénieur civil et sert de base à ses hypothèses de calcul.*

**Juste:** de manière générale, le propriétaire a intérêt à définir clairement les objectifs d'utilisation et de protection de son bâtiment avec tous les spécialistes, y compris eu égard à la sécurité parasismique. La convention d'utilisation, partie intégrante du dossier de projet, sert de base de dialogue entre toutes les parties. Elle est avalisée par la signature de tous les auteurs du projet.

### Projet de construction sans ingénieur civil

**Faux:** *les projets de transformation et de remise en état sans intervention notable au niveau de la structure porteuse ne demandent pas l'intervention d'un ingénieur civil pour traiter la sécurité parasismique.*

**Juste:** dans ce cas également, il est important que l'architecte et l'ingénieur civil collaborent d'emblée, ce qui permet d'évaluer à temps si un contrôle de la sécurité parasismique est pertinent et, si nécessaire, d'élaborer conjointement des

mesures aussi avantageuses que possible. Une vérification à un stade plus avancé du projet peut entraîner des modifications coûteuses du projet.

### Le génie parasismique, une spécialité du génie civil

**Faux:** *tout ingénieur civil peut être mandaté pour vérifier la sécurité parasismique d'un bâtiment existant et pour concevoir les mesures nécessaires.*

**Juste:** le génie parasismique est une spécialité exigeante du génie civil. L'analyse de l'état d'un bâtiment, le calcul de la sécurité parasismique et l'élaboration de mesures adéquates demandent de l'expérience et une connaissance approfondie du comportement d'une construction soumise à un séisme. L'analyse d'un bâtiment existant doit être confiée à un ingénieur spécialisé en génie parasismique.

### Inventaire des ouvrages de la Confédération, étape 1

**Faux:** *en cas de projet de transformation ou de remise en état d'un bâtiment, on peut appliquer l'étape 1 de la procédure d'inventaire des ouvrages de la Confédération pour évaluer la sécurité parasismique du bâtiment ou la nécessité de vérifier cette sécurité.*

**Juste:** l'application de l'étape 1 à un bâtiment spécifique ne donne pas une appréciation fiable sur sa tenue au séisme et est méthodologiquement incorrecte. La procédure d'inventaire de la sécurité parasismique des ouvrages de la Confédération [5], en trois étapes, a été développée pour attribuer une priorité d'intervention aux objets critiques du parc de bâtiments fédéral, et ce à un coût raisonnable. Les objets non retenus par l'étape 1 n'ont pas forcément une sécurité parasismique suffisante, ils



*Bâtiment d'habitation de 1960 à Kriessern: la sécurité parasismique a été contrôlée par un ingénieur spécialisé dans le cadre de la planification de travaux d'assainissement. La sécurité parasismique a été jugée suffisante.*

Photo: T. Wenk, Zürich

sont seulement moins critiques que d'autres, c'est-à-dire qu'ils présentent un risque moins élevé.

### Coût et conséquences des mesures améliorant la sécurité parasismique d'un bâtiment

**Faux:** *l'amélioration de la sécurité parasismique d'un bâtiment implique toujours une intervention massive et très coûteuse.*

**Juste:** le coût est largement influencé par l'ampleur et les contraintes d'intégration que les mesures pour améliorer la sécurité parasismique doivent respecter. Les objets renforcés à faible coût se caractérisent par une intervention très localisée, comme la fermeture d'un joint ou le renforcement d'un seul étage. Le coût augmente lorsqu'il s'agit d'ajouter des contreventements sur toute la hauteur du bâtiment et surtout s'il faut en plus renforcer les fondations. La facture s'alourdit aussi fortement lorsqu'un bâtiment relève de la classe d'ouvrages III, soumise aux exigences parasismiques les plus élevées en Suisse. La référence [4] présente une série d'exemples, avec des coûts allant de moins de 1 % à 30 % de la valeur du bâtiment. Un montant entre 3 et 8 % de cette valeur est habituel pour un renforcement important, réalisé dans le cadre d'un assainissement général.

### Sécurité parasismique et honoraires

**Faux:** *l'ingénieur civil exploite le créneau de la sécurité parasismique pour s'assurer une nouvelle source d'honoraires.*

**Juste:** le propriétaire répond de son bâtiment. Il est tenu d'agir et de décider sous sa propre responsabilité quant à la sécurité de son bâtiment. L'ingénieur civil est tenu de respecter les normes SIA sur les structures porteuses en vertu de son devoir de diligence. S'il ne le fait pas, il encourt de graves conséquences juridiques. Le dépliant [7] fournit des renseignements sur les questions juridiques et de responsabilité.

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

Page de titre:

Amélioration de la sécurité parasismique au Collège de l'Europe à Monthey (VS), exemple d'une collaboration réussie entre architecte et ingénieur civil avec la réalisation de contreventements spectaculaires en acier. Photo: Philomène Hoël et Eik Frenzel