



Manuel pour l'évaluation des bâtiments après un séisme

Méthodologie pour l'évaluation de l'utilisation des bâtiments après un séisme



Service Sismologique Suisse, Zurich (Tremblement de terre à Sierre Valais 1946)



Impressum

Editeurs

© Office fédéral de la protection de la population (OFPP)
Guisanplatz 1, 3003 Bern
Tel.: 058 462 50 11
www.protpop.ch

Mandataire

Résonance
Ingénieurs-Conseils SA
21 rue Jacques Grosselin
CH-1227 Carouge (Genève)

Auteurs

Dr. Pierino Lestuzzi (Résonance Ingénieurs-Conseils SA)
Roberto Perruzzi (Kurmman Cretton Ingénieurs)
Dr. Andreas Galmarini (Waltgalmarini AG)
Dr. Thomas Wenk (Wenk Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik)
Yves Steiger (BABS)
Christoph Werner (BABS)

Experts et groupe de suivi

Dr. Michael Baur (Hochschule Luzern, Technik und Architektur)
Gino Clavuot und Reto Stockmann (Kanton Graubünden)
Dr. Mylène Devaux (Hochschule für Technik und Architektur Freiburg)
Sylvain Dumoulin (Kanton Wallis)
Blaise Duvernay (BAFU)
Fabrizio D'Urso (Experte Gebäudebeurteilung)
Tino Döring (Kanton Bern)
Andreas Flück (Kanton Basel-Stadt)
Prof. Dr. Walter Kaufmann (ETH Zürich)
Andreas Meyer (Kanton Zürich)
Bruno Spicher (Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT)
Dr. Thomas Wenk (Wenk Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik)

Documents sources

Manuel d'utilisation de la fiche d'évaluation post-sismique, 2ème édition. Canton du Valais, CREALP, 2016.
Manuel pour l'évaluation des bâtiments après un tremblement de terre (OFPP/AEAI/ASA 2010)

Photos

B. Duvernay, F. D'Urso, Dr. A. Galmarini, Dr M. Geiser, Dr. P. Lestuzzi, Dr. F. Papa, R. Perruzzi,
Dr. T. Wenk, Dr. G. Zuccaro;

Août 2021

Inhaltsverzeichnis

Préface	4
Partie 1:	5
1 Contexte et objectifs	5
1.1 Introduction	6
1.2 Phases de la maîtrise d'événements	7
1.3 But de l'évaluation post-sismique de bâtiments	8
1.4 Forme numérique de la méthode d'évaluation post-sismique des bâtiments	9
1.5 Importance de l'évaluation des bâtiments selon la méthode Suisse	10
1.6 Types de bâtiment soumis à l'évaluation	10
1.7 Répartition des tâches en matière de gestion du risque sismique, axée principalement sur la maîtrise d'événements	10
Partie 2:	13
2 Explications techniques pour remplir le formulaire de l'évaluation post-sismique	13
2.1 Le formulaire d'évaluation	14
2.2 Jugement de la possibilité d'utilisation	18
2.3 Procédure pour l'inspection	19
2.4 Indication générales	20
2.5 Formulaire: Section 0 - Identification de l'inspection	20
2.6 Formulaire: Section I – Identification de l'objet	21
2.7 Formulaire: Section II – Description du bâtiment	24
2.8 Formulaire: Section III – Typologie et conception parasismique	26
2.9 Formulaire: Section IV – Dommages sur les éléments de la structure porteuse et mesures de première urgence exécutées	36
2.10 Formulaire: Section V – Dommages sur les éléments non porteurs et mesures de premières urgences exécutées	43
2.11 Formulaire: Section VI – Dangers externes induits par d'autres constructions et mesures de premières urgences exécutées	45
2.12 Formulaire: Section VII – Terrain et fondations	45
2.13 Formulaire: Section VIII – Synthèse	46
2.14 Formulaire: Section IX – Evaluation de l'utilisation	46
2.15 Formulaire: Section X – Informations relatives à l'évaluation	56
2.16 Formulaire: Section XI – Autres observations, croquis et/ou relevés	57
2.17 Section XII – manuel STOP: catalogue de mesures de première urgence	58
Partie 3:	59
3 Explications concernant l'organisation terrain et le retour d'une équipe d'évaluation	59
3.1 Aspects organisationnels pour l'engagement de l'évaluation post-sismique	60
3.2 Aspects de la formation à l'évaluation des bâtiments après un séisme	71
Annexe I: le manuel STOP (Solutions Techniques Ouvrages Provisoires)	74
Annexe II: Méthodes de construction des bâtiments en Suisse	75
Annexe III: Normes-SIA	83
Annexe IV: photos de bâtiments présentant des dommages dus à des séismes	87
Glossaire	99
Tableau des photos, graphiques ou figures	101
Littérature et informations complémentaires	104

Préface

Un séisme de forte intensité fait partie des risques majeurs en Suisse. S'il est rare, un tel événement peut cependant survenir à tout moment et toucher n'importe quelle région du pays. Pour maîtriser les conséquences d'un tremblement de terre, les cantons ont besoin du soutien d'autres cantons. Il en va également ainsi pour l'évaluation des bâtiments. Lorsqu'un très grand nombre de bâtiments de plusieurs cantons subissent simultanément d'importants dommages, la société doit faire face à un défi particulier, dans la mesure où les mécanismes d'entraide établis ne sont plus opérants ou suffisants. D'une part, il s'agit d'empêcher si possible des dommages corporels résultant d'effondrements de bâtiments lors de répliques et, d'autre part, de veiller à ce que le nombre de personnes hébergées temporairement soit limité au strict nécessaire.

Pour que cette collaboration intercantonale puisse être garantie, la méthode d'évaluation post-sismique des bâtiments et la formation des spécialistes en la matière doivent être uniformisées à l'échelle nationale et compatibles avec les normes internationales.

Le présent manuel porte sur la méthode d'évaluation post-sismique de bâtiments. Se fondant sur cette méthode, des experts qualifiés pourront formuler une recommandation concernant une éventuelle réutilisation d'un bâtiment et le type de réaffectation. Cette recommandation servira de base à l'autorité compétente pour décider si et sous quelle forme le bâtiment peut être utilisé.

En outre, ce manuel vise à publier et à appliquer systématiquement la méthode d'évaluation post-sismique de bâtiments.

Les explications techniques (formulaire) reprennent sous une forme abrégée le document de formation détaillé, qui représente l'élément clé du cours sur l'évaluation de bâtiment proposé par les Hautes écoles spécialisées de Fribourg et de Lucerne.

Pour la pratique, le formulaire sera préparé sous une forme électronique afin de l'adapter aisément aux nouvelles connaissances.

Le manuel complète ainsi le guide pour l'évaluation post-sismique des bâtiments, aspects organisationnels de la préparation et de la mise en œuvre, destiné à soutenir les cantons dans l'évaluation post-sismique de bâtiments.

Les organes spécialisés cantonaux sont invités à effectuer une planification préventive appropriée. Celle-ci englobe l'évaluation des bâtiments avec le recrutement et la formation des spécialistes requis.

Partie 1:

1 Contexte et objectifs



Blaise Duvernay, mission technique (tremblement de terre Italie 2016, Norcia)

1.1 Introduction

Nos connaissances des tremblements de terre historiques et les analyses des risques nous montrent que la Suisse est menacée par le danger sismique et que nous devons nous y préparer.

Compte tenu de la densité accrue de la population et de la multiplication des constructions réalisées sur des terrains défavorables, autrefois inhabités, des séismes tels qu'ils sont survenus dans le passé auraient aujourd'hui des effets beaucoup plus graves qu'à l'époque. De même, les infrastructures modernes se sont complexifiées.

Dans l'analyse nationale «Catastrophes et situations d'urgence en Suisse»¹, qui est actualisée régulièrement, différents risques sont saisis en fonction de scénarios et représentés sous forme d'une matrice nationale (quantification des risques au moyen d'indicateurs). Un séisme de forte intensité fait partie des risques majeurs en Suisse. S'appuyant sur l'aide-mémoire KATAPLAN², 22 cantons ont procédé à des analyses de dangers et de risques fondées sur des scénarios ou sont en train de les élaborer. Tous ces cantons estiment important le risque d'un tremblement de terre. Pour certains cantons, un tremblement de terre entre même dans les risques principaux. L'analyse nationale des risques et les analyses cantonales des risques servent en premier lieu à la planification préventive et à la préparation de la maîtrise de catastrophes et de situations d'urgence.

L'évaluation des bâtiments représente un élément essentiel de la planification préventive en vue de la maîtrise des conséquences de séismes. Par conséquent, elle doit être préparée le mieux possible. Vite engagée, une évaluation des bâtiments permet de savoir si les personnes concernées peuvent retourner ne serait-ce que provisoirement dans leurs habitations et si les immeubles commerciaux et administratifs peuvent continuer d'être utilisés. Elle permet également de déterminer le nombre de logements et de places d'accueil devant être mis à disposition.

Manuel concernant l'évaluation post-sismique de bâtiments 2021

Ayant pour objet l'évaluation technique des bâtiments, le présent manuel s'adresse à l'interface entre les professionnels du bâtiment (évaluation technique des bâtiments) et les spécialistes de la protection de la population (aspects organisationnels de la maîtrise d'événements). Il remplace le manuel publié en 2010³.

Il est divisé en trois parties:

La **partie 1** concerne les généralités et décrit le contexte et l'intégration d'autres activités dans la mitigation des séismes.

Elle vise donc en particulier les responsables d'offices cantonaux chargés de la protection de la population et de services des travaux publics de même que les dirigeants des organes de conduite cantonaux et communaux.

La **partie 2** contient le formulaire "Méthode visant à évaluer l'utilisation d'un bâtiment après un séisme majeur" et explique la manière de s'en servir.

Elle est ainsi destinée aux ingénieurs en génie civil ayant suivi une formation complémentaire ad hoc et aux experts souhaitant profiter de l'offre de formation.

Dans la **partie 3** et les annexes figurent des indications complémentaires sur la méthode présentée dans la partie 2, de même que des informations au sujet de la formation en matière d'évaluation de bâtiments. Un chapitre est consacré aux aspects organisationnels en complément au guide de l'OFPP 2018)⁴. En outre, cette dernière partie inclut un glossaire et des répertoires.

Elle s'adresse aussi bien aux représentants des organes de conduite cantonaux qu'aux ingénieurs en génie civil.

¹ Catastrophes et situations d'urgence en Suisse, Office fédéral de la protection de la population, 2020.

² Aide-mémoire KATAPLAN, analyse cantonale des dangers et préparation aux situations d'urgence, Office fédéral de la protection de la population, 2013.

³ Manuel pour l'évaluation des bâtiments après un tremblement de terre, Détermination de l'habitabilité des bâtiments résidentiels, OFPP/AECA/ASS 2010

⁴ Guide pour l'évaluation postsismique des bâtiments, aspects organisationnels de la préparation et de la mise en œuvre, OFPP 2018

1.2 Phases de la maîtrise d'événements

L'illustration ci-dessous présente les différentes phases suivant un événement et permet de situer l'évaluation post-sismique dans son contexte. Les durées de chacune des phases varient cependant selon l'ampleur de l'événement et la mesure dans laquelle les différentes régions sont touchées.

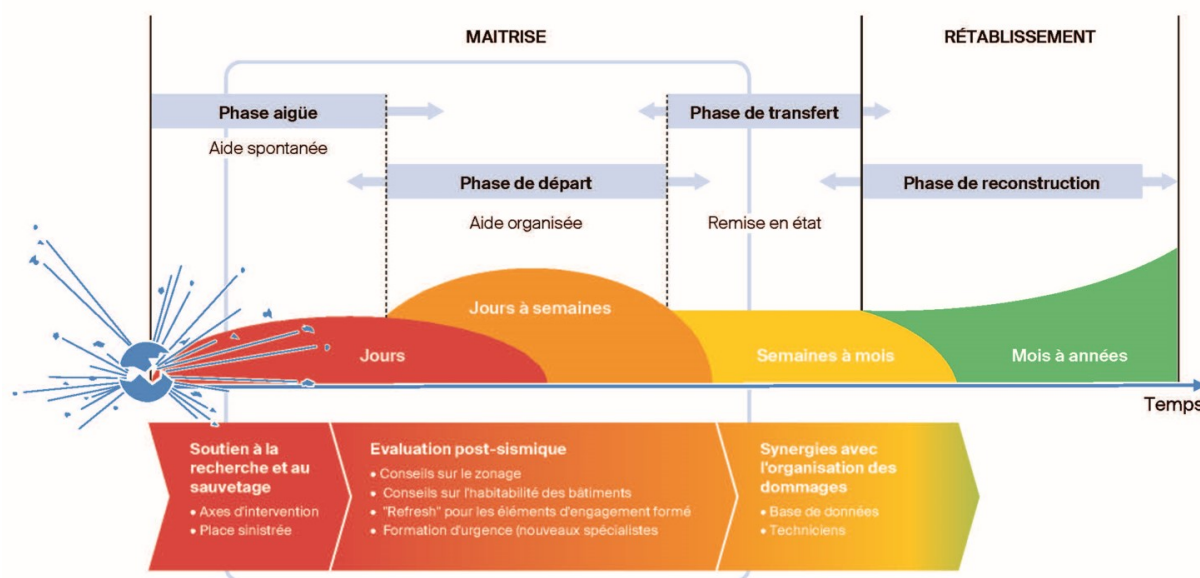


Figure 1-1. Phases post-événement et leurs activités principales, leurs durées supposées et l'évaluation post-sismique des bâtiments dans le contexte global.

Les activités de la Confédération, des cantons, des établissements d'assurance et d'autres parties prenantes doivent être coordonnées au maximum en vue d'exploiter les synergies. La préparation de l'évaluation des bâtiments commence durant la phase aiguë puis s'effectue principalement pendant la phase initiale avant de se terminer au cours de la phase transitoire.

Synergie entre les opérations de localisation et de sauvetage durant la phase aiguë et l'évaluation post-sismique des bâtiments

Les spécialistes de l'évaluation post-sismique des bâtiments peuvent apporter leur soutien aux organisations d'intervention affectées à la localisation et au sauvetage des personnes ensevelies. Il y a par exemple lieu d'apprécier sommairement la possibilité de recourir à des axes d'accès sur la base de l'analyse de bâtiments menacés d'effondrement. De même, il s'agit d'évaluer le plus tôt possible les « lifelines » (infrastructures critiques et bâtiments névralgiques pendant la maîtrise d'un événement), voir le chapitre 3.1.

Synergie entre l'évaluation post-sismique des bâtiments (phase initiale) et l'organisation de sinistre en cas de tremblement de terre (phase transitoire)

L'organisation de sinistre sismique assurée par les établissements d'assurance et les cantons à l'échelle nationale a pour but de déterminer rapidement les coûts nécessaires à la remise en état des bâtiments et de répartir les fonds requis en fonction des besoins. Cette organisation doit être l'occasion de constituer une base de données comprenant des indications relatives aux bâtiments.

Il est prévu, immédiatement après un séisme dommageable, d'extraire de cette base de données les informations sur les divers bâtiments (propriétaire, année de construction, etc.) pour les mettre à la disposition des spécialistes de l'évaluation des bâtiments. L'organisation de sinistre quant à elle en tirera profit en pouvant s'appuyer sur les formulaires complétés pour apprécier la possibilité de réutiliser (provisoirement) les bâtiments concernés.

Des synergies doivent aussi être utilisées au niveau des spécialistes engagés. D'une part, on fait appel aux ingénieurs en génie civil pour l'évaluation des bâtiments, c'est-à-dire une appréciation rapide fondée sur des observations visuelles à l'aide du présent manuel. D'autre part, des ingénieurs doivent également procéder, sur mandat de l'organisation de sinistre, à une analyse approfondie, avec sondages et calculs à l'appui, pour l'appréciation des dommages demandée par ladite organisation, des bâtiments qui ne peuvent pas être évalués clairement sur la base de l'observation visuelle. Dans la mesure du possible, cette analyse approfondie doit être confiée aux experts qui ont déjà effectué l'appréciation visuelle.

1.3 But de l'évaluation post-sismique de bâtiments

Lors de séismes de forte intensité, les dommages peuvent être tels que le canton touché n'est plus en mesure de garantir l'évaluation des bâtiments avec ses propres ressources et qu'il est tributaire de l'aide d'autres cantons. Afin que cette coopération intercantonale puisse être assurée le plus rapidement et efficacement possible, les conditions doivent être uniformisées au maximum dans toute la Suisse, à savoir sur les plans suivants:

Méthode d'évaluation des bâtiments unique sur le plan national

La méthode doit être connue et applicable à toute la Suisse. De plus, elle doit être agréée par les experts en génie parasismique et conforme aux normes valables à l'échelon international.

La méthode doit répondre principalement aux exigences suivantes:

- La méthode doit permettre de garantir la limitation des risques pour les habitants sous l'angle des répliques prévisibles.
- Contrairement à un examen détaillé selon les normes SIA en matière de structures porteuses, elle doit pouvoir être appliquée rapidement.
- La méthode doit être à la fois simple et facilement compréhensible. En cas de doute, on partira d'une appréciation prudente fondée sur un risque minimal (interdiction d'occuper le bâtiment).
- Les bâtiments doivent être inspectés globalement (y compris l'intérieur si la sécurité est garantie).
- Les dommages doivent être systématiquement saisis et clairement identifiés.
- Les risques externes, par ex. bâtiments voisins, etc. doivent être pris en considération.
- Les éventuelles mesures de première urgence doivent être désignées.
- La méthode doit être conçue de telle manière qu'elle puisse être intégrée aisément à une plate-forme ou application informatique.

L'évaluation repose sur des observations visuelles de même que sur le savoir et l'expérience des spécialistes. Elle ne remplace pas une analyse approfondie comprenant des sondages et des calculs (voir chap. 1.2, Synergie entre l'évaluation post-sismique des bâtiments et l'organisation de sinistre en cas de tremblement de terre et le chap. 1.6).

La méthode est complétée par un formulaire s'accompagnant d'explications techniques pour le remplir, voir partie 2. Celles-ci reprennent sous une forme condensée le contenu du document de formation.

La méthode suisse se fonde sur la méthode appliquée dans le canton du Valais⁵, qui repose à son tour sur celle de l'Italie de même que sur le manuel de l'OFPP/AECA /ASS, 2010.

Formation unifiée à l'échelon national pour les spécialistes de l'évaluation des bâtiments

Les ingénieurs en génie civil doivent être formés et perfectionnés à l'application uniforme de la méthode post-sismique des bâtiments.

⁵ CREALP, manuel d'évaluation de l'habitabilité de bâtiments après un tremblement de terre, 2016

Une telle formation est nécessaire pour obtenir une évaluation des bâtiments dans les règles de l'art et selon une norme unique. À cet effet, ces spécialistes doivent comprendre les facteurs qui influent sur le comportement de la structure de bâtiment après un tremblement de terre. Sous la responsabilité de l'OFPP, des cours sur l'évaluation post-sismique de bâtiments, fondés sur des documents de formation correspondants, seront organisés par les hautes écoles spécialisées. Ces documents devront être adaptés sur la base des expériences acquises dans la pratique ou en fonction des enseignements tirés de cours passés. Des informations concernant cette formation figurent sous le chap. 3.2.

Il est également prévu, en collaboration avec les cantons, d'élaborer des modules de cours supplémentaires dont notamment celui qui sera consacré au perfectionnement des professionnels spécialisés dans l'évaluation de bâtiments.

Organisation uniforme

Le but est d'obtenir une approche uniforme des cantons dans la préparation à l'intervention afin que la collaboration en matière de maîtrise d'événements soit aussi efficace que possible et que les spécialistes et états-majors puissent coopérer à l'échelle intercantonale

Pour simplifier l'élaboration d'un concept cantonal pour la mise en place uniformisée de l'organisation et des processus d'évaluation post-sismique des bâtiments, l'OFPP a publié avec la collaboration de représentants des cantons le guide pour l'évaluation post-sismique des bâtiments, aspects organisationnels de la préparation et de la mise en œuvre, [OFPP 2018]. Ce guide vise à exploiter de manière optimale les synergies entre les cantons, la Confédération et les organisations partenaires en ce qui concerne l'évaluation de bâtiments et à mettre en place une organisation pour préparer et mettre en œuvre les travaux nécessaires. Un organigramme générique figure sous le chap. 3.1.

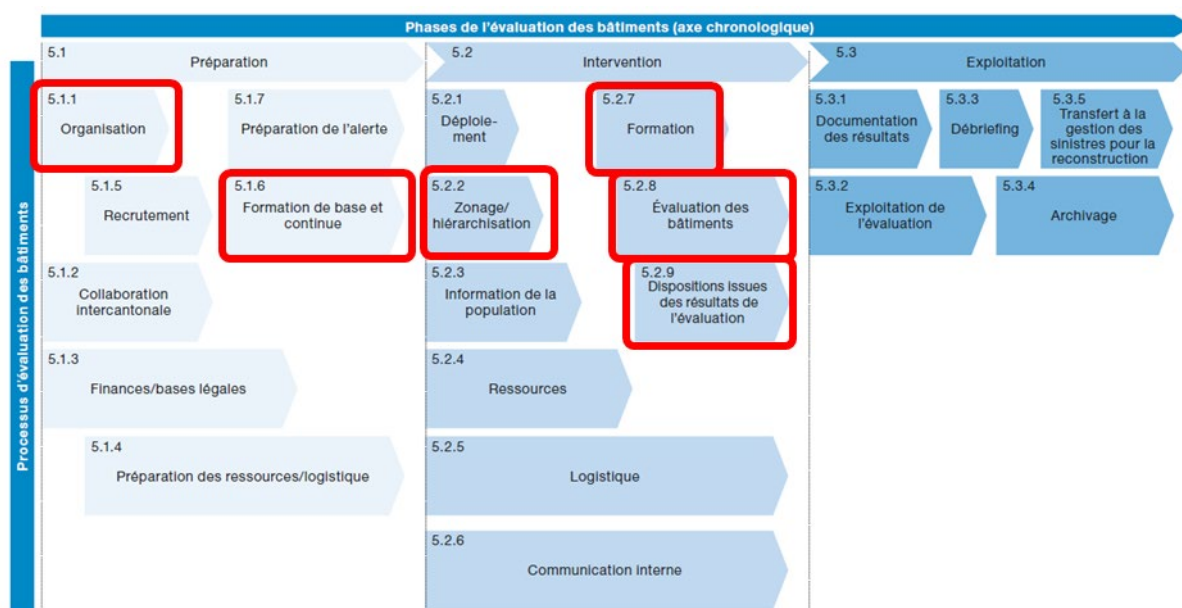


Figure 1-2. Extrait du guide pour l'évaluation post-sismique des bâtiments, aspects organisationnels de la préparation et de la mise en œuvre (ill. 4, p.18). Les processus marqués en rouge portent sur l'évaluation technique des bâtiments et sur la formation à l'application de la méthode.

1.4 Forme numérique de la méthode d'évaluation post-sismique des bâtiments

Le formulaire « Méthode suisse pour l'évaluation post-sismique des bâtiments » (chap.2.1) sera numérisé. Des informations concernant l'équipement de base du professionnel de l'évaluation post-sismique de bâtiments se trouvent sous le chap.3.1.

Lors de la mise en place de l'organisation de sinistre des établissements d'assurance et des cantons (chap. 1.2), les interfaces avec les formulaires d'évaluation de bâtiments doivent être clairement définies et

le système doit être mis en place de manière à ce que l'échange de données fonctionne également dans des conditions difficiles telles qu'elles se présentent après un séisme dommageable.

1.5 Importance de l'évaluation des bâtiments selon la méthode Suisse

Le but de l'évaluation est d'établir si l'accès à un bâtiment peut être autorisé avec ou sans restrictions ou doit être interdit. Pour cela, divers aspects sont pris en compte dont en particulier l'ampleur des dommages, la conception du bâtiment et le type de construction, l'affectation du bâtiment concerné et le risque qu'il subisse d'autres dommages à la suite d'une réplique. La méthode d'évaluation post-sismique de bâtiments décrite dans la partie 2 ne remplace pas l'examen détaillé selon les normes SIA en matière de structures porteuses qui a normalement lieu pour les ouvrages existants. L'évaluation post-sismique de bâtiments doit être effectuée rapidement, dans des conditions extrêmes et souvent sans la documentation habituelle relative à l'ouvrage (plans, calculs, sondages, etc.). Elle repose exclusivement sur des observations visuelles, si bien qu'elle exclut des analyses de structures porteuses au moyen de calculs. L'évaluation de l'utilisation possible d'un bâtiment représente un diagnostic à court terme. Par conséquent, il est essentiel qu'elle s'appuie sur des données empiriques et parte du moindre risque. Dans ce contexte, le danger provenant de répliques est crucial. Un niveau de secousse sismique de référence approprié dû aux répliques doit être défini, voir les chap.2.2 et 3.1.

1.6 Types de bâtiment soumis à l'évaluation

L'utilisation possible d'un bâtiment est appréciée à l'aide d'un formulaire, voir le chap. 2.1 ou la forme électronique à établir (chap. 1.4.). Le formulaire est utilisable pour l'évaluation de bâtiments appartenant à la classe d'ouvrage (CO) I conformément à la norme SIA 261, qui englobe principalement les habitations de même que les bâtiments administratifs et commerciaux ou les immeubles à usage mixte, et à la CO II, à savoir les bâtiments prévus pour l'occupation par un nombre élevé de personnes, les bâtiments de l'administration publique et bâtiments scolaires.

Les ouvrages ayant une fonction d'infrastructure vitale (CO III), comme les centres d'urgence, hôpitaux de soins aigus avec urgences et salles d'opération, bâtiments destinés aux organisations d'intervention d'urgence, etc., font l'objet d'une évaluation spécifique. Pour les bâtiments de la CO III, l'évaluation doit porter non seulement sur les structures porteuses mais également en particulier sur le fonctionnement intégral des installations propres au bâtiment. Le formulaire (chap.2.1) ne peut donc pas être utilisé pour les bâtiments faisant partie de la CO III. Aussi, un formulaire standard relatif à la CO III n'est-il pas prévu. Les bâtiments correspondants doivent être appréciés par des experts engagés par l'organisation d'intervention / les états-majors de conduite cantonaux.

1.7 Répartition des tâches en matière de gestion du risque sismique, axée principalement sur la maîtrise d'événements

La Confédération ne dispose pas de compétences globales en matière de législation dans le domaine de la gestion du risque sismique. Celle-ci relève pour l'essentiel des cantons et communes et incombe également aux propriétaires privés et exploitants d'infrastructures.

Rôle des parties prenantes concernant la gestion:

Propriétaires:

Qu'il soit soumis au droit public ou privé, le propriétaire est responsable de la sécurité de ses constructions. Il en va de même pour les éventuels dommages causés par un séisme. En cas de sinistre, il répond en vertu de l'art. 58 CO (responsabilité pour des bâtiments et autres ouvrages). Le propriétaire est tenu, pour ce qui est de la réalisation, de l'exploitation et de l'entretien de ses constructions, de tenir compte de la sécurité parasismique conformément aux normes suisses en vigueur.

En cas d'événement, le propriétaire est responsable de la réparation des dommages. Il lui appartient également d'assurer ou non son bâtiment contre les dommages causés par un séisme.

Communes:

Les organes de conduite communaux ou régionaux soutiennent les organes de conduite cantonaux, notamment dans la décision d'utilisation future ou d'interdiction d'occupation des bâtiments.

Cantons:

Les cantons sont compétents pour la gestion des conséquences de séismes, voir le chap. 3.1. Ils décident notamment de l'utilisation possible des bâtiments en accord avec les communes. Ce faisant, ils se fondent sur la recommandation formulée par les spécialistes sur la base de la méthode décrite au chap. 2.

Ces recommandations sont rassemblées par l'organe de conduite cantonal. Avec les recommandations liées à d'autres risques, elles servent de base à un collège d'experts (géologue cantonal, chef du service technique, sismologues, etc.) pour procéder à une évaluation globale conformément aux directives cantonales.

Confédération:

En qualité d'autorité de surveillance, en particulier pour les équipements d'infrastructure, elle veille à ce que les exigences en matière de sécurité parasismique des équipements soient respectées.

Dans son domaine de compétences, elle met à disposition les outils de base pour la protection sismique, prend des mesures et soutient les tiers dans les préparatifs en vue d'un événement. Les activités à l'échelle fédérale sont réglées dans le cadre du programme de mesures pour la gestion du risque sismique de la Confédération⁶. En outre, la Confédération est responsable de la surveillance sismique, de la transmission d'alarme et de l'estimation des dangers sur le plan national.

Pour les tâches de gestion d'événements, la Confédération peut fournir aux cantons des moyens d'intervention spécialisés. Dans ce contexte, elle assure la gestion de ressources (ResMaB). Les experts en matière d'évaluation des bâtiments sont enregistrés et peuvent être contactés selon la situation pour intervenir. ResMaB est exploité par l'OFPP, représenté par la CENAL.

La Confédération peut également, après entente avec les cantons, se charger de la coordination et conduite de l'intervention en cas d'événement touchant plusieurs cantons, toute la Suisse ou une région étrangère limitrophe. Lors d'événements de grande ampleur, il faut s'attendre à ce que la Confédération soit confrontée à des demandes de soutien financier.

Assurances:

Après un séisme, les assurances estiment les dommages causés aux bâtiments concernés. Lorsque les assurances ou mettent en place et exploitent une éventuelle organisation de sinistre pour estimer les coûts de remise en état, une synergie avec les spécialistes de l'évaluation de bâtiments doit être garantie.

Groupements professionnels:

La Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA) est compétente pour la création de normes et de réglementations en matière de constructions qui incluent également des exigences concernant la sécurité parasismique; voir les classes d'ouvrage I à III.

En tant que groupement spécialisé de la SIA, la Société suisse du génie parasismique et de la dynamique des structures représente les intérêts des ingénieurs en génie parasismique et des spécialistes en dynamique des structures.

Hautes écoles:

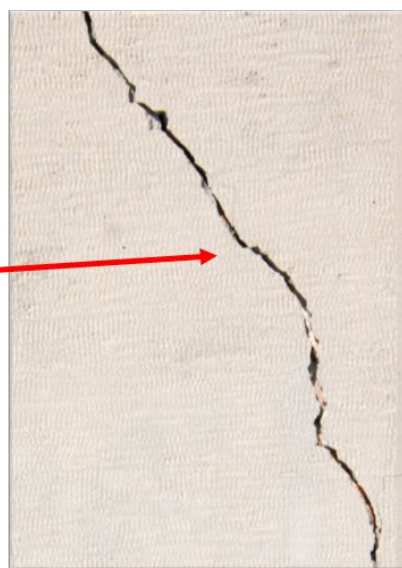
L'EPF de Lausanne et celle de Zurich (ETHZ) et les hautes écoles spécialisées sont responsables de la formation de base des ingénieurs en génie parasismique de même que de la recherche et de la formation continue dans ce domaine.

⁶ Rapport «Erdbebenrisikomanagement – Massnahmen des Bundes, Standbericht und Planung für den Zeitraum 2021 bis 2024»

Le Service sismologique suisse (SED) rattaché à l'EPFZ a été chargé d'élaborer d'ici à 2022 un modèle de calcul du risque sismique. Fondé sur les dangers de séisme, ce modèle tient compte de l'action du sous-sol et de la vulnérabilité des bâtiments concernés. Il devra permettre aux autorités cantonales et fédérales d'obtenir une vue d'ensemble des dommages potentiels qui leur servira ensuite de base pour planifier leur mesures préventives et préparatoires. De plus, le modèle en cours de développement pourra aussi être utilisé par l'équipe chargée de l'évaluation des bâtiments en cas d'événement pour localiser les dommages prévisibles et en estimer l'ampleur.

Partie 2:

2 Explications techniques pour remplir le formulaire de l'évaluation post-sismique



Thomas Wenk (séisme en Emilia-Romagna, Italie 2012)

2.1 Le formulaire d'évaluation

FORMULAIRE D'ÉVALUATION DE L'UTILISATION DE BÂTIMENTS APRÈS UN SEISME

Réf. événement : --

0 - Identification de l'inspection

Code de l'équipe : N° du formulaire : Date relevé (jour, mois, année) :

I - Identification de l'objet

Nom du bâtiment : N° EGID : - indice ()Rue : N° de rue : Commune : CP : Localité : Folio : N° de parcelle : Coordonnées CH : E N GPS (WGS 84) : Position du bâtiment : ☐ Isolé ☐ A l'intérieur ☐ A l'extrémité ☐ A l'angle

Identification de l'accompagnant

Nom : ☐ Propriétaire ☐ Délégué avec procurationPrénom : ☐ Administrateur ☐ AucunJoignable au (n° de téléphone) : ☐ Locataire☐ Autre

Schéma d'identification du bâtiment / Extrait du plan cadastral de la situation (bâtiments contigus) avec identification du bâtiment considéré et de la présence d'éventuels joints de dilatation - schéma d'identification du bâtiment

II - Description du bâtiment

Nbre d'étages hors terre <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 9 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 10 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 11 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 12 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> >12 <input type="radio"/> 7	Hauteur moyenne d'un étage [m] <input type="radio"/> ≤ 2.5 <input type="radio"/> 2.5 à 3.5 <input type="radio"/> 3.5 à 5.0 <input type="radio"/> > 5.0	Surface moyenne d'un étage [m²] <input type="radio"/> ≤ 50 <input type="radio"/> 400 à 500 <input type="radio"/> 50 à 70 <input type="radio"/> 500 à 650 <input type="radio"/> 70 à 100 <input type="radio"/> 650 à 900 <input type="radio"/> 100 à 130 <input type="radio"/> 900 à 1200 <input type="radio"/> 130 à 170 <input type="radio"/> 1200 à 1600 <input type="radio"/> 170 à 230 <input type="radio"/> 1600 à 2200 <input type="radio"/> 230 à 300 <input type="radio"/> 2200 à 3000 <input type="radio"/> 300 à 400 <input type="radio"/> > 3000	Année de construction ou de transformation (max 2) <input type="checkbox"/> < 1900 <input type="checkbox"/> 1900 - 1968 <input type="checkbox"/> 1969 - 1989 <input type="checkbox"/> 1990 - 2003 <input type="checkbox"/> > 2003 Année de construction, si connue : <input type="text"/>	Affectation <input type="checkbox"/> Logement <input type="checkbox"/> Bureau <input type="checkbox"/> Commerce <input type="checkbox"/> Administration <input type="checkbox"/> Ecole <input type="checkbox"/> Hôpital <input type="checkbox"/> Fabrication <input type="checkbox"/> Dépôt <input type="checkbox"/> Autre	Nombre d'occupants <input type="text"/> <input type="radio"/> Nombre estimé <input type="radio"/> Nombre effectif selon informations reçues lors de la visite <input type="radio"/> Information tirée de la base de données
Nbre d'étages sous terre <input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> ≥3					

Formulaire 2021

Code de l'équipe : N° du formulaire : **III - Typologie et vulnérabilité sismique**

Structure verticale de CV		Absence de CV		Irégularité plan (torsion)	Discontinuité verticale	Bonne conception CV
		Non identifiée	2 directions			
Structure horizontale / diaphragme						
Non identifiée		<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Voûte	sans tirant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
	avec tirant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Plancher souple	sans tirant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
	avec tirant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
Plancher rigide		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>

Structure verticale de contreventement					
<input type="checkbox"/> Maçonnerie	<input type="checkbox"/> paroi / refend	<input type="checkbox"/> remplissage			
Matériaux :		<input type="checkbox"/> béton (C)	<input type="checkbox"/> pierre naturelle		
		<input type="checkbox"/> silico-calcaire (K)	<input type="checkbox"/> terre cuite (B)		
Appareillage :		<input type="checkbox"/> irrégulier	<input type="checkbox"/> régulier		
Renforcée / chaînée : <input type="radio"/> oui <input type="radio"/> non <input type="radio"/> non identifié					
<input type="checkbox"/> Béton armé	<input type="checkbox"/> colonne	<input type="checkbox"/> cadre	<input type="checkbox"/> paroi		
<input type="checkbox"/> Acier	Type :	<input type="checkbox"/> colonne	<input type="checkbox"/> cadre		
	CV :	<input type="checkbox"/> diagonales	<input type="checkbox"/> autre		
<input type="checkbox"/> Bois	Type :	<input type="checkbox"/> cadre	<input type="checkbox"/> paroi	<input type="checkbox"/> autre	
<input type="checkbox"/> Mixte	<input type="checkbox"/> maçonnerie	<input type="checkbox"/> béton armé	<input type="checkbox"/> acier	<input type="checkbox"/> bois	

Vulnérabilité additionnelle					
<input type="checkbox"/> Joint entre bâtiments de mauvaise conception	<input type="checkbox"/> Structure en mauvais état	<input type="checkbox"/> Colonnes courtes	<input type="checkbox"/> Niveaux décalés	<input type="checkbox"/> Toiture lourde	<input type="checkbox"/> Toiture générant une poussée horizontale
<input type="radio"/> non identifiée					

Synthèse section III :

Conception parasismique : ☐ inappropriée ☐ partiellement appropriée ☐ appropriée ☐ précision en section XI

IV - Dommages sur les éléments de la structure porteuse (et mesures de première urgence (P.U.) exécutées)

Eléments structuraux et dommages préexistants	Etendue des dommages		Dommages								Mesures P.U. exécutées					
			Très graves D4 - (D5)		Importants D3		Moyens D2		Légers D1							
	> 1/4	< 1/4	> 1/4	< 1/4	> 1/4	< 1/4	> 1/4	< 1/4	Nul	Aucune	Démolitions	Centrage et/ou tirants	Réparations	Etayage	Pose de barrières et/ou passage protégé	
Structures de contreventement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Connexions structures vert. et horiz.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Structure verticale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plancher / structure horizontale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Toiture	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dommages préexistants	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Synthèse section IV :

Capacité résiduelle : ☐ fortement diminuée ☐ moyennement diminuée ☐ suffisante ☐ précision en section XI

V - Dommages sur les éléments non porteurs (et mesures de P.U. exécutées)

Types de dommages	Constat	Présence de dommages	Mesures P.U. exécutées					
			Aucune	Enlèvement	Accès interdit	Réparations	Etayage	Pose de barrières et/ou passage protégé
Endommagement de galandages, ...	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Endommagement des éléments de façade, bardage, ...	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Décollement de l'enduit, revêtement, faux-plafonds, ...	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute de tuiles, cheminées, placage de toiture, chéneaux, ...	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute de corniches, parapets, balcons, avant-toit, ...	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute d'autres objets (internes, externes)	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Escaliers	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Endommagement des conduites d'eau potable	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Endommagement des conduites d'égout	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Endommagement des conduites de gaz	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Endommagement de l'alimentation électrique	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Endommagement des réseaux de télécommunication	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Code de l'équipe: N° du formulaire: **VI - Dangers externes (et mesures de P.U. exécutées)**

Implications	Non identifié	Danger pour			Mesures P.U. exécutées	
		Bâtiment	Chemins d'accès	Chemins internes	Passage interdit	Pose de barrières et/ou passage protégé
Danger externe						
Danger d'effondrement d'une structure voisine	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute d'autres constructions	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rupture des conduites de distribution	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute de pierres / éboulement	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

VII - Terrain et fondations

Morphologie du site	Instabilité des fondations		Sol de fondation		
	Non identifiée		Appréciation	Classe de sol (SIA 261)	Microzonage
<input type="radio"/> Crête	<input type="radio"/> Redoutée	<input type="radio"/> Glissement de terrain	Bon	<input type="radio"/> A	<input type="radio"/>
<input type="radio"/> Forte pente	<input type="radio"/> Préexistante	<input type="radio"/> Liquéfaction	Moyen	<input type="radio"/> B, C	<input type="radio"/>
<input type="radio"/> Faible pente	<input type="radio"/> Générée par le séisme	<input type="radio"/> Tassement de fondation	Mauvais	<input type="radio"/> D, E	<input type="radio"/>
<input type="radio"/> Plaine	<input type="radio"/> Aggravée par le séisme		Inconnu	<input type="radio"/>	

VIII - Synthèse sections III, IV, V, VI et VII

Section III :	Conception parasismique :	<input type="radio"/> inappropriée	<input type="radio"/> partiellement appropriée	<input type="radio"/> appropriée	<input type="radio"/> précision en section XI
Section IV :	Capacité résiduelle :	<input type="radio"/> fortement diminuée	<input type="radio"/> moyennement diminuée	<input type="radio"/> suffisante	<input type="radio"/> précision en section XI
Section V :	Danger lié aux éléments non porteurs :	<input type="radio"/> important	<input type="radio"/> modéré	<input type="radio"/> faible	<input type="radio"/> précision en section XI
Section VI :	Danger externe :	<input type="radio"/> important	<input type="radio"/> modéré	<input type="radio"/> faible	<input type="radio"/> précision en section XI
Section VII :	Danger lié au terrain ou fondations :	<input type="radio"/> important	<input type="radio"/> modéré	<input type="radio"/> faible	<input type="radio"/> précision en section XI

IXa - Evaluation de l'utilisation

Evaluation du risque					Résultat	
Identification du risque	Porteur (Sections III et IV)	Non porteur (Section V)	Externe (Section VI)	Géotechnique (Section VII)		
Niveau de risque					1	<input type="radio"/> Bâtiment UTILISABLE
Faible	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2	<input type="radio"/> Bâtiment TEMPORAIREMENT INUTILISABLE (tout ou partie) mais UTILISABLE après mise en oeuvre des mesures de première urgence (cf. section IXb)
Faible, après mesures P.U. (Ixb)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3	<input type="radio"/> Bâtiment TEMPORAIREMENT INUTILISABLE jusqu'à une évaluation plus approfondie (cf. section IXc)
Élevé	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	4	<input type="radio"/> Bâtiment INUTILISABLE
					5	<input type="radio"/> Bâtiment INUTILISABLE en raison de causes externes

IXb - Mesures de première urgence (P.U.) à réalisation rapide, ampleur limitée (*) ou étendue ()**

*	**	Mesures de première urgence suggérées	*	**	Mesures de première urgence suggérées
<input type="checkbox"/>		Ceinturer et/ou poser des tirants	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mettre des barrières et protéger le passage
<input type="checkbox"/>		Réparer les dommages légers des parois	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Réparer les réseaux de distribution
<input type="checkbox"/>		Réparer la toiture	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Étancher
<input type="checkbox"/>		Étayage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>		Enlever l'enduit, revêtement, faux-plafonds	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>		Enlever les tuiles, cheminées	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>		Enlever les corniches, parapets, projections	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>		Enlever autres objets internes ou externes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			<input type="radio"/>		Aucune

Ce tableau de mesures est complété : ☐ en section XI ☐ en feuille annexe**IXc - Deuxième inspection nécessaire (A remplir uniquement si le résultat de l'évaluation est : 3)**

Motif pour deuxième inspection :

☐ visite partielle ☐ visite non exécutée ☐ pas d'unanimité au sein du collège d'experts ☐ nécessite l'avis d'un géologue
☐ autre

Code de l'équipe : N° du formulaire : **IXd - Besoins en relogement** (A remplir uniquement si le résultat de l'évaluation est : 2,3,4 ou 5)

Logements encore occupés lors de la visite :

☐ oui☐ non

Nombre de noyaux familiaux à reloger :

☐ nombre effectif☐ nombre estimé

Nombre de personnes à reloger :

☐ nombre effectif☐ nombre estimé**X - Informations relatives à l'évaluation****Précision de la visite :**

- exécutée :

☐ seulement à l'extérieur☐ partiellement☐ complètement (> 2/3)

- non exécutée, car :

☐ inspection refusée☐ ruine☐ bâtiment démolé☐ danger d'effondrement☐ accompagnant non trouvé☐ en transformation☐ en construction☐ abandonné☐ non utilisé☐ autre :

L'évaluation de l'utilisation est basée sur un jugement rapide en situation de crise post-sismique. Le jugement donné a une validité temporaire et ne représente en aucun cas une vérification de la sécurité structurale, ni la remplace. Le collège d'experts n'engage pas sa responsabilité sur les dommages aux choses ou aux personnes consécutives aux jugements du présent formulaire.

Le collège d'experts :

Nom :

Prénom :

Signature :

Nom :

Prénom :

Signature :

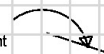
Nom :

Prénom :

Signature : **Le soussigné atteste avoir accompagné le collège d'experts durant la visite**

Nom :

Prénom :

Signature : **XI - Autres observations, croquis et / ou relevés**Agrafer ici la photo
d'ensemble du bâtiment

2.2 Jugement de la possibilité d'utilisation

L'évaluation des bâtiments est centrée sur l'appréciation qualitative de la capacité portante⁷ des immeubles résidentiels, commerciaux et industriels après la survenue d'un tremblement de terre. Cette évaluation a pour objectif principal d'apprécier la résistance résiduelle des bâtiments et de protéger les habitants en cas de répliques moyennant l'interdiction de l'accès aux édifices dangereux. La nécessité de mesures immédiates doit être documentée. En outre, l'évaluation pose les fondements pour un constat détaillé des dommages, réalisé ultérieurement dans l'optique d'évaluer les dommages financiers ou la nécessité de mesures de renforcement, voire d'un remplacement.

Le jugement de la possibilité d'utilisation d'un bâtiment est lié à la nécessité de pouvoir occuper et utiliser un bâtiment rapidement après un séisme, en restant raisonnablement protégé du risque de graves dommages aux personnes. Pour cette raison, la vérification de la possibilité d'utilisation ne vise pas à protéger la construction de dommages ultérieurs, mais uniquement la vie des occupants lors de répliques.

L'hypothèse de travail essentielle est que le bâtiment concerné doit pouvoir supporter un nouveau choc sismique, une réplique, qui surviendrait à proximité immédiate. Plus précisément, il faut considérer une migration potentielle de la zone d'intensité maximale correspondant au choc principal vers l'emplacement du bâtiment à évaluer. Dans l'idéal, il serait souhaitable de prendre également en compte d'éventuels effets locaux, comme une amplification due à la présence d'un terrain mou par exemple, mais en l'absence d'informations fiables à ce sujet, il est logique de considérer telle quelle l'intensité maximale du choc principal. A ce propos, il faut préciser qu'une visite guidée de la zone épiscopale (du choc principal) est un préalable indispensable à l'engagement des équipes d'inspection sur le terrain afin que les spécialistes puissent se rendre compte par eux-mêmes du type et du niveau de dégâts dans la zone épiscopale.



Figure 2-1. Le bâtiment doit pouvoir supporter une réplique qui surviendrait à proximité immédiate, c'est-à-dire qu'il faut considérer la migration possible de la zone d'intensité maximale vers le bâtiment à évaluer (centre cercle rouge). Figure de gauche : les forces enregistrées après le principal tremblement de terre. Figure de droite : déplacement de la zone présentant le niveau d'intensité le plus élevé - une hypothèse à garder à l'esprit lors de la prise en compte d'éventuelles répliques dans le cadre de l'évaluation d'un bâtiment particulier après un séisme.⁸

La vérification s'effectue à l'aide du formulaire d'évaluation pour classer les bâtiments selon 5 catégories d'utilisation possibles (voir description section IXa du formulaire). La transcription des résultats de l'évaluation en une décision formelle de l'autorité compétente avec par exemple l'apposition d'une signalétique de type « vert » (accessible sans restriction), « jaune » (restrictions d'accès), « rouge » (accès interdit) sur le

⁷ Terme normalisé, issu de la norme SIA 260 (2013)

⁸ Pierino Lestuzzi (2020)

bâtiment dépasse le cadre de la fiche d'évaluation et du présent manuel. La responsabilité de la décision doit être prise par les autorités sur la base de la vue d'ensemble de tous les critères en jeu.

2.3 Procédure pour l'inspection

L'inspection se fait d'abord de l'extérieur. Si des dommages considérables indiquent directement que le bâtiment n'est pas utilisable, il est opportun de ne pas procéder à l'inspection intérieure successive et l'inspection se termine là. La sécurité de l'équipe d'inspection est primordiale. A l'inverse l'absence de dommages extérieurs n'implique pas nécessairement l'absence de dommages à l'intérieur. Si le danger encouru en pénétrant dans le bâtiment semble raisonnable, l'inspection continue à l'intérieur. Il faut cependant rester prudent, car certains mécanismes, comme le renversement, ne peuvent pas être identifiés immédiatement de l'extérieur.

L'inspection doit être menée par des équipes de spécialistes comprenant au moins deux ingénieurs civils formés à l'utilisation des formulaires (voir chapitre 3.2). La présence du propriétaire / locataire est utile. Pour assurer leur sécurité les inspecteurs doivent toujours avoir en tête le chemin de fuite et s'assurer de l'ouverture des portes situées sur ce chemin.

Durant l'inspection intérieure, il est utile de procéder à l'examen de tous les étages, des caves et garages jusqu'aux combles. C'est, par exemple, depuis le grenier qu'il est possible d'observer au mieux les dommages de la toiture. Enfin, c'est en s'éloignant du bâtiment, lorsque cela est possible, qu'il est possible d'observer l'absence de couverture.

Plus qu'une observation générique du bâtiment, il convient de « chercher » à mettre en évidence des dommages dans certaines parties clés du bâtiment (à la base des éléments de contreventement par exemple) et selon des modalités relatives aux mécanismes de rupture redoutés (fissures à 45° indiquant un effet de colonne courte par exemple).

Il est préférable, en règle générale, que chaque inspecteur effectue une inspection générale individuelle, afin d'acquérir une 1^{ère} idée générale de l'état du bâtiment et formuler une 1^{ère} hypothèse de jugement. Ensuite, les inspecteurs peuvent de concert faire une évaluation complète en passant en revue tous les points du formulaire afin d'affiner ou réviser leur jugement initial.

Dans certains cas, il est utile d'effectuer des petits sondages sur les crépis et enduits pour enlever des portions de revêtements qui permettent d'examiner la géométrie des fissures. Parfois, il est nécessaire de tester la consistance du béton en dégagant les armatures avec un marteau à pointe dure, par exemple.

Si le bâtiment nécessite une 2^{ème} inspection (section IXc), il est nécessaire de posséder les formulaires établis lors de la 1^{ère} inspection, afin de pouvoir évaluer correctement l'évolution des dommages structuraux.

2.4 Indication générales




Elément graphique	Modalités de remplissage du formulaire
.....	Texte à écrire lisiblement, de préférence en majuscules et en caractère d'imprimerie
	Commencer la case par une lettre majuscule et écrire en caractère d'imprimerie à partir de la gauche inscrire un nombre par case en reculant à partir de la droite
	Ce symbole indique qu'il n'y a qu'un seul choix de réponse possible
	Ce symbole indique qu'il y a plusieurs choix de réponse possible ou il représente la réponse "autre" lorsque le formulaire ne comprend pas l'information. Si la case "autre" est cochée, il faut compléter les informations en section XI.

Figure 2-2. Modalités de remplissage du formulaire

2.5 Formulaire: Section 0 - Identification de l'inspection

Réf. évènement : - -

0 - Identification de l'inspection		
Code de l'équipe : <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	N° de la fiche : <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Date relevé (jour, mois, année) : <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>

Figure 2-3. Aperçu de la section 0

Référence événement

Ce code référence l'événement sismique de l'objet évalué. Les 3 premières lettres sont une abréviation du lieu de la secousse. La 4^{ème} indique si la secousse qui fait l'objet du formulaire est la 1^{ère} secousse [A] ou une des répliques successives [B, C, etc.]), suivie des 8 chiffres dédiés à la date de la dernière réplique ou secousse qui a nécessité l'évaluation.

Plusieurs formulaires remplis pour le même objet suite à des répliques importantes permettent de bien faire le lien entre les dommages constatés à chaque fois et le nombre de secousses subies par la structure.

Exemple	Description
SIO.A.12.01.2026	1 ^{ère} secousse du séisme survenu dans la région de Sion le 12.01.2026.

Figure 2-4. Exemple de référence événement.

Code de l'équipe

Les équipes de spécialistes nécessaires à l'évaluation d'utilisation des bâtiments sont mobilisées dans les meilleurs délais après le séisme. La centrale de coordination, en règle générale l'organe cantonal de conduite (OCC) (voir chapitre 3), enregistre les personnes, forme les équipes et donne à chacune un N° d'identification qui désigne de manière univoque sa composition. Ce N° est reporté sur toutes les pages du formulaire.

Numéro du formulaire

Le N° du formulaire attribué par la CC est également reporté sur toutes les pages.

Date du relevé

L'équipe indique la date du relevé selon l'exemple suivant (jour, mois, année) : 12.01.2026

2.6 Formulaire: Section I – Identification de l'objet

I - Identification de l'objet	
Nom du bâtiment :	N° EGID :
Rue :	N° de rue :
Commune :	CP :
Localité :	Folio :
Coordonnées CH : E :	N :
GPS (WGS 84) :	
Position du bâtiment : <input type="radio"/> Isolé <input type="radio"/> A l'intérieur <input type="radio"/> A l'extrémité <input type="radio"/> A l'angle	
Identification de l'accompagnant	
Nom :	<input type="radio"/> Propriétaire <input type="radio"/> Délégué avec procuration
Prénom :	<input type="radio"/> Administrateur <input type="radio"/> Aucun
Joignable au (n° de téléphone) :	<input type="radio"/> Localaire
<input type="radio"/> Autre	
Schéma d'identification du bâtiment / Extrait du plan cadastral de la situation (bâtiments contigus) avec identification du bâtiment considéré et de la présence d'éventuels joints de dilatation - schéma d'identification du bâtiment	

Figure 2-5. Aperçu de la section I

Généralités

Une attention particulière est à donner à cette section (fig.2-5.) du formulaire malgré son apparence à première vue banale. Elle contient des informations propres à identifier de manière univoque chaque partie structurale (nommée ci-après « objet »), susceptible de se comporter de manière indépendante en cas de sollicitation sismique. Cela signifie qu'une construction répertoriée sur une carte peut se composer d'une voire de plusieurs parties structurales. Il est impératif qu'un formulaire soit rempli pour chaque objet identifié. Le moment venu, il est prévu que cette section fasse l'objet d'un remplissage automatique à partir des bases de données disponibles.

A l'intérieur d'un complexe de bâtiments adjacents les différents objets à évaluer peuvent, en général, être distingués par leur typologie constructive, différence de hauteur, années de construction, présence de niveaux décalés, présence de joints, etc. La distinction des différents objets n'est pas une tâche évidente. C'est par exemple le cas de constructions mitoyennes rencontrées dans les quartiers historiques ou des constructions ayant subi des transformations ou des agrandissements ultérieurs. Pour les constructions en béton armé, la distinction des différents objets s'avère en général moins problématique. Dans ce genre de constructions, on peut considérer en tant qu'objet une partie structurale délimitée par des espaces ou des joints de dilatation/séparation d'une construction adjacente:

La Figure 2-5 est un extrait de la section I du formulaire. Les différents éléments sont repris un par un dans les points suivants.

Nom du bâtiment

Rue et numéro de rue

Commune

Localité

Code postal (CP)

Il s'agit de données habituelles pour la localisation d'un bâtiment. Le nom du bâtiment est une information complémentaire qui n'est pas indispensable si pas connu.

Identificateur fédéral de bâtiment (Numéro EGID)

Parmi les informations clés à mentionner dans la section I figure le numéro EGID (identificateur fédéral de bâtiment). Il s'agit d'un identificateur constitué par le Registre fédéral des bâtiments et des logements (RegBL). Le Registre communal des habitants (RdH) attribue un numéro EGID à chaque personne enregistrée. Au niveau national, l'identification d'un bâtiment est faite de manière univoque à l'aide de ce numéro. C'est la raison pour laquelle son utilisation convient parfaitement au formulaire. Tant que le remplissage automatique du numéro EGID n'est pas opérationnel, celui-ci sera transmis à l'équipe par la centrale de coordination.

Si cet identificateur ne devait pas être connu au moment de la visite, l'équipe veillera à collecter avec précision toutes les autres informations demandées dans la section I de manière à pouvoir rattacher sans hésitation l'objet étudié au numéro EGID lors de la saisie informatique du formulaire.

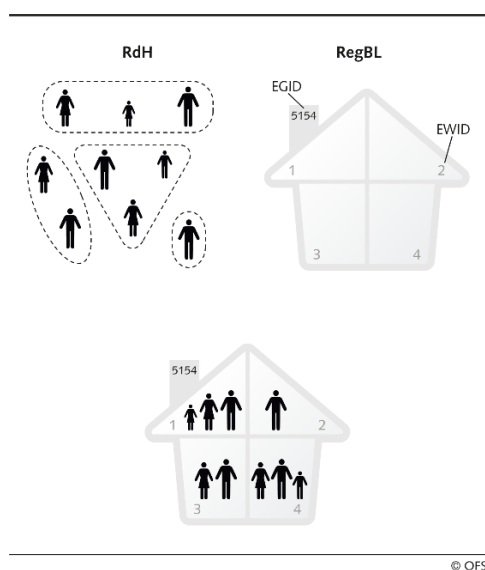


Figure 2-6. Attribution des identificateurs EGID.⁹

Folio et n° de parcelle

Ces informations font référence aux données du registre cadastral communal. Cette information sera fournie par la cellule post-simique du canton.

Coordonnées

Le formulaire prévoit la saisie des coordonnées géographiques soit au format de coordonnées suisse (CH), soit au format de coordonnées mondial GPS (WGS 84). L'équipe de relevé indiquera les coordonnées selon l'appareil GPS utilisé, faisant partie de l'équipement fourni (voir le chap. 3.1).

Coordonnées CH

Les coordonnées CH correspondent aux nouvelles coordonnées MN95 basées sur le maillage national des triangles, officiellement désigné CHENyx06. Le nouveau point zéro se situe à Berne et correspond désormais aux valeurs :

⁹ Office fédéral de la statistique (OFS), 2008)

$E0 = 2\,600\,000.00\text{ m (Est)}$ und $N0 = 1\,200\,000.00\text{ m}$.

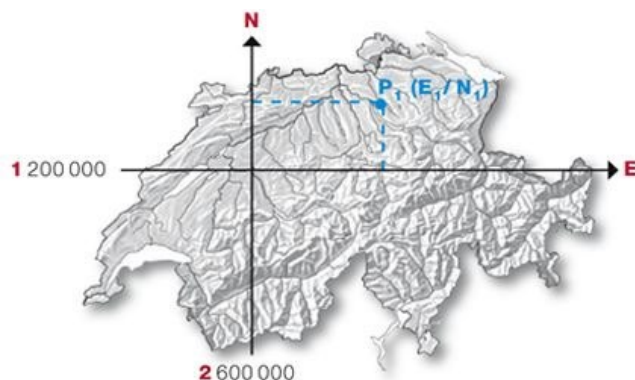


Abbildung 2-1: Système de coordonnées MN95.¹⁰

GPS (WGS 84)

Les coordonnées GPS sont à entrer au format WGS 84 (système géodésique mondial, révision de 1984). Il s'agit des coordonnées DD (degré décimal) à cinq décimales. Le premier chiffre correspond à la longitude (de 0° à Greenwich à $\pm 180^\circ$) et le deuxième à la latitude (de 0° à l'équateur à $\pm 90^\circ$ aux pôles). Les coordonnées GPS (WGS 84) de Berne sont données ci-après à titre de comparaison avec les coordonnées MN95 :

46.95108, 7.43863

Position du bâtiment

Cette information permet de préciser l'emplacement d'un objet par rapport à d'autres objets faisant partie du même complexe de bâtiments (agrégat). Un exemple est donné à l'aide des figures suivantes:

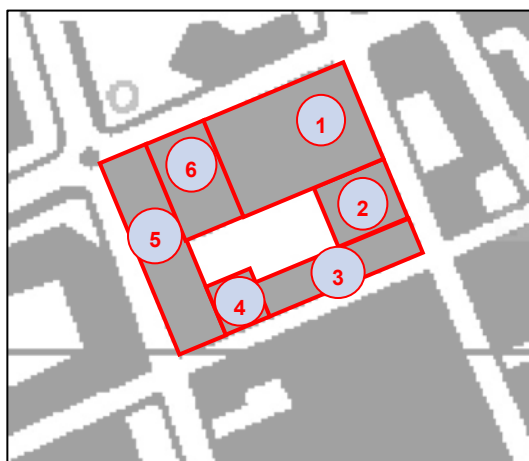


Abb. 2-8. Exemple d'un complexe de bâtiments.¹¹

Dans la figure 2-8 les bâtiments 1 et 3 sont des bâtiments d'angle, les bâtiments 2, 4, 6 sont à l'intérieur et le bâtiment 5 est d'extrémité.

¹⁰ SWISSTOPO

¹¹ Fabrizio D'Urso, « Manuel d'utilisation de la fiche d'évaluation post-sismique des bâtiments », Valais 2015

Figure 2.9. Exemple d'un complexe de bâtiments.¹¹

Dans la figure 2-9 le bâtiment 10 est isolé, les bâtiments 7, 8 et 9 sont également isolés s'ils sont séparés par des joints sismiques les uns des autres. Si ce n'est pas le cas, les bâtiments 7 et 9 sont à considérer d'extrémité et le bâtiment 8 d'angle.

Identification de l'accompagnant

La présence d'un accompagnant est vivement recommandée lors de l'inspection du bâtiment, notamment en raison de la connaissance du bâtiment et aussi pour éviter d'éventuelles accusations ultérieures de vol ou de déprédation. Dans cette section l'équipe indique le nom et le prénom de l'accompagnant ainsi que le numéro de téléphone auquel il est joignable. Le numéro de téléphone doit être inscrit comme suit (exemple):

+41 79 123 45 67

L'identité de l'accompagnant doit être précisée en cochant les différentes cases fonctions inscrites à droite (propriétaire, administrateur, locataire, autre, délégué avec procuration, aucun). Si l'équipe n'est pas accompagnée lors de la visite, elle doit absolument cocher "aucun". Dans le cas contraire, les indications manquantes seront interprétées comme un oubli de la part de l'équipe.

2.7 Formulaire: Section II – Description du bâtiment

II - Description du bâtiment					
Nbre d'étages hors terre <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 9 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 10 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 11 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 12 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> >12 <input type="radio"/> 7	Hauteur moyenne d'un étage [m] <input type="radio"/> ≤ 2.5 <input type="radio"/> 2.5 à 3.5 <input type="radio"/> 3.5 à 5.0 <input type="radio"/> > 5.0	Surface moyenne d'un étage [m²] <input type="radio"/> ≤ 50 <input type="radio"/> 400 à 500 <input type="radio"/> 50 à 70 <input type="radio"/> 500 à 650 <input type="radio"/> 70 à 100 <input type="radio"/> 650 à 900 <input type="radio"/> 100 à 130 <input type="radio"/> 900 à 1200 <input type="radio"/> 130 à 170 <input type="radio"/> 1200 à 1600 <input type="radio"/> 170 à 230 <input type="radio"/> 1600 à 2200 <input type="radio"/> 230 à 300 <input type="radio"/> 2200 à 3000 <input type="radio"/> 300 à 400 <input type="radio"/> > 3000	Année de construction ou de transformation (max 2) <input type="checkbox"/> < 1900 <input type="checkbox"/> 1900 - 1968 <input type="checkbox"/> 1969 - 1989 <input type="checkbox"/> 1990 - 2003 <input type="checkbox"/> > 2003 Année de construction, si connue : <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; display: inline-block;"></div>	Affectation <input type="checkbox"/> Logement <input type="checkbox"/> Bureau <input type="checkbox"/> Commerce <input type="checkbox"/> Administration <input type="checkbox"/> Ecole <input type="checkbox"/> Hôpital <input type="checkbox"/> Fabrication <input type="checkbox"/> Dépôt <input type="checkbox"/> Autre	Nombre d'occupants <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <input type="radio"/> Nombre estimé <input type="radio"/> Nombre effectif selon informations reçues lors de la visite <input type="radio"/> Information tirée de la base de données
Nbre d'étages sous terre <input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> ≥3					

Figure 2-10. Section II

Nombre d'étages hors terre / sous terre (sous-sol)

Lorsqu'on décrit le nombre d'étages hors terre d'un bâtiment, le grenier/galetas est pris en compte pour autant qu'il soit accessible. Pour les étages sous terre, un sous-sol est considéré comme tel dès que la moitié de sa hauteur est enterrée ou que trois des quatre façades sont complètement enterrées.

Hauteur moyenne d'un étage

Les valeurs pour la hauteur et la surface moyenne sont à choisir parmi des catégories prédéfinies. Par valeurs moyennes on entend celles qui représentent le mieux l'ensemble de la structure. Ces valeurs n'interviennent pas dans l'évaluation. Elles ont plutôt une fonction statistique en permettant, par exemple, l'estimation du volume construit en jeu.

Année de construction / transformation

Le champ suivant permet d'indiquer l'âge de la construction et éventuellement l'âge de l'une des transformations de la structure porteuse du bâtiment. Dans le cas où le bâtiment a subi plusieurs transformations, on indique la plus importante ou la plus récente si les transformations successives sont d'importance similaire.

Affectation

Le choix de l'affectation est restreint étant donné que ce formulaire est destiné prioritairement aux structures appartenant aux classes d'ouvrages CO I et CO II. Un dépôt doit être coché en tant que tel, à savoir un endroit qui n'est pas souvent fréquenté. Si la liste proposée ne comporte aucun choix adapté au bâtiment, il faut cocher la case "autre" et préciser l'affectation dans la section XI.

Nombre d'occupants

Le nombre d'occupants à indiquer est le nombre moyen qui occupait les lieux pour activité professionnelle ou résidence et ce de manière continue. Des occupants de résidences secondaires, présents occasionnellement, ne sont pas à classer parmi les occupants, même s'ils devaient être présents lors de l'événement sismique.

Il faut en outre préciser si le nombre d'occupants indiqué a fait l'objet d'une estimation ou bien s'il résulte de données plus précises provenant d'informations du propriétaire ou de l'accompagnant par exemple ou d'une base de données.

2.8 Formulaire: Section III – Typologie et conception parasismique

III - Typologie et vulnérabilité sismique									
Structure verticale de CV		Non identifiée	Absence de CV		Irégularité plan (torsion)	Discontinuité verticale	Bonne conception CV	Structure verticale de contreventement	
			2 directions	1 direction					
Structure horizontale / diaphragme									
Non identifiée		<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Voûte	sans tirant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	avec tirant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Plancher souple	sans tirant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	avec tirant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Plancher rigide		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vulnérabilité additionnelle									<input type="radio"/> non identifiée
<input type="checkbox"/> Joint entre bâtiments de mauvaise conception	<input type="checkbox"/> Structure en mauvais état	<input type="checkbox"/> Colonnes courtes	<input type="checkbox"/> Niveaux décalés	<input type="checkbox"/> Toiture lourde	<input type="checkbox"/> Toiture générant une poussée horizontale				
Synthèse section III : <input type="text"/>									
Conception parasismique: <input type="radio"/> inappropriée <input type="radio"/> partiellement appropriée <input type="radio"/> appropriée <input type="radio"/> précision en section XI									

Figure 2-11. Section III

La section III permet d'identifier la typologie constructive et la vulnérabilité sismique de la structure porteuse. Ce chapitre est scindé en 3 parties (matrice de vulnérabilité, structure verticale de contreventement, vulnérabilité additionnelle) qui sont présentées ci-dessous.

De manière générale, les cases carrées permettent des choix multiples pour le même libellé (ligne). Toutefois, un choix multiple se justifie uniquement si les différents éléments sont réellement représentatifs pour l'ensemble de la structure. Si un élément n'est présent que de manière marginale le choix est à limiter à l'élément principal.

Enfin, les éléments à cocher ne représentent en aucun cas une liste exhaustive. Ils ont été choisis en fonction d'une typologie de construction représentative pour la Suisse. Si une typologie relevée ne devait être présente dans la liste proposée et que son comportement ne pouvait être assimilé à aucun autre, il faudra l'inscrire dans les observations de la section XI.

Matrice de vulnérabilité

La matrice de gauche représente la pièce maîtresse de ce chapitre, voire de l'ensemble du formulaire. Cette partie décrit exclusivement les éléments structuraux permettant la reprise des sollicitations sismiques. La matrice permet de croiser les informations identifiées pour les systèmes de contreventements horizontaux et verticaux de manière à apprécier qualitativement la vulnérabilité sismique de l'ensemble de la structure porteuse.

La case « non identifiée » ne doit être choisie qu'en dernier recours. Auparavant il est indispensable de visiter l'ensemble des étages. Une attention particulière est à donner aux sous-sols. Les éléments porteurs de ces étages sont souvent dépourvus de revêtement, crépi, plâtre, etc. permettant de reconnaître la structure dans son état brut. De plus, il est recommandé d'aller à la récolte de toute information utile auprès du propriétaire ou du concierge. En cas de doute l'équipe procédera à des sondages en dégagant localement la structure porteuse avec un marteau à pointe dure, par exemple.

Structure horizontale / diaphragme

Différentes typologies de structures horizontales sont proposées dans les lignes de la matrice. Elles sont classées approximativement selon leur degré de vulnérabilité sismique. Celui-ci a tendance à diminuer plus on se déplace vers le bas dans le tableau. Au total, six choix sont possibles pour les types de planchers : non-identifié, voûte (avec/sans tirant), plancher souple (avec/sans tirant) et plancher rigide. Les données complémentaires sur les tirants permettent, indirectement, de mettre en garde par rapport à une éventuelle vulnérabilité additionnelle du système porteur par rapport à des mécanismes de ruptures locales (hors plan).

Rigidité des planchers

Le rôle des planchers est d'une part de garantir l'intégrité du bâtiment et d'autre part de répartir les efforts verticaux et horizontaux sur les murs. La répartition des efforts dépend du sens porteur des planchers, de leur rigidité et de la connexion entre murs et planchers.

Sans mesures particulières, les planchers en bois représentent un exemple typique de plancher souple. Les dalles pleines en béton armé quant à elles représentent des planchers rigides (diaphragme). Un diaphragme permet une distribution des efforts sismiques sur les murs proportionnels à leur résistance dans la direction considérée.

Le sens porteur des planchers souples joue un rôle déterminant pour la répartition des efforts horizontaux sur les murs.

Il est à noter que la présence de tirants et le type de connexion entre murs et planchers influencent également la répartition des efforts sismiques sur les murs.

Tirants / chaînage

Comme mentionné plus haut, l'un des rôles des planchers est de garantir l'intégrité du bâtiment. C'est la condition pour atteindre un mécanisme de rupture global. En règle générale les planchers rigides garantissent cette fonction.

Pour des planchers souples avec un système porteur unidirectionnel et des connexions souvent insuffisantes avec les murs cette intégrité ne peut souvent pas être garantie. Dans ce cas, des ruptures locales ne peuvent pas être exclues. La présence de tirants ou de chaînages adaptés dans les planchers améliore significativement cet aspect et favorise ainsi l'intégrité de l'ensemble de la structure.

Pour les voûtes et les planchers souples il est de ce fait nécessaire d'indiquer l'information complémentaire sur l'éventuelle présence de tirants. Dans le formulaire, le terme « tirant » regroupe les tirants en acier et les chaînages en béton armé car les deux systèmes sont admis équivalents pour le comportement sismique. Toutefois, l'utilisateur mentionnera dans la synthèse sous les tableaux si l'option « avec tirant » est cochée pour décrire un chaînage. Dans ce cas, le chaînage est également à décrire dans le tableau de droite à la section III.

Liaisons plancher - murs

Le formulaire ne relève pas explicitement la qualité des connexions entre planchers et murs. Par conséquent, il est admis que la liaison entre ces éléments est à même de transmettre les efforts. Si tel ne devait pas être le cas, l'utilisateur en tiendra compte pour remplir la matrice de la section III et apportera un commentaire dans la synthèse sous les tableaux.

Un défaut de liaison important entre plancher et murs peut être assimilé à un défaut de la structure verticale en cochant une « absence de contreventements » dans l'une ou les deux directions.

Structure verticale de contreventement

Dans les colonnes de la matrice, la régularité en plan est différenciée de celle en élévation. La première est assurée s'il y a une bonne symétrie en plan, si les centres de masse et de cisaillement coïncident, s'il n'y a ni parties saillantes, ni évidements, donc s'il s'agit d'une forme simple et compacte. La deuxième est assurée s'il n'y a pas d'interruption d'éléments sur la hauteur et si la rigidité des contreventements aux différents étages ne varie pas brusquement.

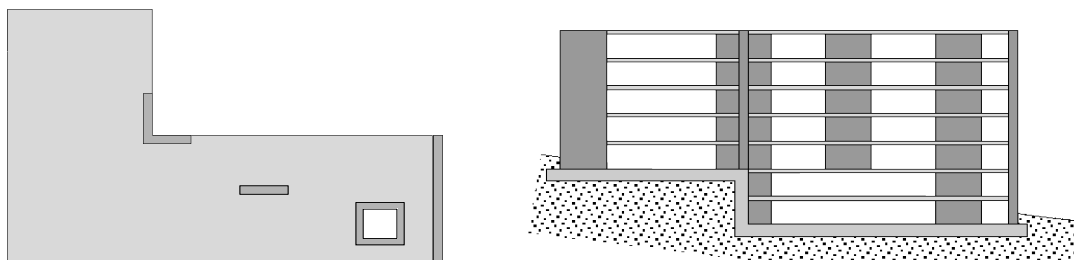


Figure 2-12. Exemple d'irrégularité prononcée en plan et en élévation, disposition de refends en plan (à gauche) et en élévation (à droite).¹²

Absence de contreventements (1 ou 2 directions)

Des structures existantes n'ayant pas été dimensionnées au séisme peuvent présenter des lacunes graves telles qu'une absence de contreventements dans une, voire les deux directions. Ce type de défaut peut également apparaître si des travaux de transformations ont été entrepris sans considérer les prescriptions parasismiques, p.ex. lors de la création d'importantes ouvertures dans des murs existants. Comme décrit plus haut, un défaut de liaison important entre plancher et murs pourrait être assimilé à une « absence de contreventements » dans l'une voire les deux directions.

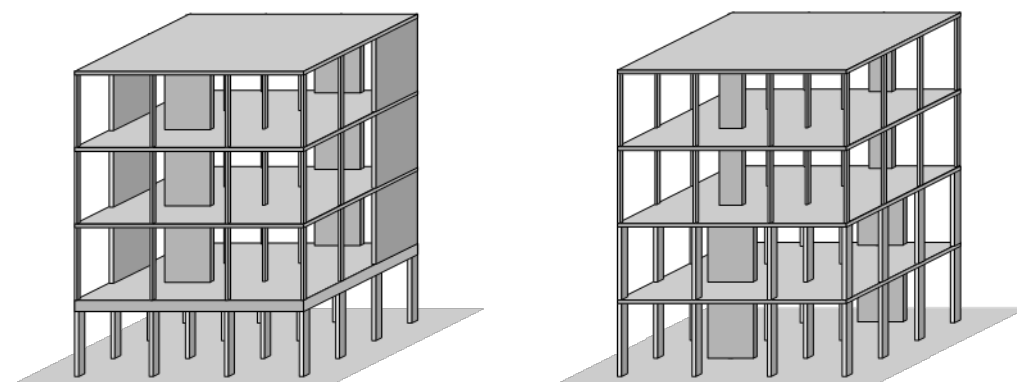


Abb. 2-13. Absence de contreventement dans les deux directions au rez-de-chaussée (à gauche), dans une direction (à droite).¹²

Irrégularité en plan

On parle d'irrégularité en plan si la disposition des contreventements crée des excentricités entre les centres de masse (M) et de cisaillement (S). Le bâtiment subit alors des sollicitations de torsion qui accentuent les efforts dans les éléments de construction.

Discontinuité verticale

La discontinuité verticale, essentiellement des contreventements, peut être caractérisée par les éléments suivants :

- Hauteurs d'étages variables
- Répartition irrégulière de la masse
- Interruption d'un contreventement à un étage
- Variation brusque des rigidités

¹² Support de cours formation post-sismique : comportement des structures en acier, Lestuzzi&Badoux (2011)

Bonne conception des contreventements

Si la structure ne présente aucun des défauts précités, la conception des contreventements peut être jugée comme étant bonne.

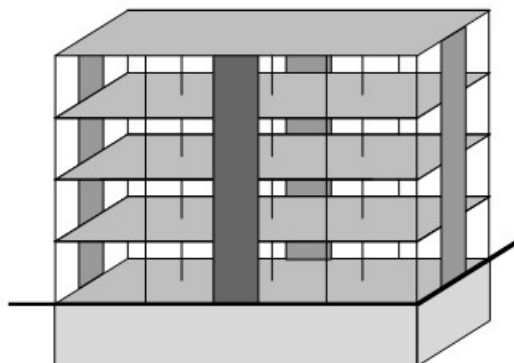


Figure 2-14. Exemple d'une bonne conception¹²

Structure verticale de contreventement

Le tableau de droite de la section III permet de décrire les éléments verticaux servant de contreventements à la structure. En plus de la distinction des matériaux (maçonnerie, béton armé, acier, bois) les caractéristiques des contreventements sont à préciser.

Maçonnerie

Type de contreventement

Pour les contreventements en maçonnerie on distingue les « refends ou parois » des « remplissages ». Une distinction entre ces deux systèmes est nécessaire car leur fonction statique et leur comportement sismique sont fondamentalement différents. Contrairement au « refend » constitué de parpaings, la maçonnerie de « remplissage » n'a pas de fonction porteuse. Dans ce type de structure, ce sont les cadres en béton armé (ou en acier) qui assurent la descente des charges verticales. La maçonnerie de remplissage sert uniquement de cloison. Sous sollicitation sismique les remplissages vont être involontairement activés en raison de leur grande rigidité dans leur plan, sans avoir la résistance nécessaire. De plus, ils risquent de porter préjudice au système porteur (cadres) en raison de leur importante différence en capacité de déformation et de leur fragilité (formation de colonnes courtes).



Figure 2-15. Refend / paroi en maçonnerie ¹³



Figure 2-16. Remplissages en maçonnerie (un exemple que l'on rencontre régulièrement à l'étranger mais qu'occasionnellement pour les bâtiments résidentiels en Suisse) ¹⁴

¹³ Pierino Lestuzzi

¹⁴ Roberto Peruzzi (Kurmann et Cretton Ingénieurs)

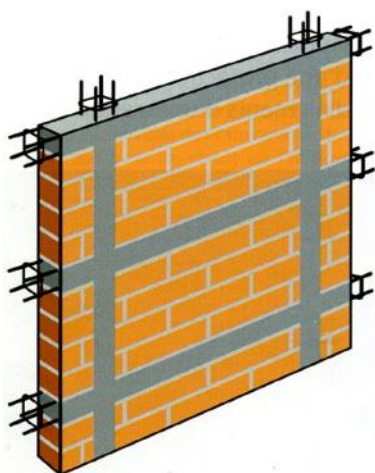
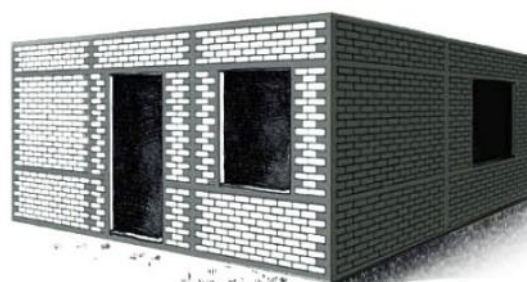
Renforcée

Le terme « renforcée » désigne la maçonnerie armée. L'ajout d'armatures horizontales dans les joints d'assise et d'armatures verticales dans les évidements des briques contribue à une augmentation de la ductilité.

Figure 2-17. Armatures horizontales ¹⁵Figure 2-18. Armatures verticales ¹⁶

La maçonnerie 'chaînée' ('confined masonry' en anglais) se compose de murs en plots ceinturés par des poutres et piliers en béton armé. Elle se distingue des cadres en béton armé remplis de maçonnerie par la séquence de construction : dans la maçonnerie chaînée les éléments en maçonnerie sont mis en place avant que les piliers et les poutres en béton armé ne soient coulés en place. Bien que la résistance ainsi que la ductilité de la maçonnerie 'chaînée' soient améliorées par rapport à une maçonnerie classique, elles n'atteignent en règle générale pas les valeurs d'une maçonnerie armée. Dans le cadre du formulaire, la maçonnerie 'chaînée' peut également être classée comme maçonnerie « renforcée » tout en le spécifiant dans la synthèse sous les tableaux.

Bien que ce type de maçonnerie soit presque inexistant en Suisse, il apparaît dans le formulaire en vue d'une utilisation potentielle à l'aide internationale.

Figure 2-19. Maçonnerie chaînée ¹⁷Figure 2-20. Maçonnerie chaînée ¹⁸

¹⁵ PLAKA SOLUTIONS, (catalogue, PLAKA / Gevel en metselwerk / Murfor)

¹⁶ ARCHIPRODUCTS

¹⁷ BATIRAMA

¹⁸ GROUPE LMK, (L'équipe du Groupe LMK a désormais joint l'équipe Structura.ca)

Béton armé

Les types de contreventement en béton armé les plus utilisés sont illustrés ci-dessous.



Figure 2-21. Colonnes encastrées ¹⁹



Figure 2-22. Cadres en béton armé ²⁰

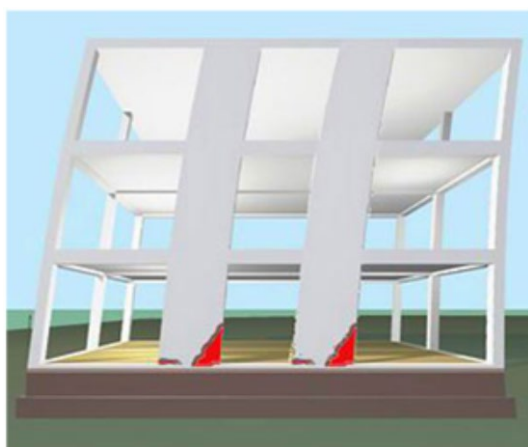


Figure 2-23. Parois (refends) en b.a. ²¹



Figure 2-24. Détail d'armature d'un refend en b.a. ²²

Acier

Les images suivantes illustrent les types de contreventement en acier les plus utilisés.

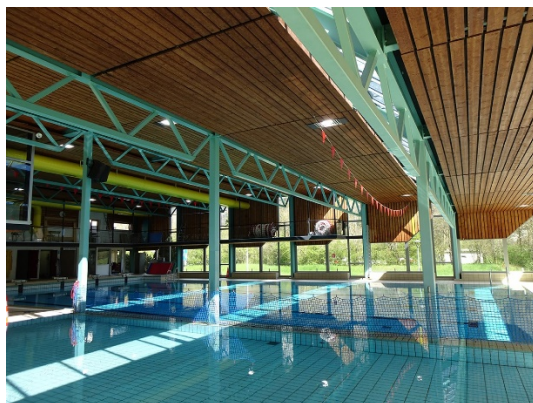


Figure 2-25. Colonnes encastrées ²³



Figure 2-26. Cadres en acier (portiques) ²⁴

¹⁹ Résonance Ingénieurs Conseils

²⁰ Association Française du Génie Parasismique (AFPS)

²¹ Zuccaro G, Papa F., (2001, 2004), Medea Manuale di Esercitazioni sul Danno E Agibilità degli edifici ordinari in muratura e cemento armato)

²² Immeuble d'habitation Sion, F. D'Urso (2014)

²³ Pierino Lestuzzi

²⁴ Centre commercial Uvrier, F. D'Urso (2014)



Figure 2-27. Contreventements – parking Sendai – Japon ²⁵

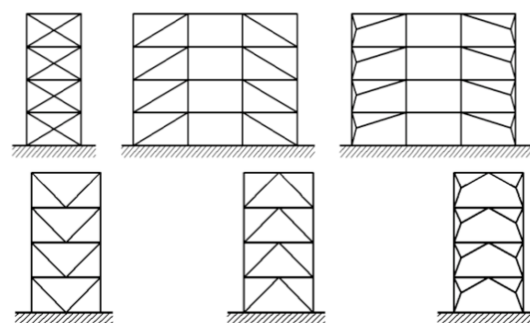


Figure 2-28. Types de contreventement ²⁶

Bois

Les images suivantes illustrent les types de contreventements en bois les plus utilisés.



Figure 2-29. Colonnes encastées ²⁷



Figure 2-30. Cadres en bois (portiques) ²⁷



Figure 2-31. Parois – ossatures en bois ²⁷



Figure 2-32. Parois – refends en bois ²⁷

Les parois sont formées soit d'éléments en ossatures bois, soit de parois massives en bois. Les constructions en bois sont un domaine particulier de l'ingénierie structurale. Leur analyse requiert des connaissances spécifiques, notamment en ce qui concerne les caractéristiques des détails constructifs usuels. Des spécialistes de ce domaine sont donc indispensables pour effectuer l'évaluation de l'utilisation des constructions en bois endommagées après un séisme.

²⁵ Séisme de Tohoku 2011, rapport de l'université Hokkaido

²⁶ Support de cours formation post-sismique : comportement des structures en acier, Lestuzzi&Badoux (2011)

²⁷ Martin Geiser, Haute école spécialisée bernoise (BFH) Bienne

Vulnérabilité additionnelle

Cette ultime partie de la section III permet d'identifier d'éventuelles vulnérabilités additionnelles de la structure porteuse face aux sollicitations sismiques. Les différentes vulnérabilités sont décrites ci-après.

Vulnérabilité additionnelle						<input type="radio"/> non identifiée
<input type="checkbox"/> Joint entre bâtiments de mauvaise conception	<input type="checkbox"/> Structure en mauvais état	<input type="checkbox"/> Colonnes courtes	<input type="checkbox"/> Niveaux décalés	<input type="checkbox"/> Toiture lourde	<input type="checkbox"/> Toiture générant une poussée horizontale	

Figure 2-33 Extrait de la section III

Joint entre bâtiments de mauvaise conception



Les joints parasismiques entre bâtiments ont pour objectif d'éviter l'entrechoquement des différents corps de bâtiment qu'ils séparent. La largeur des joints doit être supérieure à la somme des déplacements horizontaux des bâtiments contigus. A titre comparatif, une largeur de joint minimale de 40 mm est exigée dans la norme SIA 261 pour les structures neuves.

Les joints entre bâtiments existants ne respectent souvent pas ces exigences. Le cas échéant, des dégâts ne peuvent pas être exclus en raison de l'entrechoquement des bâtiments. En présence de planchers rigides, si ces derniers sont aux mêmes niveaux, seuls des dégâts locaux sont à prévoir. En revanche, si les planchers sont décalés verticalement des dégâts beaucoup plus importants, voire l'effondrement des bâtiments, sont à redouter (voir fig. 2-43). De ce fait, ces joints sont à considérer comme étant de mauvaise qualité.

Figure 2-34. Joint parasismique vertical de bonne conception ²⁸

Les planchers de grande surface sont souvent dotés de joints de dilatation. Comme illustré sur la figure suivante, ces joints peuvent présenter différents détails de réalisation. Ces derniers influencent de manière considérable le comportement sismique des différents corps de bâtiment. Cependant, il est souvent difficile de reconnaître le type de joint en se basant uniquement sur une vision locale. En règle générale ces joints ne répondent pas aux exigences des joints parasismiques et sont, de ce fait, à considérer comme joints de mauvaise qualité.



Figure 2-35. Détails d'exécution de joints de dilatation ²⁹

Structure en mauvais état

Une construction est considérée en mauvais état si sa structure porteuse présente :

- des dommages préexistants liés à un dimensionnement non-conforme (fissures, tassements, déformations, etc.)
- des défauts de réalisation (non-conformité des matériaux utilisés, non-conformité des détails d'exécution) ;
- des dommages préexistants liés à un manque d'entretien (infiltrations d'eau, problèmes d'étanchéité, corrosion, etc.).

²⁸ Patricia Balandier « Le séisme et les bâtiments », Directive de la Direction Départementale de l'Équipement (Martinique)

²⁹ NF P11-213-1 (DTU 13.3) (mars 2005) : Dallages - Conception, calcul et exécution – Partie 1



Abb. 2-36. Exemples de bâtiments présentant des dommages liés à un manque d'entretien ³⁰

Colonnes courtes

Les colonnes courtes sont dotées d'une résistance à la flexion plus importante par rapport à celle à l'effort tranchant. Elles subissent par contre un important effort tranchant qui entraîne souvent une rupture par cisaillement avant même que le moment plastique ne soit atteint. Ces éléments représentent une vulnérabilité additionnelle pour la structure et doivent être spécifiés dans cette section du formulaire.

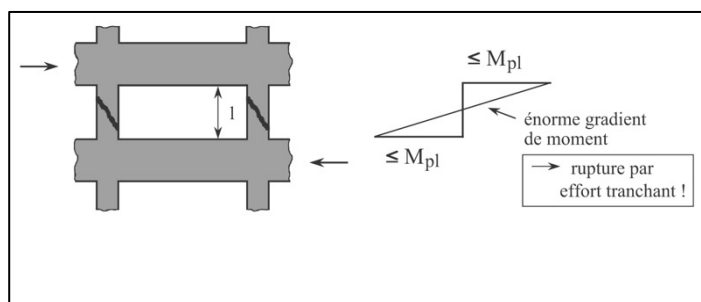


Figure 2-37. Colonnes courtes ³¹



Dans ce contexte les colonnes captives peuvent être assimilées aux colonnes courtes. Les colonnes captives sont des colonnes entravées dans leurs déplacements latéraux par un mur sur une partie de leur hauteur. Ce phénomène conduit à la rupture de la colonne suite à des concentrations de déformations plastiques.



Abb. 2-38. Colonnes captives: cisaillement des poteaux de cadres engendré par le remplissage en maçonnerie. Cette typologie est plutôt rare en Suisse.³⁰



Abb. 2-39. Colonne captive : dommages provoqués par le parapet accolé au pilier ³²

³⁰ Habitations désaffectées, vieille ville de Sion, F. D'Urso (2015)

³¹ Hugo Bachmann, directives de l'OFEG, Conception parasismique des bâtiments – Principes de base à l'attention des ingénieurs, architectes, maîtres d'ouvrages et autorités (2002)

³² Bâtiment d'habitation à L'Aquila, F. D'Urso (2011)

Niveaux décalés

Les déplacements horizontaux que subissent des bâtiments voisins durant un séisme peuvent engendrer d'importants dommages si l'espace entre les deux structures n'est pas suffisant. Ce phénomène nommé martèlement ou entrechoquement peut avoir des conséquences plus graves encore si les niveaux des bâtiments contigus sont décalés. Dans ce cas de figure les dalles viennent percuter les éléments porteurs verticaux du bâtiment voisin générant de graves dommages, voire l'effondrement de ce dernier. Les niveaux décalés sont à identifier comme vulnérabilité additionnelle pour la structure.

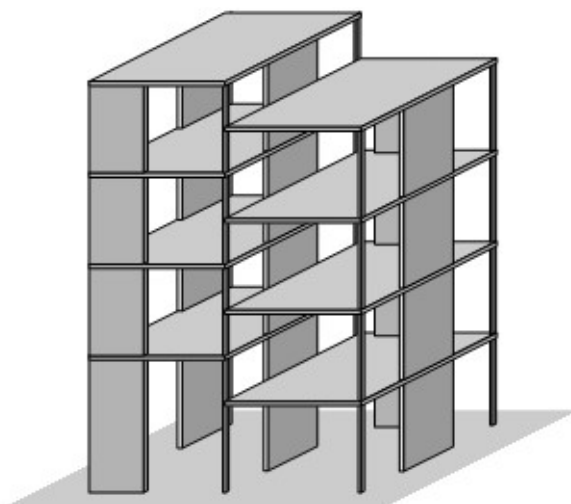


Abb. 2-40. Structures contiguës avec niveaux décalés³³

Toiture lourde

Une toiture traditionnelle, composée d'une charpente en bois et d'une couverture en tuiles est considérée comme toiture légère. Il en est de même pour une toiture composée d'une charpente métallique recouverte de panneaux sandwich. A défaut de ces exemples, des toitures plus massives engendrent des sollicitations sismiques plus élevées. Des toitures en béton armé (toit plat ou à pignon) sont considérées comme toiture lourde. Une charpente en bois recouverte par de la pierre naturelle est également classée comme toiture lourde en raison de l'augmentation considérable de sa masse par rapport à une construction classique. Ces types de toitures sont à identifier dans le cadre des vulnérabilités additionnelles.



Abb. 2-41 Toiture en béton armé³⁴

³³ Support de cours formation post-sismique : comportement des structures en acier, Lestuzzi&Badoux (2011)

³⁴ Roberto Peruzzi (Kurmman et Cretton Ingénieurs)

2.9 Formulaire: Section IV – Dommages sur les éléments de la structure porteuse et mesures de première urgence exécutées

Préambule

L'examen du dommage et de la vulnérabilité du bâtiment conduit à l'estimation du risque structurel (section IXa), en termes de modification de la capacité portante de la structure par rapport à un *état originel* de référence. Pour un bâtiment projeté selon les critères modernes des normes de construction parasismique (SIA 260 et ss), cet état correspond conceptuellement à un niveau de sécurité minimal accepté pour les actions sismiques prescrites (zone sismique) ; pour les autres bâtiments ce niveau ne peut pas être garanti.

Il va de soi qu'un examen expéditif, comme celui conduit pour la vérification de l'utilisation, ne peut pas avoir comme objectif de garantir un degré défini de sécurité absolue (comme déjà abordé en introduction). L'observation et l'interprétation du dommage apparent – celui observable sur la base d'un examen visuel – causé par le séisme permet d'identifier les modifications subies par les éléments porteurs (section IV) et non porteurs (section V), et donc la gravité de telles modifications en terme de réduction de la sécurité du bâtiment.

La lecture des dommages apparents permet, dans le cas de dommages significatifs (séparation évidente des planchers et parois, effondrements partiels, rupture de nœuds de cadre), de déclarer immédiatement la non utilisation du bâtiment pour carences structurelles manifestes. Dans le cas de dommages non significatifs, il est donc utile de comprendre quels sont les mécanismes de rupture qui ont été activés et les modifications provoquées par le séisme afin d'estimer la part de la résistance originelle qui a été réduite par le séisme.

Définition des niveaux de dommage

Il faut tout d'abord signaler que cette section a pour but de se rendre compte où sont les dommages et leur importance. Il faut ensuite séparer les modifications intervenues dans l'état général des structures porteuses du bâtiment suite au séisme de celles préexistantes, même si dans le jugement final, l'état général d'endommagement sera pris en compte. De plus, seuls les dommages visibles lors de la visite vont pouvoir être identifiés. Il faut également se rappeler, que l'état dans lequel se trouvait le bâtiment avant le séisme, est considéré comme sûr par le public, bien que les normes sismiques actuelles n'y sont pas forcément appliquées.

Les dommages qui doivent être reportés dans la section IV, partie gauche, sont ceux apparents ou découverts par sondages, à savoir ceux identifiables à vue sur les éléments structurels au moment de l'inspection, que ceux-ci soient préexistants ou provoqués par le séisme.

Dans la partie droite de la section IV doivent être reportées les mesures de première urgence qui ont déjà été exécutées avant l'inspection, par exemple lors des sauvetages de personnes. Il est possible de différencier les éléments qui ont été démolis à titre préventif, si des tirants ou un système de ceinturage ont été mis en place, en particulier pour éviter une rupture hors-plan, si des réparations ont été effectuées, si un étayage a été mis en place ou si des barrières ont été posées pour protéger le passage.

IV - Dommages sur les éléments de la structure porteuse (et mesures de première urgence (P.U.) exécutées)																	
Eléments structurels et dommages préexistants		Dommages								Mesures P.U. exécutées							
		Très graves D4 - (D5)		Importants D3		Moyens D2		Légers D1		Nul	Aucune	Démolitions	Centrage et/ou tirants	Réparations	Eclayage	Pose de barrières et/ou passage protégé	
		> 1/4	< 1/4	> 1/4	< 1/4	> 1/4	< 1/4	> 1/4	< 1/4								
Structures de contreventement		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Connexions structures vert. et horiz.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Structure verticale		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plancher / structure horizontale		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Toiture		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dommages préexistants		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Synthèse section IV : Capacité résiduelle : <input type="radio"/> fortement diminuée <input type="radio"/> moyennement diminuée <input type="radio"/> suffisante <input type="radio"/> précision en section XI																	

Figure 2-42 Section IV

Les 5 premières lignes se réfèrent aux dommages visibles dans les structures principales, dans l'ordre :

Ligne 1 : aux seuls éléments de structure porteuse qui assurent son contreventement (refends, noyaux, parois de remplissage de cadres),

Ligne 2 : aux connexions entre les structures horizontales (planchers) et verticales afin de déterminer dans quelle mesure la capacité de distribution des forces sismiques des planchers vers les structures porteuses est endommagée ou en d'autres termes son comportement « en boîte » (Box-like behaviour),

Ligne 3 : à la structure verticale qui assure la descente des charges pondérales (p. ex. murs en maçonnerie dans les structures mixtes maçonnerie-béton contreventées par des refends ou noyaux),

Ligne 4 : aux structures horizontales ou planchers,

Ligne 5 : à la toiture.

La dernière ligne (ligne 6) enregistre la part des dommages que l'on considère comme étant présents avant le séisme, ces informations pouvant par exemple être obtenues auprès du propriétaire.

Dans la section IV du formulaire, le degré de dommage d'un élément est attribué à l'aide de l'échelle EMS 98, bien que celle-ci ait été développée pour qualifier et quantifier le niveau du dommage global d'un bâtiment entier.

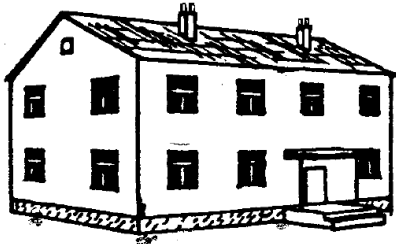

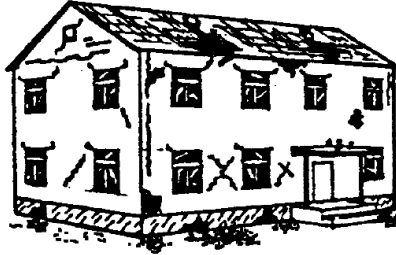


Classification des dégâts aux bâtiments en maçonnerie	
	<p>Degré D1 : Dégâts négligeables à légers (aucun dégât structural, légers dégâts non structuraux)</p> <p>Fissures capillaires dans très peu de murs. Chute de petits débris de plâtre uniquement. Dans de rares cas, chute de pierres descellées provenant des parties supérieures des bâtiments.</p>
	<p>Degré D2 : Dégâts modérés (dégâts structuraux légers, dégâts non structuraux modérés)</p> <p>Fissures dans de nombreux murs. Chutes de grands morceaux de plâtre. Effondrement partiel des cheminées.</p>
	<p>Degré D3 : Dégâts sensibles à importants (dégâts structuraux modérés, dégâts non structuraux importants)</p> <p>Fissures importantes dans la plupart des murs. Les tuiles des toits se détachent. Fractures des cheminées à la jonction avec le toit ; défaillance d'éléments non structuraux séparés (cloisons, murs pignons).</p>
	<p>Degré D4 : Dégâts très importants (dégâts structuraux importants, dégâts non structuraux très importants)</p> <p>Défaillance sérieuse des murs ; défaillance structurale partielle des toits et des planchers.</p>
	<p>Degré D5 : Destruction (dégâts structuraux très importants)</p> <p>Effondrement total ou presque total.</p>

Abb. 2-43. Skala EMS98, Mauerwerk ³⁵

³⁵ Cahiers de Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Volume 15 (1998), Luxembourg
<http://www.franceseisme.fr/ems98.html> <https://doi.org/10.2312/EMS-98.full.en>

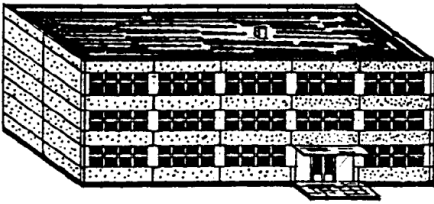
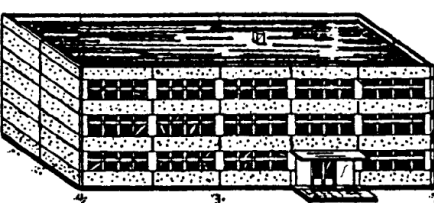
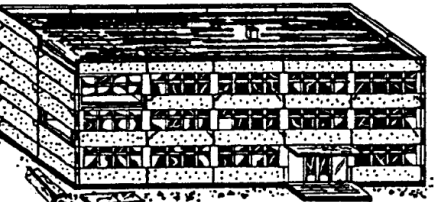

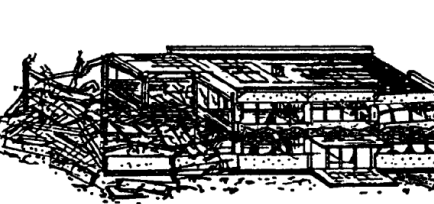
Classification des dégâts aux bâtiments en béton armé	
	<p>Degré D1 : Dégâts négligeables à légers (aucun dégât structural, légers dégâts non structuraux)</p> <p>Fissures fines dans le plâtre sur les parties de l'ossature ou sur les murs à la base. Fissures fines dans les cloisons et les remplissages.</p>
	<p>Degré D2 : Dégâts modérés (dégâts structuraux légers, dégâts non structuraux modérés)</p> <p>Fissures dans les structures de types portiques (poteaux et poutres) et dans structures avec murs. Fissures dans les cloisons et les murs de remplissage ; chute des revêtements friables et du plâtre. Chute du mortier aux jonctions entre les panneaux des murs.</p>
	<p>Degré D3 : Dégâts sensibles à importants (dégâts structuraux modérés, dégâts non structuraux importants)</p> <p>Fissures dans les poteaux et dans les nœuds à la base de l'ossature et aux extrémités des linteaux des murs avec des ouvertures. Ecaillage du revêtement de béton, flambement des barres d'armature longitudinale. Fissures importantes dans les cloisons et les murs de remplissage, défaillance de certains panneaux de remplissage.</p>
	<p>Degré D4 : Dégâts très importants (dégâts structuraux importants, dégâts non structuraux très importants)</p> <p>Fissures importantes dans les éléments structuraux avec défaillance en compression du béton et rupture des barres à haute adhérence ; perte de l'adhérence barres-béton ; basculement des poteaux. Ecroulement de quelques poteaux ou d'un étage supérieur.</p>
	<p>Degré D5 : Destruction (dégâts structuraux très importants)</p> <p>Effondrement total du rez-de-chaussée ou de parties de bâtiments.</p>

Abb. 2-44. Skala EMS98, Béton ³⁵

Dommmages de la maçonnerie

Les typologies de murs en maçonnerie sont très différentes entre elles (voir chap.2.8 du manuel – section III du formulaire), tant en regard des matériaux qui les constituent (parpaings et mortier) que pour leur type d'appareillage. Il est par conséquent utile de tenir compte de ces différences dans l'association des dommages apparents (par ex. type de fissure et ampleur) au niveau de risque structurel consécutif.

A la fin de ce sous-chapitre, plusieurs photos avec leur évaluation sont fournies afin de servir d'exemples.

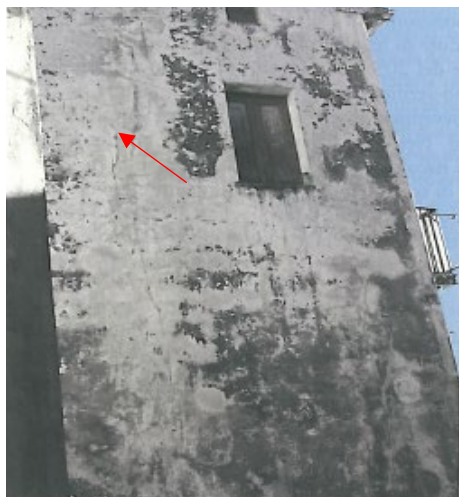


Figure 2-45. Type 1, 6 (gauche) (Tortora, CS, 1998); D1 ³⁶

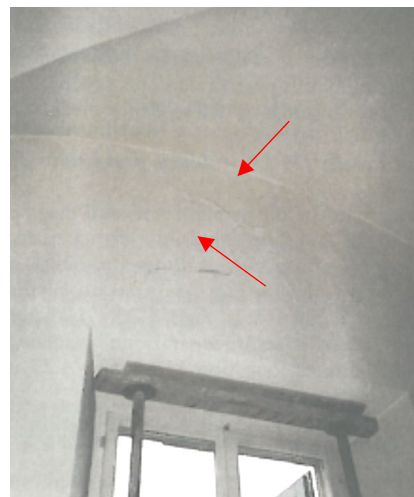


Figure 2-46. Type 1, 2, avec étayage (Correggio, RE, 1996); D1 ³⁶



Figure 2-47. Type 6 (Tortora, CS, 1998); D1 ³⁶

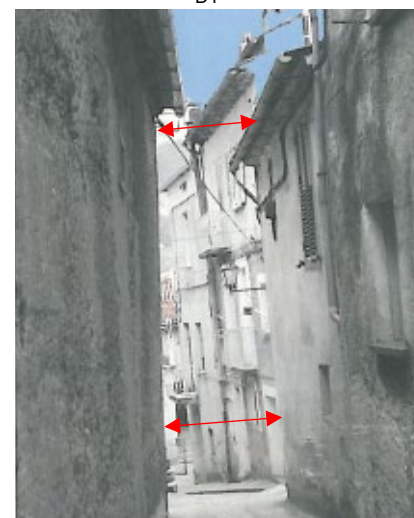


Figure. 2-48. Faux-aplomb préexistant; D1 ³⁶

³⁶ AA.VV. (2011, 2014), Manuale per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica (AeDES) – Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n.113 del 2011 - Revisione, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 243 del 2014.



Figure 2-49. Type 3, 7, 11 (Busche, PG, 1998); D2-3³⁶



Figure 2-50. Type 1, 3, 11 (Busche, PG, 1998); D 3³⁶



Figure 2-51. Type 1, 3, 9; D4³⁶



Figure 2-52. Type 3 (Fabriano, 1997); D3-4³⁶

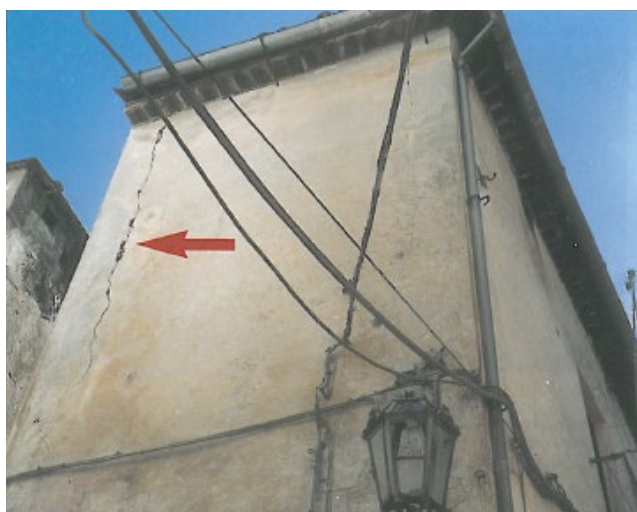


Figure 2-53. Type 7 (Tortora, CS, 1998); D2-3³⁶



Figure 2-54. Type 7 (Rivello, PZ, 1998); D3-4³⁶

Domages aux bâtiments en béton armé

Ce sous-chapitre donne de plus amples informations afin de pouvoir classer correctement les différents dommages dans les différents degrés de dommage proposés par l'échelle EMS98. En ce qui concerne les dommages D4 et D5, ils correspondent pour tous les éléments porteurs à un effondrement partiel ou à l'effondrement complet du bâtiment. A la fin de ce sous-chapitre, plusieurs photos avec leur évaluation sont fournies afin de servir d'exemples.



Figure 2-55. Colonne courte (Castelluccio Inferiore, PZ, 1998);
D3-4³⁶



Figure 2-56. Eclatement du béton, fissures verticales
(Babnolo, RE, 1996); D2-3³⁶



Figure 2-57. Dommages au nœud d'une colonne (Atene 1999);
D4³⁶



Figure 2-58. Formation de rotules plastiques aux extrémités
des colonnes (Turchia, 1999); D4-5³⁶

2.10 Formulaire: Section V – Dommages sur les éléments non porteurs et mesures de premières urgences exécutées

V - Dommages sur les éléments non porteurs (et mesures de P.U. exécutées)									
		Constat	Présence de dommages	Mesures P.U. exécutées					
				Aucune	Enlèvement	Accès interdit	Réparations	Eteyage	Pose de barrières et/ou passage protégé
Types de dommages									
Endommagement de galandages, ...			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Endommagement des éléments de façade, bardage, ...			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Détachement de l'enduit, revêtement, faux-plafonds, ...			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute de tuiles, cheminées, placage de toiture, chéneaux, ...			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute de corniches, parapets, balcons, avant-toit, ...			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute d'autres objets (internes, externes)			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Escaliers			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Endommagement des conduites d'eau potable			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Endommagement des conduites d'égout			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Endommagement des conduites de gaz			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Endommagement de l'alimentation électrique			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Endommagement des réseaux de télécommunication			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figure 2-59 Section V

Les éléments non porteurs (secondaires) peuvent s'avérer importants pour le jugement de l'utilisation. Certains éléments peuvent mettre en danger les utilisateurs ou des passants. Les dommages de certains éléments peuvent rendre impossible l'utilisation du bâtiment. C'est pourquoi, 12 dommages fréquemment rencontrés ont été répertoriés dans cette section. Les 7 premiers représentent des dommages aux éléments non porteurs intérieurs ou de façade et les 5 derniers des dommages aux raccords des différents réseaux (eaux, gaz, électricité, télécommunication). De plus, il existe la possibilité d'ajouter un dommage supplémentaire sur la dernière ligne du tableau.

Pour ces éléments, il faut tout d'abord signaler s'ils sont endommagés, puis indiquer si des mesures ont déjà été mises en œuvre avant l'inspection. Si cela n'est pas le cas, il faut cocher la case "aucune". Si des mesures ont déjà été exécutées il convient de les indiquer en choisissant parmi les 5 mesures de première urgence (P.U.) les plus couramment utilisées.

L'utilisation des bâtiments est souvent mise à mal par des dommages aux éléments non porteurs. Cependant, ces défauts peuvent fréquemment être éliminés à l'aide de mesures simples et rapides. Les mesures recommandées sont à mentionner dans la section IXb. Dans de nombreux cas la suppression de l'élément en question représente une mesure efficace. D'autres exemples de mesures sont mentionnés dans la section IXb.

Ci-dessous quelques exemples de dommages aux éléments non porteurs et les dangers qui en résultent.



Figure 2-60. Mise en danger de la zone environnante par un parapet non retenu à l'arrière (une partie s'est déjà effondrée sur l'avant-toit). Le danger serait écarté en enlevant le parapet. ³⁷



Figure 2-61. L'absence de tuiles permet la pénétration de l'eau à l'intérieur de la construction et engendre un risque d'accumulation d'eau au niveau du faux-plafond du plancher supérieur et un risque d'effondrement de ce dernier. ³⁷



Figure 2-62. Des éléments de plâtre d'une épaisseur de plusieurs cm se détachent du faux-plafond et menacent l'espace situé en dessous. ³⁷



Figure 2-63. Raccordements aux divers réseaux endommagés par le séisme. ³⁷



Figure 2-64. Murs non porteurs avec fixations insuffisantes menacent les environs immédiats (dans la pièce voisine une construction identique a enseveli une place de travail lors son effondrement). Le risque peut être éliminé en enlevant les parois. ³⁷



Figure 2-65. Mise en danger des utilisateurs par des unités d'éclairage mal fixées. La suppression de celles-ci ou de nouvelles fixations renforcées supprimeraient le danger. ³⁷

³⁷ Andreas Galmarini (Waltgalmarini, Erdbeben Chile 2010)

2.11 Formulaire: Section VI – Dangers externes induits par d'autres constructions et mesures de premières urgences exécutées

VI - Dangers externes (et mesures de P.U. exécutées)						
Implications Danger externe	Non identifié	Danger pour			Mesures P.U. exécutées	
		Bâtiment	Chemins d'accès	Chemins internes	Passage interdit	Pose de barrières et/ou passage protégé
Danger d'effondrement d'une structure voisine	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute d'autres constructions	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rupture des conduites de distribution	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute de pierres / éboulement	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figure 2-66. Section VI

Cette section traite des dangers induits par l'environnement extérieur au bâtiment traité dans le formulaire concerné. Il s'agit principalement de dangers dus à l'effondrement de constructions voisines/contiguës ou dus à la rupture de conduites de distribution à proximité. Pour ces types de dangers, il faut d'abord indiquer ce qu'ils concernent : le bâtiment, les chemins d'accès jusqu'au bâtiment ou les chemins internes dans le cas de bâtiments plus complexes.

Dans cette section également, il est utile d'indiquer si des mesures de première urgence ont déjà été mises en œuvre avant l'inspection.

2.12 Formulaire: Section VII – Terrain et fondations

VII - Terrain et fondations					
Morphologie du site	Instabilité des fondations			Sol de fondation	
<input type="radio"/> Crête <input type="radio"/> Forte pente <input type="radio"/> Faible pente <input type="radio"/> Plaine	<input type="radio"/> Non identifiée <input type="radio"/> Redoutée <input type="radio"/> Préexistante <input type="radio"/> Générée par le séisme <input type="radio"/> Aggravée par le séisme	<input type="radio"/> Glissement de terrain <input type="radio"/> Liquéfaction <input type="radio"/> Tassement de fondation	Appréciation	Classe de sol (SA 261)	Microzonage
			Bon	<input type="radio"/> A	<input type="radio"/>
			Moyen	<input type="radio"/> B, C	<input type="radio"/>
			Mauvais	<input type="radio"/> D, E	<input type="radio"/>
			Inconnu	<input type="radio"/>	

Figure 2-67. Section VII

Cette section n'est pas une description précise de la géologie à proximité du bâtiment considéré, mais sert plutôt à informer de manière très simple, si des problèmes dus au terrain et aux fondations sont à attendre et si des spécialistes doivent venir faire de plus amples recherches (*à indiquer en section IXc*).

La première partie permet d'indiquer dans quel type de morphologie on se trouve. Si l'on est sur une crête, on peut s'attendre à une amplification de l'excitation sismique. Si l'on est sur un endroit pentu, des affaissements ou glissements du terrain sont possibles.

La partie centrale de la section VII décrit, à droite, les éventuelles instabilités observées - glissement de terrain, chute de pierres/éboulement, liquéfaction du sol ou tassement de fondation, et à gauche, si celles-ci sont redoutées, préexistante à l'événement, générées par le séisme, ou aggravées par celui-ci.

La partie de droite de la section permet de définir la classe de terrain de fondation sur laquelle est construit le bâtiment qui fait l'objet de l'inspection. Ces informations devraient être insérées par la cellule post-sismique de l'organe cantonal de conduite (OCC) (voir chapitre 3.1).

2.13 Formulaire: Section VIII – Synthèse

VIII - Synthèse sections III, IV, V, VI et VII					
Section III :	Conception parasismique :	<input type="radio"/> inappropriée	<input type="radio"/> partiellement appropriée	<input type="radio"/> appropriée	<input type="radio"/> précision en sectionXI
Section IV :	Capacité résiduelle :	<input type="radio"/> fortement diminuée	<input type="radio"/> moyennement diminuée	<input type="radio"/> suffisante	<input type="radio"/> précision en sectionXI
Section V :	Danger lié aux éléments non porteurs :	<input type="radio"/> important	<input type="radio"/> modéré	<input type="radio"/> faible	<input type="radio"/> précision en sectionXI
Section VI :	Danger externe :	<input type="radio"/> important	<input type="radio"/> modéré	<input type="radio"/> faible	<input type="radio"/> précision en sectionXI
Section VII :	Danger lié au terrain ou fondations :	<input type="radio"/> important	<input type="radio"/> modéré	<input type="radio"/> faible	<input type="radio"/> précision en sectionXI

Figure 2.68. Section VIII

Cette section regroupe les synthèses des sections précédentes. Elle permet d'avoir une vue d'ensemble de la situation afin de guider au mieux la décision de possibilité d'utilisation effectuée à la section suivante, la section IX.

Exemple:

Par principe de précaution, en tenant compte d'une possible migration de l'épicentre sous le bâtiment analysé, une conception parasismique inappropriée (section III) représente un risque élevé et doit conduire au résultat 4 "inutilisable" quel que soit le niveau de dommages aux éléments porteurs.

Si la conception parasismique est partiellement appropriée ou appropriée, c'est la capacité résiduelle qui décide si le bâtiment peut rester utilisable ou non.

Si la conception parasismique est appropriée et la capacité résiduelle suffisante, le résultat sera A "bâtiment utilisable" si le danger lié aux éléments non porteurs est faible ou B "bâtiment temporairement inutilisable" si des mesures de première urgence simples doivent être prises selon la section IXb.

Si le bâtiment est inutilisable en raison d'un danger externe selon section VI, il faut tout de même indiquer le résultat de l'évaluation de l'utilisation du bâtiment sans ce danger. En effet, dès que le danger externe peut être écarté ou supprimé, le jugement de l'utilisation permet de rendre le bâtiment utilisable si le résultat est 1.

2.14 Formulaire: Section IX – Evaluation de l'utilisation

On peut procéder à l'évaluation de l'utilisation lorsque les sections I à VIII ont été complètement remplies. Le résultat de l'évaluation est guidé par le tableau récapitulatif de la section IX. L'évaluation est empirique et s'effectue de manière purement qualitative. Elle considère tous les critères du formulaire, c'est-à-dire les dégâts constatés à la structure porteuse et aux éléments secondaires, les dangers externes liés à l'environnement, les caractéristiques de la structure porteuse ainsi que l'utilisation prévue. Une sollicitation sismique de référence doit être définie en raison du danger accru associé aux répliques (voir figure 2.1). L'évaluation doit donc être effectuée de manière prudente.

Le résultat de l'évaluation sert de base aux autorités compétentes pour prendre la décision d'utilisation ou d'interdiction d'accès d'un bâtiment. La décision finale réside donc exclusivement dans la responsabilité et le pouvoir d'injonction des autorités compétentes et peut donc différer du résultat de l'évaluation uniquement technique.

Section IXa – Evaluation de l'utilisation

Dans cette section, le résultat de l'évaluation de l'utilisation du bâtiment s'effectue sur la base du tableau "Evaluation du risque" dans lequel les résultats des tableaux précédents III à VIII sont pris en compte. L'évaluation consiste à choisir une des cinq catégories du tableau "Résultat", en suivant les deux étapes de travail décrites ci-après.

IXa - Evaluation de l'utilisation					
Evaluation du risque					Résultat
Identification du risque	Porteur (Sections III et IV)	Non porteur (Section V)	Externe (Section VI)	Géotechnique (Section VII)	
Niveau de risque					
Faible	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 <input type="radio"/> Bâtiment UTILISABLE
Faible, après mesures P.U. (IXb)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2 <input type="radio"/> Bâtiment TEMPORAIREMENT INUTILISABLE (tout ou partie) mais UTILISABLE après mise en oeuvre des mesures de première urgence (cf. section IXb)
Elevé	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3 <input type="radio"/> Bâtiment TEMPORAIREMENT INUTILISABLE jusqu'à une évaluation plus approfondie (cf. section IXc)
					4 <input type="radio"/> Bâtiment INUTILISABLE
					5 <input type="checkbox"/> Bâtiment INUTILISABLE en raison de causes externes

Figure 2-69 IXa

1^{ère} étape - Evaluation du risque

Dans la première étape les résultats des sections précédentes, c'est-à-dire des sections III et IV concernant la conception parasismique et la capacité portante résiduelle de la structure, de la section V concernant le danger lié aux éléments secondaires, de la section VI concernant les dangers externes et de la section VII concernant le danger lié aux aspects géotechniques, sont récapitulés dans le tableau "Evaluation du risque" sur la base d'une estimation du niveau de risque que représente la structure en choisissant la case correspondante dans le tableau.

2^{ème} étape - Résultat

La deuxième étape consiste à classer le bâtiment dans une des cinq catégories (1 à 5). La procédure de classification s'effectue en commençant par la catégorie 5 et en remontant jusqu'à la catégorie 1, c'est-à-dire en débutant avec les défauts les plus graves.

Les flèches entre les deux tableaux de la section IXa indiquent les canaux de décision possibles, dans lesquels les flèches en trait continu représentent les cas normaux et les flèches en traitillé les cas exceptionnels qui peuvent, sous certaines conditions, procurer une alternative.

Bâtiment inutilisable en raison de causes externes

Si la case "Elevé" de la colonne dangers externes du tableau "Evaluation du risque" est cochée, le bâtiment tombe dans la catégorie 5 "inutilisable en raison de causes externes". Cette attribution est indépendante des autres cases cochées dans le tableau "Evaluation du risque".

Bâtiment inutilisable

Si au moins une case "Elevé" dans les colonnes structure porteuse, éléments secondaires ou géotechnique est cochée, le bâtiment tombe en règle générale dans la catégorie 4 "inutilisable".

S'il existe un doute sérieux concernant la fiabilité du niveau „Elevé“ pour une case du tableau "Evaluation du risque", la catégorie 3 "temporairement inutilisable jusqu'à une évaluation plus approfondie" peut constituer une alternative. Cependant la catégorie 4 "inutilisable" doit plutôt être conservée si plusieurs cases "Elevé" sont cochées.

Bâtiment temporairement inutilisable

Si au moins une case "faible après mise en œuvre de mesures de première urgence" dans les colonnes structure porteuse, éléments secondaires ou géotechnique est cochée, le bâtiment tombe en règle générale dans la catégorie 3 "temporairement inutilisable jusqu'à une évaluation plus approfondie". Cette classification est particulièrement indiquée pour les bâtiments de la classe d'ouvrages CO II ou avec une occupation par des personnes importantes.

Pour les bâtiments de la classe d'ouvrages CO I avec une faible occupation par des personnes, pour lesquels des mesures de première urgence simples à mettre en œuvre et efficaces peuvent être proposées, la catégorie 2 „temporairement inutilisable mais utilisable après mise en œuvre des mesures de première urgence“ peut constituer une alternative. Cependant la catégorie 3 "temporairement inutilisable jusqu'à une évaluation plus approfondie" doit plutôt être conservée si plusieurs cases "faible après mise en œuvre de mesures de première urgence" sont cochées.

Bâtiment utilisable

Si les quatre cases "Faible" du tableau "Evaluation du risque" sont cochées, le bâtiment tombe dans la catégorie 1 "utilisable".

Exemple de remplissage du formulaire

Un exemple de remplissage du formulaire pour un bâtiment endommagé lors du séisme de L'Aquila est donné ci-dessous:


FORMULAIRE D'ÉVALUATION DE L'UTILISATION DE BÂTIMENTS APRÈS UN SEISME					
Réf. événement : <input type="text"/>					
0 - Identification de l'inspection					
Code de l'équipe : <input type="text"/>		N° du formulaire : <input type="text"/>		Date relevé (jour, mois, année) : <input type="text"/>	
I - Identification de l'objet					
Nom du bâtiment : <input type="text" value="Sede ITC"/>		N° EGID : <input type="text"/> - indice (<input type="text"/>)			
Rue : <input type="text"/>		N° de rue : <input type="text"/>			
Commune : <input type="text" value="L'Aquila"/>		CP : <input type="text"/>			
Localité : <input type="text" value="Collermaggio"/>		Folio : <input type="text"/> N° de parcelle : <input type="text"/>			
Coordonnées CH : E <input type="text"/> N <input type="text"/>		GPS (WGS 84) : <input type="text"/>			
Position du bâtiment : <input checked="" type="radio"/> Isolé <input type="radio"/> A l'intérieur <input type="radio"/> A l'extrémité <input type="radio"/> A l'angle					
Identification de l'accompagnant					
Nom : <input type="text" value="Dupont"/>		<input checked="" type="radio"/> Propriétaire <input type="radio"/> Délégué avec procuration			
Prénom : <input type="text" value="Pierre"/>		<input type="radio"/> Administrateur <input type="radio"/> Aucun			
Joignable au (n° de téléphone) : <input type="text"/>		<input type="radio"/> Locataire			
		<input type="radio"/> Autre <input type="text"/>			
Schéma d'identification du bâtiment / Extrait du plan cadastral de la situation (bâtiments contigus) avec identification du bâtiment considéré et de la présence d'éventuels joints de dilatation - schéma d'identification du bâtiment					
					
II - Description du bâtiment					
Nbre d'étages hors terre <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 9 <input checked="" type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 10 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 11 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 12 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> >12 <input type="radio"/> 7		Hauteur moyenne d'un étage [m] <input type="radio"/> ≤ 2.5 <input checked="" type="radio"/> 2.5 à 3.5 <input type="radio"/> 3.5 à 5.0 <input type="radio"/> > 5.0		Surface moyenne d'un étage [m²] <input type="radio"/> ≤ 50 <input type="radio"/> 400 à 500 <input type="radio"/> 50 à 70 <input type="radio"/> 500 à 650 <input type="radio"/> 70 à 100 <input type="radio"/> 650 à 900 <input type="radio"/> 100 à 130 <input type="radio"/> 900 à 1200 <input type="radio"/> 130 à 170 <input type="radio"/> 1200 à 1600 <input type="radio"/> 170 à 230 <input type="radio"/> 1600 à 2200 <input checked="" type="radio"/> 230 à 300 <input type="radio"/> 2200 à 3000 <input type="radio"/> 300 à 400 <input type="radio"/> > 3000	
Nbre d'étages sous terre <input checked="" type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> ≥3		Année de construction ou de transformation (max 2) <input type="checkbox"/> < 1900 <input checked="" type="checkbox"/> 1900 - 1968 <input type="checkbox"/> 1969 - 1989 <input type="checkbox"/> 1990 - 2003 <input type="checkbox"/> > 2003 Année de construction, si connue : <input type="text"/>		Affectation <input type="checkbox"/> Logement <input checked="" type="checkbox"/> Bureau <input type="checkbox"/> Commerce <input type="checkbox"/> Administration <input type="checkbox"/> Ecole <input type="checkbox"/> Hôpital <input type="checkbox"/> Fabrication <input type="checkbox"/> Dépôt <input type="checkbox"/> Autre	
				Nombre d'occupants <input type="text" value="20"/> <input type="radio"/> Nombre estimé <input checked="" type="radio"/> Nombre effectif selon informations reçues lors de la visite <input type="radio"/> Information tirée de la base de données	

Figure 2-70. Exemple de remplissage du formulaire pour un bâtiment endommagé lors du séisme de L'Aquila (page 1).

Code de l'équipe : N° du formulaire :

III - Typologie et vulnérabilité sismique																	
Structure horizontale / diaphragme	Structure verticale de CV	Non identifiée	Absence de CV		Irregularité plan (torsion)	Discontinuité verticale	Bonne conception CV	Structure verticale de contreventement									
			2 directions	1 direction				<input checked="" type="checkbox"/> Maçonnerie	<input checked="" type="checkbox"/> paroi / refend	<input type="checkbox"/> remplissage							
								Matériaux :	<input type="checkbox"/> béton (C)	<input checked="" type="checkbox"/> pierre naturelle							
									<input type="checkbox"/> silico-calcaire (K)	<input checked="" type="checkbox"/> terre cuite (B)							
								Appareillage :	<input checked="" type="checkbox"/> irrégulier	<input type="checkbox"/> régulier							
								Renforcée / chaînée :	<input type="radio"/> oui	<input checked="" type="radio"/> non							
									<input type="radio"/> non identifié								
								<input type="checkbox"/> Béton armé	<input type="checkbox"/> colonne	<input type="checkbox"/> cadre							
									<input type="checkbox"/> paroi								
								<input type="checkbox"/> Acier	Type :	<input type="checkbox"/> colonne							
								CV :	<input type="checkbox"/> diagonales	<input type="checkbox"/> autre							
								<input type="checkbox"/> Bois	Type :	<input type="checkbox"/> cadre							
									<input type="checkbox"/> paroi	<input type="checkbox"/> autre							
								<input type="checkbox"/> Mixte	<input type="checkbox"/> maçonnerie	<input type="checkbox"/> béton armé							
									<input type="checkbox"/> acier	<input type="checkbox"/> bois							
Vulnérabilité additionnelle																	
<input type="checkbox"/> non identifiée																	
<input type="checkbox"/> Joint entre bâtiments de mauvaise conception																	
<input type="checkbox"/> Structure en mauvais état																	
<input type="checkbox"/> Colonnes courtes																	
<input type="checkbox"/> Niveaux décalés																	
<input type="checkbox"/> Toiture lourde																	
<input checked="" type="checkbox"/> Toiture générant une poussée horizontale																	
Synthèse section III :																	
Conception parasismique : <input type="radio"/> inappropriée <input type="radio"/> partiellement appropriée <input checked="" type="radio"/> appropriée <input type="radio"/> précision en section XI																	
IV - Dommages sur les éléments de la structure porteuse (et mesures de première urgence (P.U.) exécutées)																	
Eléments structuraux et dommages préexistants	Etendue des dommages	Dommages								Mesures P.U. exécutées							
		Très graves D4 - (D5)		Importants D3		Moyens D2		Légers D1		Nul	Aucune	Démolitions	Centrage et/ou tirants	Réparations	Etayage	Pose de barrières et/ou passage protégé	
		> 1/4	< 1/4	> 1/4	< 1/4	> 1/4	< 1/4	> 1/4	< 1/4								
Structures de contreventement		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Connexions structures vert. et horiz.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Structure verticale		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Plancher / structure horizontale		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Toiture		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dommages préexistants		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Synthèse section IV :																	
Capacité résiduelle : <input checked="" type="radio"/> fortement diminuée <input type="radio"/> moyennement diminuée <input type="radio"/> suffisante <input checked="" type="radio"/> précision en section XI																	
V - Dommages sur les éléments non porteurs (et mesures de P.U. exécutées)																	
Constat		Présence de dommages	Mesures P.U. exécutées														
Types de dommages			Aucune	Enlèvement	Accès interdit	Réparations	Etayage	Pose de barrières et/ou passage protégé									
Endommagement de galandages, ...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
Endommagement des éléments de façade, bardage, ...		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
Détachement de l'enduit, revêtement, faux-plafonds, ...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
Chute de tuiles, cheminées, placage de toiture, chéneaux, ...		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
Chute de corniches, parapets, balcons, avant-toit, ...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
Chute d'autres objets (internes, externes)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
Escaliers		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
Endommagement des conduites d'eau potable		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
Endommagement des conduites d'égout		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
Endommagement des conduites de gaz		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
Endommagement de l'alimentation électrique		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
Endommagement des réseaux de télécommunication		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										

Formulaire 2021

p. 2

Figure 2-71. Exemple de remplissage du formulaire pour un bâtiment endommagé lors du séisme de L'Aquila (page 2).

Code de l'équipe : N° du formulaire :

VI - Dangers externes (et mesures de P.U. exécutées)							
Implications		Non identifié	Danger pour			Mesures P.U. exécutées	
			Bâtiment	Chemins d'accès	Chemins internes	Passage interdit	Pose de barrières et/ou passage protégé
Danger externe							
Danger d'effondrement d'une structure voisine		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute d'autres constructions		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rupture des conduites de distribution		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute de pierres / éboulement		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

VII - Terrain et fondations						
Morphologie du site	Instabilité des fondations			Sol de fondation		
	<input checked="" type="checkbox"/> Non identifiée <input type="checkbox"/> Redoutée <input type="checkbox"/> Préexistante <input type="checkbox"/> Générée par le séisme <input type="checkbox"/> Aggravée par le séisme			<input type="checkbox"/> Glissement de terrain <input type="checkbox"/> Liquéfaction <input type="checkbox"/> Tassement de fondation		
<input type="radio"/> Crête <input type="radio"/> Forte pente <input checked="" type="radio"/> Faible pente <input type="radio"/> Plaine				Appréciation	Classe de sol (SIA 261)	Microzonage
				Bon	<input type="radio"/> A	<input type="radio"/>
				Moyen	<input type="radio"/> B, C	<input type="radio"/>
				Mauvais	<input type="radio"/> D, E	<input type="radio"/>
				Inconnu	<input checked="" type="radio"/>	

VIII - Synthèse sections III, IV, V, VI et VII					
Section III :	Conception parasismique :	<input type="radio"/> inappropriée	<input type="radio"/> partiellement appropriée	<input checked="" type="radio"/> appropriée	<input type="radio"/> précision en section XI
Section IV :	Capacité résiduelle :	<input checked="" type="radio"/> fortement diminuée	<input type="radio"/> moyennement diminuée	<input type="radio"/> suffisante	<input type="radio"/> précision en section XI
Section V :	Danger lié aux éléments non porteurs :	<input checked="" type="radio"/> important	<input type="radio"/> modéré	<input type="radio"/> faible	<input type="radio"/> précision en section XI
Section VI :	Danger externe :	<input type="radio"/> important	<input type="radio"/> modéré	<input checked="" type="radio"/> faible	<input type="radio"/> précision en section XI
Section VII :	Danger lié au terrain ou fondations :	<input type="radio"/> important	<input type="radio"/> modéré	<input checked="" type="radio"/> faible	<input type="radio"/> précision en section XI

IXa - Evaluation de l'utilisation						
Evaluation du risque					Résultat	
Identification du risque	Porteur (Sections III et IV)	Non porteur (Section V)	Externe (Section VI)	Géotechnique (Section VII)		
Niveau de risque					1	<input type="radio"/> Bâtiment UTILISABLE
Faible	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	2	<input type="radio"/> Bâtiment TEMPORAIREMENT INUTILISABLE (tout ou partie) mais UTILISABLE après mise en oeuvre des mesures de première urgence (cf. section IXb)
Faible, après mesures P.U. (IXb)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3	<input type="radio"/> Bâtiment TEMPORAIREMENT INUTILISABLE jusqu'à une évaluation plus approfondie (cf. section IXc)
Elevé	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	4	<input checked="" type="radio"/> Bâtiment INUTILISABLE
					5	<input type="checkbox"/> Bâtiment INUTILISABLE en raison de causes externes

IXb - Mesures de première urgence (P.U.) à réalisation rapide, ampleur limitée (*) ou étendue (**)					
*	**	Mesures de première urgence suggérées	*	**	Mesures de première urgence suggérées
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ceinturer et/ou poser des tirants	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mettre des barrières et protéger le passage
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Réparer les dommages légers des parois	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Réparer les réseaux de distribution
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Réparer la toiture	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Etancher
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Etayage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enlever l'enduit, revêtement, faux-plafonds	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enlever les tuiles, cheminées	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enlever les corniches, parapets, projections	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enlever autres objets internes ou externes	<input type="radio"/>		Aucune

Ce tableau de mesures est complété : ☐ en section XI ☐ en feuille annexe

IXc - Deuxième inspection nécessaire (A remplir uniquement si le résultat de l'évaluation est : 3)	
Motif pour deuxième inspection :	
<input type="radio"/> visite partielle <input type="radio"/> visite non exécutée <input type="radio"/> pas d'unanimité au sein du collège d'experts <input type="checkbox"/> nécessite l'avis d'un géologue	
<input type="radio"/> autre <input type="text"/>	

Figure 2-72. Exemple de remplissage du formulaire pour un bâtiment endommagé lors du séisme de L'Aquila (page 3).

Code de l'équipe : 	N° du formulaire :
--	--

IXd - Besoins en relogement (A remplir uniquement si le résultat de l'évaluation est : 2, 3, 4 ou 5)

Logements encore occupés lors de la visite : ☐ oui ☒ non

Nombre de noyaux familiaux à reloger : 0 ☐ nombre effectif ☐ nombre estimé

Nombre de personnes à reloger : 0 ☐ nombre effectif ☐ nombre estimé

X - Informations relatives à l'évaluation

Précision de la visite :

- exécutée : ☐ seulement à l'extérieur ☐ partiellement ☒ complètement (> 2/3)

- non exécutée, car : ☐ inspection refusée ☐ ruine ☐ bâtiment démolé ☐ danger d'effondrement ☐ accompagnant non trouvé

☐ en transformation ☐ en construction ☐ abandonné ☐ non utilisé

☐ autre :

L'évaluation de l'utilisation est basée sur un jugement rapide en situation de crise post-sismique. Le jugement donné a une validité temporaire et ne représente en aucun cas une vérification de la sécurité structurale, ni la remplace. Le collège d'experts n'engage pas sa responsabilité sur les dommages aux choses ou aux personnes consécutives aux jugements du présent formulaire.

Le collège d'experts :


Nom :	Pierre 	
Prénom :	Andrey 	Signature : <i>Pierre Andrey</i>
Nom :	Luc 	
Prénom :	Perrier 	Signature : <i>Luc Perrier</i>
Nom :	Yves 	
Prénom :	Deboux 	Signature : <i>Yves Deboux</i>

Le soussigné atteste avoir accompagné le collège d'experts durant la visite

Nom :	Pierre 	
Prénom :	Dupont 	Signature : <i>Pierre Dupont</i>

XI - Autres observations, croquis et / ou relevés

Section IV :
Grave dislocation de l'angle avec risque élevé d'instabilité et chute partielle de matériaux



Section V :
il n'a pas été possible d'inspecter l'escalier intérieur

Agrafer ici la photo d'ensemble du bâtiment

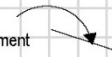


Figure 2-73. Exemple de remplissage du formulaire pour un bâtiment endommagé lors du séisme de L'Aquila (page 4).

Section IXb – Mesures de première urgence à réalisation rapide

Les mesures décrites dans cette section sont celles nécessaires soit à rendre le bâtiment utilisable, soit à assurer la sécurité publique. Elles doivent pouvoir être effectuées rapidement, facilement et sans grandes dépenses. Des mesures peuvent s'avérer nécessaires même dans le cas où un bâtiment est utilisable, si la sécurité publique est en jeu. Par exemple, lorsque des tuiles menacent de tomber sur la rue, il faut qu'elles soient enlevées, indépendamment de l'état du bâtiment.

IXb - Mesures de première urgence (P.U.) à réalisation rapide, ampleur limitée (*) ou étendue (**)					
*	**	Mesures de première urgence suggérées	*	**	Mesures de première urgence suggérées
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Centurer et/ou poser des tirants	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mettre des barrières et protéger le passage
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Réparer les dommages légers des parois	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Réparer les réseaux de distribution
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Réparer la toiture	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Blanchir
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Etayage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enlever l'enduit, revêtement, faux plafonds	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enlever les tuiles, cheminées	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enlever les corniches, parapets, projections	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enlever autres objets internes ou externes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			<input type="radio"/>		Aucune

Ce tableau de mesures est complété : ☐ en section XI ☐ en feuille annexe

Figure 2-74. Section IXb

Il est important de signaler, que ni la conformité de l'exécution ni son contrôle ne font partie des tâches de l'équipe d'évaluation. La centrale de coordination (voir chapitre 3.1) est responsable de la mise en œuvre des mesures de première urgence ainsi que de l'organisation de la deuxième inspection permettant de confirmer le changement de résultat, de 2 „temporairement inutilisable“ à 1 „utilisable“.

Les mesures les plus courantes sont énumérées dans le tableau. Cette liste doit, d'une part, permettre d'avoir rapidement une vue d'ensemble et, d'autre part, faciliter la communication avec les acteurs de l'aide en cas de catastrophe tout comme simplifier le traitement des données électroniques. Une telle liste est, naturellement, non-exhaustive. Les quatre dernières lignes permettent d'énumérer les mesures supplémentaires que l'état du bâtiment force à prendre. Des indications pour chaque mesure entreprise seront données pour indiquer si elle doit être mise en place de manière limitée (*) ou étendue (**). Ceci permet d'estimer la charge de travail qui doit être fournie et ainsi soutenir l'engagement des équipes de secours.

Les mesures préconisées dans les étapes précédentes doivent être détaillées de manière plus approfondie dans la section XI, dans l'annexe préimprimée (voir section XII) ou dans une feuille annexe supplémentaire et seront, dans la mesure du possible, illustrées au moyen d'un schéma. Si une feuille annexe est utilisée, il faut le mentionner dans la case correspondante à la fin de la section sous le tableau.

La majorité des mesures prévues proviennent des activités suivantes (ordonnées en charge de travail croissante):

- Déblayer
- Réparer
- Renforcer

Il faut prendre garde au fait que les mesures proposées puissent effectivement être rapidement exécutées avec des moyens technique et financier limités; elles doivent être suffisamment simples pour que des personnes qualifiées, mais pas spécifiquement formées à ce type d'interventions, puissent en assurer l'exécution sans descriptions détaillées. L'objectif est de rester concis en évitant de noter en détail toutes les propositions d'assainissement.

Quelques remarques sur les mesures énumérées:

- En ce qui concerne le déblayage ou l'évacuation des éléments (enduit, revêtement, faux-plafonds, tuiles, cheminées, corniches, parapets, autres) il est évident qu'il ne s'agit que d'éléments secondaires et non d'une démolition complète du bâtiment.
- Pour choisir entre un étaillage, un ceinturage ou des tirants, il faut aussi réfléchir à la facilité de mise en œuvre et à l'espace à disposition. L'étaillage est rapide et peut souvent être réalisé depuis l'extérieur ; son coût est relativement faible. Il faut également tenir compte de la durée d'utilistation. Un étaillage en bois perd de l'efficacité avec le temps. Il ne faut pas oublier non plus que l'étaillage est efficace sous des charges statiques, mais l'est beaucoup moins en cas de nouveau séisme. Le ceinturage et les tirants sont très efficaces, lorsque le bâtiment est sur le point de se disloquer. Ils sont encore assez efficaces lors d'une charge dynamique (réplique).
- Le ceinturage et les tirants permettent d'entraver le processus de rupture et de restaurer la continuité de la structure porteuse. Ils sont surtout utilisés dans des cas de renversement hors-plan de façade ou de déconnexion d'éléments de façade, mais également en présence d'arcs, de voûtes ou toits générant des poussées horizontales. Ce sont souvent des profilés en acier ronds ou laminés qui sont utilisés, mais d'autres matériaux peuvent également être utilisés.
- En ce qui concerne la réparation des dommages légers sur les parois, il faut toujours se demander, dans le cas où elles ne sont pas utiles à la sécurité du bâtiment, si ce n'est pas moins coûteux de les enlever.
- Par réparation de la toiture, c'est principalement la réparation des éléments secondaires qui est comprise, par exemple tuiles, étanchéité, etc. A ce sujet, il faut préciser qu'il faut également penser à la reprise des actions habituelles, comme le vent ou la neige par exemple.
- L'étaillage d'un escalier est réalisé seulement lorsque les dommages sont peu étendus.
- L'enduit, le revêtement, les faux-plafonds, les tuiles, les cheminées, les corniches, les parapets et d'autres objets doivent être enlevés lorsqu'ils présentent un risque de chute soit dans l'espace intérieur, soit dans l'espace extérieur.
- Des barrières ou des passages protégés sont mis en place lorsqu'un endroit accessible au public est rendu dangereux par des parties instables du bâtiment (risque de chute) ou autres risques comme la présence de blocs encombrants ou une instabilité de terrain.
- La réparation des réseaux de distribution permet qu'un bâtiment reste utilisable. Si les réparations ne suffisent pas, il faudra sécuriser l'endroit et fermer les conduites concernées.
- Enfin, l'étanchéité de la structure est importante. Que ce soit celle de la toiture ou des murs extérieurs, elle est primordiale pour permettre aux personnes d'utiliser un bâtiment et elle évite que d'autres éléments ne soient détruits en cas d'intempéries.



Figure 2-75. Exemple d'étaillage. ³⁸

³⁸ F. D'Urso; étaillage mur soutènement à Norcia (séisme Amatrice 2017)



Figure 2-76. Exemple de ceinturage. ³⁹

Section IXc – Deuxième inspection nécessaire

[illegible]

Figure 2-77. Section IXc

Cette section n'est à remplir que pour les bâtiments temporairement inutilisables jusqu'à une évaluation plus approfondie (Catégorie 3). La raison pour une seconde évaluation est à consigner dans le formulaire. Les raisons principales (visite partielle, visite non exécutée, divergence au sein du collège d'experts, nécessité d'avis de géologue) sont proposées comme options; les autres raisons sont à noter sous la case „autre“.

Les incertitudes spécifiques sont à noter dans la section XI de manière plus détaillée afin de mieux guider une seconde évaluation.

Section IXd – Besoins en logement

IXd - Besoins en logement (A remplir uniquement si le résultat de l'évaluation est : 2,3,4 ou 5)			
Logements encore occupés lors de la visite :	<input type="radio"/> oui	<input type="radio"/> non	
Nombre de noyaux familiaux à reloger :	<input type="text"/>	<input type="radio"/> nombre effectif	<input type="radio"/> nombre estimé
Nombre de personnes à reloger :	<input type="text"/>	<input type="radio"/> nombre effectif	<input type="radio"/> nombre estimé

Figure 2-78. Section IXd

Si le bâtiment est classé dans la catégorie temporairement inutilisable (2, 3) ou inutilisable (4, 5), il est important d'indiquer le nombre de foyers et le nombre de personnes que cela représente à évacuer, qu'elles soient présentes lors de la visite ou non. Il faut en outre préciser si le nombre d'occupants indiqué a fait

³⁹ Andreas Galmarini (Waltgalmarini, séisme Chile 2010)

l'objet d'une estimation ou bien s'il résulte de données plus précises provenant d'informations du propriétaire ou l'accompagnant par exemple ou d'une base de données. Ceci permettra aux autorités compétentes de déterminer correctement le nombre de logements alternatifs nécessaires.

2.15 Formulaire: Section X – Informations relatives à l'évaluation

La première partie permet de caractériser la visite. Dans le cas où elle a été exécutée, elle pouvait être effectuée seulement de l'intérieur, partiellement ou complètement. Une visite sera considérée comme complète lorsque plus des 2/3 du bâtiment ainsi que les éléments porteurs ont été inspectés.

Si la visite n'a pas été exécutée, il faut en donner la raison: l'inspection peut avoir été refusée, le bâtiment être en ruine ou démolie parce qu'il représentait un risque trop important, le propriétaire n'a pas été trouvé ou une autre raison.

X - Informations relatives à l'évaluation	
<p>Précision de la visite :</p> <p>- exécutée : <input type="radio"/> seulement à l'extérieur <input type="radio"/> partiellement <input type="radio"/> complètement (≥ 2/3)</p> <p>- non exécutée, car : <input type="radio"/> inspection refusée <input type="radio"/> ruine <input type="radio"/> bâtiment démolit <input type="radio"/> danger d'effondrement <input type="radio"/> accompagnant non trouvé</p> <p> <input type="radio"/> en transformation <input type="radio"/> en construction <input type="radio"/> abandonné <input type="radio"/> non utilisé</p> <p> <input type="radio"/> autre : _____</p>	
<p>L'évaluation de l'utilisabilité est basée sur un jugement rapide en situation de crise post-sismique. Le jugement donné a une validité temporaire et ne représente en aucun cas une vérification de la sécurité structurale, ni la remplace. Le collège d'experts n'engage pas sa responsabilité sur les dommages aux choses ou aux personnes consécutives aux jugements du présent formulaire.</p> <p>Le collège d'experts :</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Nom : _____</p> <p>Prénom : _____</p> <p>Nom : _____</p> <p>Prénom : _____</p> <p>Nom : _____</p> <p>Prénom : _____</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Signature : _____</p> <p>Signature : _____</p> <p>Signature : _____</p> </div> </div>	
<p>Le soussigné atteste avoir accompagné le collège d'experts durant la visite</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Nom : _____</p> <p>Prénom : _____</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Signature : _____</p> </div> </div>	

Figure 2-79. Section X

La seconde partie permet d'identifier les experts ayant effectué l'évaluation. La dernière partie de cette section permet à la personne qui a accompagné les experts de signer pour confirmer qu'elle était présente afin d'éviter toute accusation ultérieure de vol ou autre. Il convient de remarquer que la signature de cette personne indique seulement qu'elle était présente lors de la visite. En aucun cas sa signature engage sa responsabilité quant à l'évaluation.

Avec ce formulaire, l'évaluation du bâtiment est basée sur une inspection rapide des éléments structuraux facilement reconnaissables ainsi que des dommages visibles, durant la phase d'urgence qui suit le séisme. Ce jugement temporaire n'a aucun caractère définitif et ne doit pas être considéré comme une analyse de la sécurité structurale. Celle-ci devra être effectuée ultérieurement le cas échéant. Cette analyse structurale est de la responsabilité du maître de l'ouvrage.

Par ailleurs, le spécialiste post-sismique n'engage pas sa responsabilité sur les dommages aux choses ou personnes consécutives aux jugements du présent formulaire (sauf en cas de faute grave).

2.16 Formulaire: Section XI – Autres observations, croquis et/ou relevés

XI - Autres observations, croquis et / ou relevés

Agrafer ici la photo d'ensemble du bâtiment

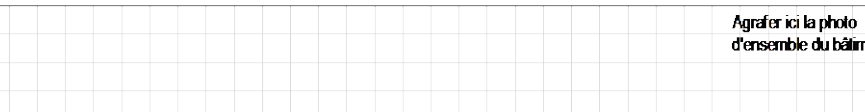


Figure 2-80. Section XI

C'est à cet endroit que toutes les précisions utiles ou nécessaires des différentes sections qui ont précédé doivent être inscrites. Pour mieux repérer à quelle section l'observation correspond, il est nécessaire de signaler le chiffre correspondant en début de chaque ligne. Et afin de permettre une meilleure lecture, les précisions, s'il s'agit de texte, doivent être écrites lisiblement, si possible en majuscules et en caractères d'imprimerie.

Sauf exception, il faut joindre des photos du bâtiment examiné (au moins les façades et les détails déterminants ainsi que les dommages principaux et prépondérants). Les photos sont à attacher à l'endroit spécifié si un remplissage électronique n'est pas employé.

Les mesures devant être prises, si elles ne sont pas exactement exprimées par les intitulés proposés à la section IXb, doivent être détaillées, en y incluant une esquisse. Si le motif d'une deuxième inspection nécessaire est défini en cochant la case « autre » (section IXc), les raisons plus détaillées peuvent être exposées ici.

Lorsqu'il n'y a pas assez de place dans le paragraphe XI, des feuilles annexes peuvent être ajoutées au dossier.

2.17 Section XII – manuel STOP: catalogue de mesures de première urgence (Explication voir annexe I)

Le manuel STOP⁴⁰ contient des descriptions détaillées de mesures de première urgence. Ce catalogue est très utile pour trouver des solutions concrètes de mise en sécurité provisoire.

Les principales mesures de première urgences du manuel STOP ont été regroupées sur une page qui peut être annexée au formulaire de manière à standardiser et à faciliter leur description. Si les mesures nécessaires ne se trouvent pas dans cette annexe, elles doivent être détaillées séparément, en y incluant une esquisse.

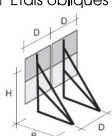
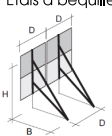
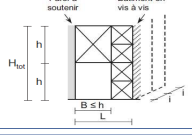
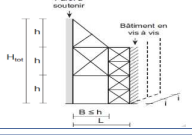
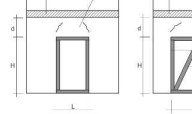
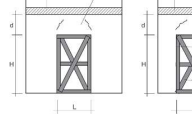
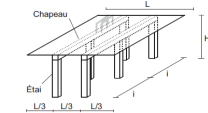
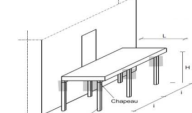
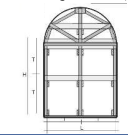
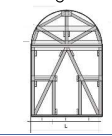
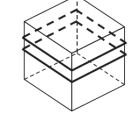
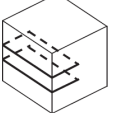
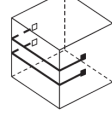


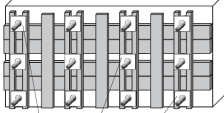
<input type="checkbox"/> Etalement de soutien	<input type="checkbox"/> Etais obliques sur base d'appui 	<input type="checkbox"/> Etais à béquille 	H : hauteur d'appui des jambes de force D : Entraxe entre les étais B : Largeur de la base d'étau
<input type="checkbox"/> Etalement en vis à vis	<input type="checkbox"/> Etalement normal Poutre à soutenir Etalement en vis à vis 	<input type="checkbox"/> Etalement avec décharge Poutre à soutenir Etalement en vis à vis 	
<input type="checkbox"/> Etalement de soutien et étréssillonement d'ouvertures	<input type="checkbox"/> Etalement de soutien 	<input type="checkbox"/> Etalement de soutien et étréssillonement 	
<input type="checkbox"/> Etalement de planchers et balcons	<input type="checkbox"/> Etalement de plancher 	<input type="checkbox"/> Etalement de balcon 	
<input type="checkbox"/> Cintrage en bois arcs et voûtes	<input type="checkbox"/> Cintrage avec passage fermé 	<input type="checkbox"/> Cintrage avec passage ouvert 	
<input type="checkbox"/> Chainage avec câbles en acier	<input type="checkbox"/> Chainage total 	<input type="checkbox"/> Chainage partiel coulant 	<input type="checkbox"/> Chainage partiel ancré 
<input type="checkbox"/> Cerclages de confinement piliers et colonnes	<input type="checkbox"/> Colonne circulaire 	<input type="checkbox"/> Piliers carrés / rectangulaires 	Degré de dommage <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Coffrage de parois en maçonnerie	<input type="checkbox"/> Coffrage de paroi 	Schéma et dimensions principales indiquées en section 11 de la fiche : <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	

Figure 2-81. Une annexe au formulaire permet de décrire facilement les mesures de première urgence principales.⁴¹

⁴⁰ Conçu et réalisé par Sergio Basti, Ingénieur et Leiter der zentralen Notfallstelle der Feuerwehr. Arbeitsgruppe für die Verfassung des Vademekums STOP: S. Grimaz (Koordinator), M. Cavriani, E. Mannino, L. Munaro, M. Bellizzi, C. Bolognese, M. Caciolai, A. D'Odorico, A. Maiolo, L. Ponticelli in Zusammenarbeit mit: F. Barazza, P. Malisan, A. Moretti sowie mit Architekt Fabio Giovannazzo für die Übersetzung ins Französische. REF: Bestimmung Prot. EM3064/5001-11 vom 15.06.2009.

⁴¹ F. D'Urso, R. Peruzzi, P. Lestuzzi, «Manuel d'utilisation de la fiche d'évaluation post-sismique des bâtiments », Wallis 2015

Partie 3:

3 Explications concernant l'organisation terrain et le retour d'une équipe d'évaluation



Blaise Duvernay, mission technique (séisme Italie 2016, Norcia)

3.1. Aspects organisationnels pour l'engagement de l'évaluation post-sismique

Fondamentalement

L'évaluation des bâtiments après un tremblement de terre, nécessite une organisation structurée qui lance les processus de préparation et de réalisation de l'évaluation des bâtiments, afin de prendre la décision sur l'utilisation ou pas d'un bâtiment. L'organisation comprend des fonctions de gestion techniques et opérationnelles. Les aspects organisationnels de la préparation et de la mise en œuvre de l'évaluation post-sismique sont décrits dans le "Guide pour l'évaluation post-sismique des bâtiments", de l'OFPP (mai 2018).

L'intention dans cette partie du manuel est de décrire succinctement certains détails d'une chronologie d'intervention post-sismique. Elles devront être développées dans le cadre des planifications d'intervention du canton.

Chronologie d'un engagement post-sismique

L'organisation post-sismique intervient normalement après un tremblement de terre majeur. La sectorisation ainsi que la priorisation de la zone d'intervention, permettent de planifier de manière optimale le déploiement des spécialistes post-sismiques. En outre, les ressources nécessaires, la logistique, la sécurité et la communication doivent être assurées par l'organe cantonal de conduite (OCC) pour toutes les équipes intervenantes. L'évaluation d'un bâtiment se termine avec la validation et le contrôle du formulaire en fin de journée lors du retour des évaluations. Ce résultat sert d'avis technique. L'évaluation post-sismique s'achève par la décision officielle d'y pénétrer, de la prise de mesures d'urgence ou d'interdire l'accès au bâtiment.

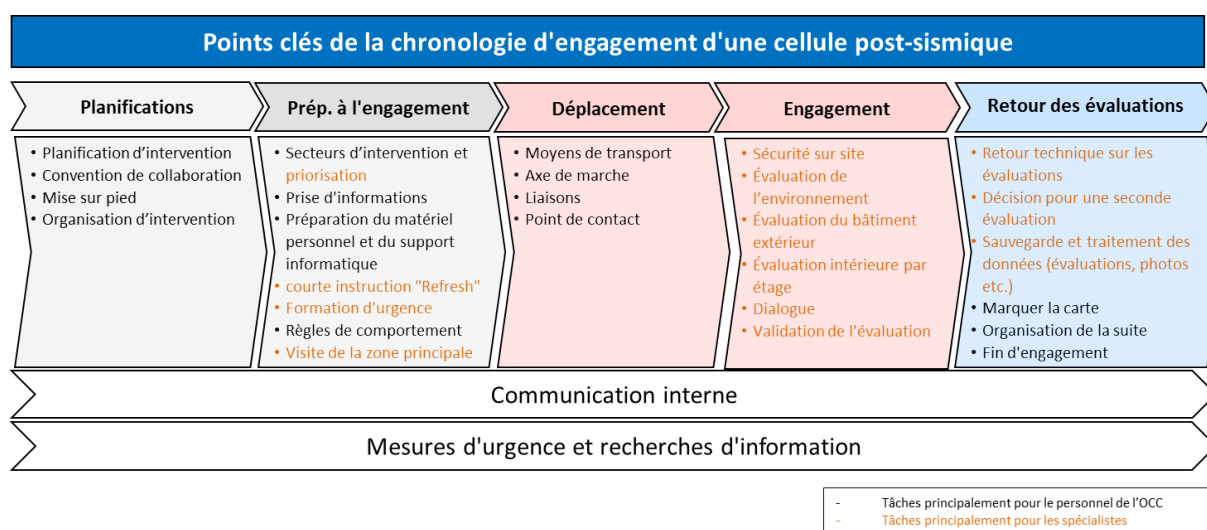


Figure 3-1. Visualisation des points clés de la chronologie d'engagement d'une cellule post-sismique.

Planifications

Planification d'intervention

La planification d'intervention en cas de séisme, se base entre autres, sur une analyse des risques, la définition des objectifs à atteindre, du scénario de référence, de l'hypothèse de travail, etc. La planification d'intervention a pour but de préparer au mieux la phase d'engagement, de déterminer les responsabilités et les procédures d'alarme en cas de séisme. Cette planification décrit l'ensemble des mesures et procédures permettant aux autorités compétentes de: prendre les mesures organisationnelles, prioriser les zones d'intervention, fixer les processus d'engagement et définir les missions initiales.

Convention

Les modalités d'une convention de collaboration avec les spécialistes post-sismique devraient globalement contenir/décrire les références et articles de lois sur laquelle ladite convention se base, les prestations demandées, la durée d'engagement minimale et maximale, le tarif journalier selon le barème en vigueur, les responsabilités, limites de compétences et indications particulières comme par exemple l'équipement nécessaire.

Mise sur pied

La procédure de mobilisation des membres d'une cellule post-sismique est propre à chaque OCC. Nous conseillons de différencier et d'échelonner la mise sur pied de la cellule post-sismique. Dans un premier temps le responsable de la cellule avec le ou les experts et dans un deuxième temps les spécialistes post-sismique. Il semble raisonnable de prévoir que le délai d'une cellule prête à l'engagement soit de 24 heures, sauf cas de force majeure.

Organisation

Globalement une cellule post-sismique d'un OCC est composée d'un responsable de la cellule, d'un (ou plusieurs) expert⁴² et de spécialistes post-sismique⁴³. L'engagement des équipes post-sismiques est de la compétence de l'OCC. L'évaluation de l'habitabilité des bâtiments endommagés requiert le travail en équipes de 2 à 3 spécialistes post-sismique. Chacune des équipes post-sismiques est à même de réaliser en moyenne l'évaluation de l'habitabilité de 6-8 bâtiments par jour. Il est

Subordination et compétences

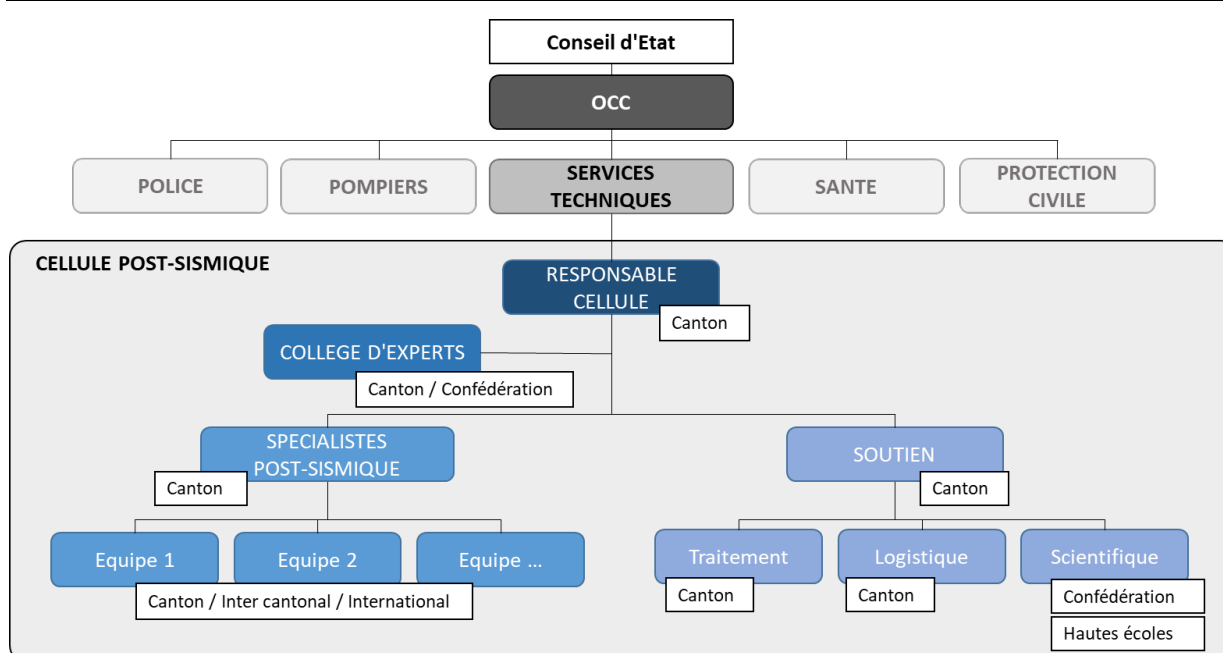
Les équipes post-sismiques sont subordonnés à l'OCC, il :

- est responsable de prioriser les secteurs (lieux/communes) d'engagement des équipes post-sismiques.
- décide de l'attribution des secteurs aux équipes post-sismiques.
- décide et met en place la formation des spécialistes de l'évaluation post-sismique (voir chap. 3.2).
- met en place l'infrastructure et l'équipe pour le sauvegarde et le traitement des données récoltées (évaluations, photos, décisions etc.).

Les autorités sont responsables de décider de la réintégration des habitants dans les bâtiments évalués par les équipes post-sismiques, respectivement de leur évacuation.

⁴² Les experts ont une formation et expérience approfondie en matière de génie parasismique et de l'évaluation des bâtiments après un tremblement de terre (généralement à l'étranger). Ils sont capables d'évaluer les bâtiments et les éléments d'infrastructure difficiles (Normes SIA: classe d'ouvrages CO III).

⁴³ Tous les membres d'une équipe de spécialiste post-sismique ont une formation de base en génie civil et une formation spécifique en post-sismique (CAS ou équivalente)

Figure 3-2. Un organigramme possible pour une cellule post-sismique d'ans un OCC.⁴⁴

Description de tâches possibles par fonction

Le **responsable cantonal** de l'évaluation des bâtiments, s'assure de la surveillance et de la mise en œuvre des processus de la cellule post-sismique. Il est également garant du maintien des connaissances des spécialistes post-sismique avec l'appui d'un ou plusieurs experts. Entre autres, il:

- coordonne les activités au sein de la cellule:
- est le point de contact de la cellule (téléphone de contact)
- met à jour de la liste des ressources
- gère les équipes post-sismique et les relevées pour toute la durée de l'engagement
- contrôle la bonne exécution des tâches
- est responsable de la préparation du bon déroulement de l'engagement post-sismique
- assure la bonne liaison avec les équipes sur le terrain
- organise les relais au sein de la cellule
- organise la séance de retour des équipes
- organise le débriefing de mission et le suivi des membres de la cellule
- assure la logistique de la cellule (le matériel individuel, les éventuels transports des équipes, la subsistance, les év. Logement pour les spécialistes post-sismique des autres cantons)

L'expert post-sismique soutient le responsable dans la préparation et l'intervention. Il garantit également une unité de doctrine et d'engagement. Entre autres, il:

- aide à la priorisation des secteurs d'engagement
- dispense l'instruction d'urgence
- collabore à la visite dans la zone principale
- organise et coordonne le retour des évaluations
- collabore et soutient l'OCC en cas de demande dans le domaine du post-sismique
- décide d'une seconde évaluation
- collabore et soutient les instances compétentes de l'OCC dans ces décisions
- participe à la fin d'engagement
- évalue les classes d'ouvrages III (norme SIA)

⁴⁴ F. D'Urso, Y. Steiger (2020)

Le **spécialiste post-sismique** sur la base de la méthode d'évaluation suisse, effectue en équipe les évaluations post-sismiques. Globalement, l'équipe met à disposition des instances compétentes, une partie importante de la base décisionnelle en matière d'utilisabilité. Entre autres, une équipe:

- effectue une évaluation par bâtiment en remplissant un formulaire d'évaluation
- participe au retour d'évaluation journalière
- collabore à la préparation de la suite des évaluations
- participe activement à la fin de l'engagement

L'**opérateur technique du traitement** assure le fonctionnement de l'outil pour le traitement des données post-sismiques. Globalement l'opérateur technique:

- génèrent les fiches préremplies
- assurent la sauvegarde des données saisies sur le serveur
- sort régulièrement les statistiques (p.ex. nbre de personnes à reloger)
- gère la numérotation des formulaires, en particulier lors d'une réplique (2ème évaluation)
- en cas de saisie papier des formulaires, les opérateurs retranscrivent les données sur informatique

Plan d'engagement sommaire

Le rythme des relèves et des engagements des équipes d'évaluation post-sismique (durée maximale de l'engagement de 10 à 15 jours, mais pas plus de 5 jours d'affilée et au moins 5 jours de repos entre deux engagements ; le calendrier des engagements sera adapté en fonction des ressources disponibles) pourrait se faire selon le tableau ci-dessous.

Plan d'engagement sommaire	Durée d'engagement 10 à 15 jours							
	5 jours	5 jours	5 jours	5 jours	5 jours	5 jours	5 jours	5 jours
Equipes groupe A								
Equipes groupe B								
Equipes groupe C								
Equipes groupe D								

Figure 3-3. Un exemple d'un plan d'engagement sommaire des équipes d'évaluation post-sismique.⁴⁵

Secteur d'intervention et priorisation

Une fois que les secteurs d'intervention et la priorisation ont été effectués; qu'une information aux propriétaires soit transmise sur le but du passage des équipes post-sismiques et de la décision d'habitabilité; que les premiers spécialistes post-sismique ont reçu la courte instruction (Refresh), l'évaluation des bâtiments peut être lancée. Ci-dessous le principe de base pour établir les secteurs et la priorisation:

⁴⁵ F. D'Urso, Y. Steiger (2020)

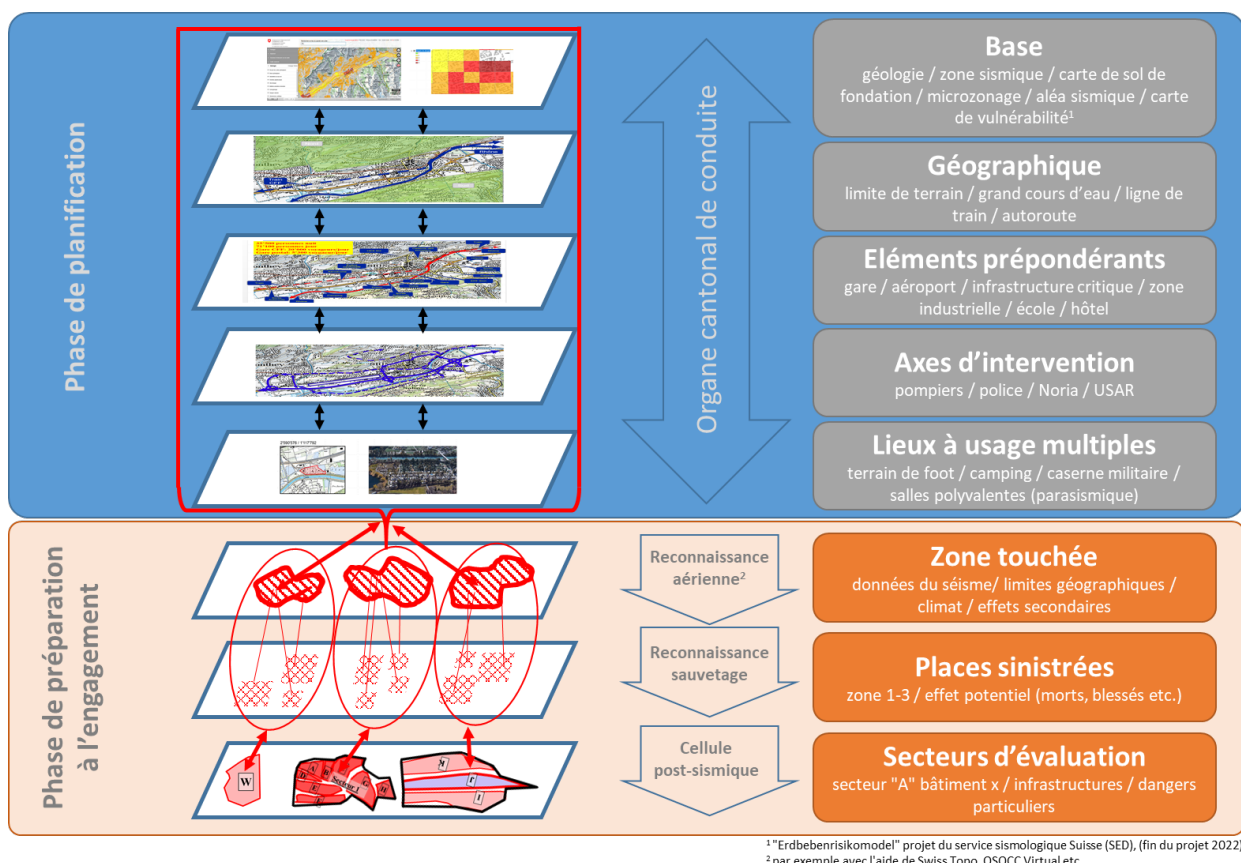


Figure 3-4. Principe de base pour établir les secteurs et la priorisation.

La phase de planification

Il est question d'informations générales sur une région ou un canton (géologie, zones sismiques, microzonage, carte de vulnérabilité⁴⁶, limites géographiques⁴⁷, éléments prépondérants, axes d'intervention et lieux à usage multiple).

La phase de préparation à l'engagement

A la suite d'un séisme, de la phase de préparation à l'engagement et des planifications, il est opportun de considérer ces éléments clés:

- dans la zone touchée, il est question d'informations spécifiques sur les effets de l'événement (épicentre, magnitude, perturbation, climat, état de l'infrastructure, dangers etc.).
- les places sinistrées, dans quelle zone (zone 1 ou rouge la plus touchée, zone 2 ou orange avec de forts dégâts et la zone 3 avec potentiellement que peu de dégâts) se situe la place sinistrée et quelle sont les effets avérés du séisme (morts, blessés, sans abris etc.)
- le secteur d'évaluation, il est question d'informations sur les bâtiments à évaluer⁴⁸ (par exemple les retours d'informations des équipes de sauvetage ou par vue aériennes⁴⁹), de l'état des infrastructures et des dangers particuliers. Les secteurs d'intervention post-sismique sont globalement calqués sur les zones touchées et les places sinistrées.
- les éléments d'aide pour la sectorisation : routes / ligne de tram ou train / fleuve / grandeur ou superficie du secteur, etc.

⁴⁶ Projet "Erdbebenrisikomodell Schweiz" (modèle de risque sismique pour la Suisse) du service sismologique Suisse SED, fin du projet prévue en 2022

⁴⁷ Aide possible: www.geo.admin.ch ou Street view de google

⁴⁸ Bâtiments, dommages potentiels selon planification et/ou modèle d'analyse du SED (tant que le projet "Erdbebenrisikomodell Schweiz" n'est pas terminé)

⁴⁹ Instance d'aide possible: Swiss topo, OSOCC Virtual (organisation sous légende de l'ONU)

- e) les éléments d'aide pour la priorisation : le degré (selon échelle EMS98) du niveau de dommage par secteur est un élément important à prendre en compte, degré microzonage, analyse et carte de vulnérabilité limites géographiques du terrain, axes d'intervention, points prépondérants comme par exemple une gare, une école, une zone industrielle, caserne des pompiers, un hôtel, etc.
- f) En ce qui concerne l'information des classes de sous-sol, les formulaires d'évaluation sont remplis. Les différentes informations peuvent être tirées du site de l'OFEV ou du geoportail des cantons respectifs (par exemple, www.geo.vd.ch pour le canton de Vaud ou Crealp (www.crealp.ch) pour le canton du Valais).

A la fin du processus, le responsable de la cellule d'évaluation post-sismique à une visualisation avec la répartition des secteurs, la priorisation des secteurs ainsi que les bâtiments et objets (principalement des classes d'ouvrages CO III) qui doivent être évalués par des experts.

Ci-dessous un exemple de secteur d'intervention suite au séisme du Népal (2015) et une sectorisation hypothétique (élaboré pour un exercice, donc non représentatif de la réalité) sur Sion, utilisé lors de la formation des "spécialistes post-sismique" en Valais:

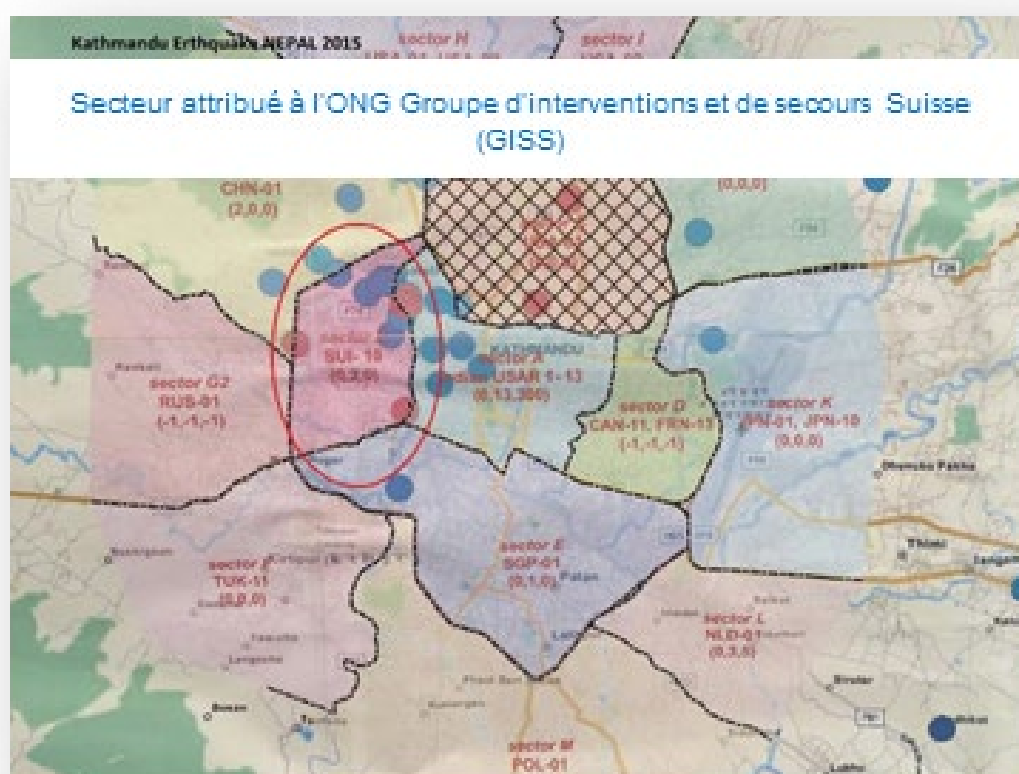


Figure 3-5. Carte d'engagement des organisations sous la conduite de l'ONU lors du tremblement de terre au Népal 2015.⁵⁰

⁵⁰ Yves Steiger (Erdbeben, Nepal 2015)

Secteurs des zones d'intervention

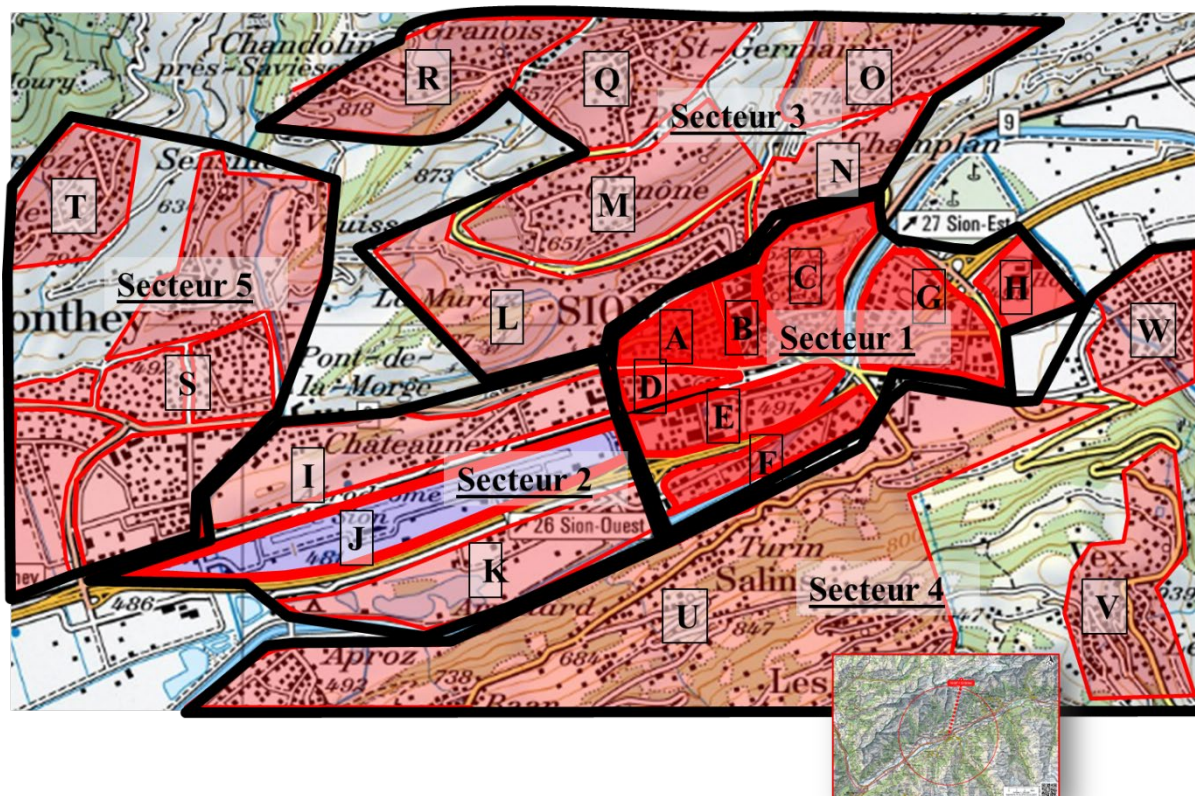


Figure 3-6. Secteurs d'engagement des équipes d'évaluation des bâtiments (mise en situation lors du cours de perfectionnement des spécialistes post-sismique 2020).

Matériel et équipement

Matériel par spécialiste post-sismique, mise à part une tenue personnelle adaptée aux conditions météorologiques et du secteur d'engagement.

Toutefois, le matériel suivant est fourni par l'OCC :

Protection personnelle

- casque
- lunettes de protection
- chaussures de sécurité
- carte d'information et numéros d'urgence
- **Identification**
- chasuble ou veste distinctive
- carte d'identité de l'OCC

Support

- *une tablette informatique par spécialiste, avec par secteur:*
- les plans des bâtiments (si disponible),
- par bâtiment le formulaire d'évaluation prérempli
- un sous-dossier avec le manuel explicatif pour remplir le formulaire
- indications particulières sur le secteur d'engagement
- *si pas de tablette informatique:*
- la carte du secteur à évaluer

- les formulaires d'évaluation papier préremplis
- un cartable avec protection contre la pluie (type forestier)
- synthèse du manuel explicatif pour remplir le formulaire
- crayons et stylos
- dossier avec les plans des bâtiments
- une récapitulation des indications particulières sur le secteur

Petit matériel

- sac à dos
- lampe de poche
- marteau à pointe dure
- petit matériel pour prendre des mesures

Par équipe

- une paire de jumelles
- assurer un moyen de communication (Natel ou/et une radio polycom)
- GPS (si pas d'application sur le natel)
- un appareil photo
-

Courte instruction «Refresh»

Avant d'envoyer un spécialiste post-sismique dans son secteur d'engagement, il est nécessaire de procéder à une courte instruction. Un expert revient rapidement sur les fondamentaux de la méthode d'évaluation. Le cas échéant, une information sur les évolutions méthodologiques et adaptations techniques est également dispensée. Cette formation n'est pas une formation complète comme prévue lors d'un module de perfectionnement CAS, mais une "piqûre de rappel" et ne dure pas plus de 2-3 heures. Avant de partir pour la première évaluation, chaque spécialiste post-sismique visite avec un expert la zone la plus touchée afin de visualiser les effets potentiels d'un nouveau séisme.

Formation d'urgence

En cas d'un séisme, il y a une grande probabilité qu'il soit nécessaire de former des spécialistes d'évaluation post-sismique supplémentaire. Comme décrit dans le guide pour l'évaluation post-sismique des bâtiments (point 5.2.7), il est prévu de former des spécialistes d'évaluation additionnels afin de renforcer les équipes engagées.

Règles de comportement

Lors du briefing avant l'engagement, chaque spécialiste post-sismique est sensibilisé au comportement à adopter dans une zone sinistrée. Il est également orienté sur l'organisation d'intervention sur zone et a les coordonnées de la personne de référence dans le secteur d'engagement. Quelques points possibles pour un briefing: la situation actuelle dans le secteur d'évaluation, l'état possible des bâtiments, odeurs particulières, dangers et observations particulières, etc.

Chaque spécialiste post-sismique est responsable de sa propre sécurité en respectant les consignes de sécurité de base comme par exemple, le port du casque et des chaussures de sécurité, lunettes de protection. Chaque un, doit continuellement observer et évaluer l'environnement où il se trouve et agir avec bon sens! Il est également nécessaire de prévoir un chemin de fuite en cas de réplique et de définir un point de ralliement en cas de séparation de l'équipe. Le point de ralliement est hors du bâtiment évalué et en général dans une partie en sécurité dans le secteur, comme par exemple une grande place. Pour être en sécurité, il est nécessaire d'être à au moins 1 fois la hauteur des bâtiments environnants.

Autre point important, respecter la population. En cas de questions, les informer uniquement sur le but de l'évaluation. En aucun cas, communiquer le résultat de l'évaluation! Si le propriétaire demande, l'informer

qu'il sera tenu informé de la décision par l'autorité compétente. Quand à la communication avec les médias elle est réglementée par l'OCC.

Si possible, régulièrement informer l'état d'avancement des évaluations à la cellule post-sismique de l'OCC. En cas de réplique informer l'OCC selon les consignes données.

Le déplacement

L'axe de marche et si possible le point de contact (Sapeur-Pompier, PCi ou une autorité communale, etc.) doivent être connus de l'équipe d'évaluation avant son déplacement dans le secteur attribué. Normalement aucun moyen privé ne doit être utilisé, sans accord préalable du responsable de la cellule post-sismique.

Il est également nécessaire que chaque équipe d'évaluation connaisse les limites géographiques du secteur attribué.

Engagement

Phases de l'évaluation

Voici les 4 phases, afin de procéder efficacement et avec le plus de sécurité possible à une évaluation post-sismique d'un bâtiment:

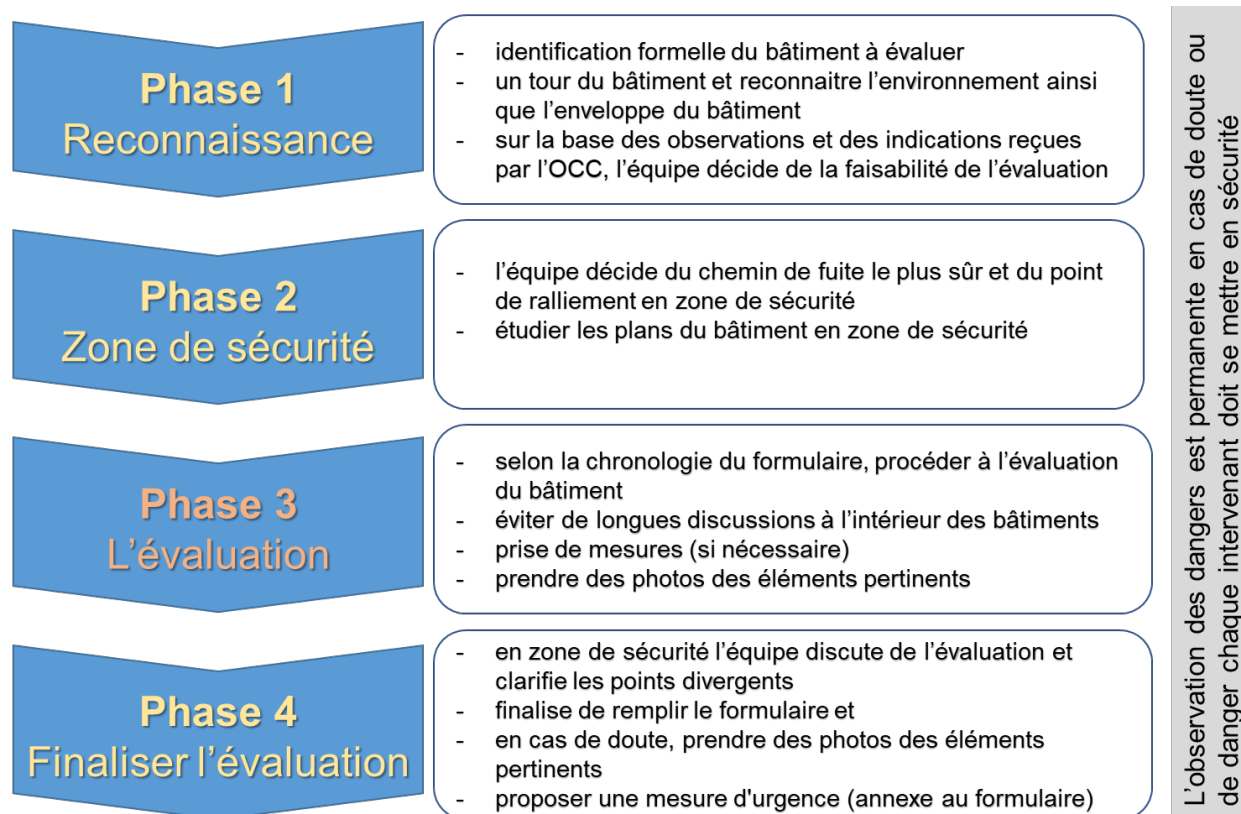


Figure 3-7. Les phases de l'évaluation des bâtiments.

Retour des évaluations et décision

En fin de journée, chaque équipe participe avec un expert au retour technique de l'évaluation. Sur la base des formulaires d'évaluation dûment remplis et des photos prises, l'équipe d'évaluation rapporte ses conclusions bâtiment par bâtiment. En cas de doute, les indications et photos de l'équipe d'évaluation sont la base pour que l'expert décide si une seconde évaluation est nécessaire.

Le résultat de l'évaluation donne une image de la situation des secteurs évalués :

- les bâtiments utilisables sans mesures supplémentaires
- les bâtiments utilisables avec des mesures supplémentaires
- une stabilisation d'urgence ou réparation temporaire du bâtiment doit être entreprise
- les bâtiments dans lesquels il n'est plus possible d'entrer
- les bâtiments où une deuxième visite est nécessaire

Marquage des cartes de situation avec le résultat des évaluations post-sismique (gestion avec l'aide d'un outil informatique)

Tous les bâtiments sont visualisés par une couleur verte (utilisables sans mesures supplémentaires), jaune (utilisables avec des mesures supplémentaires) ou rouge (bâtiments dans lesquels il n'est plus possible d'entrer). Les bâtiments où une deuxième visite est nécessaire, seront marqués sur la carte de situation une fois la conclusion de l'équipe d'évaluation rapportée et validée par un expert. Les cartes sont également marquées avec les dangers particuliers et diverses informations afin que la décision puisse être prise. Important, tout ou une partie d'un secteur peut être considéré comme inutilisable pour des raisons autre que la possibilité d'utilisation des bâtiments, par exemple: les infrastructures (conduite d'eau potable, de gaz etc.) trop endommagés ou un danger environnemental glissement de terrain, risque d'avalanche non stabilisé etc.

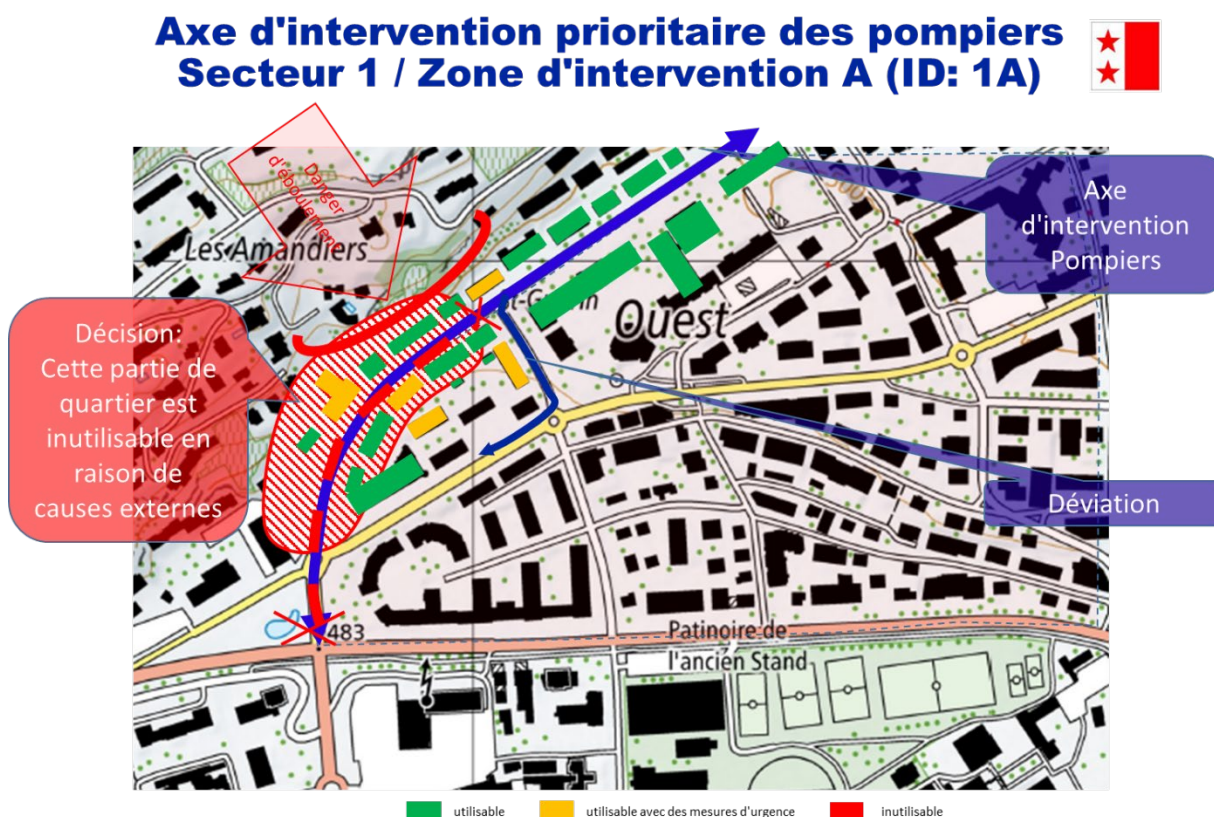


Figure 3-8. Exemple possible pour la visualisation du résultat de l'évaluation post-sismique (cours de perfectionnement des "spécialiste post-sismique" 2020).

Sur la base des résultats de l'évaluation des bâtiments, des différents éléments d'information (dangers, aspects géologiques, environnement, etc.) et de la situation en matière de protection de la population, l'autorité/instance cantonale compétente décide de la possibilité d'utilisation des bâtiments et des mesures qui peuvent être introduites. L'évaluation post-sismique se termine par la décision de l'autorité compétente.

Les autorités compétentes sont responsables de décider de la réintégration des habitants dans les bâtiments évalués par les spécialistes post-sismiques, respectivement de leur évacuation. Le marquage des bâtiments pourrait non seulement éviter une confusion ou une interprétation de la décision par le propriétaire, mais également informer les habitants vivant dans le secteur.

Sauvegarde et traitement des données

Il est important qu'une équipe de la cellule post-sismique s'occupe du traitement des données (évaluations de bâtiments, les dangers particuliers, les décisions etc.). Ces données sont essentielles, non seulement pour le suivi des décisions et justifications, mais également en cas de forte réplique afin de reconduire aux évaluations nécessaires. Dans un deuxième temps une partie de ces données pourront être utilisées pour l'évaluation des dégâts et dans le cadre d'études scientifiques.

3.2 Aspects de la formation à l'évaluation des bâtiments après un séisme

Le module d'approfondissement et le cours de perfectionnement, c'est-à-dire la formation méthodologique conformément au présent manuel, sont proposés par la Haute école d'ingénierie et d'architecture Fribourg (HEIA-FR) et la «Hochschule Luzern für Technik und Architektur» (HSLU T&A) sous la responsabilité de l'OFPP⁵¹.

Objectifs didactiques

Après avoir suivi avec succès le module d'approfondissement, les participants disposent des connaissances et compétences nécessaires pour apprécier les dommages sismiques causés aux bâtiments. De même, ils sont capables d'appliquer la nouvelle méthode servant à évaluer l'utilisation possible et la stabilité de bâtiments des classes d'ouvrage I et II endommagés à la suite d'un séisme.

Conditions de participation

La participation au module d'approfondissement requiert un diplôme universitaire en génie civil, complété par un master en génie parasismique ou une formation continue [CAS en génie parasismique de la HEIA Fribourg, CAS Erdbebensicherheit Hochschule Luzern für Technik und Architektur (HSLU T&A, proposée jusqu'en 2019), CAS Erdbebensicherheit Neubauten (HSLU T&A, depuis 2020), cours «Erdbebengerechte Holzbauten» (Constructions en bois répondant aux exigences parasismiques) de la Haute école spécialisée bernoise (BFH)] ou une formation équivalente.

Contenu de la formation

La formation contient les cinq parties suivantes qui portent sur des thèmes qui se recoupent en partie:

- conditions-cadres opérationnelles en matière de situation post-sismique;
- comportement des bâtiments et dommages sismiques;
- méthode d'évaluation concernant l'utilisation possible de bâtiments endommagés;
- exercices pratiques et application de la méthode dans l'espace virtuel;
- appréciation de l'urgence de mesures sur des bâtiments endommagés, avec exercices pratiques.

Reconnaissance

La formation continue sous forme d'un cours de perfectionnement (HSLU T&A) et d'un module d'approfondissement (HEIA-FR) vise les personnes titulaires d'un CAS en génie parasismique ou ayant accompli une formation équivalente.

Après avoir suivi cette formation continue avec succès, les participants se verront attribuer 2 crédits ECTS et une attestation de participation, qui seront reconnus par les deux Hautes écoles spécialisées au titre de la formation continue en génie parasismique. En outre, la HEIS-FR proposera sous peu d'autres modules d'approfondissement dans le cadre d'un CAS en génie parasismique. Celui-ci impliquera un nombre minimal de 10 crédits ECTS et un travail de certificat rédigé de manière individuelle.

Formation de spécialistes supplémentaires de l'évaluation post-sismique de bâtiments

Pour le cas où un sinistre dommageable révélerait un manque d'ingénieurs en génie civil avec la formation de spécialistes post-sismique, pour l'exécution de toutes les tâches. Il est prévu de préparer des ingénieurs civils supplémentaires au moyen d'une formation accélérée et ciblée en vue d'assister les spécialistes qualifiés (voir le guide de l'OFPP 2018, éléments de première intervention A-EE).

⁵¹ Créé par la HEIA Fribourg en collaboration avec l'Office de la protection de la population du canton du Valais (OCPV) et la Haute école spécialisée de Lucerne, le module d'approfondissement est utilisé sous une forme adaptée.

Annexes



Blaise Duvernay, mission technique (séisme Italie 2016, Norcia)

Annexe I: le manuel STOP (Solutions Techniques Ouvrages Provisoires)

Le manuel STOP⁵² contient des descriptions détaillées de mesures de première urgence. Ce catalogue est très utile pour trouver des solutions concrètes de mise en sécurité provisoire.

Ce catalogue, développé à l'origine en Italie, a été traduit en français par le corps des sapeurs-pompiers de Haute-Savoie. On y trouve toutes les indications nécessaires à la réalisation des mesures de première urgence. Etant destiné en premier lieu aux équipes de secours, le manuel complet n'est pas intégré au présent manuel, mais c'est un document annexe.

Il est composé de huit parties:

Partie 1: étaielement de soutien en bois (PR)

Partie 2: étaielement en vis-à-vis (PC)

Partie 3: étaielement de soutien et étrésilonnement d'ouvertures (SA)

Partie 4: étaielement de planchers et balcons (SB)

Partie 5: cintrage en bois arcs et voûtes (SV)

Partie 6: chaînage avec câbles en acier (TA)

Partie 7: cerclages de confinement piliers et colonnes (CP)

Partie 8: coffrage des parois en maçonnerie (IP)

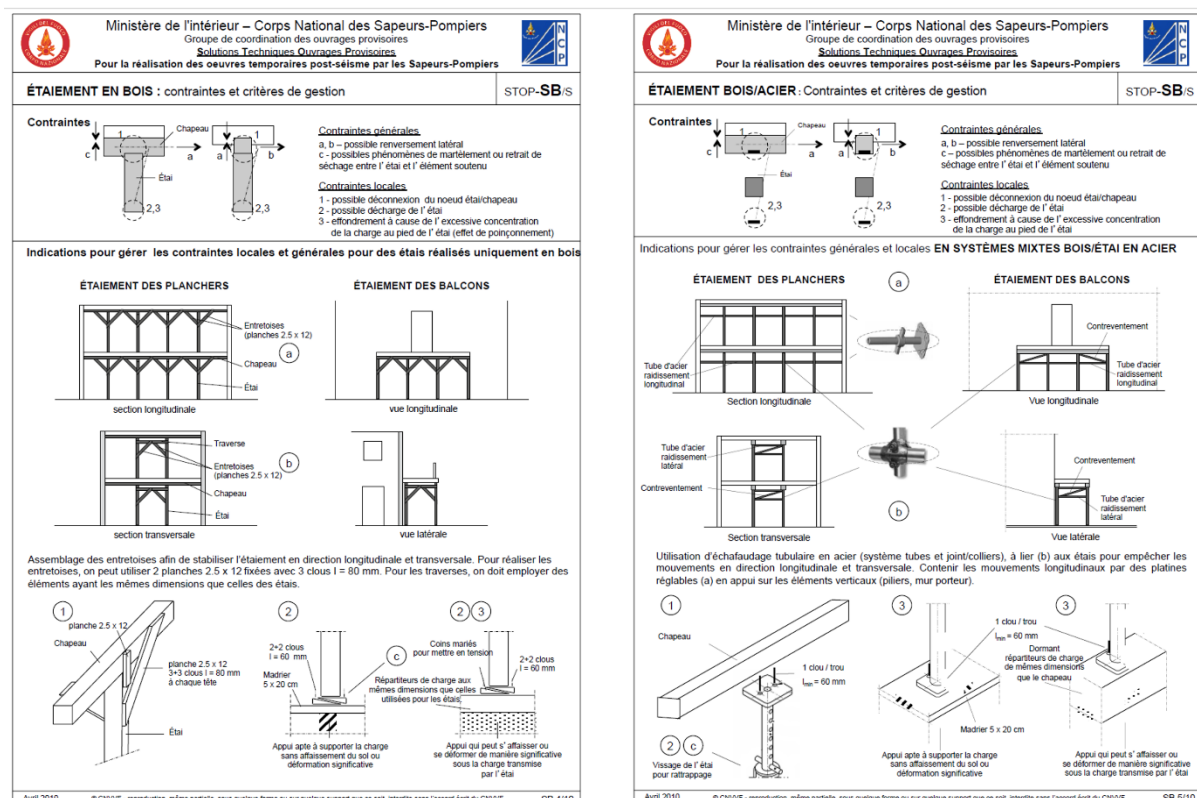


Figure I-1: Exemple du contenu du manuel STOP pour les étaielements en bois et en bois/acier.

⁵² Conçu et mis en œuvre par le Directeur responsable pour l'urgence et le secours technique ing. Sergio Basti. Groupe de travail pour la rédaction du vademecum STOP: S. Grimaz (coordinateur), M. Cavriani, E. Mannino, L. Munaro, M. Bellizzi, C. Bolognese, M. Caciolai, A. D'Odorico, A. Maiolo, L. Ponticelli avec la collaboration de: F. Barazza, P. Malisan, A. Moretti et pour la traduction en français par Arch. Fabio Giovino. REF: Disposition prot. EM3064/5001-11 del 15.06.2009.

Annexe II: Méthodes de construction des bâtiments en Suisse

Le type de construction d'un bâtiment est principalement lié à l'époque de sa construction et à sa dimension. Les bâtiments résidentiels et administratifs existants en Suisse sont principalement constitués de bâtiments en maçonnerie et en béton armé. Dans une moindre mesure, on trouve également des bâtiments en bois, notamment pour des bâtiments à caractère historique ou des résidences secondaires. Les bâtiments anciens standards sont généralement des constructions en maçonnerie de pierre naturelle avec des planchers souples en bois. Les bâtiments plus modernes, à partir des années 1960, ont des planchers rigides en béton armé ou à hourdis. Ils sont en maçonnerie de briques ou en béton armé. Les bâtiments industriels sont plus divers avec une proportion notable de bâtiments en construction métallique, par exemple.

Avant le 21^e siècle, la maçonnerie pure était le mode de construction le plus courant pour les bâtiments en Suisse. Jusqu'à la deuxième moitié du 19^e siècle environ, la maçonnerie de pierre naturelle était prédominante. Grâce aux nouvelles méthodes de production industrielle de briques, la proportion de bâtiments en maçonnerie de pierre naturelle n'a depuis cessé de perdre du terrain au profit des bâtiments en maçonnerie de briques. Le renforcement considérable des normes sur les structures porteuses pour des constructions parasismiques depuis 2003 a entraîné une part croissante de la construction mixte béton armé-maçonnerie.

Même si les matériaux sont semblables, les types de construction en Suisse sont bien différents de ceux des pays du Sud et du Nord de l'Europe. La structure porteuse des bâtiments résidentiels et administratifs standards est généralement constituée de refends (ou voiles) en maçonnerie ou en béton armé. Les systèmes de cadres sont très peu répandus et se retrouvent plutôt dans les bâtiments industriels. Par conséquent, il n'y a pas beaucoup de remplissage en maçonnerie dans le bâti helvétique. Par ailleurs, la maçonnerie armée ainsi que la maçonnerie confinée n'existent pratiquement pas.

Structure d'âge des bâtiments

En 2020, le parc immobilier suisse comprenait près de 1,8 million de bâtiments comportant au moins un logement. Si l'on ajoute les bâtiments non résidentiels, cela représente environ 2 millions de bâtiments. La figure A II-1 montre à gauche la répartition de la structure d'âge des bâtiments en décennies jusqu'en 2020. Cette répartition est basée sur l'extrapolation des données disponibles sur les années de construction des bâtiments comportant au moins un logement de l'Office fédéral de la statistique. Depuis les années 1950, la proportion par décennie est d'environ 150 000 à 200 000 bâtiments par rapport au parc immobilier de 2020. Au 21^e siècle, les nouvelles constructions représentent encore un peu moins de 1 % par an par rapport à l'ensemble de bâtiments.

Si l'on répartit le parc immobilier suisse en fonction des prescriptions parasismiques dans les normes de construction SIA en vigueur au moment de la construction des bâtiments, environ la moitié d'entre eux se situent dans la période précédant l'entrée en vigueur des premières prescriptions parasismiques en 1970, un bon tiers dans les années 1971 à 2003 et seulement 14 % dans la période à partir de 2004, date de l'entrée en vigueur des prescriptions parasismiques suffisantes du point de vue actuel, comme le montre la figure II-1, à droite. Dans chaque cas, on a supposé que les nouvelles règles parasismiques étaient appliquées à partir de l'année suivant leur entrée en vigueur.

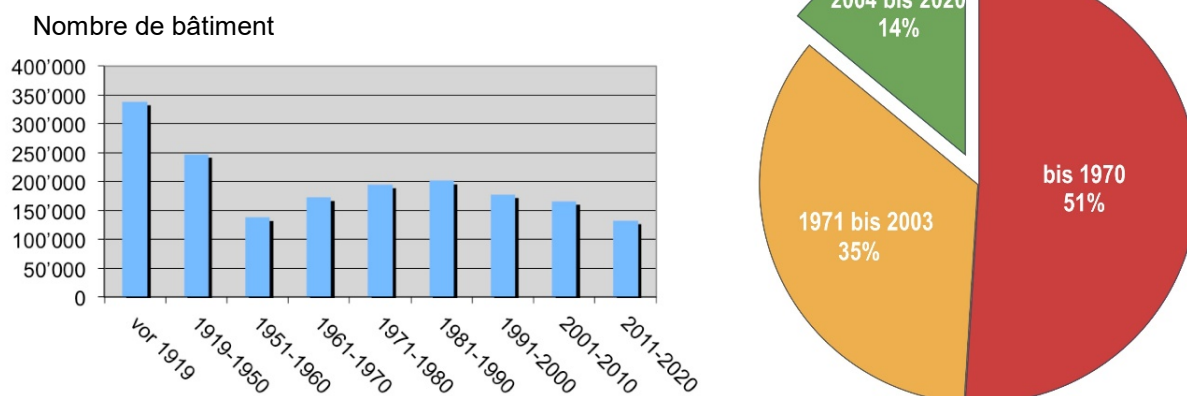


Figure II-1. Structure d'âge des bâtiments comportant au moins un logement en Suisse : nombres absolus par décennie (à gauche) ; nombres relatifs répartis entre les périodes relatives aux prescriptions sismiques dans les normes sur les structures porteuses de la SIA (à droite).

Bâtiments en maçonnerie de pierre naturelle

La maçonnerie de pierre naturelle est la méthode de construction traditionnelle en Suisse. Ce n'est que dans la seconde moitié du 19^e siècle qu'elle est progressivement remplacée par la maçonnerie de briques, qui sont des pierres artificielles. Depuis le 20^e siècle, la maçonnerie de pierre naturelle n'est presque plus utilisée que pour des bâtiments prestigieux (fig. II-3, à droite). En outre, de nombreux bâtiments anciens en maçonnerie de pierre naturelle sont remplacés par des bâtiments réalisés selon des méthodes de construction modernes, dans la mesure où ils n'ont pas été déclarés monuments historiques.

La figure II-3 montre deux bâtiments représentatifs où la maçonnerie de pierre naturelle est facilement reconnaissable. Lorsque les façades ou les murs intérieurs ont été enduits, il n'est généralement pas possible de déterminer si la maçonnerie est de pierre naturelle ou de briques sans procéder à des sondages.

Les structures de plancher des bâtiments en maçonnerie de pierre naturelle sont généralement constituées de poutres en bois (fig. II-2, droite). Pour le plancher au rez-de-chaussée, on construisait souvent des voûtes en briques. Les planchers avec des poutres en bois sans ancrage mécanique dans les murs en maçonnerie sont particulièrement vulnérables aux sollicitations sismiques. L'évaluation de leur sécurité parasismique constitue un défi particulier.



Figure II-2. Exemple d'un bâtiment médiéval en maçonnerie de pierre naturelle avec un plancher en bois à Bâle. La photo de droite montre l'encastrement sans ancrage mécanique des poutres des planchers dans le mur de façade.



Figure II-3. Exemples de bâtiments en maçonnerie de pierre naturelle du 19^e siècle (école à Zurich, à gauche) et du 20^e siècle (bâtiment administratif à Chippis VS, à droite).

Bâtiment en maçonnerie de briques

Ces bâtiments sont plus récents que les bâtiments en maçonnerie de pierre naturelle. Dans plusieurs régions de Suisse, ils représentent un des types les plus répandus pour les bâtiments résidentiels de plusieurs étages. Ils ont fait l'objet d'une phase de construction massive dans les années 1960-1970. Ces bâtiments sont très réguliers et ont généralement des planchers rigides en béton armé. S'ils n'ont pas de joints de dilatation mal disposés ou bien subi des transformations malheureuses de la structure porteuse, leur vulnérabilité sismique est par conséquent relativement faible. Celle-ci est essentiellement conditionnée par les mécanismes de rupture dans le plan des refends. Les mécanismes de rupture hors plan de ne sont généralement pas déterminants, si les planchers assurent des points d'appui à chaque étage.



Figure II-4. Exemples de bâtiments en maçonnerie de briques avec planchers rigides en béton armé.

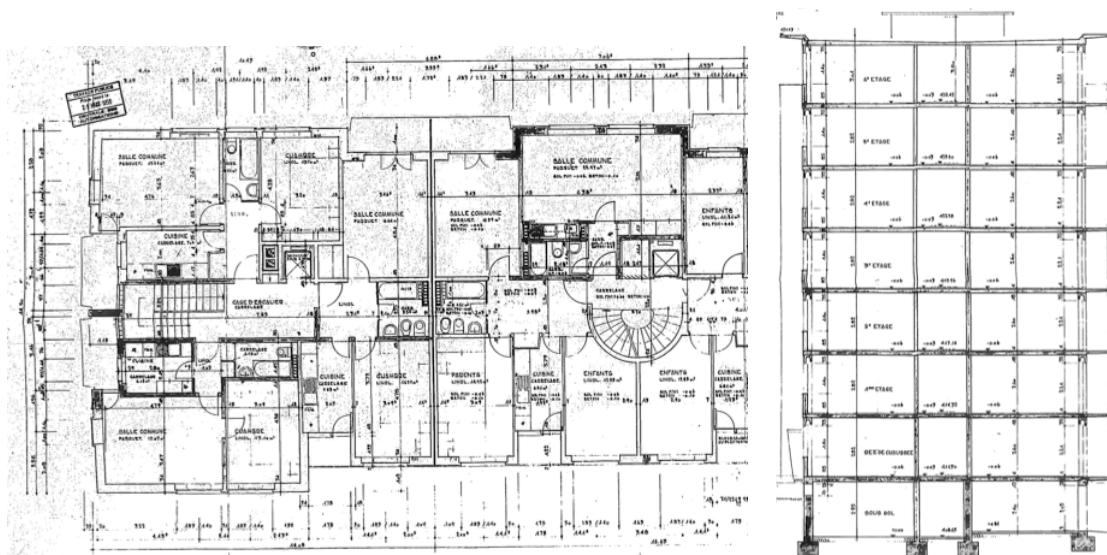


Figure II-5. Exemple de plan de bâtiments en maçonnerie de briques avec planchers rigides en béton armé⁵³

Sur la figure II-6, la maçonnerie de briques des bâtiments résidentiels est facilement reconnaissable dans le gros œuvre. Parfois, le béton armé est utilisé à la place des briques pour certains éléments structuraux, comme pour la partie supérieure des murs pignons de la figure II-6, à droite, afin d'améliorer localement la résistance aux sollicitations exercées perpendiculairement au plan du mur pignon par le vent ou un séisme. Contrairement à la construction mixte béton armé-maçonnerie, le béton armé ne joue ici pas un rôle déterminant dans le système porteur global, qui se compose principalement de maçonnerie de briques.

⁵³ Archives de la Ville de Genève, utilisées dans un projet de l'EPFL, (P. Lestuzzi)

Du début des années 1960 jusqu'aux années 1980, l'isolation thermique des murs extérieurs a souvent été améliorée en utilisant la maçonnerie à double peau. Cette dernière peut représenter un point faible caché, car sans sondages, il n'est pas possible de savoir si le parement extérieur de maçonnerie est suffisamment ancré dans les panneaux de plancher pour offrir une protection suffisante contre les défaillances sous sollicitation sismique hors-plan.



Figure II-6. Exemples de bâtiments en maçonnerie de briques avec des planchers en béton armé dans le canton de Fribourg (à gauche) et dans le canton de Schwyz (à droite)

Bâtiments en béton armé

Ces bâtiments sont contemporains des bâtiments en maçonnerie de briques. Ils représentent un type très répandu pour les bâtiments de plusieurs étages. Ces bâtiments ne sont pas toujours réguliers, car le béton armé laisse beaucoup de liberté aux concepteurs. De plus, ils ont généralement des joints de dilatation qui peuvent être mal disposés. La direction longitudinale est souvent peu ou pas contreventée. Leur vulnérabilité peut être fortement conditionnée par la torsion.



Figure II-7. Exemples de bâtiments en béton armé.

La figure II-8 montre un bâtiment scolaire avec des façades en béton apparent datant des années 1960 à Bâle. Ce style de construction se caractérise par un rez-de-chaussée ouvert, qui pourrait a priori être classé comme un «Soft-Story» (étage faible) défavorable du point de vue du comportement sismique.



Figure II-8. Exemple d'un bâtiment scolaire avec des murs intérieurs et de façade en béton armé à Bâle



Figure II-9. Immeubles résidentiels de plusieurs étages avec murs de façade en béton armé à Zurich (à gauche) et en Valais (à droite)

Les murs de façade en béton armé sont devenus plus courants au cours de l'évolution récente des bâtiments résidentiels de plusieurs étages, en partie pour des raisons de résistance aux séismes (fig. II-9). En règle générale, les murs intérieurs sont néanmoins construits en briques (fig. II-9, gauche). Sur la figure II-9 (à droite), on peut également voir des panneaux de coffrage pour les murs intérieurs en béton armé au dernier étage, qui est encore en construction.

Les dalles de plancher des bâtiments en béton armé sont pratiquement toujours réalisées en béton armé.

Bâtiments en construction mixte béton armé-maçonnerie

Ces bâtiments représentent un type très répandu en Suisse. La maçonnerie non armée et le béton armé n'ont pas les mêmes caractéristiques de rigidité et de capacité de déformation. Leur interaction peut être bénéfique pour le comportement sismique du bâtiment si les éléments sont bien séparés et de rigidités à peu près équivalentes (les éléments en béton armé distribuent alors avantageusement les sollicitations sismiques sur la hauteur du bâtiment) ou bien néfaste si les éléments en maçonnerie sont relativement plus rigides (grande longueur) et induisent ainsi une rupture non ductile du bâtiment. Par ailleurs, la vulnérabilité sismique peut être conditionnée par une torsion non prévue par le projeteur parce que la participation des éléments en maçonnerie à la stabilisation horizontale est souvent négligée à tort.



Figure II-10. Exemples de bâtiments en construction mixte, maçonnerie - béton armé.

Dans les deux directions principales du plan du bâtiment, des murs porteurs continus en béton armé traversent tous les étages (fig. II-11). Les autres murs des façades et pratiquement tous les murs intérieurs sont en briques. Les dalles de plancher sont également en béton armé. Les murs porteurs en béton armé jouent le rôle principal dans l'absorption des charges sismiques.

Lorsque les murs sont recouverts d'un crépi, les trois types de bâtiments – maçonnerie de briques, béton armé et construction mixte béton armé-maçonnerie – ne se distinguent pas les uns des autres tant que le bâtiment n'est pas endommagé. Mais, avec des dommages grandissants, à partir du degré 1 ou 2, il devient aisé de les distinguer à partir de la configuration des fissures et grâce à l'aperçu qu'offrent des fissures devenant plus larges.



Figure II-11. Exemples de bâtiments modernes en construction mixte béton armé et maçonnerie de Suisse orientale, où les murs porteurs en béton armé traversant tous les étages jouent le rôle principal dans le transfert des sollicitations sismiques.

Bâtiments en bois

Les deux plus importantes méthodes traditionnelles de construction en bois en Suisse sont les bâtiments en bois massif empilé dans la région alpine et les bâtiments à colombages sur le Plateau et dans le Nord-Ouest de la Suisse (fig. II-12). Ces deux méthodes reposent généralement sur un sous-sol en maçonnerie. Le comportement sismique des structures en bois est beaucoup plus favorable que celui des structures en maçonnerie, qu'il s'agisse du risque de défaillance dans le plan du mur ou perpendiculairement à celui-ci.

La construction en bois empilé de style chalet est encore très répandue aujourd'hui dans les nouvelles constructions de petits bâtiments dans la région alpine.

À partir de 2003, suite à l'assouplissement progressif des règles de protection contre les incendies, la construction moderne en bois s'est progressivement répandue dans les bâtiments résidentiels de plusieurs étages en Suisse. Auparavant, les bâtiments en bois étaient limités à deux étages. L'importance croissante accordée aux différentes méthodes de construction durables a aussi favorisé l'essor de l'utilisation du bois.

Le système porteur des bâtiments modernes en bois est généralement constitué de parois en ossature bois avec un parement en bois.

Les bâtiments en bois pur, dans lesquels l'ensemble du système porteur, c'est-à-dire également celui destiné à la reprise des sollicitations horizontales telles que les tremblements de terre et le vent, est entièrement constitué de bois, sont encore relativement rares (fig. II-13, à gauche). Souvent, les murs porteurs en béton armé, le noyau solide, sont d'abord bétonnés pour la stabilisation horizontale, puis les éléments en bois sont montés entre ceux-ci, ce qui correspond à une construction mixte bois-acier-béton armé (fig. II-13, droite).



Figure II-12. Méthodes traditionnelles de construction en bois : construction en bois empilé dans le canton de Glaris (à gauche), bâtiments à colombages dans la vieille ville de Bâle (à droite)



Figure II-13. Méthodes modernes de construction en bois dans le canton de Zurich pour un immeuble résidentiel : bâtiment avec une ossature en bois pur (à gauche), murs porteurs en béton armé construits avant l'assemblage des éléments en bois (à droite).

Planchers

Jusqu'au début du 20^e siècle, les planchers des étages supérieurs des bâtiments résidentiels étaient généralement construits avec des poutres en bois (fig. II-2 et II-14). Au rez-de-chaussée, on construisait aussi des planchers voûtés. Par la suite, on a installé de plus en plus des planchers à hourdis, notamment dans les zones sanitaires des logements. Après la Seconde Guerre mondiale, comme les planchers en bois ne répondaient plus aux exigences accrues de confort en termes d'isolation phonique et de vibrations du plafond, ils ont été remplacés par des planchers en béton armé. Dans les bâtiments de plusieurs étages, les planchers en bois ont également été remplacés pour des raisons de protection contre les incendies.

En ce qui concerne le comportement sismique, les planchers en bois présentent deux points faibles caractéristiques. D'une part, leur rigidité dans le plan du plancher est relativement faible, d'autre part, la transmission des forces horizontales des murs au plancher est très faible en l'absence d'un ancrage mécanique. Les ancrages de façade ou autres ancrages permettant d'améliorer la transmission des forces horizontales restent largement méconnus en Suisse. La figure II-15 montre, à titre de rare exception, des chaînages de

façade dans les façades longitudinales de deux bâtiments en maçonnerie de la vieille ville de Bâle. Généralement, les poutres en bois sont soit simplement encastrées dans le mur de maçonnerie (fig. II-2), soit montées dans un seuil en bois placé sur un renforcement du mur (fig. II-14).



Figure II-14. Plancher en bois dans un bâtiment médiéval à Bâle



Figure II-15. Ancrages dans les façades longitudinales de deux bâtiments en maçonnerie de la vieille ville de Bâle

Annexe III: Normes-SIA

Les premières prescriptions parasismiques ont été introduites en 1970 dans la norme SIA 160 de l'époque. Depuis lors, les prescriptions parasismiques ont été renforcées à chaque révision des normes sur les structures porteuses en 1989, 2003, 2014 et 2020. D'un point de vue actuel, le progrès le plus significatif a eu lieu en 2003 avec l'introduction des normes sur les structures porteuses SIA 260 à SIA 267.

Un séisme constitue en règle générale la sollicitation horizontale majeure pour les nouveaux bâtiments. Il n'est souvent pas possible de prouver la sécurité sismique des bâtiments existants en appliquant les normes en vigueur pour les nouveaux bâtiments, même dans la zone sismique la plus basse de Suisse. Afin d'éviter des coûts de confortement parasismique peu efficaces, il a été décidé d'élaborer des normes sur les structures porteuses distinctes. C'est ainsi que les normes SIA 269 et SIA 269/1 à SIA 269/8 relatives à la conservation des bâtiments ont été introduites à partir de 2011. Ces dernières permettent de tenir compte des caractéristiques particulières des bâtiments existants.

Environ la moitié du parc immobilier actuel a été construit avant l'entrée en vigueur des premières prescriptions parasismiques en 1970 (fig. III-1) et seul un septième a été construit après l'entrée en vigueur des prescriptions parasismiques de 2003. On peut en déduire que la majorité des bâtiments existants ont une sécurité parasismique a priori indéterminée.

Zones sismiques

La carte des zones sismiques de la norme SIA 261 (2020) comprend cinq zones (Z1a, Z1b, Z2, Z3a et Z3b) pour tenir compte des différences de l'aléa sismique régional en Suisse (fig. III-1). Pour chaque zone sismique, une valeur de calcul de l'accélération horizontale du sol est spécifiée pour les sols rocheux (classe de terrain de fondation A) et les bâtiments ordinaires (classe d'ouvrage I). Ces valeurs vont de 0,6 m/s² pour la zone la plus basse Z1a à 1,6 m/s² pour la zone la plus haute Z3b. Sur un sol plus mou, l'accélération du sol peut être presque deux fois plus importante que sur du rocher.

La période de retour des valeurs de l'accélération horizontale du sol mentionnées pour la classe d'ouvrage I est de 475 ans, ce qui correspond à une probabilité de dépassement de 10 % en 50 ans.

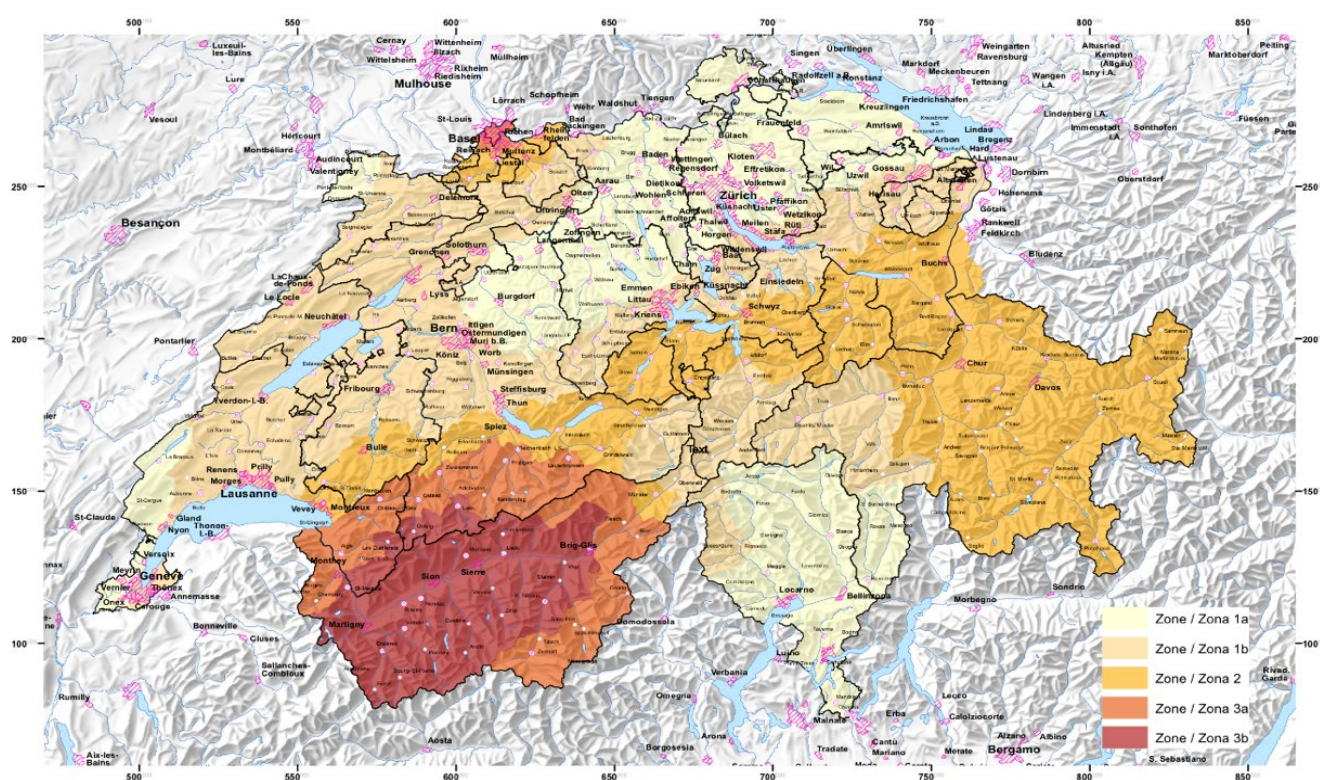


Figure III-1. Carte des zones sismiques de la norme SIA 261 (2020)

Classes de terrain de fondation

L'influence des conditions locales du terrain de fondation est généralement prise en compte en rangeant le site de construction dans l'une des six classes de terrain de fondation A à F (fig. III-2). Pour les classes A à E, les paramètres du spectre de réponse élastique de l'action sismique sont spécifiés dans la norme SIA 261, tandis que pour la classe F et pour les sites dont les caractéristiques du terrain de fondation ne peuvent être attribuées aux classes A à F, les paramètres du spectre de réponse élastique doivent être établis au moyen d'une étude spectrale du site. L'attribution à l'une des classes A à E est principalement basée sur la vitesse moyenne des ondes de cisaillement $v_{s,30}$ jusqu'à une profondeur de 30 m. On utilise en outre le nombre de coups N_{SPT} pour un enfoncement de 0,3 m lors de l'essai de pénétration standard et la résistance au cisaillement non drainé c_u (fig. III-2). Les cartes des classes de terrain de fondation déjà établies sont disponibles sur le site www.map.geo.admin.ch sous « Nature et environnement > Dangers naturels > Classes de sols de fondation » et vous permettent de connaître la classe d'ouvrage correspondant à l'emplacement recherché. La figure III-3 montre un exemple de cette carte pour le secteur sud-ouest de la ville de Berne avec les zones en classes A à E. Aucune zone ne correspond à la classe F à Berne.

En principe, plus le sol est mou, plus l'impact du tremblement de terre est important. Par rapport à un terrain rocheux (classe A), les valeurs d'accélération sur un site avec un sol mou (classe D) augmentent jusqu'à 3,4 fois en comparaison d'un terrain rocheux (classe A) en fonction de période de vibration de la structure.

Classe de terrain de fondation	Description du profil stratigraphique	$v_{s,30}$	N_{SPT}	c_u
		m/s	Nombre de coups/0,3 m	kN/m ²
A	Rocher ou formation géologique analogue avec une couverture de terrain meuble d'au plus 5 m d'épaisseur en surface.	>800	-	-
B	Dépôts de sable et gravier très compact ou d'argile très ferme, d'une épaisseur d'au moins quelques dizaines de mètres caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur.	500... 800	>50	>250
C	Dépôts de sable et gravier moyennement compact à compact ou d'argile ferme, d'une épaisseur de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres.	300... 500	15...50	70...250
D	Dépôts de terrain meuble non cohésif lâche à moyennement compact (avec ou sans couches cohérentes molles), ou à prédominance de terrain meuble cohésif de consistance molle à moyenne.	< 300	< 15	< 70
E	Couche superficielle de terrain meuble avec des valeurs de v_s correspondant à la classe C ou D et d'une épaisseur comprise entre 5 m et 20 m reposant sur un matériau avec une valeur de v_s >800 m/s.	-	-	-
F	Dépôts à structure sensible, organiques et très mous (p. ex. tourbe, craie lacustre, argile molle) avec une épaisseur supérieure à 10 m.	-	-	-

Figure III-2. Description du profil stratigraphique des classes de terrain de fondation A à F avec les propriétés de sol correspondantes d'après le tableau 24 de la norme SIA 261 (2020)

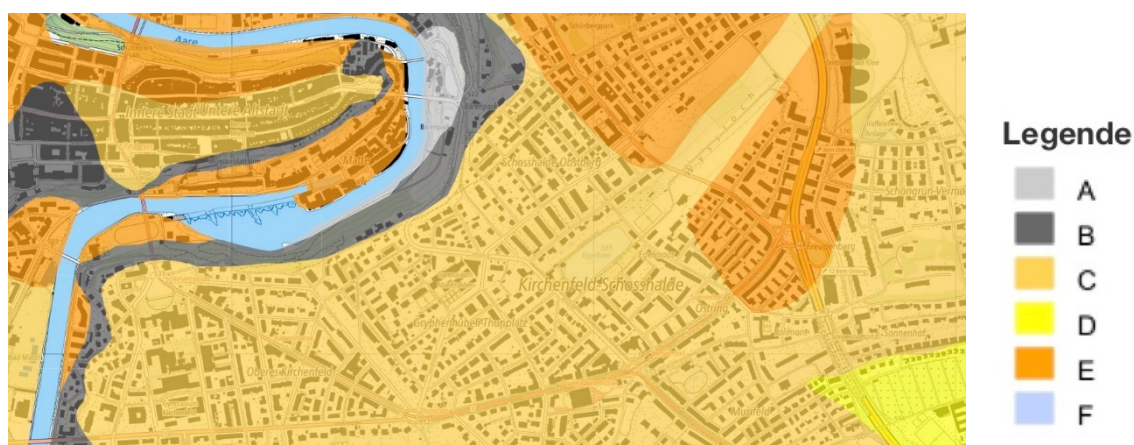


Figure III-3. Carte des classes de terrain de fondation A à F selon la norme SIA 261 (2020) pour le secteur sud-ouest de la ville de Berne (source : www.map.geo.admin.ch)

Classes d'ouvrages

Pour une planification de projet compatible avec les séismes selon les normes sur les structures porteuses de la SIA, les ouvrages doivent être assignés à l'une des trois classes d'ouvrage (CO) (fig. III-3). Cela permet d'adapter le degré de protection en fonction de l'importance de l'ouvrage. Par exemple, un hôpital de soins aigus (CO III) est soumis à des exigences beaucoup plus strictes qu'un immeuble résidentiel (CO I) situé au même endroit.

CO	Caractéristiques	Exemples	Facteur d'importance γ_f Sécurité structurale	Aptitude au service
III	Infrastructure ayant une fonction vitale	<ul style="list-style-type: none"> Hôpitaux d'urgence avec leurs équipements et installations Ouvrages, équipements et installations servant à la protection de la population et ayant une fonction vitale pour la maîtrise de l'événement (par ex. casernes de pompiers ou garages d'ambulances) Ponts, galeries de protection, murs de soutènement et talus dans le périmètre d'une voie de communication avec une importance vitale pour l'accessibilité d'une zone habitée ou d'un ouvrage de classe d'ouvrages III après un séisme Ouvrages, équipements et installations d'une importance vitale pour l'approvisionnement, l'évacuation et les télécommunications 	1,5	1,0
II	<ul style="list-style-type: none"> Occupation par des personnes $PB > 50$ personnes Occupation maximale par des personnes $PB_{max} > 500$ personnes Hôpitaux avec leurs équipements et installations, s'ils n'appartiennent pas à la classe d'ouvrages III Écoles et jardins d'enfants si $PB_{max} > 10$ personnes Bâtiments de l'administration publique si $PB_{max} > 10$ personnes Contient des marchandises ou installations d'une valeur particulièrement élevée Infrastructure ayant une fonction importante La défaillance de l'ouvrage menace des ouvrages adjacents avec une fonction d'infrastructure vitale 	<ul style="list-style-type: none"> Bâtiments de grande taille Centres commerciaux, stades, cinémas, théâtres et églises Ponts, galeries de protection, murs de soutènement et talus dans le périmètre d'une voie de communication importante Ouvrages, équipements et installations importants destinés à l'approvisionnement, à l'évacuation et aux télécommunications 	1,2	—*
I	Tous les autres ouvrages pour autant que des dégâts à l'environnement sont exclus.	<ul style="list-style-type: none"> Bâtiments d'habitation, bâtiments administratifs et artisanaux Bâtiments industriels et entrepôts Parkings Ponts dont l'importance après un séisme est faible (par ex. passerelles pour piétons et ponts à usage agricole ou forestier, s'ils ne franchissent pas des voies de communication importantes) 	1,0	—*

* vérification de l'aptitude au service pas nécessaire

Figure III-4. Norme SIA 261 (2020), tableau 25 : caractéristiques et exemples pour la classification dans les trois classes d'ouvrage (CO) pour les bâtiments récents ainsi que les facteurs d'importance correspondants pour les vérifications requises

Les vérifications requises, les mesures à observer sur les plans de la conception et de la construction ainsi que le facteur d'importance γ_f , qui apparaît dans le spectre de dimensionnement comme un facteur de multiplication de l'action sismique, varient selon la classe d'ouvrage. Pour la vérification de la sécurité structurale, l'action sismique est majorée en appliquant le facteur d'importance $\gamma_f = 1,0$ pour la CO I, $\gamma_f = 1,2$ pour la CO II et $\gamma_f = 1,5$ pour la CO III. Ce principe peut aussi être considéré comme une extension de la période de retour du séisme de dimensionnement de la valeur de référence de 475 ans pour la CO I à environ 700 ans pour la CO II et 1100 ans pour la CO III.

SIA-Norme 269/8

Les normes sur les structures porteuses de la série SIA 260 à SIA 267 ne s'appliquent en principe qu'aux nouveaux bâtiments. Pour l'entretien des bâtiments existants, il convient de respecter les normes sur les structures porteuses de la série SIA 269 et les normes SIA 269/1 à SIA 269/8, la norme SIA 269/8 (2017) « Maintenance des structures porteuses – Séismes » contenant les spécifications pour l'inspection et le confortement des bâtiments existants en ce qui concerne les séismes.

Étant donné que la mise en place ultérieure de mesures de sécurité parasismique est considérablement plus coûteuse que les mesures correspondantes pour les nouveaux bâtiments, un niveau d'exigence identique pour les nouveaux bâtiments et les anciens engendrerait des coûts disproportionnés par rapport à la réduction des risques. La norme SIA 269/8 permet donc, sur la base d'une évaluation de la proportionnalité des coûts des mesures, de renoncer à un confortement, pour autant que les exigences minimales soient garanties en ce qui concerne les risques individuels et collectifs pour les personnes dans les CO I, II et III. Il convient en outre de respecter les exigences minimales relatives à une disponibilité minimale des fonctions de l'infrastructure dans les CO II-i et III.

Ces exigences minimales sont assurées par le respect d'un facteur de conformité minimal α_{\min} pour la vérification de la sécurité structurale selon la figure III-4. Si le facteur de conformité minimal n'est pas atteint dans l'état actuel, des mesures de confortement doivent être mises en œuvre, indépendamment des coûts occasionnés par celles-ci. Selon la norme SIA 269/8, le facteur de conformité α est déterminé en comparant l'action sismique qui conduit à la première défaillance d'un élément d'une structure existante avec l'action sismique correspondante pour les nouveaux bâtiments.

Alors qu'il existe seulement trois classes d'ouvrage pour les nouveaux bâtiments, la gradation est affinée en cinq classes d'ouvrage pour les bâtiments existants en divisant la CO II en trois sous-classes (fig. III-4). Pour la CO II-s supplémentaire destinée aux écoles et aux jardins d'enfants, un facteur de conformité minimal $\alpha_{\min} \geq 0,4$ au lieu de $\alpha_{\min} \geq 0,25$ est requis afin de mieux protéger les enfants. Pour les structures ayant une fonction d'infrastructure importante (CO II-i), un facteur de conformité minimal $\alpha_{\min} \geq 0,4$ est également requis pour garantir une disponibilité minimale de la fonction de l'infrastructure. Les ouvrages ayant une fonction d'infrastructure vitale doivent être classés dans la CO III, pour laquelle le même facteur de conformité minimal $\alpha_{\min} \geq 0,4$ s'applique. Mais dans ce cas, il concerne une action sismique plus élevée, puisque le facteur d'importance doit être fixé plus haut pour la CO III, voir figure III-3.

Classes d'ouvrages	Facteur de conformité minimal α_{\min}
CO I	0,25
CO II (sauf CO II-s et CO II-i)	0,25
CO II-s (écoles et jardins d'enfants)	0,40
CO II-i (ouvrages ayant une fonction d'infrastructure importante)	0,40
CO III	0,40

Figure III-5. Norme SIA 269/8 (2017), tableau 1 : facteurs de conformité minimaux pour la vérification de la sécurité structurale correspondant aux cinq classes d'ouvrages pour les bâtiments existants

Annexe IV: photos de bâtiments présentant des dommages dus à des séismes

Les photos sont classées selon le degré de dommage croissant de 1 à 5 selon l'échelle EMS-98 (voir section 2.9).

Degré de dommage 1

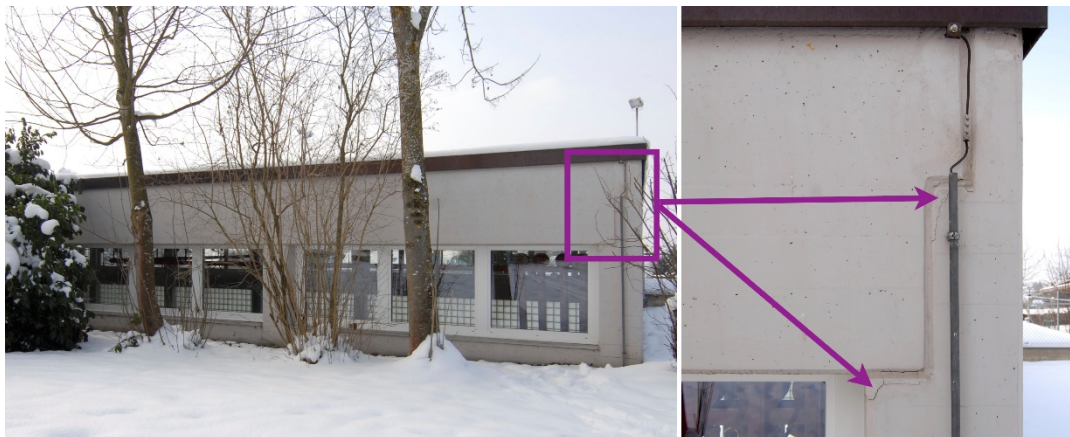


Figure IV-1. Tremblement de terre de Zoug en 2012. Gymnase à Allenwinden dans le canton de Zoug présentant de fines fissures le long du support de la poutre de toit en béton armé :
degré de dommage 1



Figure IV-2. Tremblement de terre à Linthal dans le canton de Glaris en 2017. Gasthaus Sonne à l'épicentre, avec des fissures capillaires diagonales dans le plâtre du mur pignon :
degré de dommage 1



Figure IV-3. Tremblement de terre à Linthal dans le canton de Glaris en 2017. École de Linthal avec de fines fissures dans le mur de façade au niveau du support du lourd auvent en béton armé :
degré de dommage 1

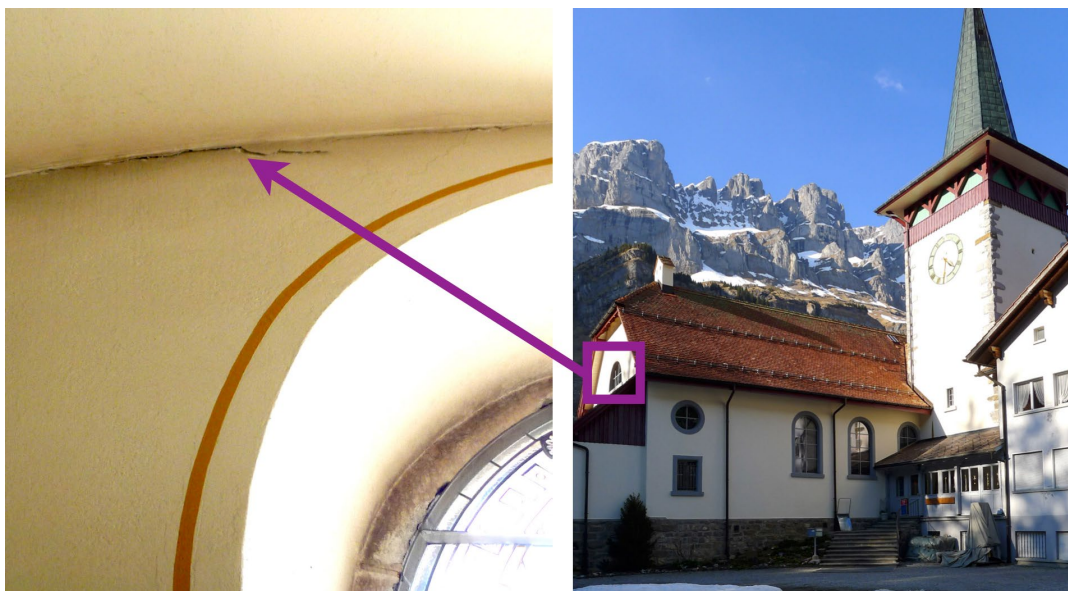


Figure IV-4. Tremblement de terre à Linthal dans le canton de Glaris en 2017. L'église d'Urnerboden dans le canton d'Uri avec une fine fissure à l'intérieur du mur pignon :
degré de dommage 1

Degré de dommage 2

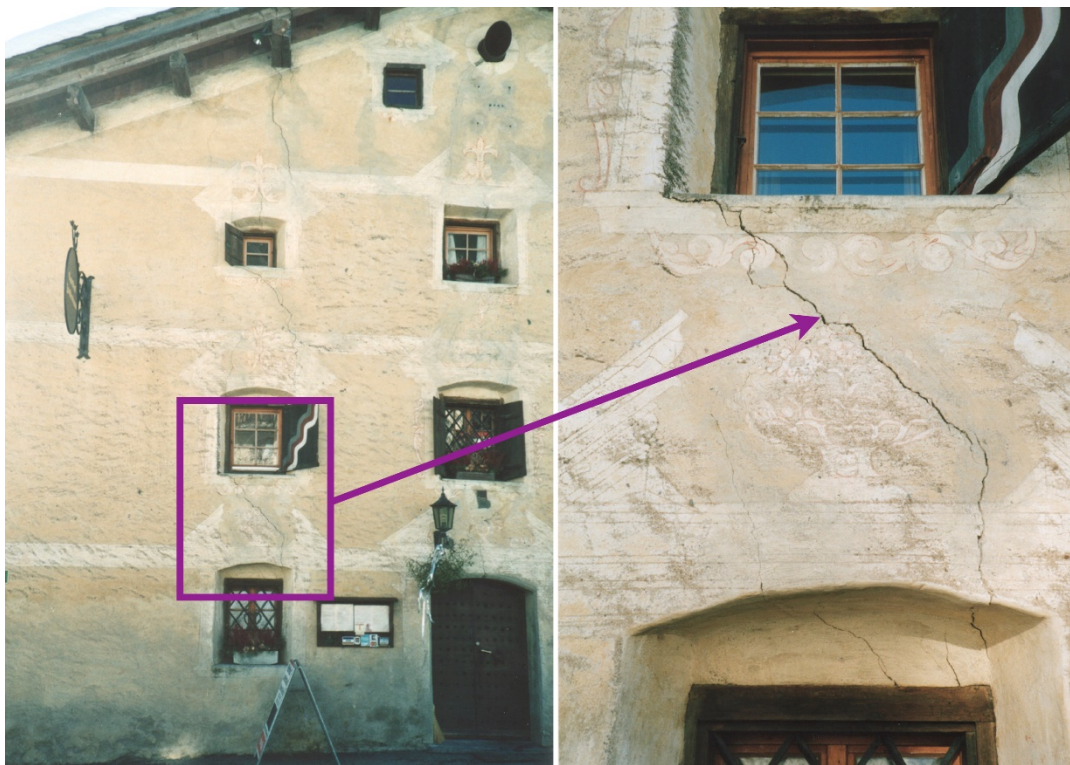


Figure IV-5. Tremblement de terre à Vaz dans le canton des Grisons en 1991. Bâtiment résidentiel en maçonnerie de pierre naturelle à Vaz avec une longue fissure diagonale dans la façade entre les ouvertures des fenêtres :
degré de dommage 2



Figure IV-6. Tremblement de terre de Fribourg en 1999. Bâtiment scolaire de la ville de Fribourg présentant une fissure dans la voûte du toit en maçonnerie :
degré de dommage 2

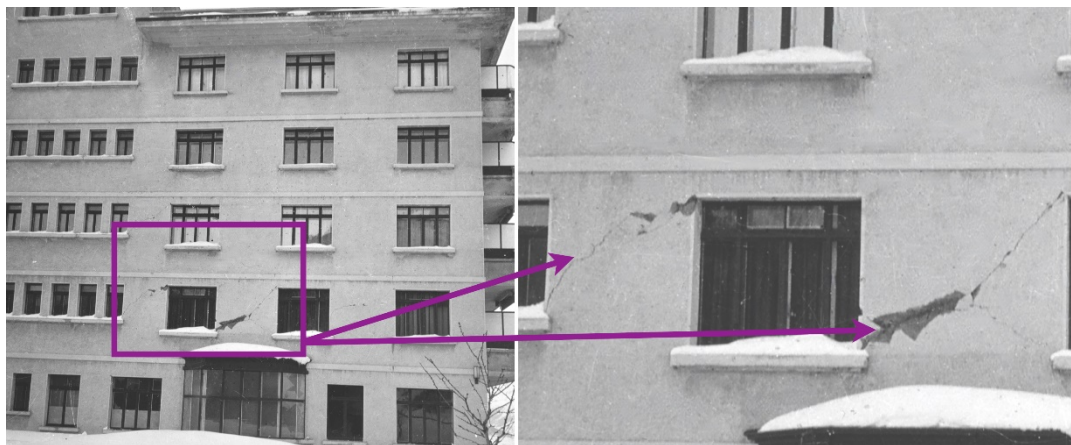


Figure IV-7. Tremblement de terre à Sierre dans le canton du Valais en 1946. Fissures diagonales et écaillage du plâtre entre les fenêtres du 1^{er} étage d'un bâtiment à Montana dans le canton du Valais (source : Service sismologique suisse, Zurich) : [degré de dommage 2](#)

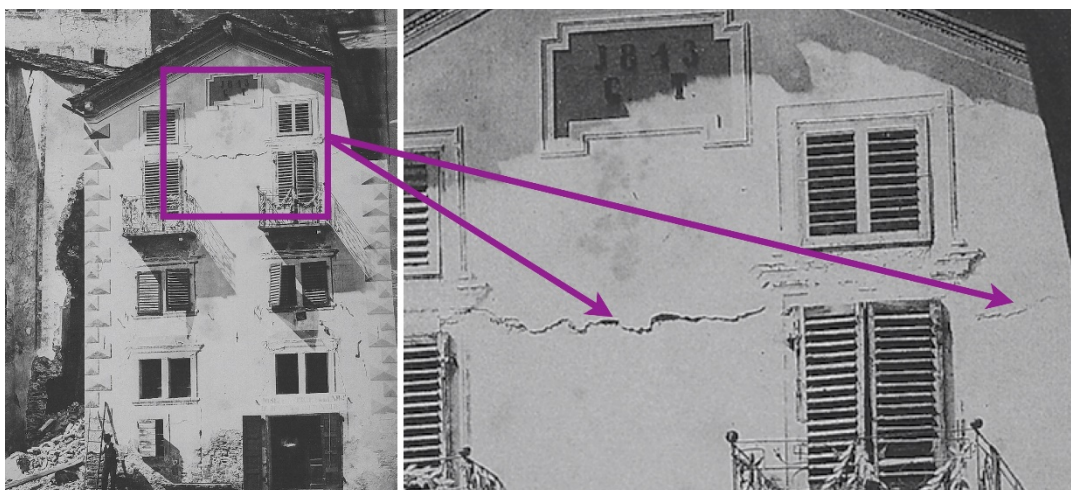


Figure IV-8. Tremblement de terre à Stalden-Viège en 1855. Fissure horizontale avec écaillage du plâtre dans le mur pignon d'un bâtiment en maçonnerie de pierre naturelle à Viège dans le canton du Valais (source : CREALP, Sion) : [degré de dommage 2](#)



Fig. IV-9. Tremblement de terre en Émilie-Romagne, Italie, en 2012. Longues fissures en forme de X dans le plâtre d'un mur en maçonnerie au rez-de-chaussée d'un bâtiment résidentiel et commercial de quatre étages :
[degré de dommage 2](#)

Degré de dommage 3

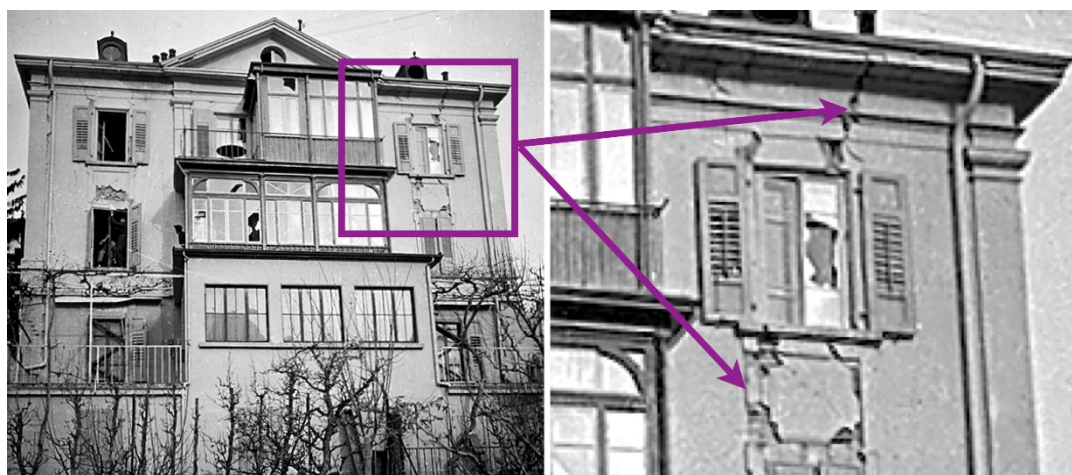


Figure IV-10. Tremblement de terre à Sierre dans le canton du Valais. Nombreuses et longues fissures traversantes dans les corniches de maçonnerie d'un bâtiment résidentiel à Sierre (source : Service sismologique suisse, Zurich :
[degré de dommage 3](#)



Figure IV-1. Tremblement de terre à Stalden-Viège en 1855. Fissure verticale longue et étendue à travers le mur de façade d'un bâtiment en maçonnerie de pierre naturelle à Stalden dans le canton du Valais (source : CREALP, Sion) : [degré de dommage 3](#)



Figure IV-12. Tremblement de terre à Aegion, Grèce, en 1995. Nombreuses fissures traversantes en forme de X typiques en cas de sollicitations sismiques, au rez-de-chaussée et au 1^{er} étage d'un bâtiment résidentiel : [degré de dommage 3](#)

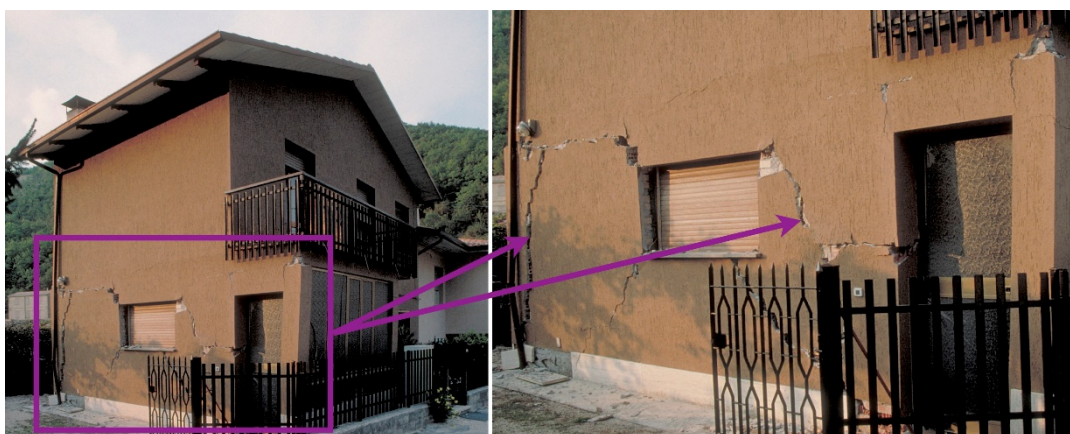


Figure IV-13. Tremblement de terre en Ombrie, Italie, en 1997. Fissures traversantes longues et étendues au rez-de-chaussée d'une maison familiale en maçonnerie : [degré de dommage 3](#)



Figure IV-14. Tremblement de terre à Amatrice, Italie, en 2016. Fissures longues et étendues sur les quatre murs de la façade d'un bâtiment en maçonnerie encore en construction :
[degré de dommage 3](#)

Degré de dommage 4



Figure IV-15. Tremblement de terre à Sierre dans le canton du Valais en 1946. Effondrement partiel des étages construits sur la toiture d'un bâtiment résidentiel à Sion (Raymond Schmid, Bourgeoisie de Sion, Médiathèque Valais, Martigny) :
[degré de dommage 4](#)



Figure IV-16. Tremblement de terre de Stalden-Viège en 1855. Effondrement partiel d'un mur de façade en maçonnerie de pierre naturelle dans les combles d'un bâtiment résidentiel à Stalden, dans le canton du Valais, dû à une défaillance sous sollicitation sismique hors-plan (source : CREALP, Sion) :
degré de dommage 4



Figure IV-17. Tremblement de terre à Aegion, Grèce, en 1995. Effondrement des angles des murs de façade le long de fissures traversantes en forme de X au rez-de-chaussée d'un bâtiment en maçonnerie de pierre naturelle :
degré de dommage 4

Degré de dommage 5



Figure IV-18. Tremblement de terre à Aegion, Grèce, en 1995. Effondrement d'un « étage mou » au rez-de-chaussée de la partie avant du bâtiment, le long du joint de dilatation qui relie cette partie à l'arrière du bâtiment, de conception similaire et seulement légèrement endommagé : [degré de dommage 5](#)



Figure IV-19. Tremblement de terre à Taïwan en 1999. Effondrement d'un hôtel dû à une défaillance au sous-sol. Les cadres et murs en béton armé massifs des étages supérieurs ont résisté à la chute, ce qui indique que ces étages avaient fait l'objet d'un dimensionnement sismique : [degré de dommage 5](#)



Figure IV-20. Tremblement de terre à Boumerdès, Algérie, en 2003. Effondrement en crêpe d'un bâtiment résidentiel en béton armé de cinq étages. La compression des planchers entre les dalles en béton armé est révélatrice d'un système de contreventement horizontal au moyen de cadres en béton insuffisamment armé et sans murs porteurs : [degré de dommage 5](#).

Risques liés aux répliques

Même si les répliques sismiques sont généralement de plus faible magnitude que le séisme principal, elles peuvent causer des dommages beaucoup plus graves, pouvant aller jusqu'à l'effondrement d'un bâtiment là où un ouvrage n'avait été que légèrement endommagé par le séisme principal. Ce risque est dû au fait que les répliques peuvent se produire à une plus proche que la secousse principale et peuvent donc provoquer des mouvements de terrain beaucoup plus importants.



Figure IV-21. Tremblement de terre en Émilie-Romagne, Italie, en 2012. Bâtiment résidentiel de six étages dans une construction mixte en maçonnerie-béton armé avec un effet de «Soft-Story» (étage faible) modéré au rez-de-chaussée, malgré un noyau d'ascenseur en béton armé. Formation de fissures de cisaillement en X, voir figure IV-22.



Figure IV-22. Tremblement de terre en Émilie-Romagne, Italie, en 2012. Évolution des dommages au noyau de l'ascenseur en béton armé au rez-de-chaussée de l'immeuble d'habitation, illustré à la figure IV-21 :

A gauche, l'état du 28 mai 2012 après la secousse principale du 20 mai 2012 d'une magnitude $M_w = 5,9$:

[degré de dommage 2](#)

À droite, l'état du 30 mai 2012 après la réplique du 29 mai 2012 d'une magnitude $M_w = 5,9$:

[degré de dommage 3](#)



Figure IV-23. Tremblement de terre en Émilie-Romagne, Italie, en 2012. Bâtiment de deux étages en maçonnerie de pierre naturelle avec pignon longitudinal, état du 28 mai 2012 après la secousse principale du 20 mai 2012 d'une magnitude $M_w = 5,9$. Effondrement de certaines parties du mur de parapet le long du bord du toit et effondrement de certaines parties du toit et des cheminées :

[degré de dommage 3](#)



Figure IV-24. Tremblement de terre en Émilie-Romagne, Italie, en 2012. État du bâtiment de la figure IV-23 le 30 mai 2012 après la réplique du 29 mai 2012 d'une magnitude $M_w = 5,9$. Le pignon longitudinal triangulaire, les parties supérieures du mur de façade, d'autres parties du toit et les cheminées se sont effondrés :

[degré de dommage 4](#)



Figure IV-25. Tremblement de terre en Émilie-Romagne, Italie, en 2012. L'église paroissiale de Tramuschio dans la Province de Modène au 28 mai 2012 après la secousse principale du 20 mai 2012 d'une magnitude $M_w = 5,9$. Fissures dans les murs avec de petites écailles de plâtre et fissure traversante dans la partie supérieure, entre le mur longitudinal et le mur pignon :
degré de dommage 2



Figure IV-26. Tremblement de terre en Émilie-Romagne, Italie, en 2012. Deux vues de l'église paroissiale de Tramuschio de la figure IV-25 telle qu'elle se présentait le 30 mai 2012 après la réplique du 29 mai 2012 d'une magnitude $M_w = 5,9$. Le pignon longitudinal triangulaire s'est effondré sur la rue :
degré de dommage 4

Glossaire

Aléa sismique

Probabilité sur une période de temps de référence qu'une certaine valeur d'un paramètre décrivant le mouvement du sol (p. ex. l'accélération horizontale) soit atteinte ou dépassée à un endroit donné.

Analyse des risques

Identification et utilisation systématiques d'informations pour comprendre un risque et l'évaluer selon le degré de probabilité et les conséquences sur une organisation ou un système.

Bâtiment

Par bâtiment, on entend un ouvrage de typologie des constructions usuelle, c'est-à-dire un bâtiment composé de maçonnerie, de béton armé, d'acier ou de bois.

Capacité d'intervention durable (capacité à durer)

Capacité d'une organisation en matière de conduite, de personnel, de matériel et de logistique à assurer un engagement de longue durée.

Capacité portante

La capacité portante décrit l'aptitude d'une structure porteuse et de ses éléments constitutifs à résister aux influences subies lors de sa réalisation et de son utilisation.

Catastrophe

Événement dommageable d'origine naturelle ou technique provoquant des dommages ou des pannes d'une ampleur telle que les ressources en matériel ou en personnel du canton affecté s'avèrent insuffisantes.

Disponibilité opérationnelle

Capacité de l'organisation, des systèmes et des infrastructures à remplir les tâches et fonctions prévues.

Epicentre

Point à la surface de la terre à l'aplomb du foyer du tremblement de terre.

Spécialiste post-sismique (Élément d'engagement formé)

Ingénieur civil formé à l'évaluation des bâtiments qui effectue l'évaluation des bâtiments après un séisme sur mandat du canton. En règle générale, un cours de formation continue dans les hautes écoles spécialisées de Lucerne ou de Fribourg compte comme formation.

Si nécessaire, le spécialiste de l'évaluation du bâtiment soutient l'OCC dans l'organisation de l'évaluation du bâtiment (voir guide pour l'évaluation post-sismique des bâtiments, OFPP 2018, élément formé A-EE).

Évaluation des bâtiments

Évaluation de la capacité portante des bâtiments après un séisme.

Evaluation post-sismique des bâtiments

L'évaluation des bâtiments suite à un séisme dommageable vise à assurer une protection appropriée de la vie humaine dans et autour des bâtiments endommagés.

Gestion de crise

Activités coordonnées auxquelles doit procéder une organisation afin de gérer une crise potentielle ou déjà avérée.

Gestion des risques

Processus et comportements visant à la gestion des risques auxquels une organisation est exposée.

Hypocentre / foyer du séisme

Source en profondeur du tremblement de terre.

Infrastructure critique

Infrastructure dont la perturbation, la défaillance ou la destruction ont des conséquences graves pour la collectivité, l'économie ou l'Etat.

Intensité

Grandeur décrivant la force des secousses d'un séisme, selon une échelle qualitative de douze degrés. Elle est déterminée d'après les observations liées au comportement humain, ainsi qu'aux dégâts sur les bâtiments et sur la nature.

Intervention

Action nécessaires au sauvetage et à l'assistance des victimes, ainsi qu'à la limitation de l'ampleur d'une catastrophe ou situation d'urgence.

Jugement d'utilisation

Le jugement de la possibilité d'utilisation d'un bâtiment est lié à la nécessité de pouvoir occuper et utiliser un bâtiment rapidement après un séisme, en restant raisonnablement protégé du risque de graves dommages aux personnes.

Magnitude

Mesure de l'énergie par le tremblement de terre.

Microzonage

Investigations destinées à quantifier l'effet de site local et à fournir des spectres de réponses spécifiques à la zone étudiée.

Organe de conduite / organe cantonal de conduite (OCC)

Organe responsable de la conduite et soutenant les autorités dans le processus de prise de décision.

Panification préventive

Réflexion systématique axée sur l'avenir, visant à fixer un plan d'action pour l'atteinte d'un objectif défini en se fondant sur l'état des connaissances du moment et sur le contexte donné.

Reconnaissance

Recherche active d'informations brutes concernant les conditions-cadre, l'environnement, les événements et les dangers qui revêtent une importance pour l'intervention.

Reconstruction

Rétablissement de l'état normal par la reconstruction des bases de vie détruites ou dérangées par la catastrophe. Les mesures de reconstruction sont celles qui visent à rétablir la fonction précédente, en veillant si possible à en augmenter la résistance et, éventuellement, à en améliorer l'utilisation.

Remise en état

Réparation des dégâts causés par un événement dommageable afin de rétablir des conditions de vie normales, en particulier en ce qui concerne le fonctionnement de l'infrastructure.

Réplique

Séisme qui selon ses spécificités et son temps d'occurrence peut être lié à un séisme dit principal.

Responsable cantonal de l'évaluation des bâtiments

Responsable désigné/sélectionné par l'OCC, chargé de mettre en place l'organisation de l'évaluation post-sismique des bâtiments dans le canton et d'en assurer le déploiement. Le responsable cantonal peut être en même temps un élément d'engagement formé.

Risque

Le risque est une mesure de la probabilité d'occurrence ainsi que de l'ampleur des dommages d'un événement indésirable.

Séisme (tremblement de terre)

Les tremblements de terre se produisent lors d'une libération soudaine de contrainte le long de failles de la croûte terrestre. L'énergie sismique ainsi libérée se diffuse sous forme d'ondes à travers la terre et provoque les secousses que l'on ressent comme un tremblement de terre.

Situation d'urgence

Situation résultant le plus souvent d'une évolution sociale ou, plus rarement, d'un problème technique que les procédures ordinaires ne permettent pas de gérer efficacement, les ressources en personnel et en matériel de la communauté concernée étant insuffisantes.

Tableau des photos, graphiques ou figures

Les illustrations des sections de la nouvelle fiche d'évaluation de l'OFPP ne sont pas référencées dans le tableau.

Figure N°	Auteur (si connu)	Source (si connu)
Page de titre	Hermann Schmidli	Tremblement de terre à Sierre Valais 1946 Source : Service sismologique suisse, Zurich.
Page de titre, partie 1	Blaise Duvernay	«Mission technique» à Norcia et Amatrice, 2017
1-1	Y. Steiger, Ch. Werner, A. Bucher	OFPP, «Manuel pour l'évaluation des bâtiments après un séisme», 2021
1-2	OFPP	Extrait « Guide pour l'évaluation postsismique des bâtiments », 2018
Page de titre, partie 2	Thomas Wenk	Tremblement de terre en Émilie-Romagne, Italie, en 2012
2-1	Pierino Lestuzzi	Figure, développée spécialement pour le manuel
2-6	Office fédéral de la statistique (OFS), 2008	https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/registres/registre-personnes/harmonisation-registres/egid-ewid.assetdetail.822444.html
2-7	Swisstopo	https://www.swisstopo.admin.ch/fr/connaissances-faits/mensuration-geodesie/coordonnees/coordonnees-suissees.html
2-8 et 2-9	Fabrizio D'Urso	Manuel d'utilisation de la fiche d'évaluation post-sismique des bâtiments, VS 2015
2-12 à 2-14	Lestuzzi&Badoux	Support de cours formation post-sismique : comportement des structures en acier, Lestuzzi&Badoux (2011)
2-15	Pierino Lestuzzi	
2-16	Roberto Peruzzi	Kurmann et Cretton Ingénieurs
2-17	PLAKA SOLUTIONS	Catalogue, PLAKA / Gevel en metselwerk / Murfor
2-18	ARCHIPRODUCTS	
2-19	BATIRAMA	
2-20	GROUPE LMK	(L'équipe du Groupe LMK a désormais joint l'équipe Structura.ca)
2-21	Résonance Ingénieurs Conseils	
2-22	Association Française du Génie Parasismique (AFPS)	Rapport de mission AFPS l'Aquila, 2009
2-23	Zuccaro G, Papa F.	Medea: Manuale di Esercitazioni sul Danno E Agibilità degli edifici ordinari in muratura e cemento armato, 2001, 2004
2-24	Fabrizio D'Urso	Immeuble d'habitation Sion, 2014
2-25	Pierino Lestuzzi	
2-26	Fabrizio D'Urso	Centre commercial Uvrier, 2014
2-27	Université d'Hokkaido	Séisme de Tohoku 2011, rapport de l'université Hokkaido
2-28	Lestuzzi&Badoux	Support de cours formation post-sismique : comportement des structures en acier, Lestuzzi&Badoux (2011)
2-29 à 2-30	Martin Geiser	Haute école spécialisée bernoise (BFH) Bienne
2-34	Patricia Balandier	«Le séisme et les bâtiments », Directive de la Direction Départementale de l'Équipement (Martinique).
2-35	Document technique unifié pour les normes françaises (ici la DTU 13.3)	NF P11-213-1 (DTU 13.3) (mars 2005) : Dallages - Conception, calcul et exécution – Partie 1
2-36	Fabrizio D'Urso	Habitations désaffectées, vieille ville de Sion, 2015
2-37 et 2-38	Hugo Bachmann	Hugo Bachmann, directives de l'OFEG, Conception parasismique des bâtiments – Principes de base à l'attention

		des ingénieurs, architectes, maîtres d'ouvrages et autorités (2002)
2-39	Fabrizio D'Urso	Bâtiment d'habitation à l'Aquila, 2011
2-40	Lestuzzi&Badoux	Support de cours formation post-sismique : comportement des structures en acier, Lestuzzi&Badoux (2011)
2-41	Roberto Peruzzi	Kurmann et Cretton Ingénieurs
2-43		Cahiers de Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Volume 15 (1998), Luxembourg) http://www.franceseisme.fr/ems98.html https://doi.org/10.2312/EMS-98.full.en
2-45 à 2-58		AA.VV. (2011, 2014), Manuale per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica (AeDES) – Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n.113 del 2011 - Revisione, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 243 del 2014.
2-60 à 2-65	Andreas Galmarini	Waltgalmarini, séisme Chile, 2010
2-75	Fabrizio D'Urso	Etayage mur soutènement à Norcia (séisme Amatrice 2017)
2-76	Andreas Galmarini	Waltgalmarini, séisme Chile, 2010
2-81	F. D'Urso, R. Peruzzi, P. Lestuzzi	« Manuel d'utilisation de la fiche d'évaluation post-sismique des bâtiments », Valais 2015
Page de titre, partie 3	Blaise Duvernay	«Mission technique» à Norcia et Amatrice, 2017
3-1	Yves Steiger	OFPP, «Manuel pour l'évaluation des bâtiments après un séisme», 2021
3-2 et 3-3	F. D'Urso, Y. Steiger	OFPP, «Manuel pour l'évaluation des bâtiments après un séisme», 2021
3-4	Yves Steiger	OFPP, «Manuel pour l'évaluation des bâtiments après un séisme», 2021
3-5	Yves Steiger	Tremblement de terre Népal, 2015
3-6 bis 3-8	Yves Steiger	OFPP, «Manuel pour l'évaluation des bâtiments après un séisme», 2021
Page de titre, annexes	Blaise Duvernay	«Mission technique» à Norcia et Amatrice, 2017
I-1	Sergio Basti	Conçu et mis en oeuvre par le Directeur responsable pour l'urgence et le secours technique ing. Sergio Basti. Groupe de travail pour la rédaction du vademecum STOP: S. Grimaz (coordinateur), M. Cavriani, E. Mannino, L. Munaro, M. Bellizzi, C. Bolognese, M. Caciolai, A. D'Odorico, A. Maiolo, L. Ponticelli avec la collaboration de: F. Barazza, P. Malisan, A. Moretti et pour la traduction en français par Arch. Fabio Giovinazzo. REF: Disposition prot. EM3064/5001-11 del 15.06.2009
II-1 à II-3	Thomas Wenk	
II-4	Pierino Lestuzzi	
II-5		Archives de la Ville de Genève, utilisées dans un projet de l'EPFL, (P. Lestuzzi)
II-6	Thomas Wenk	
II-7	Pierino Lestuzzi	
II-8 et II-9	Thomas Wenk	
II-10	Pierino Lestuzzi	
II-11-15	Thomas Wenk	
III-1		Carte des zones sismiques de la norme SIA 261 (2020)
III-2	Thomas Wenk	Selon tableau 24 des normes SIA 261, 2020
III-3		www.map.geo.admin.ch
III-4		Tableau 25, norme SIA 261, 2020

III-5		Tableau 1, norme SIA 269/8, 2017
IV-1	Thomas Wenk	tremblement de terre de Zoug en 2012.
IV-2 à IV-4	Thomas Wenk	Tremblement de terre à Linthal dans le canton de Glaris en 2017
IV-5	Thomas Wenk	Tremblement de terre à Vaz dans le canton des Grisons en 1991
IV-6	Thomas Wenk	Tremblement de terre de Fribourg en 1999
IV-7		Tremblement de terre à Sierre Valais 1946 Source : Service sismologique suisse, Zurich.
IV-8		Erdbeben in Stalden-Visp 1855, Quelle: CREALP, Sion
IV-9	Thomas Wenk	Tremblement de terre en Émilie-Romagne, Italie, en 2012
IV-10	Hermann Schmidli	Tremblement de terre à Sierre Valais 1946 Source : Service sismologique suisse, Zurich.
IV-11		Tremblement de terre de Stalden-Viège en 1855, Source: CREALP, Sion
IV-12	Thomas Wenk	Tremblement de terre à Aegion, Grèce, en 1995
IV-13	Thomas Wenk	Tremblement de terre en Ombrie, Italie, en 1997
IV-14	Thomas Wenk	Tremblement de terre à Amatrice, Italie, en 2016
IV-15	Raymond Schmid	Bourgeoisie de Sion, Médiathèque Valais, Martigny
IV-16		Tremblement de terre de Stalden-Viège en 1855, Source: CREALP, Sion
IV-17	Thomas Wenk	Tremblement de terre à Aegion, Grèce, en 1995
IV-18	Thomas Wenk	Tremblement de terre à Aegion, Grèce, en 1995
IV-19	Thomas Wenk	Tremblement de terre à Taïwan en 1999
IV-20	Thomas Wenk	Tremblement de terre à Boumerdès, Algérie, en 2003
IV-21 à IV-26	Thomas Wenk	Tremblement de terre en Émilie-Romagne, Italie, en 2012

Literature et informations complémentaires

- **Bachmann, Hugo. 2002.** Conception parasismique des bâtiments - Principes de base à l'attention des ingénieurs, architectes, maîtres d'ouvrages et autorités. Berne : Office fédéral des eaux et de la géologie OFEG, 2002.
- **Balandier, Patricia. 2002.** Le séisme et les bâtiments – Information sur la construction parasismique – Volume 2. Martinique : Direction Départementale de l'Équipement, DDE Martinique – SECQUIP, 2001.
- **DTU 13.3. 2005.** Norme française NF P 11-213-1. Dallages – Conception, calcul et exécution – Partie 1 : cahier des clauses techniques des dallages à usage industriel ou assimilés. AFNOR, 2005.
- **D'Urso F., Peruzzi R., Galmarini A. 2016.** Manuel d'utilisation de la fiche d'évaluation post-sismique, 2ème édition. Canton du Valais, CREALP, 2016.
- **Grünthal G., Musson R. M. W., Schwarz J., Stucchi M. 2001.** L'Echelle Macrosismique Européenne (EMS-98). Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Volume 19. Conseil de l'Europe, Luxembourg 2001. (Anglais Original: <https://doi.org/10.2312/EMS-98.full.en>)
- **Lestuzzi Pierino, Badoux Marc. 2011.** Génie Parasismique, Conception et dimensionnement des bâtiments. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2011.
- **Lestuzzi Pierino, Badoux Marc. 2013.** Evaluation parasismique des constructions existantes. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2013.
- **Office fédéral de la protection de la population (OFPP),** Association des établissements cantonaux d'assurance (AECA), Association suisse d'assurances (ASS) (2010) : Manuel d'évaluation des bâtiments après un tremblement de terre. OFPP, Berne.
- **Loi fédérale** du 20 décembre 2019, sur la protection de la population et sur la protection civile (LPPCi) ; RS 520.1.
- **Office fédéral de l'environnement (OFEV). 2017.** Erdbebenrisikomanagement – Massnahmen des Bundes. Bericht an den Bundesrat. Standbericht und Planung für den Zeitraum 2017 bis 2024. OFEV, Berne.
- **Office fédéral de la protection de la population. 2013.** Aide-mémoire KATAPLAN, analyse cantonale des dangers et préparation aux situations d'urgence.
- **Office fédéral de la protection de la population (OFPP). 2018.** Guide pour l'évaluation post-sismique des bâtiments. Aspects organisationnels de la préparation et de la mise en œuvre. OFPP, Berne.
- **Office fédéral de la protection de la population. 2020.** Catastrophes et situations d'urgence en Suisse 2020. À quels risques la Suisse est-elle exposée ? Office fédéral de la protection de la population, Berne
- **Office fédéral de la statistique (OFS). 2008.** Mémento pour l'attribution des identificateurs EGID et EWID dans les registres des habitants. Neuchâtel : OFS, 2008.
- **Seconda Edizione Revisione a cura di Mauro Dolce, Filomena Papa, Angelo Giuseppe Pizza** (Prima edizione: Baggio C., Bernardini A., Colozza R., Corazza L., Della Bella M., Di Pasquale G., Dolce M., Goretti A., Martinelli A., Orsini G., Papa F., Zuccaro G., 2009). Manuale per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica (AeDES). Rom: Dipartimento della Protezione Civile, 2014.
- **SIA 160. 1989.** Actions sur les structures porteuses. Zürich : Société suisse des ingénieurs et des architectes, 1989. Abrogée et remplacée en 2003 par la norme SIA 261.
- **SIA 261. 2020.** Actions sur les structures porteuses. Zürich : Société suisse des ingénieurs et des architectes, 2020.
- **SIA 264. 2014.** Construction mixte en acier – béton. Zürich : Société suisse des ingénieurs et des architectes, 2014.
- **SIA 266. 2015.** Construction en maçonnerie. Zürich : Société suisse des ingénieurs et des architectes, 2015.
- **SIA 266/2. 2012.** Maçonnerie en pierre naturelle. Zürich : Société suisse des ingénieurs et des architectes, 2012.
- **SIA 269/8. 2017.** Maintenance des structures porteuses – Séismes. Zürich : Société suisse des ingénieurs et des architectes, 2017.

- **SIA 2018. 2004.** Vérification de la sécurité parasismique des bâtiments existants. Zürich : Société suisse des ingénieurs et des architectes, 2004. Abrogé et remplacé en 2017 par la norme SIA 269/8.
- **SIA D 0237. 2011.** Evaluation de la sécurité parasismique des bâtiments en maçonnerie. Documentation. Zürich : Société suisse des ingénieurs et des architectes, 2011.
- **Zacek, Milan. 1996.** Construire parasismique. Risque sismique, Conception parasismique des bâtiments, Réglementation. Marseille : Editions Parenthèses, 1996.
- **Zuccaro G., Papa F. 2004.** Manuale di esercitazione sul danno ed agibilità per edifici ordinari in cemento armato (MEDEA). Napoli: IRIS Università degli Studi di Napoli Federico II, 2004.