

Principes de la norme SIA 269/8

Conference Paper

Author(s):

Wenk, Thomas 

Publication date:

2019-11-08

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000403111>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Principes de la norme SIA 269/8

Thomas Wenk
Wenk Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik GmbH, Zürich

Traduction: Christian Marro
Traductonet, Haute-Nendaz

1 INTRODUCTION

La norme SIA 269/8 « Maintenance des structures porteuses – Séismes » remplace le cahier technique SIA 2018 « Vérification de la sécurité parasismique des bâtiments existants » (2004) depuis le 1^{er} décembre 2017. Ce cahier technique a été le premier document normatif de la SIA spécifiquement consacré aux particularités des constructions existantes. En matière de sécurité sismique, il est en effet essentiel de traiter différemment les nouvelles et les anciennes constructions, car le prix à payer pour atteindre le même niveau de protection diffère en général considérablement. Le concept de proportionnalité basé sur les risques, introduit à l'époque dans le cahier technique SIA 2018 pour apprécier la nécessité de procéder à un confortement parasismique, a subi des évolutions et a été transposé dans la norme SIA 269/8. La norme SIA 269/8 est la base normative actuellement en vigueur pour vérifier la sécurité sismique des constructions existantes.

1.1 Élaboration

Un groupe de travail SIA, comprenant les personnes suivantes, a été constitué par la commission de norme SIA 261 afin d'élaborer la norme SIA 269/8:

- Thomas Wenk, dr ing. dipl. EPF, Zurich (président)
- Friederike Braune, ing. dipl. RWTH, OFEV, Berne
- Alessandro Dazio, dr ing. dipl. EPF, Cadenazzo
- Blaise Duvernay, ing. dipl. EPF, OFEV, Berne
- Martin G. Koller, dr ing. dipl. EPF, Carouge
- Ehrfried Kölz, ing. dipl. EPF, Gipf-Oberfrick
- Xavier Mittaz, ing. dipl. EPF, Sion
- Rudolf Vogt, dr ing. dipl. EPF, Zurich
- Katrin Beyer, prof. dr ing. dipl. EPF, EPFL, Lausanne (conseil)

Sur la base de l'expérience acquise pendant plus de dix ans d'application fructueuse, le cahier technique SIA 2018 (2004) a été entièrement remanié par le groupe de travail SIA 269/8 et intégré dans la série de normes SIA 269 sur la maintenance des structures porteuses. Les travaux ont débuté par une harmonisation entre la norme SIA 269/8 et la norme SIA 269 (2011), qui pose les bases de la maintenance des structures porteuses et en était alors à la phase finale précédant la publication. Cette harmonisation a porté en particulier sur l'évaluation de la proportionnalité des mesures de sécurité sismique.

1.2 Processus d'adoption

La procédure de consultation publique de la norme prSIA 269/8 s'est déroulée en 2014 (Wenk, 2014). Le nombre énorme de commentaires – 715 provenant de 42 institutions, sociétés et personnes individuelles – témoigne du grand intérêt porté à la sécurité sismique des constructions existantes en Suisse. L'écho rencontré lors de la consultation relative au cahier technique SIA 2018 en 2004 avait été bien modeste en comparaison, avec 201 commentaires émanant de 25 personnes.

Le projet soumis à consultation a ensuite été largement remanié, puis transmis aux participant-e-s à la consultation lors du deuxième tour, dit procédure d'opposition. Dix opposant-e-s ont répondu, en formulant 183 commentaires. Lors du troisième tour, dit procédure d'audition, cinq personnes ont encore discuté de l'utilité d'élaborer un nouveau projet. Le recours d'une seule personne qui s'en est suivi a été entièrement rejeté le 3 octobre 2017 par le comité de la Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA).

Parallèlement à cela, chacun des projets de la norme a fait l'objet d'un processus d'adoption à trois ou quatre étapes, partant du groupe de travail SIA 269/8 pour aller, en passant par la commission

SIA 261, jusqu'à la commission de coordination des normes de structures porteuses (KTN), voire la commission centrale des normes (ZN), en parcourant les nombreux niveaux hiérarchiques de la normalisation de la SIA. Ces comités ont décidé quelques modifications mineures de la norme SIA 269/8.

2 NOUVEAUTÉS DANS LA NORME SIA 269/8

L'articulation de la norme SIA 269/8 est très semblable à celle du cahier technique SIA 2018 (2004). Les chapitres généraux « Champ d'application », « Terminologie » et « Principes » ont été allégés et adaptés à la norme de base SIA 269 (2011). Les principales nouveautés apportées dans les chapitres suivants de la norme SIA 269/8 sont décrites brièvement ci-après. Elles sont exposées en détail dans les contributions figurant dans le présent volume.

2.1 Construction en béton

Les dispositions concernant la méthode basée sur les forces ont été complétées par des indications pour la détermination de la rigidité à la flexion et au cisaillement des éléments de construction en béton armé. La méthode basée sur les déformations a été enrichie de règles applicables pour déterminer la courbure ultime en présence de joints à recouvrement dans l'armature longitudinale de la partie plastique (Dazio, 2019).

2.2 Maçonnerie

Le chapitre « Maçonnerie » a été entièrement remanié. Il comprend désormais des règles concernant la modélisation, la rigidité, la résistance et la capacité de déformation des éléments de construction en maçonnerie, pour la méthode basée sur les forces comme celle basée sur les déformations. Les dispositions relatives à la vérification perpendiculairement au plan de la paroi ont en outre été affinées (Beyer, 2019).

2.3 Géotechnique

Avec le nouveau chapitre « Géotechnique », harmonisé avec la norme révisée SIA 267 (2013), la lacune du cahier technique SIA 2018 (2004) concernant la question des fondations a été comblée. Les critères délimitant quand il n'est pas obligatoire d'examiner la sécurité sismique d'un ouvrage en terre ou de soutènement sont particulièrement utiles. En outre, des nouveaux diagrammes permettent d'établir si l'influence d'une liquéfaction ou d'une diminution de la résistance au cisaillement du sol de fondation doit être étudiée en détail (Duvernay, 2019).

2.4 Classes d'ouvrages

La subdivision en trois classes d'ouvrages (CO) I, II et III de la norme SIA 261 (2014), applicable aux nou-

velles constructions, a été élargie à cinq classes pour la vérification des constructions existantes. La CO II a été partagée en trois:

- la CO II-s comprend les écoles et les jardins d'enfants;
- la CO II-i comprend les ouvrages ayant une fonction d'infrastructure importante;
- la CO II comprend les autres ouvrages de la CO II selon la norme SIA 261, pour autant qu'ils ne tombent pas dans la CO II-s ou la CO II-i.

L'affinement de la subdivision des classes d'ouvrages permet de hausser le facteur de conformité minimal α_{min} assigné aux CO II-s et II-i. Cela permet d'accroître la protection des enfants se trouvant dans une école ou dans un jardin d'enfants et la disponibilité minimale des infrastructures importantes après un séisme.

Un facteur de conformité minimal α_{min} de 0,4 est désormais assigné aux classes d'ouvrages CO II-s et II-i, comme à la CO III. Pour les CO I et II, α_{min} vaut 0,25. Le facteur de conformité minimal doit être atteint indépendamment des coûts induits (Kölz, 2019).

2.5 Constructions très peu occupées

La disposition figurant jusqu'ici au chiffre 9.3.3.5 du cahier technique SIA 2018, voulant que le risque individuel soit diminué par des interventions liées à l'exploitation lorsqu'il n'est pas possible d'atteindre un risque individuel acceptable avec des mesures satisfaisant au critère d'exigibilité, a été remplacée par une règle dérogatoire plus précise s'appliquant aux constructions qui présentent un risque très faible pour les personnes. Selon le nouveau chiffre 9.4.5 de la norme SIA 269/8, un facteur de conformité $\alpha_{eff} < \alpha_{min} = 0,25$ peut être accepté sans confortement parasismique lorsque les quatre conditions suivantes sont satisfaites:

- l'occupation moyenne par des personnes PB est inférieure à 0,2;
- l'occupation maximale par des personnes PB_{max} n'est pas supérieure à 10;
- des mesures d'organisation garantissent que $PB < 0,2$ personne et $PB_{max} \leq 10$ personnes dans le secteur de l'ouvrage menacé par une défaillance;
- la menace encourue par d'autres biens à protéger en cas de défaillance de l'ouvrage est minime.

Les « autres biens à protéger » mentionnés dans la dernière condition sont principalement ceux des catégories fonction d'infrastructure, environnement et biens culturels selon le chapitre 10 « Proportionnalité des mesures de sécurité sismique », ainsi que ceux des catégories ouvrage, objets et exploitation selon l'annexe E.

Un nouveau critère s'applique pour décrire l'occupation par des personnes: l'occupation maximale PB_{max} a été introduite dans la version de la norme prSIA 261 (2019) soumise à consultation. Ce nouveau critère est désormais considéré en sus de l'occupation moyenne PB comme critère quantitatif de délimitation entre les classes d'ouvrages I et II.

2.6 Proportionnalité et exigibilité

Le critère d'exigibilité du cahier technique SIA 2018 (2004) a été supprimé. Ce renforcement du critère de proportionnalité des mesures de sécurité sismique, qui considère un coût limite GK passant de 10 à 100 millions de francs par vie humaine sauvée, avait été introduit suite à une suggestion formulée lors de la consultation de 2003, mais n'a pas fait ses preuves dans la pratique. Le calcul du coût limite exigible d'une intervention destinée à atteindre le facteur de conformité minimal α_{min} fournissait généralement un chiffre énorme. C'est pourquoi la norme SIA 269/8 a été simplifiée en exigeant que le facteur de conformité minimal soit atteint indépendamment des coûts.

Hormis la suppression du critère d'exigibilité, les critères basés sur les risques du cahier technique SIA 2018 (2004) ont été repris et complétés. Entre autres, l'introduction de facteurs de risques pour déterminer les dommages à la structure porteuse ou à des éléments non-structuraux permet désormais d'intégrer relativement aisément les dégâts matériels dans le calcul des risques, comme Kölz (2019) l'expose à l'aide d'un exemple pratique.

2.7 Ouvrages d'infrastructure

Dans le cahier technique SIA 2018 (2014), les risques encourus par les personnes dominaient les critères basés sur les risques. Ceci avait pour conséquence que des ouvrages d'infrastructure n'étaient souvent tenus d'atteindre que le facteur de conformité minimal lorsque leur occupation par des personnes était faible. L'occupation moyenne est par exemple souvent voisine de zéro pour un pont ou un dépôt de sapeurs-pompiers sans local pour les équipes de travail, si bien que même des confortements parasismiques relativement bon marché dépassant le facteur de conformité minimal devaient être considérés comme disproportionnés.

Désormais, les coûts de confortement allant jusqu'à un certain pourcentage (taux d'infrastructure) de la valeur de l'ouvrage et des objets directement touchés sont considérés comme proportionnés pour les ouvrages ayant une fonction d'infrastructure vitale (CO III) ou importante (CO II-i) et ceci indépendamment de l'occupation par des personnes (Kölz, 2019).

2.8 Propriétés mécaniques

Les annexes A à C du cahier technique SIA 2018 (2004), qui comprennent les propriétés mécaniques actualisées du béton armé, de l'acier et de la maçonnerie des différentes générations de normes à partir de 1935, ont été transférées dans les normes sur la maintenance spécifiques aux matériaux de construction SIA 269/2, 269/3 et 269/6. Les tableaux pertinents n'ont pas encore été complétés à leur nouvel emplacement, ce qui devrait être fait lors de la prochaine révision partielle de ces trois normes. Ces propriétés mécaniques ne figurent plus dans la norme SIA 269/8.

3 EXAMEN

3.1 Motifs

La norme SIA 269/8 ne précise pas les motifs d'un examen, car cette question fondamentale, qui concerne toutes les actions, est déjà réglementée dans la norme de base SIA 269 (2011), au chiffre 6.1.2 « Motifs ». Il y est notamment dit qu'il y a « ... motif à procéder à un examen dans les cas suivants: ... acquisition de connaissances nouvelles sur les actions ou sur les propriétés de la structure porteuse. »

Les exigences parasismiques des normes SIA sur les structures porteuses ayant été considérablement accrues à plusieurs reprises depuis 1970, les bâtiments existants devraient faire l'objet d'une vérification sismique indépendamment des remises en état et des transformations planifiées. Pour les grands parcs immobiliers, il est recommandé d'échelonner les priorités en tenant compte des risques pour optimiser l'ordre des examens (Wenk, 2008). Un examen est toujours nécessaire dans le cadre d'une remise en état générale ou d'une transformation lorsque l'ouvrage a été conçu avant 2003.

Le Tribunal fédéral a confirmé le devoir d'entretien comme suit dans le cas d'une action en dommages-intérêts portant sur une balustrade qui ne satisfaisait pas aux dernières normes SIA (BGE, 2013): « Le fait qu'un bâtiment réponde aux règles de l'art de la construction au moment de son édification n'est pas déterminant pour établir s'il présente un défaut. Un défaut d'entretien peut en effet exister lorsque des mesures indiquées au vu des progrès techniques, susceptibles de diminuer les dangers liés à un ouvrage, ne sont pas réalisées, pour autant que leur coût soit en proportion raisonnable avec l'intérêt de protection de l'utilisateur et la finalité de l'ouvrage. [Trad.] »

Bien que cet arrêt du Tribunal fédéral porte sur une question de hauteur de balustrade, les réflexions fondamentales concernant le devoir d'entretien qui le

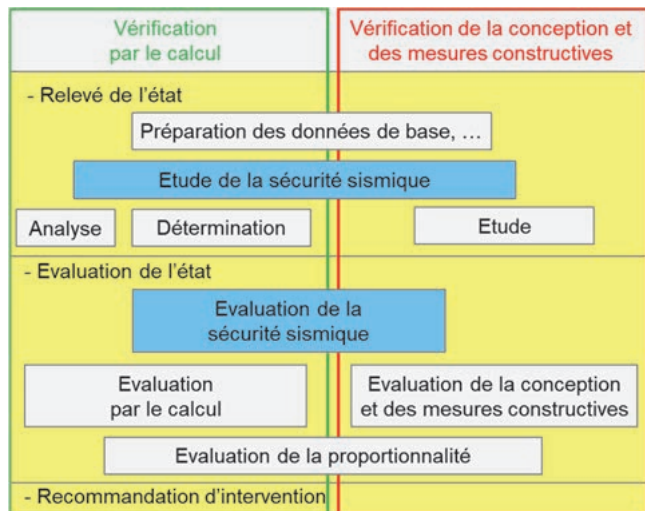


Fig. 1: Terminologie et étapes de la vérification de la sécurité sismique. Repris et traduit de Vogel (2005).

sous-tendent sont transposables aux dispositions parasismiques. La condition voulant que le coût des mesures soit en proportion raisonnable avec l'intérêt de protection de l'utilisateur et la finalité de l'ouvrage est appliquée aux mesures de sécurité sismique de manière quantitative et détaillée dans la norme SIA 269/8, aux chapitres 9 et 10 et dans l'annexe E (Kölz, 2019).

3.2 Procédure

La procédure fondamentale à suivre lors d'une vérification de la sécurité sismique a déjà été exposée par Vogel (2005) dans l'introduction au cahier technique SIA 2018 (2004). La fig. 1 présente la terminologie et la subdivision en étapes appliquées pour effectuer la vérification numérique ainsi que l'examen de la conception et de la construction. Une différenciation entre examen général et examen détaillé a été ajoutée dans la norme SIA 269 (2011), l'examen détaillé pouvant comprendre plusieurs étapes de degré de détail croissant. La norme SIA 269/8 reprend la procédure selon la norme SIA 269 (2011) en l'adaptant spécifiquement à la sécurité sismique.

Les différentes étapes d'une vérification de la sécurité sismique sont résumées au chiffre 2.1.1 de la norme SIA 269/8, avec des renvois aux chapitres correspondants:

- relevé de l'état, comprenant l'étude de la conception et des dispositions constructives de l'ouvrage ainsi que l'étude numérique de la sécurité sismique selon les chapitres 3 à 9, y compris le calcul du facteur de conformité α_{eff} selon le chapitre 9.1;
- évaluation de la sécurité sismique selon le chapitre 9;

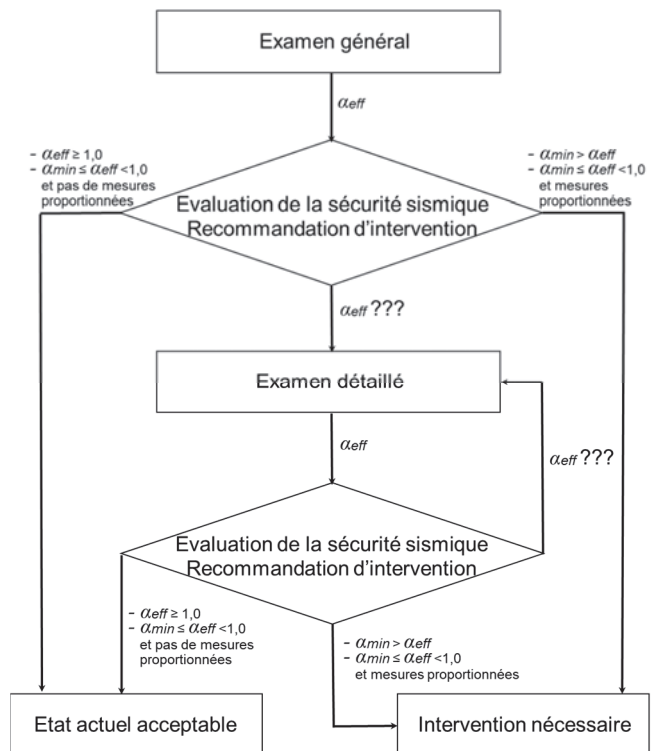


Fig. 2: Déroulement de la procédure par étapes appliquée pour vérifier la sécurité sismique.

- recommandation d'intervention selon le chapitre 9.4 et, le cas échéant, évaluation de la proportionnalité selon le chapitre 10.

Il est généralement judicieux d'appliquer une procédure par étapes, commençant par un examen général (fig. 2). Le facteur de conformité α_{eff} obtenu est évalué à l'issue de chaque étape en regard de la précision et des simplifications du modèle de calcul et des calculs eux-mêmes, notamment pour établir si un examen supplémentaire plus détaillé pourrait fournir une évaluation plus favorable.

À l'issue de chaque étape, les trois cas suivants peuvent être distingués dans la perspective de recommandations d'intervention et pour juger de la nécessité d'étapes supplémentaires (fig. 2):

- Le facteur de conformité α_{eff} obtenu est incertain. Un examen plus détaillé est indiqué. Ce cas est signalé par « $\alpha_{eff} ???$ » dans la fig. 2.
- Le facteur de conformité α_{eff} obtenu permet de formuler une évaluation définitive. Soit il est supérieur au facteur de conformité minimal α_{min} , soit il vaut entre α_{min} et 1,0 et aucune mesure proportionnée n'a pu être trouvée. Dans ce cas, l'état actuel sans intervention est acceptable.

- Le facteur de conformité α_{eff} obtenu permet de formuler une évaluation définitive. Soit il est inférieur au facteur de conformité minimal α_{min} , soit il vaut entre α_{min} et 1,0 et au moins une mesure proportionnée a pu être trouvée. Dans cas, une intervention nécessaire ou proportionnée doit être réalisée.

Cette procédure implique le cas échéant plusieurs vérifications détaillées, à réaliser l'une après l'autre selon un degré de détail croissant. Le but consiste à formuler une recommandation d'intervention aussi efficiente que possible au sens des critères basés sur le risque de la norme SIA 269/8 (Kölz, 2019).

3.3 Contrôle de plausibilité

L'expérience montre qu'un contrôle de la plausibilité des résultats des calculs est d'autant plus important que l'analyse de la structure porteuse est exigeante, ce qui signifie que ce contrôle revêt une importance particulière dans le dimensionnement et la vérification vis-à-vis des séismes. Il est en outre difficile, en raison du manque d'expérience, d'estimer l'ordre de grandeur des résultats auxquels il faut s'attendre en appliquant la nouvelle méthode de calcul basée sur les déformations.

Le contrôle de plausibilité est prescrit explicitement sous plusieurs chiffres dans les normes SIA sur les structures porteuses:

- SIA 260 (2013), chiffre 1.4: « La plausibilité des résultats de l'analyse structurale doit être contrôlée. »
- SIA 260 (2013), chiffre 4.1.6: « La plausibilité des résultats du dimensionnement doit être contrôlée. »
- SIA 269 (2011), chiffre 6.1.1.2: « Les résultats de l'examen doivent supporter un contrôle de plausibilité et correspondre aux observations effectuées sur l'état et le comportement de la structure porteuse. »

Pour contrôler la plausibilité des calculs sismiques, il est recommandé d'appliquer la méthode des forces de remplacement à la main avec des hypothèses simplifiées. Il suffit de considérer un modèle de type oscillateur multiple (modèle « brochette » encastré au pied), voir simple (une seule masse concentrée). Les périodes de vibration fondamentales de l'oscillateur équivalent dans les deux directions principales du plan horizontal sont estimées au moyen de l'équation (40) de la norme SIA 261 (2014), c'est-à-dire selon une méthode de Rayleigh simplifiée.

L'autre manière d'estimer les périodes de vibration fondamentales d'un bâtiment, en recourant à l'équation (39) de la norme 261 (2014), ne devrait pas être utilisée, car elle est beaucoup trop imprécise pour les

constructions existantes et invalide par conséquent le contrôle de plausibilité.

Il est important que le contrôle de plausibilité inclue le contrôle des déplacements horizontaux en plus du contrôle de la grandeur des forces.

3.4 Cas d'importance mineure

L'existence de conditions strictes à satisfaire dans les procédures d'autorisation d'assainissements et de transformations requiert une limite inférieure, définissant ce que l'on appelle un cas d'importance mineure (« bagatelle »), pour éviter de violer le principe de proportionnalité de l'action de l'État. Un confortement quelconque, ou même déjà la vérification de la sécurité sismique, risque en effet d'être disproportionné pour les petites constructions ou les interventions de faible ampleur.

Pour délimiter le cas d'importance mineure, le canton de Bâle-Ville a introduit récemment, dans ses dispositions relatives à l'exécution de l'ordonnance sur la construction et la planification (ABPV, 2018), une réglementation généreuse susceptible de servir d'indication aux cantons ne disposant pas de telles dispositions. Selon l'ABPV (2018), on est en présence d'un cas d'importance mineure:

- lorsqu'une intervention ne coûte pas plus de 10 % de la valeur d'assurance du bâtiment ou qu'un assainissement complet ne coûte pas plus d'un million de francs;
- lors de l'extension de combles dans un but d'habitation;
- lors de la transformation d'une maison individuelle.

Dans les cas d'importance mineure, il n'y a pas lieu de réaliser une vérification selon la norme SIA 269/8. Cependant, la personne mandatée pour intervenir sur la construction devrait tout de même évaluer, ne serait-ce que sommairement, si la sécurité sismique présente éventuellement un problème et en informer le propriétaire en soulignant sa responsabilité individuelle.

4 MÉTHODES DE CALCUL

Le choix d'une méthode de calcul appropriée et d'un modèle de structure porteuse suffisamment détaillé allant de pair revêt beaucoup plus d'importance pour l'analyse de la structure porteuse des constructions existantes que pour celle des nouvelles constructions. Une différence essentielle entre les constructions existantes et les nouvelles constructions réside en outre dans le fait qu'une procédure par étapes impliquant différentes méthodes de calcul peut être nécessaire pour les constructions existantes.

4.1 Méthodes de calcul basées sur les forces

Les méthodes de calcul basées sur les forces appliquées aux constructions existantes comprennent la méthode des forces de remplacement et celle du spectre de réponse, comme établi dans la norme SIA 261 (2014). Pour les constructions existantes, il est recommandé d'appliquer la méthode du spectre de réponse, même lorsque celle des forces de remplacement serait aussi admissible, les critères de régularité étant satisfaits (Vogt, 2019).

4.2 Méthodes de calcul basées sur les déformations

Les méthodes de calcul basées sur les déformations ont été développées en particulier pour analyser la structure porteuse des constructions existantes. Elles permettent d'appréhender la capacité de déformation non linéaire sous l'effet d'une sollicitation sismique avec davantage de réalisme. Des méthodes de calcul basées sur les déformations ont été introduites de manière détaillée pour le béton armé dans le cahier technique SIA 2018 (2004) (Dazio, 2005), alors que la maçonnerie ne faisait l'objet que de renvois généraux dans l'Eurocode 8 (SN EN 1998-3, 2005).

Dans la norme SIA 269/8, les méthodes basées sur les déformations, y compris les limites de déformation pertinentes, ont été étendues à l'analyse de la structure porteuse des constructions en maçonnerie (Beyer, 2019) ainsi qu'aux ouvrages en terre ou de soutènement (Duvernay, 2019).

5 DEGRÉ DE CONFORMITÉ – FACTEUR DE CONFORMITÉ

Le facteur de conformité α_{eff} selon la norme SIA 269/8 ne doit pas être confondu avec le degré de conformité n selon la norme SIA 269 (2011). L'élaboration de cette dernière a certes donné lieu à d'intenses discussions visant à soumettre toutes les situations d'examen à des règles uniformes. Mais il s'est avéré qu'il n'était pas possible d'appliquer la même approche aux situations d'examen accidentelles, notamment liées aux séismes ou aux chocs, qu'aux situations d'examen durables ou transitoires.

5.1 Degré de conformité

La norme SIA 269 (2011) définit le degré de conformité n au chiffre 5.2.1, pour les états-limites des types 2 à 4, comme étant égal au quotient de la valeur d'examen de la résistance ultime $R_{d,act}$ par la valeur d'examen correspondante de l'effet d'une action $E_{d,act}$.

$$n = R_{d,act} / E_{d,act}$$

Si le degré de conformité n est $\geq 1,0$, la vérification est satisfaite et aucune intervention de maintenance n'est nécessaire.

Si le degré de conformité n est $< 1,0$, la suite de la procédure n'est pas précisée clairement dans la norme SIA 269 (2011). Selon le chiffre 6.3.2.3, il y a lieu d'évaluer si un examen détaillé supplémentaire pourrait fournir de « nouvelles informations ». Sinon, des mesures urgentes de sécurité ou des mesures de sécurité supplémentaires doivent être réalisées.

Les dispositions de la norme SIA 269 (2011) sont plus claires en ce qui concerne l'état-limite de type 4 (fatigue). Selon le chiffre 6.4.3, il faut prendre en premier lieu des mesures de sécurité supplémentaires lorsque la vérification de la sécurité structurale ne peut pas être concluante ($n < 1,0$). Si ces mesures devaient s'avérer insuffisantes, une modification – entendre par là un confortement – serait nécessaire.

En ce qui concerne la proportionnalité des interventions de maintenance relatives à la sécurité, le chiffre 5.4 de la norme SIA 269 (2011) laisse ouverte la question de savoir si une intervention proportionnée doit être mise en œuvre dans tous les cas ou seulement lorsque $n < 1,0$. Il n'est pas non plus établi clairement comment procéder lorsque $n < 1,0$ et qu'aucune intervention de maintenance proportionnée n'a pu être trouvée. Il faut probablement admettre implicitement qu'une intervention doit être réalisée lorsque le degré de conformité n est < 1 .

5.2 Facteur de conformité

La norme SIA 269/8 définit le facteur de conformité α_{eff} au chiffre 9.1.3 comme étant égal au quotient de l'action sismique A_R qui provoque la défaillance nominale d'éléments de construction – ce qui signifie que la valeur d'examen de la résistance ultime est juste atteinte – par la valeur d'examen de l'action sismique $A_{d,act}$.

$$\alpha_{eff} = A_R / A_{d,act}$$

Il s'agit au final de la même définition du facteur de conformité que dans le rectificatif C1 au cahier technique SIA 2018 (2009), mais la nouvelle formulation de la norme SIA 269/8 est plus facile à comprendre.

La définition du facteur de conformité α_{eff} en vigueur jusqu'en 2009 correspond au degré de conformité n actuel selon la norme SIA 269 (2011), avec $n = R_{d,act} / E_{d,act}$. La définition actuelle est davantage axée sur l'action sismique. Les deux définitions fournissent des résultats différents, en particulier lorsque la part « non sismique » dans la valeur d'examen de l'effet des actions $E_{d,act}$ est grande et lorsque le facteur de conformité est petit.

Pour vérifier les ouvrages existants face à l'action accidentelle due au choc provenant de véhicules routiers, on applique également un facteur de conformité α_{eff} , fixé comme dans le cahier technique SIA 2018 (2004) (Schuler, 2005).

5.3 Conclusions

Pour les situations d'examen accidentelles, notamment liées aux séismes, l'exigence de toujours atteindre un facteur de conformité $\alpha_{eff} \geq 1,0$ peut amener à mettre en œuvre des mesures de sécurité sismiques disproportionnées (Kölz, 2019). Inversement, pour les situations d'examen durables ou transitoires, par exemple liées aux poids propres de la structure porteuse et des éléments non porteurs, un facteur de conformité minimal $n = 0,25$ ne peut certainement pas être accepté. C'est pourquoi il faut considérer les situations d'examen accidentelles différemment des situations d'examen durables ou transitoires.

En résumé, l'évaluation différente en termes de risques d'un degré de conformité ou d'un facteur de conformité inférieur à 1,0 requiert une appréciation différenciée. La différence de notation entre n et α_{eff} , telle qu'elle figure dans les normes, doit attirer l'attention sur les différences importantes entre les définitions et l'incidence sur les recommandations d'intervention lorsque la valeur 1,0 n'est pas atteinte.

6 CONFORTEMENT PARASISMIQUE

6.1 Normes sur les structures porteuses applicables au confortement

Les ouvrages existants sont soumis aux normes SIA 269 ainsi que 269/1 à 269/8, tandis que les nouvelles constructions doivent être conçues selon les normes SIA 260 à 267. Pour les confortements, d'après le chiffre 0.1.5 de la norme SIA 269: « les nouveaux éléments de structure seront en règle générale traités conformément aux normes SIA 260 à 267 et les éléments existants selon la norme SIA 269 ainsi que les normes SIA 269/1 à 269/8. » L'application pratique de ce principe simple suscite généralement des problèmes de délimitation entre les deux séries de normes qui doivent être résolus de manière pragmatique. Lors d'un confortement, il faut également tenir compte de l'interdiction générale de péjoration de la structure porteuse, notion précisée au paragraphe suivant.

6.2 Interdiction de péjoration

L'évaluation de la sécurité sismique fondée sur les risques, introduite dans le cahier technique SIA 2018 (2004), a été implémentée de façon incorrecte dans quelques cas isolés: les critères de proportionnalité de mesures de sécurité sismique découlant d'un état de l'ouvrage après la suppression de certaines parties de la structure porteuse, c'est-à-dire découlant de $\alpha_{int} < \alpha_{eff}$ obtenu après avoir péjoré la sécurité sismique, au lieu de découler de l'état actuel α_{eff} , ont été appliqués dans le but de pouvoir déclarer ensuite que les mesures d'amélioration de la sécurité sismique étaient disproportionnées.

Au plan juridique, cette manière de faire contrevient au devoir général d'entretien inscrit dans les lois sur la construction. Mais il n'est pas absolument nécessaire que ces lois contiennent ce que l'on peut appeler une interdiction de péjoration. La règle juridique générale veut que seule une personne de bonne foi puisse invoquer le principe de proportionnalité (ATF, 2011). La mauvaise application des critères de proportionnalité selon la norme SIA 269/8 ne bénéficie par conséquent d'aucune protection juridique.

La Confédération interdit explicitement toute péjoration de la sécurité sismique dans les instruments de l'OFEV (2018): « Une péjoration de la sécurité sismique n'est pas admissible. Il faut au minimum projeter et mettre en œuvre des mesures pour le rétablissement de l'état antérieur. » Le canton de Bâle-Ville prévoit également une interdiction explicite de péjoration dans ses ABPV (2018): « Si, lors d'une transformation, les critères de la norme SIA 269/8 ne justifient aucun confortement proportionné, il est interdit de péjorer le niveau de sécurité initial. [Trad.] »

La fig. 3 illustre cinq exemples d'abaissement du facteur de conformité de α_{eff} à α_{int} concernant les classes d'ouvrages I et II. L'interdiction de péjoration proscriit tout abaissement du facteur de conformité à une valeur $\alpha_{int} < 1,0$, quelle que soit la grandeur de α_{eff} à l'état initial (flèches jaunes 1 à 4 dans la fig. 3). Il est en revanche permis d'abaisser le facteur de conformité à une valeur $\alpha_{int} \geq 1,0$ (flèche verte 5 dans la fig. 3), car les exigences de sécurité sismique concernant les nouveaux bâtiments sont alors encore satisfaites, voire dépassées.

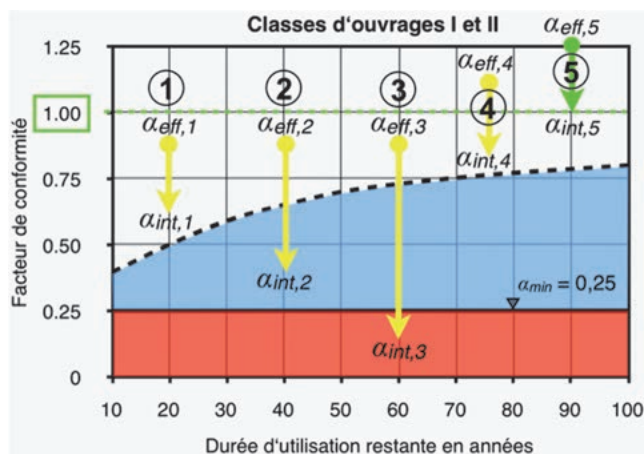


Fig. 3: Les mesures abaissant le facteur de conformité à $\alpha_{int} < 1,0$ (flèches jaunes 1 à 4) ne sont pas admises, contrairement aux mesures abaissant le facteur de conformité à $\alpha_{int} \geq 1,0$ (flèche verte 5).

En raisonnant de manière purement technique, on peut déduire indirectement une interdiction de péjoration à partir des critères de proportionnalité mentionnés au chiffre 9.4.3 de la norme SIA 269/8, car la mesure « maintien de l'état actuel » ne coûte rien, aussi est-elle toujours proportionnée. Elle compte par conséquent parmi les mesures qui doivent toujours être mises en œuvre.

6.3 Calendrier de mise en œuvre des confortements parasismiques

La norme SIA 269/8 laisse volontairement ouverte la question du calendrier de mise en œuvre des confortements parasismiques, car, étant de nature essentiellement juridique, elle doit être réglementée par la législation sur les constructions et par la jurisprudence. La norme SIA 269 (2011) se prononce seulement au sujet de la mise en œuvre de mesures urgentes, qui n'entrent en principe pas en compte pour la problématique de la sécurité sismique.

Le Tribunal fédéral a expliqué (BGE, 2013), dans le cas d'une balustrade dont la hauteur ne satisfaisait pas aux normes SIA les plus récentes, qu'un entretien suffisant n'exigeait pas que la balustrade soit adaptée au nouveau standard dans un délai de neuf ans hors travaux de rénovation.

Il est généralement préconisé d'utiliser le facteur de conformité α_{eff} à l'état présent comme critère d'évaluation pour établir le calendrier de mise en œuvre des confortements. Plus α_{eff} est faible, plus l'intervention recommandée devrait être réalisée rapidement. Le confortement parasismique sera combiné si possible avec une remise en état générale planifiée pour exploiter des synergies. En particulier, dans un tel cas, les coûts d'exploitation induits par une modifi-

cation de la structure porteuse ne doivent pas être imputés uniquement au confortement parasismique (SIA 2018, 2004).

7 BIBLIOGRAPHIE

- ABPV (2018) Ausführungsbestimmungen zur Bau- und Planungsverordnung (730.115). Systematische Gesetzessammlung des Kantons Basel-Stadt. Stand 1. Mai 2018. Basel. 21 pp.
- ATF (2011) Décision de la première Cour de droit public du Tribunal fédéral. Arrêt 1C_446/2010 du 18 avril 2014. Lausanne.
- Beyer, K. (2019) Maçonnerie. In: Volume des contributions du cours d'introduction de la SGEB à la norme SIA 269/8. 13.6.2019. EPF Zurich. 8 pp.
- BGE (2013) Bundesgerichtsentscheid der Ersten zivilrechtlichen Abteilung. Urteil vom 9. April 2014, 4A_521/2013. Lausanne.
- Dazio, A. (2005) Capacité portante des constructions en béton. Documentation SIA D 0211 Vérification de la sécurité parasismique des bâtiments existants – Introduction au cahier technique SIA 2018. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich. 14 pp.
- Dazio, A. (2019) Béton armé. In: Volume des contributions du cours d'introduction de la SGEB à la norme SIA 269/8. 13.6.2019. EPF Zurich. 8 pp.
- Duvernay, B. (2019) Géotechnique. In: Volume des contributions du cours d'introduction de la SGEB à la norme SIA 269/8. 13.6.2019. EPF Zurich. 8 pp.
- Kölz, E. (2019) Proportionnalité des mesures de sécurité sismique. In: Volume des contributions du cours d'introduction de la SGEB à la norme SIA 269/8. 13.6.2019. EPF Zurich. 8 pp.
- OFEV (2018) Protection contre les séismes dans le cadre de projets de construction fédéraux. Instruments de l'OFEV – Instrument #2. Bâtiments existants: remises en état et modifications. Rapport technique et corapport sismique. Version d'août 2018. Office fédéral de l'environnement, Berne. 27 pp.
- Schuler, D. (2005) Chocs provenant de véhicules routiers – Complément à la norme SIA 261 Actions sur les structures porteuses. Directive. Office fédéral des routes (OFROU), Berne. 54 pp.
- SIA 160 (1970) Norme concernant les charges, la mise en service et la surveillance des constructions. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich. 38 pp.
- SIA 160 (1989) Actions sur les structures porteuses. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich. 104 pp.
- SIA 260 (2013) Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich. 44 pp.
- SIA 261 (2014) Actions sur les structures porteuses. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich. 132 pp.
- SIA 267 (2013) Géotechnique. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich. 110 pp.
- SIA 269 (2011) Bases pour la maintenance des structures porteuses. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich. 28 pp.

SIA 269/8 (2017) Maintenance des structures porteuses – Séismes. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich. 52 pp.

SIA 2018 (2004) Vérification de la sécurité parasismique des bâtiments existants. Cahier technique. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich. 40 pp.

SIA 2018 (2009) Vérification de la sécurité parasismique des bâtiments existants. Rectificatif C1 au cahier technique. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich. 4 pp.

prSIA 261 (2019) Actions sur les structures porteuses. Projet de chapitre 16 Séismes soumis à consultation. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich. 15 pp.

SN EN 1998-3 (2005) Eurocode 8 – Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 3: Évaluation et renforcement des bâtiments. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich. 85 pp.

Vogel, T. (2005) Introduction, principes et recommandations d'intervention. Documentation SIA D 0211 Vérification de la sécurité parasismique des bâtiments existants – Introduction au cahier technique SIA 2018. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich. 8 pp.

Vogt, R. (2019) Actions et analyse de la structure porteuse. In: Volume des contributions du cours d'introduction de la SGEB à la norme SIA 269/8. 13.6.2019. EPF Zurich, 8 pp.

Wenk, T. (2008) Confortement parasismique de constructions. Stratégie et recueil d'exemples en Suisse. Connaissance de l'environnement n° 0832. Office fédéral de l'environnement, Berne. 84 pp.

Wenk, T. (2014) Die neue Norm SIA 269/8 Erhaltung von Tragwerken – Erdbeben. In: Bauingenieur 89, Heft 4, 2 pp.