

Remplace la norme SIA 260, édition 2003

Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
Basi per la progettazione di strutture portanti
Basis of structural design

Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses

Nutzung ausschliessliche fuer Ausbildungszwecke gestattet!
Eine Weitergabe an Dritte ist urheberrechtlich untersagt!
Ausdrucke unterliegen nicht dem Aenderungsdienst.

SNV / licensed to 28791-swissuniversities / AboNr.: 12565 / SN 505260:2013-08

260

Numéro de référence
SN 505260:2013 fr

Valable dès: 2013-08-01

Éditeur
Société suisse des ingénieurs
et des architectes
Case postale, CH-8027 Zurich

Les corrections et commentaires éventuels concernant la présente publication sont disponibles sous www.sia.ch/correctif.

La SIA décline toute responsabilité en cas de dommages qui pourraient survenir du fait de l'utilisation ou de l'application de la présente publication.

2013-08 1^{er} tirage

TABLE DES MATIÈRES

	Page		Page
Avant-Propos	4	4 Dimensionnement	27
0 Domaine d'application	5	4.1 Généralités	27
0.1 Délimitation	5	4.2 Situations de dimensionnement	27
0.2 Conditions requises	5	4.3 États-limites	27
0.3 Dérogations	5	4.3.1 États-limites ultimes	27
1 Terminologie	6	4.3.2 États-limites de service	28
1.1 Termes techniques	6	4.4 Vérifications	28
1.2 Notations	16	4.4.1 Généralités	28
1.3 Unités de mesure	18	4.4.2 Valeurs de dimensionnement	28
2 Conception de projet	19	4.4.3 Vérification de la sécurité structurale	30
2.1 Généralités	19	4.4.4 Vérification de l'aptitude au service	31
2.2 Convention d'utilisation	19	4.5 Dimensionnement sur la base	
2.3 Exigences	19	d'essais	32
2.4 Procédure	20	4.6 Théorie de la fiabilité	32
2.5 Concept de la structure et		Annexes	
base du projet	21	A Bâtiments (normative)	33
3 Analyse structurale	22	B Ponts-routes (normative)	35
3.1 Généralités	22	C Passerelles pour piétons	
3.2 Actions	22	et cyclistes (normative)	36
3.2.1 Classification	22	D Ponts-rails à voie normale (normative)	38
3.2.2 Valeurs caractéristiques	22	E Ponts-rails à voie étroite (normative)	40
3.2.3 Autres valeurs représentatives		F Ponts roulants (normative)	42
des actions variables	23		
3.2.4 Actions dues à la fatigue	23		
3.2.5 Actions dynamiques	23		
3.2.6 Actions du terrain de fondation	23		
3.2.7 Influences de l'environnement	24		
3.3 Modèle de la structure	24		
3.3.1 Généralités	24		
3.3.2 Données géométriques	24		
3.3.3 Propriétés des matériaux de construction			
et du terrain de fondation	25		
3.3.4 Modèles d'analyse pour des actions			
statiques	25		
3.3.5 Modèles d'analyse pour des actions			
dynamiques	25		
3.3.6 Modèles d'analyse pour les effets			
de l'incendie	26		

AVANT-PROPOS

La présente norme SIA 260 s'adresse aux projeteurs. Elle concerne également les maîtres d'ouvrage, la direction des travaux ainsi que les entrepreneurs.

La norme SIA 260 fait partie des normes des structures porteuses de la SIA. Elle s'appuie sur la norme européenne EN 1990 *Bases de calcul des structures* et intègre les principes contenus dans la norme SIA 160 (1989).

Les normes des structures porteuses de la SIA comprennent les normes suivantes :

- SIA 260 Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses
- SIA 261 Actions sur les structures porteuses
- SIA 262 Construction en béton
- SIA 263 Construction en acier
- SIA 264 Construction mixte acier-béton
- SIA 265 Construction en bois
- SIA 266 Construction en maçonnerie
- SIA 267 Géotechnique.

Les principes et les procédures destinés à la maintenance des structures porteuses existantes sont traités dans les normes SIA 269 et SIA 269/1 à 269/8. Le chiffre 0.1.5 (nouveau) renvoie explicitement à ces normes.

La norme SIA 260 a introduit les notions nouvelles de « convention d'utilisation », « base du projet » et « concept de la structure ».

Les notions de « méthode observationnelle », « ductilité », « intégration », « conception de projet », « dimensionnement en capacité » et « capacité de déformation », déjà utilisées en Suisse, ont été définies pour la première fois dans le cadre des normes des structures porteuses de la SIA.

Pour assurer la compatibilité avec les normes SIA de la série 269, la révision partielle a redéfini la notion de « défaut » et introduit la notion de « durée d'utilisation ». D'autre part, la notion d'« éléments de construction non porteurs » a été supprimée des normes pour les structures porteuses, puisque chaque élément de construction doit au moins reprendre sa propre charge et le plus souvent aussi les forces dues aux vent et aux séismes.

Commission SIA 260

0 DOMAINE D'APPLICATION

0.1 Délimitation

- 0.1.1 La norme SIA 260 fixe les principes pour l'élaboration des projets de structures porteuses. Les aspects relatifs à l'exécution, à l'utilisation et à la maintenance des ouvrages sont traités dans la mesure où ils ont une importance pour l'élaboration du projet.
- 0.1.2 La norme SIA 260 est applicable en relation avec les normes SIA 261 à 267. Dans le cas d'actions et d'utilisations situées hors du domaine d'application des normes SIA 261 à 267, les principes de la norme SIA 260 seront appliqués par analogie.
- 0.1.3 Les principes de la norme SIA 260 sont contraignants pour toutes les structures porteuses. L'ampleur et le contenu des études seront adaptés à l'importance de l'ouvrage et à la complexité du problème posé.
- 0.1.4 Les principes de la norme SIA 260 sont également applicables pour les phases de construction et les structures porteuses temporaires.
- 0.1.5 La maintenance des structures porteuses existantes est réglée dans les normes SIA 269 et SIA 269/1 à 269/8.

0.2 Conditions requises

- 0.2.1 L'élaboration et l'exécution de projets seront réalisées sous la direction de spécialistes qualifiés, dont les connaissances et l'expérience pratique en science des matériaux, en statique, en construction, en géotechnique et dans d'autres domaines spécifiques importants devront correspondre à la nature et à la complexité du projet de construction.
- 0.2.2 Des mesures appropriées concernant l'assurance de la qualité seront prévues et appliquées pendant l'élaboration du projet, l'exécution, l'utilisation et la maintenance de l'ouvrage.
- 0.2.3 Les structures porteuses doivent être utilisées en accord avec la convention d'utilisation. Elles seront surveillées et entretenues conformément au plan de surveillance et au plan d'entretien. Leur entretien doit être assuré avec compétence.

0.3 Dérogations

- 0.3.1 Des dérogations à la présente norme sont admissibles, si elles sont suffisamment justifiées par des théories ou par des essais, ou si de nouveaux développements ou de nouvelles connaissances dans le domaine en question permettent une telle démarche.
- 0.3.2 Les dérogations à la norme seront clairement mentionnées et dûment justifiées dans les documents de construction.

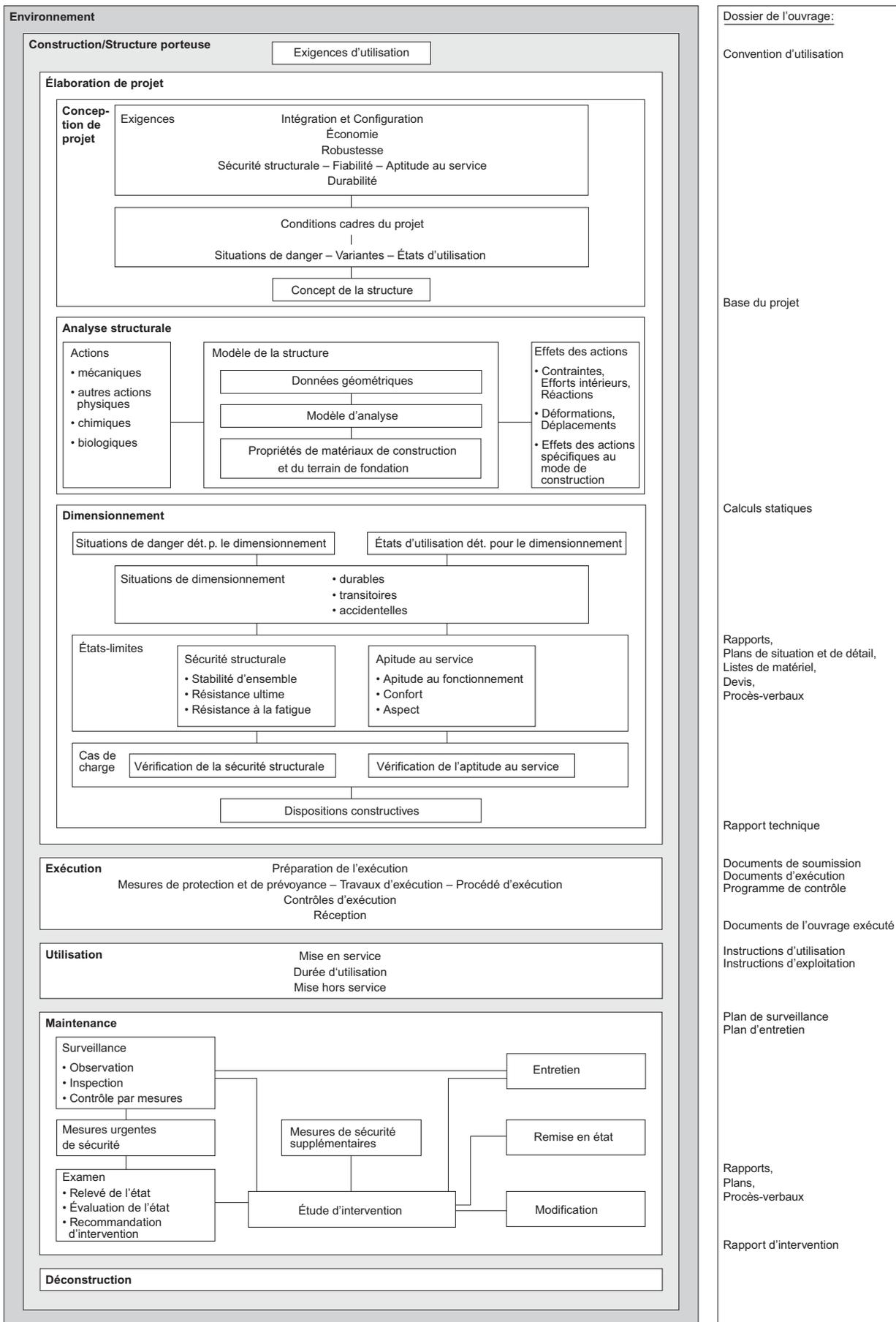
1 TERMINOLOGIE

1.1 Termes techniques

Les termes techniques généraux définis ci-après sont utilisés dans la présente norme et dans les normes SIA 261 à 267. Leur lien de dépendance est illustré dans la figure 1. D'autres termes techniques spécifiques sont définis dans les normes SIA 261 à 267.

<p>Action accidentelle <i>aussergewöhnliche Einwirkung</i> <i>azione accidentale</i> <i>accidental action</i></p>	<p>Action avec une faible probabilité d'apparition, généralement de courte durée et d'un effet considérable.</p>
<p>Action concomitante <i>Begleiteinwirkung</i> <i>azione concomitante</i> <i>accompanying action</i></p>	<p>Action accompagnant l'action prépondérante.</p>
<p>Action fixe <i>ortsfeste Einwirkung</i> <i>azione fissa</i> <i>fixed action</i></p>	<p>Action à répartition spatiale fixe sur la structure porteuse ou sur les éléments de construction.</p>
<p>Action libre <i>freie Einwirkung</i> <i>azione libera</i> <i>free action</i></p>	<p>Action pouvant avoir diverses distributions spatiales sur la structure porteuse.</p>
<p>Action permanente <i>ständige Einwirkung</i> <i>azione permanente</i> <i>permanent action</i></p>	<p>Action approximativement constante pendant la durée de référence, ou variant de manière monotone en tendant vers une valeur limite.</p>
<p>Action prépondérante <i>Leiteinwirkung</i> <i>azione preponderante</i> <i>leading action</i></p>	<p>Action principale dans un cas de charge.</p>
<p>Action variable <i>veränderliche Einwirkung</i> <i>azione variabile</i> <i>variable action</i></p>	<p>Action non permanente, non constante ou ne variant pas de façon monotone pendant la durée de référence.</p>
<p>Actions <i>Einwirkungen</i> <i>azioni</i> <i>actions</i></p>	<p>Actions mécaniques (charges, forces), autres actions physiques (température, humidité), actions chimiques (sels, acides, solutions alcalines, composés organiques) et biologiques (bactéries, insectes, champignons, algues) agissant sur la structure porteuse, qui résultent de l'exécution et de l'utilisation de celle-ci ou sont dues aux influences de l'environnement.</p>
<p>Analyse structurale <i>Tragwerksanalyse</i> <i>analisi strutturale</i> <i>structural analysis</i></p>	<p>Détermination des effets des actions sur l'ensemble de la structure porteuse et de ses éléments au moyen d'un modèle de la structure.</p>
<p>Aptitude au service <i>Gebrauchstauglichkeit</i> <i>efficienza funzionale</i> <i>serviceability</i></p>	<p>Aptitude d'une structure porteuse et de ses éléments de construction à garantir la fonction et l'aspect de l'ouvrage, ainsi que le confort de ses utilisateurs dans le cadre des limites de service.</p>

Figure 1: Relations entre les différents éléments du projet



- Dossier de l'ouvrage:
- Convention d'utilisation
- Base du projet
- Calculs statiques
- Rapports, Plans de situation et de détail, Listes de matériel, Devis, Procès-verbaux
- Rapport technique
- Documents de soumission
Documents d'exécution
Programme de contrôle
- Documents de l'ouvrage exécuté
- Instructions d'utilisation
Instructions d'exploitation
- Plan de surveillance
Plan d'entretien
- Rapports, Plans, Procès-verbaux
- Rapport d'intervention

Nutzung ausschliessliche fuer Ausbildungszwecke gestattet!
Eine Weitergabe an Dritte ist urheberrechtlich untersagt!

SNV / licensed to 28791-swissuniversities / AboNr.: 12565 / SN 505260:2013-08

<p>Base du projet <i>Projektbasis</i> <i>base del progetto</i> <i>basis of design</i></p>	<p>Description technique de la convention d'utilisation en termes spécifiques à l'ouvrage considéré.</p>
<p>Calculs statiques <i>statische Berechnung</i> <i>calcolo statico</i> <i>static calculations</i></p>	<p>Description de l'analyse structurale et dimensionnement.</p>
<p>Capacité de déformation <i>Verformungsvermögen</i> <i>capacità di deformazione</i> <i>deformation capacity</i></p>	<p>Aptitude d'une structure porteuse et de ses éléments à subir jusqu'à la défaillance des déformations élastiques et généralement aussi des déformations plastiques.</p>
<p>Cas de charge <i>Lastfall</i> <i>caso di carico</i> <i>load case</i></p>	<p>Disposition physiquement compatible d'actions simultanées prises en considération pour une vérification déterminée.</p>
<p>Concept de la structure <i>Tragwerkskonzept</i> <i>concetto strutturale</i> <i>structural concept</i></p>	<p>Idée de base déterminante pour le projet de la structure porteuse.</p>
<p>Conception de projet <i>Entwurf</i> <i>progetto strutturale</i> <i>conceptual design</i></p>	<p>Somme et résultat des études motivées par les exigences d'utilisation et aboutissant au concept de la structure.</p>
<p>Conditions cadres du projet <i>Entwurfsrandbedingungen</i> <i>vincoli di progetto</i> <i>design boundary conditions</i></p>	<p>Conditions spatiales, temporelles, juridiques, financières, constructives, conditions liées aux matériaux de construction, à la technique d'exécution et à l'exploitation, qui influencent la conception de l'ouvrage.</p>
<p>Configuration <i>Gestaltung</i> <i>configurazione</i> <i>configuration</i></p>	<p>Expression esthétique créée par la disposition spatiale, la forme donnée et le matériau choisi.</p>
<p>Contrôle par mesures <i>Kontrollmessung</i> <i>misurazione di controllo</i> <i>control measurement</i></p>	<p>Surveillance de grandeurs caractéristiques choisies, réalisée à l'aide de techniques de mesure.</p>
<p>Contrôles d'exécution <i>Ausführungskontrollen</i> <i>controlli dell'esecuzione</i> <i>construction inspections</i></p>	<p>Contrôles de la réalisation correcte des objectifs du projet pendant l'exécution.</p>
<p>Convention d'utilisation <i>Nutzungsvereinbarung</i> <i>convenzione d'utilizzazione</i> <i>service criteria agreement</i></p>	<p>Description des objectifs d'utilisation et de protection émis par le maître de l'ouvrage ou le propriétaire, ainsi que des conditions, des exigences et des prescriptions fondamentales relatives à l'élaboration du projet, ainsi qu'à l'exécution, l'utilisation et la maintenance d'un ouvrage.</p>
<p>Critères de dimensionnement <i>Bemessungskriterien</i> <i>criteri di dimensionamento</i> <i>design criteria</i></p>	<p>Relations à satisfaire entre les effets d'actions dus à des cas de charge déterminants et les résistances ultimes ou les limites de service correspondantes, ou entre les effets des actions déstabilisants et stabilisants.</p>
<p>Danger <i>Gefährdung</i> <i>azzardo</i> <i>hazard</i></p>	<p>Circonstance mettant la sécurité structurale en question.</p>

Danger concomitant <i>Begleitgefahr</i> <i>azzardo concomitante</i> <i>accompanying hazard</i>	Danger accompagnant le danger principal dans une situation de danger.
Danger prépondérant <i>Leitgefahr</i> <i>azzardo preponderante</i> <i>leading hazard</i>	Danger principal dans une situation de danger.
Déconstruction <i>Rückbau</i> <i>smantellamento</i> <i>dismantlement</i>	Démolition ordonnée ou démontage d'un ouvrage incluant la préparation, sur le chantier, de l'évacuation séparée des éléments et des matériaux de construction.
Défaillance <i>Versagen</i> <i>cedimento strutturale</i> <i>failure</i>	Épuisement de la résistance ultime, par instabilité, rupture ou fatigue.
Défaut <i>Mangel</i> <i>difetto</i> <i>defect</i>	Absence d'une propriété que devrait posséder l'ouvrage, selon les règles de l'art actuellement reconnues ou selon une convention.
Degré de protection <i>Schutzgrad</i> <i>grado di protezione</i> <i>degree of protection</i>	Mesure pour la concrétisation des objectifs de protection spécifiés (par exemple pour l'incendie: répartition en classes de résistance au feu; pour l'action sismique: répartition en classes d'ouvrages).
Détérioration <i>Schädigung</i> <i>deterioramento</i> <i>deterioration</i>	Affaiblissement de la substance matérielle d'une structure porteuse ou d'autres éléments de construction après réception.
Dimensionnement <i>Bemessung</i> <i>dimensionamento</i> <i>dimensioning</i>	Détermination des dimensions, des matériaux de construction et des dispositions constructives de la structure porteuse, basée sur des considérations constructives ou liées à la technique de réalisation et, en règle générale, sur des vérifications par le calcul.
Dimensionnement en capacité <i>Kapazitätsbemessung</i> <i>dimensionamento per capacità</i> <i>capacity design</i>	Méthode de dimensionnement au séisme, fondée sur le choix approprié de zones de déformation plastique dotées d'une ductilité suffisante, et sur l'accroissement de la résistance ultime d'autres domaines de la structure porteuse en vue de leur assurer un comportement élastique.
Dispositions constructives <i>konstruktive Durchbildung</i> <i>sviluppo dei dettagli costruttivi</i> <i>detailing</i>	Spécification et coordination réciproque des détails de construction.
Documents d'exécution <i>Dokumente der Ausführung</i> <i>documenti d'esecuzione</i> <i>documents for construction</i>	Contrat et autres parties du contrat d'entreprise, programmes de construction, procès-verbaux des séances et des contrôles d'exécution, journal de construction.
Documents de soumission <i>Ausschreibungsunterlagen</i> <i>documenti per l'appalto</i> <i>tender documents</i>	Texte du contrat d'entreprise prévu, dispositions particulières, catalogue des prestations ou description de la construction, plans et dispositions générales.
Données géométriques <i>geometrische Grössen</i> <i>grandezze geometriche</i> <i>geometrical properties</i>	Dimensions prévues et imperfections non voulues d'une structure porteuse.

Dossier de l'ouvrage <i>Bauwerksakten</i> <i>documenti di costruzione</i> <i>construction documents</i>	Documents spécifiques à un ouvrage.
Ductilité <i>Duktilität</i> <i>ductilità</i> <i>ductility</i>	Capacité de déformation plastique généralement rapportée à la limite du comportement élastique, et caractérisée par des déformations irréversibles et de la dissipation d'énergie.
Durabilité <i>Dauerhaftigkeit</i> <i>durabilità</i> <i>durability</i>	Respect des exigences concernant la sécurité structurale et l'aptitude au service, dans le cadre de l'utilisation et de la durée d'utilisation convenues ainsi que des actions attendues, sans investissement imprévu pour l'entretien et la remise en état.
Durée de référence <i>Bezugszeitraum</i> <i>periodo di riferimento</i> <i>reference period</i>	Période choisie pour la détermination statistique d'actions.
Durée d'utilisation <i>Nutzungsdauer</i> <i>durata d'utilizzazione</i> <i>service life</i>	Durée convenue, débutant à la mise en service, pendant laquelle une structure porteuse ou un élément de construction surveillé et entretenu selon le plan de surveillance et le plan d'entretien peut être utilisé dans le cadre de la convention d'utilisation.
Économie <i>Wirtschaftlichkeit</i> <i>economicità</i> <i>economy</i>	Engagement mesuré de moyens financiers et de ressources naturelles, rapporté à la durée totale de l'élaboration de projet, de l'exécution et de l'utilisation.
Effets à long terme <i>Langzeitwirkungen</i> <i>effetti di lunga durata</i> <i>long term effects</i>	Effet des actions permanentes ou quasi permanentes comme le fluage, le retrait, la relaxation ou la consolidation conduisant à des déformations de la structure porteuse.
Effets des actions <i>Auswirkungen</i> <i>effetti delle azioni</i> <i>effects of actions</i>	Réponse de la structure porteuse aux actions (contraintes, efforts intérieurs, réactions, déformations, déplacements ainsi que d'autres effets d'actions spécifiques liés au mode de construction).
Élaboration de projet <i>Projektierung</i> <i>progettazione</i> <i>design</i>	Notion d'ensemble comprenant la conception de projet, l'analyse structurale et le dimensionnement.
Élément de construction <i>Bauteil</i> <i>elemento strutturale</i> <i>structural member</i>	Partie physiquement identifiable d'un ouvrage.
Entretien <i>Instandhaltung</i> <i>manutenzione</i> <i>maintenance</i>	Maintien de l'aptitude au service par des interventions régulières.
État-limite <i>Grenzzustand</i> <i>stato limite</i> <i>limit state</i>	État pour lequel les exigences liées à la sécurité structurale ou à l'aptitude au service sont encore juste remplies.
État-limite de service <i>Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit</i> <i>stato limite di servizio</i> <i>serviceability limit state</i>	État, lorsque la limite de service est atteinte.

<p>État-limite ultime <i>Grenzzustand der Tragsicherheit</i> <i>stato limite ultimo</i> <i>ultimate limit state</i></p>	État, lorsque la résistance ultime est atteinte.
<p>États d'utilisation <i>Nutzungszustände</i> <i>stati d'utilizzazione</i> <i>service situations</i></p>	Réalités physiques et conditions intervenant pendant la durée d'utilisation.
<p>Étude d'intervention <i>Massnahmenplanung</i> <i>studio d'intervento</i> <i>planning of intervention measures</i></p>	Préparation systématique des mesures nécessaires à prendre sur les plans de l'organisation et de la construction, consécutivement à la décision de principe du propriétaire quant à la marche à suivre.
<p>Évaluation de l'état <i>Zustandsbeurteilung</i> <i>valutazione dello stato</i> <i>condition evaluation</i></p>	Analyse récapitulative et évaluation des informations sur l'état actuel d'un ouvrage et sur l'évolution ayant conduit à cet état, en rapport avec une prévision de l'évolution de l'état et des conséquences à attendre au cours de la durée d'utilisation restante.
<p>Examen <i>Überprüfung</i> <i>esame</i> <i>examination</i></p>	Relevé et évaluation de l'état réalisés pour une raison particulière, avec recommandation d'intervention.
<p>Exécution <i>Ausführung</i> <i>esecuzione</i> <i>execution</i></p>	Ensemble des activités et des mesures liées à la construction d'un ouvrage, y compris la préparation de l'exécution.
<p>Exigences d'utilisation <i>Nutzungsanforderungen</i> <i>esigenze d'utilizzazione</i> <i>service requirements</i></p>	Exigences découlant de l'utilisation convenue, qui concernent les propriétés et le comportement d'un ouvrage.
<p>Fiabilité <i>Zuverlässigkeit</i> <i>affidabilità</i> <i>reliability</i></p>	Mesure de la réalisation des exigences spécifiées pour la sécurité structurale et l'aptitude au service, généralement exprimée sous forme probabiliste.
<p>Influences de l'environnement <i>Umwelteinflüsse</i> <i>influssi ambientali</i> <i>environmental influences</i></p>	Influences physiques, chimiques ou biologiques de l'environnement, susceptibles de porter préjudice à la sécurité structurale, à l'aptitude au service et à la durabilité.
<p>Inspection <i>Inspektion</i> <i>ispezione</i> <i>inspection</i></p>	Constat et appréciation de l'état d'un ouvrage par des investigations simples et ciblées, généralement visuelles.
<p>Instructions d'exploitation <i>Betriebsanweisungen</i> <i>istruzioni per l'esercizio</i> <i>operation instructions</i></p>	Directives pour l'utilisation et l'exploitation de l'équipement technique, destinées au propriétaire et au personnel d'exploitation.
<p>Instructions d'utilisation <i>Nutzungsanweisungen</i> <i>istruzioni per l'utilizzazione</i> <i>service instructions</i></p>	Directives pour l'utilisation de l'ouvrage, destinées au propriétaire et à l'utilisateur.
<p>Intégration <i>Einpassung</i> <i>integrazione</i> <i>integration</i></p>	Compatibilité d'un ouvrage avec son proche environnement naturel et bâti.

Limite de service <i>Gebrauchsgrenze</i> <i>limite di servizio</i> <i>serviceability limit</i>	Limite convenue de l'aptitude au service.
Maintenance <i>Erhaltung</i> <i>mantenimento</i> <i>preservation</i>	Ensemble des activités et des mesures permettant de garantir le maintien en bon état ainsi que les valeurs matérielles et culturelles d'un ouvrage.
Matériaux <i>Werkstoffe</i> <i>materiali</i> <i>materials</i>	Métaux, matières non métalliques et inorganiques ou matières organiques, dont les propriétés sont utilisables sur le plan technique.
Matériaux de construction <i>Baustoffe</i> <i>materiali da costruzione</i> <i>construction materials</i>	Matériaux utilisés pour la réalisation d'un ouvrage.
Mécanisme de détérioration <i>Schädigungsmechanismus</i> <i>meccanismo di deterioramento</i> <i>deterioration mechanism</i>	Processus scientifiquement descriptible de l'origine et du développement d'une détérioration.
Mesures de protection et de prévoyance <i>Schutz- und Vorsorgemassnahmen</i> <i>misure protettive e precauzionali</i> <i>protection and precaution measures</i>	Mesures prises pendant l'exécution des travaux pour protéger les personnes et leur santé, ainsi que les biens.
Mesures de sécurité supplémentaires <i>ergänzende Sicherheitsmassnahmen</i> <i>misure di sicurezza supplementari</i> <i>supplementary safety measures</i>	Dispositions prises en regard de la spécificité de l'objet et jugées nécessaires pour la protection des personnes, de l'environnement et de l'ouvrage, en cas de non-conformité de la sécurité structurale aux spécifications des normes.
Mesures urgentes de sécurité <i>sichernde Sofortmassnahmen</i> <i>misure urgenti di sicurezza</i> <i>urgent safety measures</i>	Dispositions, dictées par la surveillance ou l'examen, applicables sans délai pour la protection des personnes, de l'environnement et de l'ouvrage.
Méthode observationnelle <i>Beobachtungsmethode</i> <i>metodo d'osservazione</i> <i>observation method</i>	Procédure applicable à l'élaboration du projet, à l'exécution et à l'utilisation d'une structure porteuse en cas de bases de dimensionnement trop peu fiables. Cette procédure implique l'acceptation de certains risques, un pronostic sur le comportement de l'ouvrage et la spécification de valeurs limites adéquates, y compris les mesures de surveillance et de sécurité correspondantes.
Mise en service <i>Inbetriebnahme</i> <i>messa in servizio</i> <i>commissioning</i>	Début de l'utilisation convenue.
Mise hors service <i>Ausserbetriebsetzung</i> <i>dismissione</i> <i>decommissioning</i>	Fin ou interruption de l'utilisation.
Mode de construction <i>Bauweise</i> <i>tipo di costruzione</i> <i>type of construction</i>	Genre de construction déterminé par les matériaux de construction principalement utilisés pour l'exécution, par exemple construction en béton, construction en acier, construction mixte acier-béton, construction en bois, construction en maçonnerie.

Modèle d'analyse <i>Berechnungsmodell</i> <i>modello di calcolo</i> <i>analytical model</i>	Combinaison de grandeurs physiques (par exemple forces et déformations) à l'aide de relations appropriées (par exemple conditions d'équilibre, lois des matériaux et conditions cinématiques).
Modèle de la structure <i>Tragwerksmodell</i> <i>modello strutturale</i> <i>structural model</i>	Délimitation et idéalisation du système porteur effectuées en vue de l'analyse structurale.
Modification <i>Veränderung</i> <i>modifica</i> <i>modification</i>	Intervention sur l'ouvrage, en vue de son adaptation à de nouvelles exigences.
Objectif de protection <i>Schutzziel</i> <i>obiettivo della protezione</i> <i>objective of protection</i>	Spécification qualitative et quantitative des exigences auxquelles doit répondre un ouvrage en cas d'événements et de conditions accidentels.
Observation <i>Beobachtung</i> <i>osservazione</i> <i>observation</i>	Examen de l'aptitude au service par des contrôles simples et réguliers.
Ouvrage <i>Bauwerk</i> <i>costruzione</i> <i>construction works</i>	Objet résultant de travaux de construction.
Plan d'entretien <i>Unterhaltsplan</i> <i>piano di manutenzione</i> <i>maintenance plan</i>	Directives pour l'entretien, adaptées aux aspects spécifiques de l'ouvrage.
Plan de surveillance <i>Überwachungsplan</i> <i>piano di monitoraggio</i> <i>monitoring plan</i>	Directives pour la surveillance, adaptées aux aspects spécifiques de l'ouvrage.
Préparation de l'exécution <i>Vorbereitung der Ausführung</i> <i>preparazione dell'esecuzione</i> <i>preparation for construction</i>	Mise en soumission, offres, étude et contrôle des offres, conclusion du contrat d'entreprise et préparation des travaux de construction.
Procédé d'exécution <i>Bauverfahren</i> <i>procedimento esecutivo</i> <i>method of construction</i>	Genre et mode de réalisation des travaux d'exécution.
Produit de construction <i>Bauprodukt</i> <i>prodotto per costruzioni</i> <i>construction product</i>	Produit fabriqué pour être intégré de manière durable dans un ouvrage.
Projet d'intervention <i>Massnahmenplanung</i> <i>pianificazione d'intervento</i> <i>planning of intervention measures</i>	Préparation systématique des mesures nécessaires à prendre sur les plans de l'organisation et de la construction, consécutivement à une décision de principe de la/du propriétaire concernant la future procédure à suivre.
Programme de contrôle <i>Kontrollplan</i> <i>piano di controllo</i> <i>construction inspection plan</i>	Spécification du genre, de l'étendue, du moment et du mode de réalisation de contrôles d'exécution incluant l'indication des exigences de qualité et des écarts admissibles, ainsi que définition des compétences et du cheminement de l'information.

Rapport d'intervention <i>Massnahmenbericht</i> <i>rapporto d'intervento</i> <i>report of intervention measures</i>	Rapport sur les interventions de maintenance effectuées, incluant également les objectifs, les personnes concernées, les procédés utilisés, les essais, les résultats obtenus et les coûts.
Rapport technique <i>technischer Bericht</i> <i>relazione tecnica</i> <i>technical report</i>	Rapport sur les travaux d'élaboration de projet.
Réception <i>Abnahme</i> <i>collaudo</i> <i>acceptance</i>	Remise de l'ouvrage, ou d'une partie de celui-ci, au maître de l'ouvrage.
Recommandation d'intervention <i>Massnahmenempfehlung</i> <i>raccomandazione d'intervento</i> <i>recommendation of intervention measures</i>	Propositions résultant de l'évaluation de l'état et servant à la décision de principe du propriétaire quant à la marche à suivre.
Relevé de l'état <i>Zustandserfassung</i> <i>rilevato dello stato</i> <i>condition survey</i>	Acquisition d'informations sur l'état actuel d'un ouvrage ou sur l'évolution ayant conduit à cet état, dans le but de déceler les défauts, détériorations et mécanismes de détérioration.
Remise en état <i>Instandsetzung</i> <i>ripristino</i> <i>rehabilitation</i>	Rétablissement de la sécurité structurale et de l'aptitude au service pour une durée convenue.
Résistance <i>Tragfähigkeit</i> <i>resistenza</i> <i>resistance</i>	Aptitude d'une structure porteuse et de ses éléments à résister aux actions pendant l'exécution et l'utilisation.
Résistance à la fatigue <i>Ermüdungsfestigkeit</i> <i>resistenza alla fatica</i> <i>fatigue resistance</i>	Résistance ultime aux actions souvent répétées.
Résistance ultime <i>Tragwiderstand</i> <i>resistenza ultima</i> <i>ultimate resistance</i>	Limite de la résistance.
Robustesse <i>Robustheit</i> <i>robustezza</i> <i>robustness</i>	Aptitude d'une structure porteuse et de ses éléments à limiter une détérioration ou une défaillance dans une mesure acceptable par rapport à la cause ayant provoqué ces dernières.
Sécurité structurale <i>Tragsicherheit</i> <i>sicurezza strutturale</i> <i>structural safety</i>	Aptitude d'une structure porteuse et de ses éléments à garantir la stabilité d'ensemble ainsi qu'une résistance ultime suffisante (résistance à la fatigue incluse) face aux actions considérées, et compte tenu de la fiabilité requise.
Situation de danger <i>Gefährdungsbild</i> <i>situazione di azzardo</i> <i>hazard scenario</i>	Situation critique, caractérisée par un danger prépondérant et des dangers concomitants.
Situation de dimensionnement accidentelle <i>aussergewöhnliche Bemessungssituation</i> <i>situazione di dimensionamento accidentale</i> <i>accidental design situation</i>	Situation de dimensionnement incluant des conditions accidentelles pour la structure porteuse.

<p>Situation de dimensionnement durable <i>andauernde Bemessungssituation</i> <i>situazione di dimensionamento persistente</i> <i>persistent design situation</i></p>	<p>Situation de dimensionnement dont la durée est du même ordre de grandeur que la durée d'utilisation.</p>
<p>Situation de dimensionnement transitoire <i>vorübergehende Bemessungssituation</i> <i>situazione di dimensionamento transitoria</i> <i>transient design situation</i></p>	<p>Situation de dimensionnement à considérer pendant une durée beaucoup plus courte que la durée d'utilisation.</p>
<p>Situations de dimensionnement <i>Bemessungssituationen</i> <i>situazione di dimensionamento</i> <i>design situations</i></p>	<p>Réalités physiques et conditions imposées durant une certaine période, pour lesquelles il faut vérifier que les états-limites déterminants ne sont pas dépassés.</p>
<p>Stabilité d'ensemble <i>Gesamtstabilität</i> <i>stabilità globale</i> <i>overall stability</i></p>	<p>État d'équilibre stable de l'ensemble de la structure porteuse considérée comme un corps rigide.</p>
<p>Structure porteuse <i>Tragwerk</i> <i>struttura portante</i> <i>structure</i></p>	<p>Ensemble formé des éléments de construction et du terrain de fondation, nécessaire pour garantir l'équilibre et la conservation de la forme d'un ouvrage.</p>
<p>Surveillance <i>Überwachung</i> <i>monitoraggio</i> <i>monitoring</i></p>	<p>Constat et appréciation de l'état, avec recommandations sur la marche à suivre.</p>
<p>Système structural <i>Tragsystem</i> <i>sistema strutturale</i> <i>structural system</i></p>	<p>Disposition et mode d'interaction des éléments d'une structure porteuse.</p>
<p>Terrain de fondation <i>Baugrund</i> <i>terreno</i> <i>ground</i></p>	<p>Ensemble constitué de matériau meuble ou de roche ainsi que de la nappe phréatique, dans la zone d'un projet de construction ou d'une fondation.</p>
<p>Travaux d'exécution <i>Bauausführung</i> <i>esecuzione dei lavori</i> <i>construction work</i></p>	<p>Réalisation des travaux de construction selon contrat.</p>
<p>Utilisation <i>Nutzung</i> <i>utilizzazione</i> <i>use</i></p>	<p>Usage d'un ouvrage dans le cadre décrit par la convention d'utilisation et la base du projet.</p>
<p>Valeur caractéristique <i>charakteristischer Wert</i> <i>valore caratteristico</i> <i>characteristic value</i></p>	<p>Valeur d'une action, d'une donnée géométrique ou d'une propriété du matériau de construction ou du terrain de fondation, généralement définie sur une base statistique (valeur moyenne, valeur supérieure ou inférieure) ou aussi, le cas échéant, valeur nominale ou valeur probable prudente.</p>
<p>Valeur de dimensionnement <i>Bemessungswert</i> <i>valore di dimensionamento</i> <i>design value</i></p>	<p>Valeur entrant dans une vérification, déterminée à partir d'une valeur caractéristique ou d'une autre valeur représentative en relation avec des facteurs partiels et des facteurs de conversion ou aussi, le cas échéant, valeur fixée directement.</p>
<p>Valeur nominale <i>Nennwert</i> <i>valore nominale</i> <i>nominal value</i></p>	<p>Valeur fixée sur des bases non statistiques, par exemple à partir de l'expérience ou de conditions physiques, ou aussi valeur fixée méthodiquement.</p>

Valeur probable <i>Erwartungswert</i> <i>valore attendibile</i> <i>estimate</i>	En règle générale, valeur moyenne d'une grandeur stochastique.
Valeur probable prudente <i>vorsichtiger Erwartungswert</i> <i>valore prudentiale</i> <i>prudent estimate</i>	Par rapport à la valeur probable, valeur choisie prudemment, avec une réserve, et permettant de satisfaire l'exigence de fiabilité requise.
Valeur représentative <i>repräsentativer Wert</i> <i>valore rappresentativo</i> <i>representative value</i>	Valeur d'une action utilisée pour une vérification (en règle générale, la valeur caractéristique; ou aussi, cas échéant pour des actions variables, la valeur rare, fréquente ou quasi permanente).
Vérification <i>Nachweis</i> <i>verifica</i> <i>verification</i>	Confirmation du respect d'un critère de dimensionnement.

1.2 Notations

1.2.1 Majuscules latines (en partie combinées avec les coefficients de réduction ψ)

A_d	valeur de dimensionnement d'une action accidentelle
C_d	valeur de dimensionnement d'une limite de service
E_d	valeur de dimensionnement d'un effet d'actions
$E_{d,dst}$	valeur de dimensionnement d'un effet d'actions déstabilisant
$E_{d,stb}$	valeur de dimensionnement d'un effet d'actions stabilisant
$E\{\dots\}$	effet des actions en fonction des valeurs de dimensionnement indiquées dans la parenthèse ¹⁾
F_d	valeur de dimensionnement d'une action
F_k	valeur caractéristique d'une action
F_{rep}	valeur représentative d'une action
G	action permanente
G_k	valeur caractéristique d'une action permanente
$G_{k,inf}$	valeur caractéristique inférieure d'une action permanente
$G_{k,sup}$	valeur caractéristique supérieure d'une action permanente
H	hauteur du bâtiment
P_k	valeur caractéristique d'une action de précontrainte
Q_k	valeur caractéristique d'une action variable
Q_{k1}	valeur caractéristique de l'action (variable) prépondérante
$\psi_0 Q_k$	valeur rare d'une action variable
$\psi_{0i} Q_{ki}$	valeur rare de l'action variable concomitante i
$\psi_1 Q_k$	valeur fréquente d'une action variable
$\psi_{11} Q_{k1}$	valeur fréquente d'une action variable combinée à une action accidentelle, ou valeur fréquente de l'action (variable) prépondérante

¹⁾ Selon la vérification, une ou plusieurs de ces valeurs peuvent être laissées de côté.

$\psi_2 Q_k$	valeur quasi permanente d'une action variable
$\psi_{2i} Q_{ki}$	valeur quasi permanente de l'action variable i combinée à une action accidentelle, ou à la valeur fréquente de l'action (variable) prépondérante
R_d	valeur de dimensionnement de la résistance ultime
R_k	valeur caractéristique de la résistance ultime
$R\{\dots\}$	résistance ultime en fonction des valeurs de dimensionnement indiquées dans la parenthèse ¹⁾
X_d	valeur de dimensionnement d'une propriété du matériau de construction ou du terrain de fondation
X_k	valeur caractéristique d'une propriété du matériau de construction ou du terrain de fondation

1.2.2 Minuscules latines

a_d	valeur de dimensionnement d'une donnée géométrique
a_{nom}	valeur nominale d'une donnée géométrique
f	fréquence propre
h	hauteur d'étage
h_0	altitude de référence, selon la norme SIA 261
l	portée, ou double du porte-à-faux
u	déplacement horizontal
v	vitesse de base
w	flèche

1.2.3 Majuscules grecques

Δa	différence d'une donnée géométrique
Δu	différence de déplacement
Φ	coefficient dynamique

1.2.4 Minuscules grecques

α	coefficient pour la classification des modèles de charge normalisés
α_t	gauche de la voie
γ_f	facteur partiel pour des actions (tient compte d'écarts défavorables possibles par rapport à la valeur représentative)
γ_F	facteur de charge (= $\gamma_S \gamma_f$)
γ_G	facteur de charge pour une action permanente
$\gamma_{G,inf}$	facteur de charge pour des actions permanentes (dimensionnement avec des valeurs de dimensionnement inférieures)
$\gamma_{G,sup}$	facteur de charge pour des actions permanentes (dimensionnement avec des valeurs de dimensionnement supérieures)
γ_m	facteur partiel pour une propriété du matériau de construction ou du terrain de fondation (tient compte d'écarts défavorables par rapport à la valeur caractéristique)
γ_M	facteur de résistance (= $\gamma_R \gamma_m$)
γ_P	facteur de charge pour une action de la précontrainte
γ_Q	facteur de charge pour une action variable
γ_{Q1}	facteur de charge pour l'action (variable) prépondérante

¹⁾ Selon la vérification, une ou plusieurs de ces valeurs peuvent être laissées de côté.

$\gamma_{Q,inf}$	facteur de charge pour une action variable (poussée des terres ou pression hydraulique, dimensionnement avec des valeurs de dimensionnement inférieures)
$\gamma_{Q,sup}$	facteur de charge pour une action variable (poussée des terres ou pression hydraulique, dimensionnement avec des valeurs de dimensionnement supérieures)
γ_R	facteur partiel pour la résistance ultime (tient compte des incertitudes du modèle de résistance)
γ_S	facteur partiel pour des effets d'actions (tient compte des incertitudes du modèle concernant les actions et leurs effets)
δ_v	déplacement vertical relatif aux joints de transition de la chaussée ou aux extrémités du tablier derrière les culées
η	facteur de conversion
ψ	coefficient de réduction
ψ_0	coefficient de réduction pour la valeur rare d'une action variable
ψ_1	coefficient de réduction pour la valeur fréquente d'une action variable
ψ_2	coefficient de réduction pour la valeur quasi permanente d'une action variable

1.3 Unités de mesure

1.3.1 Les unités SI seront utilisées pour l'élaboration des projets de structures porteuses.

1.3.2 Les unités de mesure suivantes sont recommandées :

Longueur, déplacement	m, mm
Surface	m ² , mm ²
Volume, moment de résistance, moment statique	m ³ , mm ³
Moment d'inertie	m ⁴ , mm ⁴
Angle	° (degré), rad
Courbure	1/m, mrad/m
Temps	s
Durée, âge	min, h, d, année
Vitesse, coefficient de perméabilité	m/s
Coefficient de consolidation	m ² /s
Accélération	m/s ²
Fréquence	Hz
Masse	kg, t (tonne)
Masse volumique	kg/m ³
Force, charge	kN, MN
Moment	kNm, MNm
Contrainte, résistance, adhésion, cohésion	N/mm ² , kN/m ²
Module d'élasticité, module de glissement,	kN/mm ² , MN/m ²
Charge linéaire	kN/m
Charge de surface	kN/m ²
Charge volumique, module de réaction	kN/m ³ , MN/m ³
Pression	kPa, MPa
Travail	J
Température	°C, K

2 CONCEPTION DE PROJET

2.1 Généralités

- 2.1.1 La conception de projet doit conduire à l'établissement d'un concept adéquat de la structure qui tienne compte des exigences d'utilisation.
- 2.1.2 Les exigences d'utilisation sont fixées dans la convention d'utilisation.
- 2.1.3 Les documents de référence et les exigences découlant de la conception de projet, nécessaires pour la suite de l'élaboration du projet, pour l'exécution, pour l'utilisation et la maintenance, sont réunis dans la base du projet.

2.2 Convention d'utilisation

- 2.2.1 La convention d'utilisation est établie sur la base d'un dialogue entre le maître de l'ouvrage et les projeteurs.
- 2.2.2 La convention d'utilisation décrit:
- les buts généraux de l'utilisation de l'ouvrage (états d'utilisation et durée d'utilisation)
 - le milieu et les exigences de tiers
 - les besoins de l'exploitation et de la maintenance
 - les objectifs particuliers du maître de l'ouvrage
 - les objectifs de protection et les risques particuliers
 - des dispositions tirées des normes.
- 2.2.3 Les objectifs et le degré de protection sont fixés sur la base d'une évaluation du risque.

2.3 Exigences

- 2.3.1 Par son intégration et sa configuration appropriées, une structure porteuse doit être économique, robuste, fiable et durable pendant toute la durée d'utilisation.
- 2.3.2 La durée d'utilisation doit être convenue. Les valeurs suivantes sont indicatives:
- | | |
|---|----------------|
| - ouvrages temporaires | jusqu'à 10 ans |
| - éléments de construction remplaçables | jusqu'à 25 ans |
| - bâtiments et autres ouvrages d'importance normale | 50 ans |
| - ouvrages d'importance majeure | 100 ans. |
- 2.3.3 La détermination de la fiabilité requise s'appuiera sur l'expérience et sur des considérations théoriques complémentaires. Dans le cas normal, le concept de vérification donné au chiffre 4.4 est applicable.
- 2.3.4 La fiabilité requise peut être différenciée selon l'état-limite et la durée de référence, soit pour la structure complète, soit pour certains de ses éléments.
- 2.3.5 La détermination de degrés différenciés de fiabilité peut dépendre:
- de la nature et des conséquences d'une défaillance
 - de l'ampleur des dégâts acceptés
 - de l'importance de l'ouvrage dans la maîtrise des conséquences d'une catastrophe causée par un événement accidentel
 - des investissements consentis pour réduire les risques
 - des possibilités de surveillance, d'entretien et de remise en état, ainsi que de l'investissement lié à ces mesures.

- 2.3.6 La garantie d'une fiabilité adéquate exige en particulier:
- la prise en compte des incertitudes dans le recensement des actions, dans la modélisation de la structure et dans la détermination des effets des actions
 - la définition des mesures concernant l'assurance de la qualité pendant l'élaboration du projet, l'exécution, l'utilisation et la maintenance.
- 2.3.7 La garantie de la durabilité pendant la durée d'utilisation exige en particulier:
- le recensement des actions déterminantes
 - l'estimation des détériorations possibles de la structure porteuse
 - la prise de mesures appropriées pendant l'élaboration du projet, l'exécution, l'utilisation et la maintenance. Il s'agit en particulier de dispositions constructives et relatives à la technique des matériaux pour protéger les matériaux et les éléments de construction. Il s'agit également de l'exécution des travaux selon les règles de l'art, ainsi que d'une surveillance et d'un entretien conformes à la planification.

2.4 Procédure

- 2.4.1 La conception de projet comprend l'étude de différentes variantes en tenant compte des conditions cadres, le contrôle de la faisabilité de ces variantes, ainsi que leur évaluation du point de vue de la réalisation des exigences requises.
- 2.4.2 Les conditions cadres du projet doivent être clarifiées et leur importance examinée. Elles touchent par exemple les points suivants:
- la situation, la topographie, le tracé, les gabarits, les écartements limites, les dimensions minimales et maximales
 - les restrictions concernant la durée d'élaboration et d'exécution du projet, la durée d'utilisation
 - les prescriptions de nature légale (lois, ordonnances, instructions, zones de danger)
 - le cadre budgétaire
 - la qualité, la disponibilité et la possibilité de réutilisation des matériaux de construction
 - les propriétés du terrain de fondation
 - les possibilités d'application de procédés de construction; les possibilités de transport et de montage
 - le maintien de l'utilisation des voies du trafic et de celle des conduites
 - les dispositifs de surveillance et d'entretien.
- 2.4.3 Dans le cadre de la conception de projet, on recensera les actions prépondérantes et leurs effets, ainsi que les dangers déterminants et les possibilités de les maîtriser.
- 2.4.4 On examinera en détail les situations de danger possibles, puis on définira les mesures propres à tenir ces dangers sous contrôle ou à les réduire à un niveau acceptable.
- 2.4.5 Les influences suivantes peuvent par exemple représenter un danger:
- écarts par rapport aux valeurs admises pour les actions
 - actions du terrain de fondation
 - actions dues à des dangers naturels d'origine gravitationnelle ou météorologique
 - actions physiques, dues par exemple à l'humidité ou à la température
 - actions chimiques, dues par exemple au sel de déverglaçage ou aux eaux souterraines
 - actions biologiques, dues par exemple à des insectes ou à des champignons
 - effets de résonance
 - écarts par rapport aux valeurs admises pour la résistance ultime ou la résistance du terrain de fondation
 - réduction de la résistance ultime causée par la corrosion, la fragilité ou la fatigue
 - réduction de la résistance ultime causée par le feu, une explosion, un choc, une rupture de conduite ou un séisme.
- 2.4.6 Les dangers peuvent être combattus par une ou plusieurs des mesures suivantes:
- élimination, empêchement ou réduction du danger
 - contrôles ou systèmes d'alarme
 - choix de systèmes structuraux peu sensibles aux dangers considérés
 - choix de systèmes structuraux pouvant supporter des détériorations localisées ainsi que la défaillance d'éléments de construction isolés, sans subir une défaillance générale
 - choix de systèmes structuraux ne pouvant subir une défaillance sans signes annonciateurs

- limitation de l'expansion du feu à des secteurs d'incendie compartimentés
- choix de matériaux de construction appropriés
- analyse structurale et dimensionnement adéquats
- dispositions constructives soigneusement étudiées
- exécution soignée et conforme aux plans
- prévision de mesures de protection particulières
- surveillance et entretien appropriés.

2.4.7 On examinera les états d'utilisation prévisibles et des mesures propres à garantir l'aptitude au service seront définies.

2.4.8 Lors de la conception de projet, les expériences antérieures sur des constructions comparables devront être prises en considération.

2.4.9 Lors de l'appréciation des variantes, il conviendra de porter une attention particulière à la simplicité d'exécution, à l'insensibilité aux inévitables imprécisions de construction, aux erreurs d'exécution possibles, ainsi qu'à la faculté d'adaptation en cas de modifications éventuelles apportées lors de l'exécution et de l'utilisation.

2.5 Concept de la structure et base du projet

2.5.1 Le concept de la structure comprend :

- le système structural choisi
- des informations sur les dimensions les plus importantes, sur les propriétés des matériaux de construction et sur les détails constructifs
- des indications sur les procédés de construction retenus.

2.5.2 La base du projet décrit :

- les situations de danger considérées
- les exigences concernant la sécurité structurale, l'aptitude au service et la durabilité, ainsi que les mesures prévues pour assurer leur réalisation, y compris les responsabilités, les démarches, les contrôles et les mécanismes de correction
- les conditions admises pour le terrain de fondation
- les principales hypothèses concernant le modèle de la structure et le modèle d'analyse
- les risques acceptés
- d'autres conditions déterminantes pour le projet.

2.5.3 L'étendue et le contenu de la base du projet doivent être adaptés à l'importance de l'ouvrage et aux dangers auxquels il est soumis, de même qu'aux risques qu'il implique pour l'environnement.

3 ANALYSE STRUCTURALE

3.1 Généralités

- 3.1.1 L'analyse structurale permet de saisir le comportement d'une structure porteuse, pour les situations de dimensionnement à considérer et sous l'effet des grandeurs exerçant une influence déterminante.
- 3.1.2 Les méthodes d'analyse structurale s'appuieront sur des théories reconnues, au besoin sur des théories confirmées expérimentalement et sur la pratique de l'ingénieur.
- 3.1.3 Les bases et les résultats de l'analyse structurale doivent être indiqués dans les calculs statiques et le rapport technique.
- 3.1.4 La plausibilité des résultats de l'analyse structurale doit être contrôlée.

3.2 Actions

3.2.1 Classification

- 3.2.1.1 Les actions doivent être différenciées selon leur origine (actions résultant de l'utilisation ou des influences de l'environnement) et selon leur type (actions mécaniques, autres actions physiques, actions chimiques ou biologiques).
- 3.2.1.2 De plus, les actions sont subdivisées selon :
 - leur variation temporelle (actions permanentes, variables ou accidentelles)
 - leur variation spatiale (actions fixes ou libres)
 - leur effet dynamique (actions statiques ou dynamiques).
- 3.2.1.3 Les forces ou les déformations imposées appliquées sous contrôle pour la précontrainte doivent être considérées comme des actions permanentes.
- 3.2.1.4 Les actions libres doivent être définies dans leur position, leur grandeur et leur direction.
- 3.2.1.5 Pour les vérifications à la fatigue et les calculs dynamiques, la variation temporelle d'actions individuelles déterminantes doit être connue.

3.2.2 Valeurs caractéristiques

- 3.2.2.1 Une action est décrite par un modèle et sa grandeur est définie par une ou plusieurs données scalaires pouvant prendre différentes valeurs représentatives F_{rep} .
- 3.2.2.2 La valeur caractéristique F_k d'une action constitue la valeur représentative la plus importante. Elle doit être fixée comme suit :
 - selon les normes SIA 261 et 267, comme valeur moyenne, comme valeur supérieure et inférieure, comme valeur nominale
 - ou, selon les spécificités du projet, en tenant compte des dispositions de la norme SIA 261.
- 3.2.2.3 Pour des actions permanentes à faible domaine de variation (coefficient de variation $\leq 5\%$), on pourra utiliser une valeur unique G_k (généralement la valeur moyenne), si la structure ne réagit toutefois pas de manière sensible aux variations de G . Dans le cas de structures sensibles ou de larges domaines de variation, on utilisera les valeurs inférieure et supérieure $G_{k,inf}$ et $G_{k,sup}$ (en général, les fractiles 5% et 95% de la distribution statistique de G , qui peut être admise comme distribution normale de Gauss).
- 3.2.2.4 Les poids propres des structures porteuses peuvent en général être représentés par une unique valeur caractéristique et être déterminés sur la base des dimensions selon plans et des charges volumiques moyennes (voir norme SIA 261).

3.2.2.5 Pour la précontrainte, on utilisera comme valeurs caractéristiques P_k les valeurs moyennes, respectivement les valeurs supérieures ou inférieures, selon le moment considéré et le genre de précontrainte.

3.2.2.6 Pour les actions variables, la valeur caractéristique Q_k doit être fixée de la manière suivante :

- comme valeur supérieure ou comme valeur inférieure qui, avec une probabilité prévue, ne sera dépassée ni vers le haut, ni vers le bas pendant la période de référence
- comme valeur nominale, lorsque la distribution statistique n'est pas connue.

En règle générale, on peut admettre une période de référence d'une année et la probabilité prévue égale à 98% (correspondant à une période de retour de 50 ans).

3.2.2.7 Les actions dues à l'eau seront déterminées en tenant compte du potentiel hydraulique, et sur la base de mesures ou d'estimations des niveaux d'eau, des pressions hydrauliques ou des pressions interstitielles ainsi que de leurs variations. Les niveaux d'eau et les pressions hydrauliques et interstitielles à considérer seront fixés selon la situation de dimensionnement et la durée de référence. Le cas échéant, on tiendra compte de l'action des écoulements d'eau et des vagues.

3.2.2.8 Pour les actions accidentelles, la valeur de dimensionnement A_d sera fixée directement.

3.2.3 **Autres valeurs représentatives des actions variables**

3.2.3.1 La probabilité réduite d'apparition simultanée des valeurs les plus défavorables de plusieurs actions indépendantes est prise en considération au moyen des coefficients de réduction ψ_0 , ψ_1 et ψ_2 (voir annexes A à F).

3.2.3.2 Les valeurs rares $\psi_0 Q_k$ sont utilisées en accompagnement d'une action variable prépondérante.

3.2.3.3 Les valeurs fréquentes $\psi_1 Q_k$ sont fixées de sorte que :

- soit le temps total pendant lequel elles sont dépassées durant la période de référence est limité par une valeur donnée (par exemple 1% pour les charges utiles dans les bâtiments)
- soit la fréquence de dépassement est limitée par une valeur donnée (par exemple une fois par semaine pour les charges dues au trafic routier).

3.2.3.4 Les valeurs quasi permanentes $\psi_2 Q_k$ sont :

- soit fixées de telle sorte, qu'elles sont dépassées pendant une durée importante de la période de référence (par exemple 50% pour les charges utiles dans les bâtiments)
- soit définies comme valeurs moyennes sur la période de référence.

3.2.4 **Actions dues à la fatigue**

3.2.4.1 En règle générale, les dispositions des normes SIA 261 et SIA 261/1 sont applicables.

3.2.4.2 Pour les cas situés hors du domaine d'application des normes SIA 261 et SIA 261/1, les actions dues à la fatigue seront déterminées sur la base de mesures ou d'études équivalentes de spectres d'actions.

3.2.5 **Actions dynamiques**

3.2.5.1 Les modèles d'actions présentés dans les normes SIA 261 et SIA 261/1 tiennent compte des effets dus à l'accélération, soit dans les valeurs caractéristiques, soit au moyen de coefficients dynamiques.

3.2.5.2 Si des actions dynamiques engendrent des accélérations importantes de la structure porteuse, il est nécessaire de procéder à des calculs dynamiques.

3.2.6 **Actions du terrain de fondation**

3.2.6.1 Les actions du terrain de fondation comprennent la poussée des terres et la pression hydraulique. Leurs effets génèrent des contraintes normales effectives, des forces de cisaillement et des déformations du sol. Elles sont en règle générale considérées comme des actions permanentes. Dans certaines situations de dimensionnement, il peut être indiqué de les traiter comme des actions variables ou accidentelles.

- 3.2.6.2 Les actions de la nappe phréatique peuvent être considérées soit comme poussée d'Archimède et pression hydraulique globale (actions permanentes totales et pressions interstitielles absolues), soit comme pression d'écoulement (actions permanentes effectives et surpressions interstitielles).
- 3.2.6.3 Les actions du terrain de fondation seront déterminées sur la base de valeurs caractéristiques découlant des méthodes reconnues de la mécanique des sols.
- 3.2.6.4 La grandeur, la direction et la distribution de la poussée des terres dépendent des propriétés du terrain de fondation, des méthodes d'exécution, de l'effet de la nappe phréatique ainsi que de l'interaction entre le terrain de fondation et le reste de la structure porteuse.
- 3.2.6.5 L'étude de l'interaction entre le terrain de fondation et le reste de la structure porteuse est généralement effectuée à partir de valeurs probables prudentes des rigidités du terrain de fondation et du reste de la structure. Le comportement non linéaire du terrain de fondation doit être pris en considération. Selon la situation de dimensionnement, des valeurs supérieures ou inférieures des rigidités peuvent être déterminantes.
- 3.2.6.6 Les actions des eaux souterraines peuvent correspondre à des situations de dimensionnement durables, transitoires ou accidentelles. Elles seront déterminées en tenant compte soit de la pression hydraulique globale, soit des niveaux d'eau correspondants et des pressions d'écoulement.

3.2.7 Influences de l'environnement

- 3.2.7.1 Les influences de l'environnement doivent être prises en considération lors de la définition du concept de la structure et des dimensions de la structure porteuse, ainsi que lors du choix des matériaux de construction et des dispositions constructives.
- 3.2.7.2 Les effets des actions dues à l'environnement dépendent fortement du mode de construction et doivent, dans la mesure du possible, être exprimés quantitativement selon les indications des normes SIA 261 à 267.
- 3.2.7.3 L'action commune et simultanée de deux ou de plusieurs influences de l'environnement engendre souvent des effets plus graves que ceux résultant de la somme des effets des influences individuelles.

3.3 Modèle de la structure

3.3.1 Généralités

- 3.3.1.1 Le modèle de la structure associe les actions, les données géométriques, ainsi que les propriétés des matériaux de construction et du terrain de fondation pour permettre l'analyse structurale.
- 3.3.1.2 Le modèle de la structure choisi doit être à même de fournir des prévisions sur le comportement de la structure dans les situations de dimensionnement considérées.

3.3.2 Données géométriques

- 3.3.2.1 Les données géométriques sont représentées par des valeurs caractéristiques ou directement par des valeurs de dimensionnement (par exemple les imperfections).
- 3.3.2.2 La valeur caractéristique des données géométriques tirées des plans (dimensions) correspond généralement à la valeur nominale. En revanche, pour les autres données géométriques (par exemple hauteurs de remblai, niveaux de la nappe phréatique), elle est représentée par une valeur probable prudente. Si des limites prescrites pour les écarts dimensionnels peuvent être dépassées, on le consignera dans la base du projet.
- 3.3.2.3 Si la distribution statistique des données géométriques est suffisamment connue, les valeurs de dimensionnement peuvent correspondre à des valeurs de fractiles préalablement fixées.
- 3.3.2.4 Les écarts dimensionnels et les imperfections devant être pris en compte lors de l'élaboration du projet sont indiqués dans les normes SIA 262 à 267.

3.3.3 Propriétés des matériaux de construction et du terrain de fondation

- 3.3.3.1 Les propriétés des matériaux, des produits de construction et celles du terrain de fondation seront représentées par des valeurs caractéristiques définies, par hypothèse, sur la base d'une série d'essais illimitée et qui, avec une probabilité donnée, ne seront dépassées ni vers le haut ni vers le bas.
- 3.3.3.2 Si la vérification d'un état-limite est sensible aux variations d'une propriété d'un matériau de construction ou du terrain de fondation, on utilisera des valeurs caractéristiques inférieures ou supérieures (en général les fractiles 5% et 95%).
- 3.3.3.3 Si la vérification d'un état-limite est peu sensible aux variations d'une propriété d'un matériau de construction ou du terrain de fondation et que, de plus, cette propriété montre une faible dispersion, on pourra admettre une valeur moyenne comme valeur caractéristique.
- 3.3.3.4 En règle générale, les valeurs concernant les propriétés des matériaux et des terrains de fondation seront déterminées par des méthodes d'essais normées respectant des conditions préalablement fixées. Au besoin, on utilisera un facteur de conversion pour transformer les résultats d'essai en valeurs dont on pourra admettre qu'elles sont représentatives de la structure porteuse ou du terrain de fondation.
- 3.3.3.5 La valeur caractéristique des propriétés du terrain de fondation correspond en général à une valeur probable prudente (fractile 5% ou 95% de la dispersion de la valeur moyenne).
- 3.3.3.6 Si les données statistiques sont insuffisantes, on pourra utiliser des valeurs nominales comme valeurs caractéristiques, ou encore on déterminera directement des valeurs de dimensionnement.
- 3.3.3.7 Le cas échéant, on utilisera des valeurs caractéristiques supérieures de résistance des matériaux ou du terrain de fondation, par exemple pour le dimensionnement en capacité ou pour la résistance à la traction du béton lorsque l'on tient compte des déformations imposées ou empêchées.
- 3.3.3.8 La résistance à la fatigue doit être prise en considération selon les dispositions des normes SIA 262 à 265.

3.3.4 Modèles d'analyse pour des actions statiques

- 3.3.4.1 Le modèle d'analyse choisi s'appuiera sur des relations appropriées entre les grandeurs déterminantes de force et de déformation des éléments de construction isolés et de leurs assemblages.
- 3.3.4.2 Les effets du 2^e ordre seront pris en considération, s'ils conduisent à une augmentation significative des effets des actions. Cette application est réglée dans les normes SIA 262 à 266.
- 3.3.4.3 Lors de la détermination des déformations plastiques, on tiendra compte de l'influence de déformations imposées ou empêchées.
- 3.3.4.4 Les déformations imposées par le terrain de fondation seront évaluées à l'aide de valeurs probables prudentes de la rigidité du sol.
- 3.3.4.5 Lorsque le terrain de fondation exerce une influence appréciable sur le comportement de la structure porteuse, l'interaction entre le terrain de fondation et le reste de la structure doit être prise en compte par une modélisation adéquate. L'application est réglée dans la norme SIA 267.

3.3.5 Modèles d'analyse pour des actions dynamiques

- 3.3.5.1 La masse, la rigidité, la résistance ultime et l'amortissement de tous les éléments de construction doivent être représentés de la manière la plus réaliste possible dans le modèle d'analyse.
- 3.3.5.2 Lorsque des actions dynamiques peuvent être considérées comme quasi statiques, elles seront exprimées, dans le cas où elles sont accidentelles, par des forces statiques de remplacement tenant compte de la ductilité de la structure porteuse. Dans le cas d'actions variables, les contributions dynamiques seront soit ajoutées aux valeurs statiques, soit prises en considération par l'intermédiaire de facteurs d'amplification dynamiques. La détermination de certains facteurs d'amplification dynamiques nécessite la connaissance préalable des fréquences propres de vibration.

- 3.3.5.3 En cas de forte interaction entre le terrain de fondation et le reste de la structure porteuse, l'action du terrain de fondation peut être prise en compte au moyen d'une combinaison appropriée de ressorts, de masses et d'amortisseurs. L'application est réglée dans la norme SIA 267.
- 3.3.5.4 Dans des cas particuliers, les actions peuvent être déterminées par un calcul des vibrations, réalisé avec l'hypothèse d'un comportement linéaire en ce qui concerne la géométrie et le matériau de construction. Si la vibration fondamentale est seule déterminante, le calcul des vibrations sera alors remplacé par un calcul faisant intervenir des actions statiques équivalentes. Celles-ci dépendent entre autres de la forme de la vibration, de la fréquence propre et de l'amortissement.
- 3.3.5.5 Dans certains cas, les actions dynamiques peuvent être spécifiées à l'aide de leur variation dans le temps ou par leurs caractéristiques dans le domaine des fréquences.
- 3.3.5.6 Des valeurs indicatives utilisables pour l'appréciation des effets de vibrations à l'état-limite de service sont données dans les annexes A et C.
- 3.3.6 **Modèles d'analyse pour les effets de l'incendie**
- 3.3.6.1 La présente norme et les normes SIA 261 à 266 se limitent à des indications concernant la protection des bâtiments contre l'incendie. Cette dernière a pour objet de limiter l'expansion de l'incendie au secteur touché et d'assurer la protection des personnes contre une défaillance prématurée de la structure porteuse.
- 3.3.6.2 La réalisation des exigences requises pour la protection des bâtiments contre l'incendie sera vérifiée sur la base d'une analyse de l'ensemble ou de parties ou encore d'éléments de la structure porteuse.
- 3.3.6.3 L'analyse structurale pour la situation de dimensionnement Incendie doit être entreprise à l'aide de modèles adéquats qui tiennent compte des actions thermiques et mécaniques, ainsi que du comportement de la structure porteuse soumise à des températures élevées. Des essais pourront compléter l'analyse structurale.
- 3.3.6.4 Les actions thermiques et mécaniques seront déterminées selon les dispositions de la norme SIA 261.
- 3.3.6.5 Le comportement d'une structure porteuse soumise à des températures élevées doit être examiné selon les données des normes SIA 262 à 266 ou analysé sur la base d'essais.

4 DIMENSIONNEMENT

4.1 Généralités

- 4.1.1 Le dimensionnement a pour but de fixer, en accord avec les exigences requises pour la conception de projet, les dimensions, les matériaux de construction (y compris leurs propriétés) et les dispositions constructives applicables à une structure porteuse.
- 4.1.2 En règle générale, le dimensionnement est effectué pour des états-limites. Ceci exige :
- l'établissement de modèles de la structure et de modèles des actions adéquats
 - le choix de modèles d'analyse appropriés
 - le choix de situations de dimensionnement déterminantes
 - la vérification du non-dépassement des états-limites à prendre en compte.
- 4.1.3 En général, les valeurs caractéristiques ou les autres valeurs représentatives spécifiées selon le chiffre 3.2 sont à utiliser en relation avec le concept de vérification selon chiffre 4.4 au moyen de valeurs de dimensionnement.
- 4.1.4 Le cas échéant, des valeurs de dimensionnement seront déterminées directement. Toutefois, la fiabilité liée à cette procédure correspondra au moins à celle du concept de vérification selon chiffre 4.4.
- 4.1.5 Les bases et les résultats du dimensionnement seront indiqués dans les calculs statiques et le rapport technique.
- 4.1.6 La plausibilité des résultats du dimensionnement doit être contrôlée.

4.2 Situations de dimensionnement

- 4.2.1 Les situations de dimensionnement considérées doivent englober toutes les conditions prévisibles pouvant intervenir pendant l'exécution et l'utilisation de l'ouvrage.
- 4.2.2 Les situations de dimensionnement seront réparties en situations durables, transitoires et accidentelles.
- 4.2.3 Les phases de construction peuvent être considérées comme des situations de dimensionnement durables ou transitoires.
- 4.2.4 Les situations de dimensionnement accidentelles comprennent la situation accidentelle elle-même, ou alors se rapportent à la situation qui suit directement l'événement exceptionnel.
- 4.2.5 Les cas de charge correspondant aux situations de dimensionnement doivent être spécifiés.
- 4.2.6 Chaque cas de charge est caractérisé par une action prépondérante et par les actions concomitantes intervenant simultanément avec celle-ci. En règle générale, il suffit de considérer une seule action concomitante variable.
- 4.2.7 Dans le cas de défaillance sans signe annonciateur, on étudiera si les effets dus aux déformations imposées ou entravées doivent être considérés comme action concomitante supplémentaire avec leur valeur rare.

4.3 États-limites

4.3.1 États-limites ultimes

- 4.3.1.1 Les états-limites ultimes concernent :
- la sécurité de la structure porteuse
 - la sécurité des personnes.

- 4.3.1.2 Les états-limites ultimes comprennent:
- la stabilité d'ensemble de la structure porteuse
 - la résistance ultime de la structure porteuse ou d'un de ses éléments, y compris appuis et fondations
 - la résistance à la fatigue de la structure porteuse ou d'un de ses éléments.

4.3.2 États-limites de service

- 4.3.2.1 Les états-limites de service concernent:
- l'aptitude au fonctionnement de l'ouvrage
 - le confort des personnes utilisant l'ouvrage
 - l'aspect de l'ouvrage.
- 4.3.2.2 Les critères de dimensionnement concernant l'aptitude au service peuvent se rapporter:
- aux déformations qui altèrent l'aptitude au fonctionnement ou l'aspect de l'ouvrage, ou qui occasionnent des détériorations aux éléments de construction
 - aux vibrations qui limitent l'aptitude au fonctionnement de l'ouvrage ou réduisent le confort de ses utilisateurs
 - aux défauts d'étanchéité qui limitent l'aptitude au fonctionnement de l'ouvrage ou portent préjudice à son utilisation
 - aux effets des actions spécifiques au mode de construction (par exemple fissures, jeu dans les assemblages) qui altèrent l'aspect de l'ouvrage et la durabilité de la structure porteuse
 - aux valeurs limites des actions de l'environnement (par exemple élévation de la nappe phréatique, crues).

4.4 Vérifications

4.4.1 Généralités

- 4.4.1.1 En principe, on procédera aux vérifications de la sécurité structurale et de l'aptitude au service. Les vérifications seront réalisées à l'aide des valeurs de dimensionnement.
- 4.4.1.2 On peut renoncer à une vérification lorsque celle-ci est manifestement superflue.
- 4.4.1.3 Il est possible de renoncer à l'une des vérifications, si l'on peut montrer que les exigences la concernant sont d'une importance mineure ou que ces exigences peuvent être satisfaites par des mesures constructives. En tous les cas, la procédure choisie doit être documentée dans la base du projet.

4.4.2 Valeurs de dimensionnement

- 4.4.2.1 La valeur de dimensionnement F_d d'une action s'exprime en relation avec (9) par:

$$F_d = \gamma_f F_{rep} \quad (1)$$

ou en relation avec (10) par:

$$F_d = \gamma_F F_{rep} \quad (2)$$

avec le facteur de charge:

$$\gamma_F = \gamma_S \gamma_f \quad (3)$$

Le facteur partiel γ_S exprime certaines incertitudes du modèle concernant les actions et leurs effets.

Le facteur partiel γ_f tient compte des écarts défavorables possibles de la grandeur de l'action par rapport à la valeur représentative F_{rep} .

- 4.4.2.2 La valeur de dimensionnement A_d pour l'action d'un séisme est fixée selon la norme SIA 261, en considérant le comportement de la structure porteuse ainsi que d'autres critères.

4.4.2.3 En règle générale, la valeur de dimensionnement a_d d'une donnée géométrique est donnée par:

$$a_d = a_{nom} \quad (4)$$

Si des écarts par rapport à la valeur nominale exercent une influence importante sur la fiabilité de la structure porteuse, on tiendra compte de cette situation avec:

$$a_d = a_{nom} \pm \Delta a \quad (5)$$

4.4.2.4 La valeur de dimensionnement X_d d'une propriété du matériau de construction ou du terrain de fondation est donnée, en relation avec (11), par:

$$X_d = \frac{\eta X_k}{\gamma_m} \quad (6)$$

ou en relation avec (12) et (13) par:

$$X_d = \frac{\eta X_k}{\gamma_M} \quad (7)$$

avec le facteur de résistance:

$$\gamma_M = \gamma_R \gamma_m \quad (8)$$

Le facteur partiel γ_R tient compte des incertitudes du modèle de résistance. Le facteur partiel γ_m tient compte des écarts défavorables de la propriété du matériau de construction ou du terrain de fondation par rapport à leur valeur représentative X_k . Le facteur de conversion η prend par exemple en considération les influences de l'humidité et de la température, les effets d'échelle, le genre de rupture ou la durée de l'action.

4.4.2.5 La valeur de dimensionnement E_d de l'effet d'une action s'exprime sous la forme générale suivante:

$$E_d = \gamma_S E \{ \gamma_f F_{rep}, X_d, a_d \} \quad (9)$$

En lieu et place de la relation (9) on peut généralement utiliser l'expression suivante:

$$E_d = E \{ \gamma_F F_{rep}, X_d, a_d \} \quad (10)$$

4.4.2.6 S'il faut différencier les effets favorables et défavorables d'une action permanente, on utilisera deux facteurs de charge $\gamma_{G,inf}$ et $\gamma_{G,sup}$. Lorsque la poussée des terres et la pression hydraulique sont traitées comme des actions variables (cf. chiffre 3.2.6.1), on utilisera les deux facteurs de charge $\gamma_{Q,inf}$ et $\gamma_{Q,sup}$.

4.4.2.7 La valeur de dimensionnement R_d de la résistance ultime s'exprime sous la forme générale suivante:

$$R_d = \frac{R \{ X_d, a_d \}}{\gamma_R} \quad (11)$$

Au lieu de (11), on peut généralement utiliser les expressions suivantes:

$$R_d = R \left\{ \frac{\eta X_k}{\gamma_M}, a_d \right\} \quad (12)$$

ou:

$$R_d = \frac{\eta R_k}{\gamma_M} \quad (13)$$

4.4.2.8 Les valeurs de dimensionnement C_d des limites de service seront en règle générale fixées ou convenues en concordance avec les exigences d'utilisation et de manière spécifique au projet. Des valeurs indicatives figurent dans les annexes A à F. On trouvera d'autres valeurs indicatives liées aux spécificités du mode de construction dans les normes SIA 262 à 267.

4.4.3 Vérification de la sécurité structurale

4.4.3.1 On distingue quatre types d'états-limites pour la vérification de la sécurité structurale :

- type 1: lorsque la stabilité d'ensemble d'une structure porteuse est concernée (déversement, soulèvement, soulèvement comme corps rigide par des sous-pressions)
- type 2: lorsque la résistance ultime de la structure porteuse ou d'un de ses éléments est atteinte (défaillance due à une rupture, à des déformations excessives, à la transformation de la structure en un mécanisme ou à la perte de stabilité d'un ou de plusieurs éléments de construction)
- type 3: lorsque la résistance ultime du terrain de fondation est atteinte (glissement de terrain, rupture de talus, rupture de sol)
- type 4: lorsque la résistance à la fatigue de la structure porteuse ou d'un de ses éléments est atteinte.

4.4.3.2 Pour les états-limites du type 1, la sécurité structurale est vérifiée lorsque le critère de dimensionnement suivant est rempli :

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab} \quad (14)$$

4.4.3.3 Pour les états-limites des types 2 et 3, la sécurité structurale est vérifiée lorsque le critère de dimensionnement suivant est rempli :

$$E_d \leq R_d \quad (15)$$

Tableau 1 : Facteurs de charge pour la vérification de la sécurité structurale

Actions	γ_F	État-limite		
		Type 1	Type 2	Type 3
Actions permanentes				
– avec effet défavorable	$\gamma_{G,sup}$	1,10 ¹⁾	1,35 ¹⁾	1,00
– avec effet favorable	$\gamma_{G,inf}$	0,90 ¹⁾	0,80 ¹⁾	1,00
Actions variables				
– en général	γ_Q	1,50	1,50	1,30
– charges dues au trafic routier	γ_Q	1,50	1,50	1,30
– charges dues au trafic ferroviaire				
– modèles de charge 1, 2, 4 à 7	γ_Q	1,45	1,45	1,25
– modèle de charge 3	γ_Q	1,45	1,20	1,25
Actions du terrain de fondation				
Charges de terre				
– avec effet défavorable	$\gamma_{G,sup}$	1,10	1,35 ^{2) 3)}	1,00
– avec effet favorable	$\gamma_{G,inf}$	0,90	0,80	1,00
Poussée des terres				
– avec effet défavorable	$\gamma_{G,Q,sup}$	1,35	1,35	1,00
– avec effet favorable ⁴⁾	$\gamma_{G,Q,inf}$	0,80	0,70	1,00
Pression hydraulique				
– avec effet défavorable	$\gamma_{G,Q,sup}$	1,05	1,20 ³⁾	1,00
– avec effet favorable	$\gamma_{G,Q,inf}$	0,95	0,90	1,00
¹⁾ G est multiplié par $\gamma_{G,sup}$ ou par $\gamma_{G,inf}$, selon que l'effet d'ensemble de l'action est défavorable ou favorable. ²⁾ Pour des hauteurs de remblai de 2 à 6 m, $\gamma_{G,sup}$ peut être réduit linéairement de 1,35 à 1,20. ³⁾ Lors de l'application de la méthode observationnelle, des valeurs réduites sont admises dans certains cas, selon la norme SIA 267. ⁴⁾ Pour la butée des terres exerçant une action favorable, on a $F_d = R_d$, selon la norme SIA 267.				

- 4.4.3.4 Pour les situations de dimensionnement durables et transitoires, les valeurs de dimensionnement des effets des actions selon (10) seront déterminées comme suit:

$$E_d = E\{\gamma_G G_k, \gamma_P P_k, \gamma_{Q1} Q_{k1}, \psi_{0i} Q_{ki}, X_d, a_d\} \quad (16)$$

Les facteurs de charge γ_G et γ_Q , ainsi que les coefficients de réduction ψ_{0i} , sont indiqués dans le tableau 1 et dans les annexes A à F. Les facteurs de charge γ_P sont donnés dans les normes SIA 262 et SIA 267.

Pour les phases de construction, une diminution appropriée des facteurs de charge est admissible en cas d'application de la méthode observationnelle.

- 4.4.3.5 Pour les situations de dimensionnement accidentelles, les valeurs de dimensionnement des effets des actions selon (10) seront généralement déterminées comme suit:

$$E_d = E\{G_k, P_k, A_d, \psi_{2i} Q_{ki}, X_d, a_d\} \quad (17)$$

Les coefficients de réduction ψ_{2i} se trouvent dans les annexes A à F.

- 4.4.3.6 Pour la situation de dimensionnement Choc, il convient de décider de cas en cas si une action variable concomitante de valeur fréquente $\psi_{11} Q_{k1}$ doit encore être prise en compte en plus de l'action accidentelle prépondérante A_d et des actions concomitantes permanentes et quasi permanentes.

- 4.4.3.7 Pour la situation de dimensionnement Incendie, l'action accidentelle prépondérante A_d tient compte d'une part de l'influence de la température sur les propriétés des matériaux de construction et d'autre part des effets des actions liés aux déformations de la structure porteuse sous température élevée.

- 4.4.3.8 Pour les états-limites de type 4, la sécurité structurale est vérifiée lorsque le critère de dimensionnement suivant est rempli:

$$E_d \leq R_d \quad (18)$$

En liaison avec la norme SIA 261, les normes SIA 262 à 265 et SIA 267 règlent la détermination de l'effet de fatigue causé par les charges d'exploitation. Elles fixent les résistances correspondantes et les facteurs partiels.

4.4.4 Vérification de l'aptitude au service

- 4.4.4.1 Les vérifications de l'aptitude au service seront effectuées pour les situations de dimensionnement durables et transitoires, mais aussi, dans des cas particuliers, pour des situations de dimensionnement accidentelles (par exemple séisme touchant la classe d'ouvrages III, selon la norme SIA 261).

- 4.4.4.2 L'aptitude au service est vérifiée lorsque le critère de dimensionnement suivant est rempli:

$$E_d \leq C_d \quad (19)$$

où E_d désigne l'effet déterminant des actions dues aux cas de charge considérés dans la situation de dimensionnement étudiée, et où C_d est la limite de service correspondante.

- 4.4.4.3 En règle générale, on déterminera E_d selon la relation (10), avec $\gamma_F = \gamma_m = 1,0$.

- 4.4.4.4 On distingue trois types de cas de charge pour les situations de dimensionnement durables et transitoires. Les effets des actions correspondants sont obtenus comme suit:

- cas de charge rares

$$E_d = E\{G_k, P_k, Q_{k1}, \psi_{0i} Q_{ki}, X_d, a_d\} \quad (20)$$

- cas de charge fréquents

$$E_d = E\{G_k, P_k, \psi_{11} Q_{k1}, \psi_{2i} Q_{ki}, X_d, a_d\} \quad (21)$$

- cas de charge quasi permanents

$$E_d = E\{G_k, P_k, \psi_{2i} Q_{ki}, X_d, a_d\} \quad (22)$$

Les coefficients de réduction ψ se trouvent dans les annexes A à F.

4.4.4.5 Pour la situation de projet Séisme, on a :

$$E_d = E \{G_k, P_k, A_d, \psi_{2i} Q_{ki}, X_d, a_d\} \quad (23)$$

où la valeur de A_d est réduite de 50% par rapport à la valeur utilisée pour la vérification de la sécurité structurale. Il est ainsi possible de prendre en considération la période de retour réduite dans la vérification de l'aptitude au service. Les coefficients de réduction ψ_{2i} se trouvent dans les annexes A à F. Pour les bâtiments avec éléments incorporés à comportement fragile ou ductile, les déplacements horizontaux par étage seront limités à $1/500$ respectivement à $1/200$ de la hauteur d'étage.

4.5 Dimensionnement sur la base d'essais

4.5.1 Le dimensionnement peut s'appuyer sur des essais, par exemple lorsque :

- les actions, les propriétés des matériaux de construction et du terrain de fondation ne sont pas suffisamment connues
- des modèles d'analyse appropriés ne sont pas disponibles
- une grande quantité d'éléments de construction identiques doivent être utilisés.

4.5.2 Les essais seront programmés, exécutés et évalués de telle sorte que, pour toutes les situations de dimensionnement et pour tous les états-limites déterminants, la structure porteuse montre une fiabilité comparable à celle obtenue habituellement sur la base d'un dimensionnement effectué selon les normes SIA 260 à 267.

4.5.3 Le prélèvement d'échantillons et les conditions d'essais doivent être représentatifs.

4.5.4 Lors de l'évaluation des résultats des essais, des spécifications implicites de sécurité (par exemple la non-consideration de la résistance du béton à la traction) seront prises en compte dans des dispositions comparables à celles des normes SIA 261 à 267.

4.6 Théorie de la fiabilité

4.6.1 Les méthodes de la théorie de la fiabilité peuvent être appliquées au dimensionnement, par exemple pour garantir une robustesse appropriée de l'ouvrage.

4.6.2 Les méthodes de la théorie de la fiabilité seront utilisées dans les situations sortant du domaine d'application de la présente norme et des normes SIA 261 à 267, soit par exemple :

- lors d'actions et de dangers hors du domaine couvert par la norme SIA 261
- dans le cas de systèmes structuraux exceptionnels ou de la géométrie exceptionnelle d'une structure porteuse
- en cas d'utilisation de matériaux de construction, ou de combinaisons de ces matériaux, hors du domaine d'expérience usuel
- dans les cas où une défaillance peut entraîner des conséquences particulièrement graves.

4.6.3 Les méthodes de la théorie de la fiabilité peuvent être appliquées aussi bien pour dimensionner des structures porteuses ou des éléments de construction isolés, que pour fixer des directives de dimensionnement spécifiques aux projets.

ANNEXE A (normative)**BÂTIMENTS**

Tableau 2: Coefficients de réduction pour les bâtiments

Actions	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Charges utiles dans les bâtiments			
– Catégorie A Locaux habitables	0,7	0,5	0,3
– Catégorie B Locaux administratifs	0,7	0,5	0,3
– Catégorie C Locaux de réunion	0,7	0,7	0,6
– Catégorie D Locaux de vente	0,7	0,7	0,6
– Catégorie E Entrepôts	1,0	0,9	0,8
Charges dues au trafic dans les bâtiments			
– Catégorie F Véhicules en dessous de 3,5 t	0,7	0,7	0,6
– Catégorie G Véhicules de 3,5 t à 16 t	0,7	0,5	0,3
– Catégorie H Toits	0	0	0
Charges de neige	$1 - 60/h_0$	$1 - 250/h_0$	$1 - 1000/h_0$
Forces dues au vent	0,6	0,5	0
Effets de la température	0,6	0,5	0
Actions du terrain de fondation			
– Poussée des terres	0,7	0,7	0,7
– Pression hydraulique	0,7	0,7	0,7

Tableau 3: Valeurs indicatives des flèches des planchers et des poutres

État-limite	Conséquences des effets des actions		
	irréversibles	réversibles	réversibles
	Cas de charge		
	rare (20)	fréquent (21)	quasi permanent (22)
Aptitude au fonctionnement			
– Éléments incorporés à caractère fragile	$w \leq l/500$ ^{1) 2)}	$w \leq l/350$ ¹⁾ $w \leq l/350$ ³⁾	
– Éléments incorporés à caractère ductile			
– Utilisation et exploitation			
Confort		$w \leq l/350$ ³⁾	
Aspect			$w \leq l/300$ ⁴⁾
<p>1) Flèche due aux actions, en particulier aux actions à long terme, après le montage de tous les éléments de construction secondaires et la mise en place de l'équipement technique.</p> <p>2) Si des éléments incorporés réagissent de manière particulièrement sensible aux déformations de la structure porteuse, il faut avant tout prévoir des mesures constructives contre les dommages, en plus ou à la place des mesures découlant de la procédure de dimensionnement.</p> <p>3) Flèche due uniquement aux actions variables.</p> <p>4) Flèche, après déduction d'une éventuelle contreflèche. Les éventuels effets à long terme doivent être pris en considération.</p>			
<p>Les flèches seront déterminées selon les indications des normes SIA 262 à 266.</p> <p>Des valeurs limites différentes pour les flèches peuvent être convenues en accord avec les exigences d'utilisation. Elles seront consignées dans la base du projet. Des exigences réduites sont envisageables spécialement pour les éléments de construction secondaires.</p>			

Tableau 4: Valeurs indicatives des déplacements horizontaux de parois, de cadres et de poteaux

État-limite	Conséquences des effets des actions		
	irréversibles	réversibles	réversibles
	Cas de charge		
	rare (20)	fréquent (21)	quasi permanent (22)
Aptitude au fonctionnement – Éléments incorporés à caractère fragile – Éléments incorporés à caractère ductile – Utilisation et exploitation	$u \leq h/500$ ¹⁾²⁾	$u \leq h/200$ ¹⁾ $u \leq H/300$	
Aspect			$u \leq h/250$ ¹⁾
¹⁾ Déplacement horizontal dû aux actions variables. ²⁾ Si des éléments incorporés réagissent de manière particulièrement sensible aux déformations de la structure porteuse, il faut avant tout prévoir la prise de mesures constructives contre les dommages, en plus ou à la place des mesures découlant de la procédure de dimensionnement.			
Les déplacements horizontaux seront déterminés selon les normes SIA 262 à 266. Des valeurs limites différentes pour les déplacements horizontaux peuvent être convenues dans le cadre des exigences d'utilisation. Elles seront consignées dans la base du projet. Pour les ponts roulants en particulier, on pourra envisager des exigences plus élevées (cf. annexe F).			

Tableau 5: Valeurs indicatives des fréquences propres pour les bâtiments

État-limite	Fréquence propre [Hz]
Confort – Halles de gymnastique et de sport – Locaux de danse et salles de concert	$f > 8,0$ $f > 7,0$
Des fréquences propres différentes des valeurs indicatives proposées sont admissibles, si un calcul dynamique plus précis tenant compte de l'amortissement est effectué.	

ANNEXE B (normative)**PONTS-ROUTES**

Tableau 6: Coefficients de réduction pour les ponts-routes

Actions	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Charges verticales			
– Modèle de charge 1	0,75	0,75	0
– Modèle de charge 3	0	0	0
Forces horizontales ¹⁾	0,75	0,75	0
Charges de neige ²⁾	0,6	0,2	0
Forces dues au vent	0,6	0,2	0
Effets de la température	0,6	0,6	0,5
Actions du terrain de fondation			
– Poussée des terres	0,7	0,7	0,7
– Pression hydraulique	0,7	0,7	0,7

¹⁾ On admettra que les forces horizontales agissent simultanément avec le modèle de charge 1.
²⁾ Les charges de neige ne seront considérées comme action concomitante que pour les ponts couverts.

Tableau 7: Valeurs indicatives des flèches des ponts-routes

État-limite	Conséquences des effets des actions		
	irréversibles	réversibles	réversibles
	Cas de charge		
	rare (20)	fréquent (21)	quasi permanent (22)
Aptitude au fonctionnement			
– Déplacement vertical relatif au joint de transition de la chaussée		$\delta_v \leq 5 \text{ mm}$ ^{1) 2) 3)}	
Confort		$w \leq l/500$ ⁴⁾	
Aspect			$w \leq l/700$ ^{1) 2)}
<p>¹⁾ Flèche après déduction d'une éventuelle contreflèche. Les éventuels effets à long terme dus au retrait, à la relaxation ou au fluage doivent être pris en considération.</p> <p>²⁾ Flèche due aux actions, en particulier aux actions à long terme, après le montage de l'équipement technique principal</p> <p>³⁾ Si des éléments incorporés réagissent de manière particulièrement sensible aux déformations de la structure porteuse, il faut avant tout prévoir la prise de mesures techniques contre les dommages, en plus ou à la place des mesures découlant de la procédure de dimensionnement. Les directives émises par les fabricants et les soumissionnaires des produits de construction doivent être respectées.</p> <p>⁴⁾ Flèche due à la valeur fréquente du modèle de charge 1.</p>			
<p>Les flèches seront déterminées selon les indications des normes SIA 262 à 266.</p> <p>Des valeurs limites différentes pour les flèches peuvent être convenues en accord avec les exigences d'utilisation. Elles seront consignées dans la base du projet. Des exigences réduites sont envisageables spécialement pour les éléments de construction secondaires.</p>			

ANNEXE C (normative)**PASSERELLES POUR PIÉTONS ET CYCLISTES**

Tableau 8: Coefficients de réduction pour les passerelles pour piétons et cyclistes

Actions	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Charges verticales			
– Modèle de charge 1	0,4	0,4	0
– Modèle de charge 2	0	0	0
Forces horizontales ¹⁾	0,4	0,4	0
Charges de neige ²⁾	0,6	0,2	0
Forces dues au vent	0,6	0,2	0
Effets de la température	0,6	0,6	0,5
Actions du terrain de fondation			
– Poussée des terres	0,7	0,7	0,7
– Pression hydraulique	0,7	0,7	0,7
¹⁾ On admettra que les forces horizontales agissent simultanément avec le modèle de charge 1. ²⁾ Les charges de neige ne seront considérées comme action concomitante que pour les ponts couverts.			

Tableau 9: Valeurs indicatives des flèches des passerelles pour piétons et cyclistes

État-limite	Conséquences des effets des actions		
	irréversibles	réversibles	réversibles
	Cas de charge		
	rare (20)	fréquent (21)	quasi permanent (22)
Aptitude au fonctionnement			
– Flèche de la travée			$w \leq l/700$ ^{1) 2) 3)}
– Déplacement vertical relatif au joint de transition de la chaussée		$\delta_v \leq 5 \text{ mm}$ ^{1) 2) 3)}	
Confort		$w \leq l/600$ ⁴⁾	
Aspect			$w \leq l/700$ ^{1) 2)}
¹⁾ Flèche après déduction d'une éventuelle contreflèche. Les éventuels effets à long terme dus au retrait, à la relaxation ou au fluage doivent être pris en considération. ²⁾ Flèche due aux actions, en particulier aux actions à long terme, après le montage de l'équipement technique principal. ³⁾ Si des éléments incorporés réagissent de manière particulièrement sensible aux déformations de la structure porteuse, il faut avant tout prévoir la prise de mesures techniques contre les dommages, en plus ou à la place des mesures découlant de la procédure de dimensionnement. Les directives émises par les fabricants et les soumissionnaires des produits de construction doivent être respectées. ⁴⁾ Flèche due aux actions du modèle de charge 1.			
Les flèches seront déterminées selon les indications des normes SIA 262 à 266.			
Des valeurs limites différentes pour les flèches peuvent être convenues en accord avec les exigences d'utilisation. Elles seront consignées dans la base du projet. Des exigences réduites sont envisageables spécialement pour les éléments de construction secondaires.			

Tableau 10: Valeurs indicatives des fréquences propres des passerelles pour piétons et cyclistes

État-limite	Fréquence propre [Hz]
Confort	
– Vibrations verticales	$f > 4,5$ ou $f < 1,6$
– Vibrations horizontales (transversales)	$f > 1,3$
– Vibrations horizontales (longitudinales)	$f > 2,5$
Des fréquences propres différentes des valeurs indicatives proposées sont admissibles, si un calcul dynamique plus précis tenant compte de l'amortissement est effectué.	

ANNEXE D (normative)**PONTS-RAILS À VOIE NORMALE**

Tableau 11: Coefficients de réduction pour les ponts-rails à voie normale

Actions	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Charges verticales			
– Modèle de charge 1	1,0	1,0 ¹⁾	0 ²⁾
– Modèle de charge 2	1,0	1,0 ¹⁾	0 ²⁾
– Modèle de charge 3	0	1,0	0 ³⁾
Forces horizontales ⁴⁾	1,0	1,0 ¹⁾	0
Forces dues au vent			
– En général	0,8	0,5	0
– Forces aérodynamiques dues au trafic ferroviaire	1,0	0,5	0
Effets de la température	0,6	0,6	0,5
Actions du terrain de fondation			
– Poussée des terres	0,7	0,7	0,7
– Pression hydraulique	0,7	0,7	0,7
¹⁾ Valable pour deux voies chargées. ²⁾ Valable en général pour la situation de dimensionnement Séisme $\psi_2 = 0,3$ pour la situation de dimensionnement Choc $\psi_2 = 1,0$. ³⁾ Valable en général pour la situation de dimensionnement Déraillement $\psi_2 = 1,0$. ⁴⁾ On admettra que les forces horizontales agissent simultanément avec les forces verticales, dans l'optique des groupes d'actions.			

Tableau 12: Valeurs indicatives des déformations des ponts-rails à voie normale

État-limite	Conséquences des effets des actions		
	irréversibles	réversibles	réversibles
	Cas de charge		
	rare (20)	fréquent (21) ¹⁾	quasi permanent (22)
Aptitude au fonctionnement ²⁾ – Flèches ³⁾ – $v \leq 80$ km/h – $80 \text{ km/h} < v \leq 200$ km/h – Gauche de la voie ⁴⁾ – $v \leq 120$ km/h – $120 \text{ km/h} < v \leq 200$ km/h – $v > 200$ km/h – Déplacement vertical relatif de l'extrémité du tablier derrière les culées ⁵⁾ – $v \leq 160$ km/h – $v > 160$ km/h		$w \leq l/800$ $w \leq l/(15v-400)$ $\alpha_t \leq 1,0$ mrad/m $\alpha_t \leq 0,7$ mrad/m $\alpha_t \leq 0,3$ mrad/m $\delta_v \leq 3$ mm $\delta_v \leq 2$ mm	
Aspect			$w \leq l/700$ ^{6) 7)}
¹⁾ Seule la flèche due à l'action variable prépondérante sera prise en considération. ²⁾ Pour les structures porteuses à plusieurs voies, l'aptitude au fonctionnement doit être vérifiée jusqu'à la charge simultanée de deux voies. Les limites de service sont applicables aux structures porteuses à voies ballastées. Les limites de service pour les voies sans ballast seront fixées en accord avec l'autorité de surveillance. ³⁾ Flèche due au modèle de charge 1 ou 2 incluant les coefficients Φ et α . Le coefficient α peut être admis égal à 1,0. ⁴⁾ Gauche déterminant dû au : – modèle de charge 1 ou 2 incluant les coefficients Φ et α ainsi que les forces horizontales correspondantes, ou au – modèle de charge 3 incluant le coefficient Φ ainsi que les forces horizontales correspondantes. ⁵⁾ Déplacement vertical relatif dû au : – modèle de charge 1 ou 2 incluant les coefficients Φ et α . ⁶⁾ Flèche après déduction d'une éventuelle contreflèche. Les éventuels effets à long terme dus au retrait, à la relaxation ou au fluage doivent être pris en considération. ⁷⁾ Flèche due aux actions, en particulier aux actions à long terme, après le montage de l'équipement technique principal.			
Les déformations seront déterminées selon les indications des normes SIA 262 à 266. Des écarts par rapport aux limites de service peuvent être convenus en accord avec l'autorité de surveillance. Ils seront consignés dans la convention d'utilisation. On pourra envisager des exigences réduites pour les éléments de construction secondaires et pour des tronçons particuliers, par exemple avec voies de raccordement ou avec voies à plusieurs rails.			

ANNEXE E (normative)**PONTS-RAILS À VOIE ÉTROITE**

Tableau 13: Coefficients de réduction pour les ponts-rails à voie étroite

Actions	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Charges verticales			
– Modèle de charge 4	1,0	1,0 ¹⁾	0 ²⁾
– Modèle de charge 5	1,0	1,0 ¹⁾	0 ²⁾
– Modèle de charge 6	0	1,0	0
– Modèle de charge 7	0	1,0	0
Forces horizontales ³⁾	1,0	1,0 ¹⁾	0
Forces dues au vent			
– En général	0,8	0,5	0
– Forces aérodynamiques dues au trafic ferroviaire	1,0	0,5	0
Effets de la température	0,6	0,6	0,5
Actions du terrain de fondation			
– Poussée des terres	0,7	0,7	0,7
– Pression hydraulique	0,7	0,7	0,7
¹⁾ Valable pour deux voies chargées. ²⁾ Valable en général pour la situation de dimensionnement Séisme $\psi_2 = 0$ pour la situation de dimensionnement Choc $\psi_2 = 0,3$ $\psi_2 = 1,0$. ³⁾ On admettra que les forces horizontales agissent simultanément avec les forces verticales, dans l'optique des groupes d'actions.			

Tableau 14: Limites de service pour les ponts-rails à voie étroite

État-limite	Conséquences des effets des actions		
	irréversibles	réversibles	réversibles
	Cas de charge		
	rare (20)	fréquent (21) ¹⁾	quasi permanent (22)
Aptitude au fonctionnement ²⁾ – Flèches ³⁾ – $v \leq 80$ km/h – $80 \text{ km/h} < v \leq 120$ km/h – Gauche de la voie ⁴⁾ – Déplacement vertical relatif de l'extrémité du tablier derrière les culées ⁵⁾		$w \leq l/800$ $w \leq l/(15v-400)$ $\alpha_t \leq 1,0$ mrad/m $\delta_v \leq 3$ mm	
Aspect			$w \leq l/700$ ⁶⁾
¹⁾ Seule la flèche due à l'action variable prépondérante sera prise en considération. ²⁾ Pour les structures porteuses à plusieurs voies, l'aptitude au fonctionnement doit être vérifiée jusqu'à la charge simultanée de deux voies. Les limites de service sont applicables aux structures porteuses à voies ballastées. Les limites de service pour les voies sans ballast seront fixées en accord avec l'autorité de surveillance. ³⁾ Flèche due au modèle de charge 4 ou 5, le cas échéant au modèle de charge 6 ou 7, incluant les coefficients Φ et α . Le coefficient α peut être admis égal à 1,0. ⁴⁾ Gauche dû aux forces horizontales et au modèle de charge 4 ou 5, le cas échéant au modèle de charge 6 ou 7, incluant les coefficients Φ et α . ⁵⁾ Déplacement vertical relatif dû aux actions à prendre en considération pour la détermination de la flèche. ⁶⁾ Flèche après déduction d'une éventuelle contreflèche. Les éventuels effets à long terme dus au retrait, à la relaxation ou au fluage doivent être pris en considération.			
Les déformations seront être déterminées selon les indications des normes SIA 262 à 266. Des écarts par rapport aux limites de service peuvent être convenus en accord avec l'autorité de surveillance. Ils seront consignés dans la convention d'utilisation. On pourra envisager des exigences réduites pour les éléments de construction secondaires et pour des tronçons particuliers, par exemple avec voies de raccordement ou avec voies à plusieurs rails.			

ANNEXE F (normative)**PONTS ROULANTS**

Tableau 15: Coefficients de réduction pour les ponts roulants

Actions	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Charges du pont roulant	1,0	1,0	0
Forces horizontales ¹⁾	1,0	1,0	0
Charges de neige	$1 - 60/h_0$	$1 - 250/h_0$	$1 - 1000/h_0$
Forces dues au vent	0,6	0,5	0
Effets de la température	0,6	0,5	0
Actions du terrain de fondation			
– Poussée des terres	0,7	0,7	0,7
– Pression hydraulique	0,7	0,7	0,7

¹⁾ On admettra que les forces horizontales agissent simultanément avec les charges du pont roulant.

Tableau 16: Valeurs indicatives pour les flèches et les déplacements des voies de roulement des ponts roulants et pour leurs poteaux

État-limite	Conséquences des effets des actions		
	irréversibles	réversibles	réversibles
	Cas de charge		
	rare (20)	fréquent (21)	quasi permanent (22)
Aptitude au fonctionnement ^{1) 2)}			
– Voies de roulement, utilisation et exploitation		$w \leq l/700$ ³⁾	
– Poteaux, utilisation et exploitation		$u \leq l/800$ $u \leq h/300$ $\Delta u \leq 0,02 \text{ m}$ ⁴⁾	
¹⁾ Dus aux actions variables ²⁾ Charges du pont roulant sans coefficient dynamique. ³⁾ Lorsque plusieurs ponts roulants peuvent circuler sur une même voie de roulement, on tiendra compte, dans le cas normal, de deux ponts roulants circulant de façon indépendante. ⁴⁾ Différence de déplacement entre deux poteaux se faisant face, à la hauteur des rails.			
Les déplacements horizontaux seront déterminés selon les indications des normes SIA 262 à 266.			
Des valeurs limites différentes pour les déplacements horizontaux peuvent être convenues dans le cadre des exigences d'utilisation. Elles seront consignées dans la base du projet.			

Sigles des organisation représentées dans la Commission SIA 260

OFROU Office Fédéral des Routes

OFT Office Fédéral des Transports

Empa Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt

EPFL École Polytechnique Fédérale de Lausanne

Commission SIA 260

Président	Eugen Brühwiler, prof. dr ing. dipl. EPF, Lausanne	EPFL
Membres	Manuel Alvarez, dr ing. dipl. EPF, Berne Andrea Bassetti, dr ing. dipl. EPF, Zurich Glauco Feltrin, dr ing. dipl. EPF, Dübendorf Christoph Haas, ing. dipl. EPF, Zurich Thomas P. Lang, ing. dipl. EPF, Berne Jean-Christophe Putallaz, ing. dipl. EPF, Sion	OFROU Bureau d'études Empa Bureau d'études OFT Administration
Procès-verbaux	Jürg Fischer, ing. dipl. HTL, Zurich	SIA

Adoption et validité

La Commission centrale des normes de la SIA a adopté la présente norme SIA 260 le 4 juin 2013.

Elle est valable à partir du 1^{er} août 2013.

Elle remplace la norme SIA 260 *Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses*, édition 2003.

Copyright © 2013 by SIA Zurich

Tous les droits de reproduction, même partielle, de copie, intégrale ou partielle (photocopie, microcopie, CD-ROM, etc.), d'enregistrement sur ordinateur et de traduction sont réservés.