
NORME INTERNATIONALE 4356

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

Bases du calcul des constructions — Déformations des bâtiments à l'état limite d'utilisation

Bases for the design of structures — Deformations of buildings at the serviceability limit states

iTeh STANDARD PREVIEW

Première édition — 1977-11-15 **(standards.iteh.ai)**

[ISO 4356:1977](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/89d2a8ce-5e8c-4733-bb91-7391efb9b290/iso-4356-1977>

CDU 624.044

Réf. n° : ISO 4356-1977 (F)

Descripteurs : bâtiment, conception, projet de construction, règle de construction, déformation, stabilité, conditions générales, durée de vie.

AVANT-PROPOS

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme internationale ISO 4356 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 98, *Bases du calcul des constructions*, et a été soumise aux comités membres en juillet 1976.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

Afrique du Sud, Rép. d'	France	Portugal
Allemagne	Hongrie	Roumanie
Autriche	Inde	Royaume-Uni
Brésil	Israël	Suède
Canada	Mexique	Tchécoslovaquie
Chili	Norvège	Turquie
Corée, Rép. de	Nouvelle-Zélande	
Espagne	Pologne	

Les comités membres des pays suivants l'ont désapprouvée pour des raisons techniques :

Australie
Belgique
Danemark
U.R.S.S.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/89d2a8ce-5e8c-4733-bb91-7391efb9b290/iso-4356-1977>

SOMMAIRE	Page
0 Introduction	1
1 Objet	1
2 Domaine d'application	1
2.1 Types de bâtiments considérés.	1
2.2 Bâtiments adjacents.	1
3 Causes des déformations	1
4 Déformations – Conséquences et remèdes	2
5 Nature des limitations à considérer	2
6 Niveaux des actions à prendre en considération	2
7 Déformations affectant la résistance et la stabilité propres – Rappel	3
7.1 Chargement excentré des murs et piliers.	3
7.2 Résonance.	3
8 Déformations affectant l'utilisation	3
8.1 Déformations affectant d'autres éléments porteurs dans la zone voisine de l'appui.	3
8.2 Déformations affectant l'aspect.	5
8.3 Déformations affectant l'emploi de la construction	5
8.4 Déformations nécessitant une approche globale	6
9 Méthodes d'évaluation des déformations probables	7
10 Responsabilité de l'ingénieur d'étude	7
11 Exceptions	7
Annexes	
A Quelques difficultés pouvant être évitées par des mesures appropriées	8
B Terminologie	9
C Bibliographie	11
D Résumé des recommandations	12

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 4356:1977

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/89d2a8ce-5e8c-4733-bb91-7391efb9b290/iso-4356-1977>

Bases du calcul des constructions – Déformations des bâtiments à l'état limite d'utilisation

0 INTRODUCTION

Les problèmes posés par les déformations exigent beaucoup de réflexion de la part du projeteur et il y a plus d'une façon de résoudre certains d'entre eux.

L'intention de ce document est d'aider le projeteur à identifier les aspects des déformations qui affectent l'aptitude d'un bâtiment à remplir, le rôle pour lequel il a été conçu, et à définir certains critères selon lesquels cette aptitude peut être vérifiée. En outre, pour certains de ces critères, des valeurs numériques sont suggérées et sont susceptibles de servir de guide. Les normes nationales peuvent adopter des valeurs différentes, en fonction de considérations propres.

Les recommandations concernant les critères de déformation et les suggestions relatives aux valeurs limites sont données en annexe D (tableaux 1 et 2).

Les méthodes employées par le projeteur, pour essayer de faire en sorte que le bâtiment réponde à ces critères, ne sont pas en elles-mêmes l'objet de la présente Norme internationale. Néanmoins, étant donné la grande étendue des valeurs acceptables pour certains de ces critères et compte tenu également de la difficulté d'estimer les déformations, il semble que le projeteur, comme aussi l'autorité chargée du contrôle, accueillerait favorablement des conseils tendant à une unification des spécifications et des niveaux de satisfaction, d'autant plus que l'économie des bâtiments modernes est sans cesse davantage déterminée pour les déformations et l'entretien avec la nécessité de préciser la responsabilité générale du projeteur.

Des propositions sont donc présentées ici au sujet des méthodes que les normes nationales devraient fixer pour le contrôle des déformations.

1 OBJET

La présente Norme internationale établit les principes de base à adopter quand on fixe des normes nationales, des règlements et des recommandations concernant les déformations des bâtiments à l'état limite d'utilisation.

2 DOMAINE D'APPLICATION

2.1 Types de bâtiments considérés

La présente Norme internationale s'applique aux déformations à l'état limite d'utilisation des bâtiments tels que habitations, bureaux, bâtiments publics et usines.

Elle ne s'applique pas aux déformations des ponts, routes, pylônes, constructions souterraines, ou des constructions à usages spéciaux tels que les centrales nucléaires et les installations industrielles. Cependant, certains principes sur lesquels repose la présente Norme internationale peuvent servir de guide lors de l'examen des déformations de ces autres constructions.

2.2 Bâtiments adjacents

Bien que l'on ne désire pas que les déformations d'un bâtiment entraînent l'endommagement des bâtiments adjacents ou incommode leurs occupants ou le public, ces questions font normalement l'objet de textes législatifs ou réglementaires et n'ont pas à être traitées dans la présente Norme internationale. Cependant, l'attention est attirée sur le fait que prévoir des joints de déformation entre les bâtiments adjacents et éviter l'interférence avec les fondations voisines constituent de bonnes pratiques normales dans la construction des bâtiments.

3 CAUSES DES DÉFORMATIONS

Les déformations sont causées par l'exploitation des mines ou par d'autres mouvements de terrain importants, par des tassements différentiels de fondations, par des charges statiques et dynamiques, par des forces de précontrainte, par des effets thermiques et par des variations dimensionnelles des matériaux de construction provoquées par des modifications de la teneur en humidité ou dans la composition chimique.

4 DÉFORMATIONS – CONSÉQUENCES ET REMÈDES

Outre qu'elles peuvent affecter la résistance ou la stabilité d'une construction, les déformations peuvent affecter l'utilisation, en endommageant les parties adjacentes du bâtiment, en incommodant les personnes ou en leur causant des troubles, ou en empêchant d'utiliser correctement le bâtiment.

Dans bien des cas, le projeteur peut être en mesure d'éviter les conséquences néfastes, soit en supprimant la cause d'origine, soit en prenant des précautions appropriées aux stades de l'étude et de la construction pour permettre à tout ou partie des déformations de se produire librement, avant ou après l'achèvement du bâtiment, en masquant l'effet du risque éventuel par une construction appropriée ou par un motif décoratif. Cette façon de procéder présente l'avantage de ne pas nécessiter une évaluation précise de la grandeur des causes et de leurs conséquences. On peut l'adopter quand les déformations et les méthodes de construction sont compatibles avec les autres impératifs de la réalisation. Certaines difficultés pouvant être surmontées de cette façon sont énumérées dans l'annexe A.

Les contre-flèches permettent de réduire la valeur finale des flèches et des écarts de position. L'usage normal des contre-flèches est de compenser la déformation causée par le poids propre, ainsi que par d'autres charges permanentes et de longue durée.

Dans d'autres cas, il arrive que le projeteur n'ait pas d'autre solution que d'assurer une rigidité suffisante pour limiter les déformations et réduire ainsi leurs effets à un point qui les rende acceptables ce qui produit inévitablement l'augmentation du coût de l'ouvrage. En fait, il peut choisir soit d'agir ainsi, soit de combiner les deux approches. Quand il y a lieu de fixer des limitations, l'on se réfère aux indications des chapitres suivants.

5 NATURE DES LIMITATIONS À CONSIDÉRER

Il peut être nécessaire d'appliquer des limites aux fléchissements ou aux écarts de position verticaux et horizontaux, aux inclinaisons, aux courbures, à la largeur des fissures ou aux effets des vibrations.

NOTE — Les déformations d'une poutre ou d'une dalle sont essentiellement des fléchissements, des rotations ou des courbures. Cependant, dans ce document, les conditions à respecter sont spécifiées sous la forme de fléchissement, ou de fléchissement en fonction de la portée, car c'est le paramètre le plus facile à observer. Dans le cas de portée simple sous charge uniformément répartie, la pente aux extrémités peut être prise égale à trois fois le rapport entre le fléchissement au milieu de la partie, et la partie et le rayon de courbure au milieu de la portée égal à la portée divisée par dix fois le rapport du fléchissement à la portée. Les codes nationaux peuvent exprimer ces limitations sous forme de rotation ou de courbure équivalente, s'ils le désirent.

6 NIVEAUX DES ACTIONS À PRENDRE EN CONSIDÉRATION

Pour fixer les limites de déformation, il est nécessaire d'examiner les niveaux auxquels les actions causant des

déformations doivent être supposées se produire. Leur définition est essentielle, si l'on veut que les projeteurs et les autorités chargées du contrôle puissent trouver une base commune d'évaluation et de contrôle des déformations.

Parmi les facteurs à considérer dans cet examen, il y a lieu de mentionner :

- a) les limites dans lesquelles on dispose de renseignements sur les actions ou les propriétés en cause et le degré de corrélation des éventuels indicateurs du comportement;
- b) la réponse possible du bâtiment ou de l'élément de structure considéré, eu égard à la durée de l'action en question;
- c) la probabilité de voir se produire simultanément plusieurs actions contribuant à provoquer un certain genre de déformation;
- d) les degrés d'insatisfaction correspondants.

En ce qui concerne le point c), on notera qu'il s'agit à la fois de variations spatiales et chronologiques des actions à prendre en compte. On notera aussi que, si les données nécessaires sont disponibles, une évaluation de la probabilité combinée peut être faite. En l'absence de données suffisantes, il devient nécessaire d'adopter un autre moyen de tenir compte des niveaux réduits de plusieurs actions pouvant agir simultanément.

Au sujet du point d), on notera que la définition très nette de l'état limite ultime ne se retrouve généralement pas aux états limites d'utilisation et qu'il y a, habituellement, un large éventail de niveaux acceptables de déformation qui dépend des caractéristiques des matériaux des ouvrages secondaires, des réactions des individus et des possibilités et du prix de revient de la réparation. À ce propos, il convient de noter qu'en cas d'actions naturelles affectant simultanément de grandes étendues, telles que le vent, la neige ou les tremblements de terre dont les valeurs caractéristiques reposent sur des probabilités dépendant davantage du temps que de l'espace, le niveau acceptable de désordre dû aux déformations dépend du nombre de bâtiments soumis simultanément au risque et de l'acceptabilité de certains effets des calamités naturelles.

En considération de ces réflexions, il est recommandé que les codes nationaux appuyent leurs exigences sur ce qui suit :

- 1) les actions à prendre en considération, quand on spécifie ou vérifie des déformations, doivent être celles dont la durée est appropriée à la réponse du bâtiment ou de l'élément affecté;
- 2) s'agissant d'actions permanentes, d'actions temporaires de longue durée, d'actions temporaires de courte durée affectant de nombreux bâtiments au cours d'une même année, les niveaux de ces actions doivent être ceux des valeurs caractéristiques;

3) il est possible de fixer une valeur plus faible que cette valeur caractéristique quand deux ou plus de deux des actions ci-dessus se produisent simultanément, ou quand il est peu probable qu'une action de courte durée affecte de nombreux bâtiments au cours de la même année.

7 DÉFORMATIONS AFFECTANT LA RÉSISTANCE ET LA STABILITÉ PROPRES – RAPPEL

Les déformations affectant la résistance et la stabilité d'une construction ou de certaines de ses parties sont prises en considération au cours de l'étude structurelle de l'état limite ultime et, en général, elles ne figurent pas parmi les points à développer dans la présente Norme internationale. Néanmoins, il est souhaitable de rappeler aux projecteurs certains cas d'instabilité statique ou dynamique où les conditions existantes au cours de l'usage normal de la construction peuvent avoir un effet considérable sur l'état limite ultime.

7.1 Chargement excentré des murs et piliers

Un chargement excentré des murs et des piliers peut résulter des déviations structurelles excessives, d'un faux aplomb de ces éléments ou de fléchissements des planchers ou des charpentes. Dans l'un et l'autre cas, les effets peuvent être progressifs et conduire à la ruine.

7.1.1 Chargement excentré dû à de faux aplombs

Le faux aplomb d'éléments verticaux peut être dû à des écarts de construction, ou aux effets du vent ou d'une charge permanente ou d'exploitation ou de charges de neige agissant de façon excentrique ou provoquant un tassement différentiel. La présence d'éléments raidisseurs, tels que des murs de contreventement, des zones à noyau central ou des cages d'escalier fermées, peut améliorer la stabilité.

7.1.2 Chargement excentré dû à la rotation des planchers ou des charpentes

Un chargement de pente des planchers ou des charpentes aux points d'appui sur les murs ou sur les piliers qui les soutiennent, se produisant après la construction, peut produire un chargement de ces derniers qui soit à la fois excentré et incliné. Ces changements de pente peuvent être dus aux effets des charges permanentes ou des charges de neige et des charges d'exploitation sur les planchers ou sur les pièces de charpente, les charges permanentes provoquant des fléchissements par fluage et les charges de neige et les charges d'exploitation aboutissant à un fléchissement élastique et, éventuellement, à un fléchissement par fluage.

Il est difficile pour un projecteur de traiter ce problème s'il n'est pas informé de la déformation probable du plancher ou de la pièce de charpente, comme cela peut être le cas si ces derniers n'ont pas été étudiés par lui.

(L'ingénieur d'étude souhaite également tenir compte du tassement différentiel sous l'ensemble du poids mort et des charges permanentes et d'exploitation.)

7.2 Résonance

Une quasi coïncidence des fréquences des vibrations imposées et des vibrations naturelles peut provoquer la résonance de tout élément de construction. L'intensité de cette résonance peut être réduite par un réglage approprié de l'une ou l'autre des deux fréquences, ou par la mise en place d'une isolation aux vibrations ou par un amortissement approprié. Le problème se pose principalement lorsque la force appliquée est importante, c'est-à-dire dans des auditoriums, des salles de bal, des tribunes de stade et dans des constructions ayant des planchers suspendus de grande portée, dont la fréquence naturelle est d'environ 1 à 5 Hz, ou contenant des machines créant de grandes forces non équilibrées.

8 DÉFORMATIONS AFFECTANT L'UTILISATION

Les déformations, qui peuvent ne pas affecter la résistance ou la stabilité d'une construction, peuvent endommager des éléments (porteurs ou non) des finitions et revêtements protecteurs. Elles peuvent produire un effet psychologique, au point même d'être alarmantes. Finalement, elles peuvent être telles qu'elles empêchent effectivement d'utiliser le bâtiment pour l'usage pour lequel il était conçu ou que la santé de ses occupants soit menacée. Certaines déformations peuvent produire plusieurs effets de nature différente.

8.1 Déformations affectant d'autres éléments porteurs dans la zone voisine de l'appui

8.1.1 Fissuration et épaulement des murs aux points d'appui des planchers et des charpentes

Un changement de pente des planchers et des charpentes à leur jonction avec les murs qui les soutiennent et le soulèvement des angles insuffisamment retenus de dalles de plancher rigides en torsion peuvent causer des fissurations horizontales (particulièrement malencontreuses dans le cas de planchers s'étendant jusqu'à la partie antérieure du mur extérieur), ainsi que l'épaulement des finitions intérieures ou extérieures. Les actions impliquées sont la charge permanente, qui provoque un fléchissement par fluage, les charges d'exploitation du plancher et les charges de neige, qui causent un fléchissement élastique et un fléchissement par fluage.

Un tassement différentiel et les effets du vent peuvent également provoquer des fissurations et des épaulements de ce genre. Les variations de température et d'humidité des finitions peuvent également être impliquées. Des limites plus sévères peuvent être nécessaires si des poutres de renfort de grande hauteur sont incorporées au mur.

8.1.2 Fissuration et écaillage des plafonds

Une courbure du plancher ou de la charpente peut provoquer une fissuration de la finition sur la face inférieure des dalles de béton. Une courbure se produisant après le plâtrage peut causer une fissuration du plâtre dans la zone médiane et un écaillage dans les zones de courbure négative. Cela peut être dû à la charge permanente des

planchers et des toits, responsable d'un fléchissement par fluage, ou aux charges d'exploitation et de neige, causant un fléchissement instantané et éventuellement un fléchissement par fluage. Des variations répétées de température et d'humidité peuvent également être impliquées. Une bonne extensibilité du plâtre et une bonne répartition des charges concentrées sont des facteurs d'amélioration, tout comme l'est également le fait que les fissures peuvent être recouvertes d'une nouvelle finition. La limite à assigner à la fissuration est en grande partie subjective, mais elle dépend de la destination du bâtiment.

8.1.3 Fissuration et écaillage des cloisons fragiles et des murs non porteurs

À part la fissuration, l'écaillage et le bombement local dus à des variations dimensionnelles, liées à la température et à l'humidité, des cloisons elles-mêmes ou des structures porteuses, la détérioration de cloisons fragiles peut résulter de tassements différentiels des fondations, de fléchissements des planchers ou des charpentes, ou de déformations transversales du bâtiment.

L'appréciation des dommages est à faire en fonction des contraintes totales de tension ou de compression dues à toutes les causes, ainsi que des renseignements sur les caractéristiques limites en traction et en compression des cloisons, de leurs conséquences sur le nombre et la largeur des fissures, des encastresments s'opposant au mouvement et de l'importance de la fissuration qui peut être admise pour un type donné de finition de surface et suivant la destination assignée au bâtiment. Cette manière de procéder n'est pas encore suffisamment développée et, en attendant, il est recommandé de traiter séparément les déformations dues à des causes diverses. Les valeurs limites suggérées peuvent permettre une certaine fissuration. Dans les cas où l'on ne peut pas admettre cette tolérance, on peut faire appel à une limitation plus sévère ou à des cloisons plus résistantes.

8.1.3.1 Le tassement différentiel des fondations à la suite de l'érection des cloisons peut produire des fissurations en diagonale. Les actions impliquées sont les charges permanentes, comprenant le poids mort des cloisons, et les actions temporaires de longue durée capables d'avoir une influence sur le tassement.

8.1.3.2 Le fléchissement des planchers ou des charpentes peut endommager les cloisons de bien des façons. Dans tous les cas, les déformations impliquées sont celles qui se produisent après l'érection des cloisons, c'est-à-dire le poids propre du plancher ou de la charpente et, dans certains cas, celui des cloisons, accompagné d'une précontrainte éventuelle, causant des fléchissements par fluage; la charge d'exploitation appliquée en permanence sur le plancher ou sur la charpente (y compris la charge de neige et toutes les éventuelles charges permanentes telles que les placages et les revêtements appliqués après l'érection des cloisons), causant fléchissement élastique et fléchissement par fluage; également la courbure et les autres mouvements du plancher dus à des mouvements causés par l'humidité. En général, plus la rigidité du plancher transversalement à la portée est grande, plus les conséquences de ses déformations sont

graves. On connaît trois types principaux de comportements :

a) Avec le premier, une cloison parallèle à la portée se déforme dans son propre plan pour suivre les déformations du plancher qui est au-dessous d'elle, provoquant éventuellement des fissures verticales dans la zone de mouvement positif maximal, des fissures diagonales de cisaillement ou une fissure entre la cloison et le plancher situé au-dessus. Cette sorte de comportement se produit, le plus souvent, dans le cas d'une cloison ayant une portée relativement grande (rapport longueur/hauteur plus grand que 3,5 environ, lorsqu'il n'y a pas de porte-à-faux); ou lorsqu'elle ne subit pas d'effet de butée par la construction ou par des cloisons contiguës ou lorsqu'elle contient des ouvertures; ou lorsqu'elle n'a qu'une faible rigidité. Dans ce cas, outre la masse de la cloison concernée, l'une des actions impliquées est une partie de la masse des cloisons placées sur le ou les plancher(s) supérieur(s), si cette masse peut être transmise à la cloison en question.

Dans le cas d'un porte-à-faux, les risques de fissuration sont plus grands à la partie supérieure de la cloison et des dégâts aux bordures de toit peuvent se produire à cause d'un fléchissement non uniforme des porte-à-faux porteurs.

b) Avec le second type de comportement, une cloison parallèle (ou dans certains cas, transversale) à la portée tend à se soutenir elle-même en formant une voûte horizontale ou diagonale. Cela se produit, le plus souvent, dans le cas où la cloison a une résistance à la compression et une limite de déformabilité élevées; quand le rapport de la longueur à la hauteur se situe approximativement dans l'intervalle compris entre 1,5 et 3,5; quand il existe des effets de butée par la construction ou par des murs ou cloisons contigu(è)s; enfin, quand il y a peu d'ouvertures ou des joints verticaux déformables susceptibles de s'opposer à l'effet de voûte.

Si, dans un tel cas, le plancher situé au-dessous de la cloison fléchit plus que la cloison (en raison de l'absence d'une cloison inférieure, d'une poutre de renfort ou d'un autre appui sous-jacent), il peut se former une fissure horizontale le long de la base de la cloison, ou une fissure horizontale ou en forme d'arc dans la partie inférieure de la cloison, ainsi que des fissures diagonales en travers des angles supérieurs à cause d'un allongement de la surface inférieure du plancher situé au-dessus. (Si l'on peut penser que des fissures de ce genre se produisent, leur formation au niveau du plancher peut être préterminée en ménageant une rainure de joint ou une couche de séparation; la fissure peut alors être masquée par une plinthe fixée au plancher.)

Si, d'un autre côté, le plancher ou la charpente situé(e) au-dessus de la cloison fléchit plus que la cloison, et s'il n'y a pas de garniture compressible au sommet de la cloison, cette dernière tend à être chargée et il peut y avoir des fissures verticales dans la partie inférieure et des fissures diagonales en travers des angles supérieurs.

c) Avec le troisième type de comportement, la cloison reçoit la charge du plancher supérieur et transmet ces charges aux extrémités de la portée du plancher

inférieur par un effet de bielle. Cela a le plus de chances de se produire quand le rapport entre la longueur et la hauteur de la cloison est approximativement inférieur à 1,5. Les dégâts sont les mêmes que dans le cas immédiatement précédent.

Quand des ouvertures existent dans les cloisons, une combinaison de plusieurs des phénomènes ci-dessus est vraisemblable, ou il peut y avoir une simple rotation des parties isolées de la cloison. Il peut également se produire des fissures diagonales rayonnant à partir des coins de ces ouvertures. À ces endroits-là, il est donc recommandé de disposer un moyen de renforcement horizontal ou incliné, dans le cas où il n'est pas possible de rompre la continuité de la cloison au-dessus de l'ouverture.

8.1.3.3 Un fléchissement latéral de la construction résultant des effets du vent peut provoquer une fissuration diagonale à travers le corps d'une cloison. L'action impliquée est la rafale de vent dont la durée est suffisamment longue pour produire le fléchissement nécessaire. La fatigue sous faible nombre de cycles peut également se manifester. De robustes murs de cisaillement, des zones à noyau central ou des cages d'escalier fermées peuvent apporter une amélioration.

8.1.4 *Domages causés aux couvertures, aux bardages et aux vitrages*

L'affaissement des charpentes peut endommager les couvertures en feutre, en métal ou en tuile ou autre revêtement, ainsi que les vitrages des toits peut produire également une accumulation de l'eau pluviale. Cette détérioration est imputable à la charge permanente produisant des fléchissements de fluage, aux charges d'exploitation et de neige à des rafales de vent de durée satisfaisante produisant des fléchissements élastiques.

Les bardages doivent être fixés de telle manière que les charges ne soient pas transférées sur les panneaux dans le cas de flèches excessives des éléments structuraux.

Des mesures préventives plus sévères peuvent être nécessaires, lorsque les toits sont couverts avec des matériaux en plaque devenant plus fragiles avec l'âge.

8.2 *Déformations affectant l'aspect*

8.2.1 *Flèche des planchers et des plafonds*

Pour les planchers et les plafonds, des écarts de position visibles par rapport à la ligne droite ou au plan (sauf s'ils sont, de toute évidence, intentionnels) provoquent des craintes subjectives qui peuvent être désagréables et parfois mêmes alarmantes. Ces actions sont imputables à la charge permanente et aux charges d'exploitation, produisant des fléchissements instantanés et éventuellement par fluage, ainsi qu'à des écarts de construction et à des mouvements dus à la chaleur ou à l'humidité et, en cas de porte-à-faux, à des tassements différentiels. La prescription d'une contre-flèche ou d'un faux plafond peut améliorer les choses.

L'appréciation est subjective et dépend du type de charpente ou de plancher (à face plate, dalle sur poutre, à

caissons ou à nervures, etc.), de la superficie visible, de sa hauteur et de la façon dont elle ou il est relié(e) aux autres éléments de la construction (particulièrement aux éléments qui sont horizontaux ou dans un plan horizontal) et des conditions d'éclairage.

8.2.2 *Faux aplomb des murs et des piliers*

Les écarts de position visibles des éléments verticaux (sauf s'ils sont, de toute évidence, intentionnels) sont également la source d'un malaise subjectif. Les actions impliquées sont le poids mort et les charges variables causant des tassements différentiels, mais les écarts de construction et les effets déséquilibrants des chargements excentrés et des poussées sur les murs et les piliers sont parmi les facteurs contribuant à cet état de chose. L'appréciation du faux aplomb varie d'une personne à l'autre, mais l'on est souvent guidé par les éléments verticaux avoisinants.

8.3 *Déformations affectant l'emploi de la construction*

8.3.1 *Courbure des planchers*

La courbure des planchers et les inclinaisons qui en résultent peuvent faire trébucher ou glisser des personnes, provoquer un mouvement des chariots, un dévers ou un balancement des meubles et des installations, faire se répandre les liquides renversés. Cette courbure peut être due à des écarts de construction, à des fléchissements élastiques ou par fluage (éventuellement vers le haut), sous les charges permanentes seulement ou sous les charges permanentes et les charges d'exploitation des planchers à la diffusion de chaleur et de l'humidité. La prescription de cueillies ou d'une contre-flèche peut être une bonne solution.

8.3.2 *Défaut d'horizontalité des supports de planchers*

Un manque d'horizontalité, non intentionnel, des supports de planchers peut provoquer la plupart des conséquences dont il est question en 8.3.1. Il peut être dû à des écarts de construction ou à un tassement différentiel sous les charges permanentes et sous les charges d'exploitation des planchers (et à la rotation du point d'appui dans le cas de porte-à-faux).

8.3.3 *Vibrations produites à l'intérieur des constructions ou par les effets du vent*

À part les sources de vibration extérieures artificielles, telles que les activités industrielles toutes proches ou le passage de moyens de transport, dont il n'y a pas lieu d'étudier les effets dans la présente Norme internationale, les principales sources de vibration dans les bâtiments sont les allées et venues des piétons, les machines installées à l'intérieur du bâtiment, ainsi que les rafales de vent. Le cas des tremblements de terre est traité en 8.4.2. L'amplitude des vibrations susceptibles de produire des sensations désagréables allant jusqu'à l'inquiétude, ou d'empêcher de continuer à exercer les activités prévues, dépend de la sensibilité humaine, de l'activité exercée, de l'importance de leur amortissement, de la durée des impulsions et de l'intervalle de temps qui les sépare.

Des recommandations en vue de limiter les vibrations dont la fréquence est supérieure à 1 Hz sont fournies par le Comité ISO/TC 108 dans le projet de Guide d'application [ISO/TC 108/SC 4/GT 2 (Fissure-1) 20] basé sur l'ISO 2631. Ce comité doit également étudier les limites à donner aux vibrations de basse fréquence dans le cas des vibrations horizontales des bâtiments.

8.3.4 Déformations affectant des conditions d'emploi spéciales

Le paragraphe 8.3 précédent vise les déformations affectant l'emploi de la totalité des bâtiments entrant dans le domaine de la présente Norme internationale. Toutefois, dans certains types de bâtiments, on peut exiger des conditions spéciales concernant, par exemple, des activités particulières du personnel ou l'emploi de certaines machines ou d'appareils de précision. Parmi ces conditions figurent :

8.3.4.1 FLÉCHISSEMENT DES POUTRES DE ROULEMENT DE PONTS ROULANTS ET DE LEURS PILIERS

Les ponts roulants provoquent :

- a) des fléchissements verticaux ou horizontaux des poutres de roulement (et dans certains cas des consoles qui les soutiennent), à cause de leur poids propre et de celui de la charge transportée;
- b) des fléchissements horizontaux, latéraux et longitudinaux des piliers qui les soutiennent, à cause des forces d'accélération et de freinage. (On suppose ici que les conséquences des écarts de construction et les déplacements éventuels qui s'ensuivent ont été annulés par le nivellement et l'alignement des rails de roulement. Il peut être tenu compte de tout fléchissement vers le haut dû à une précontrainte.)

Dans le cas de fléchissements verticaux des poutres de roulement, il peut y avoir un problème de hauteur libre. Cependant, les principaux problèmes sont la surcharge des moyens de propulsion, due à la pente des poutres de roulement quand elles sont sous charge, et la conservation de la régularité des déplacements sur les points d'appui.

Dans le cas de fléchissements horizontaux des piliers, il est nécessaire de limiter le fléchissement transversal, pour empêcher le chariot élévateur de se mettre à tourner de façon excessive autour de la verticale (pivotement) ou de sortir de son logement, et aussi de limiter les fléchissements tant transversaux que longitudinaux, de façon à ce qu'une déformation excessive des piliers n'entraîne pas l'endommagement du bardage et des accessoires (ou une instabilité, voir 8.1).

8.3.4.2 AUTRES CONDITIONS SPÉCIALES

Il faut définir les conditions requises avant d'aborder l'étude et la construction, en accord avec le client et avec les fournisseurs de tous les appareillages prévus. (Voir chapitre 11.) Les problèmes susceptibles de se poser sont, par exemple :

- les vibrations des appareils de pesée et de mesure;

- l'endommagement des membranes imperméables employées pour l'isolation ou pour la protection contre les liquides et les gaz;

- la torsion des planchers supportant des machines traitant des matériaux en feuilles;

- les pentes affectant l'alignement de plusieurs appareils ou de plusieurs niveaux de liquides;

- une gêne pour effectuer des mouvements manuels précis.

8.4 Déformations nécessitant une approche globale

8.4.1 Fissuration

La présence de fissures dans des éléments de construction peut endommager les parements, permettre la corrosion des éléments de renforcement ou permettre la pénétration de liquides, de gaz ou de radiations (ainsi, par exemple, réduisant l'isolation thermique ou l'isolation acoustique aux bruits aériens, ou laissant pénétrer la pluie, la poussière ou la lumière). Ces fissures peuvent enlaidir et inquiéter. (A moins d'être très larges et très étendues, il est peu probable qu'elles entraînent la ruine de la construction mais elles rendent visibles les charges excessives.)

Dans bien des cas, les fissures peuvent être évitées, ou localisées à un ou plusieurs endroits moins gênants ou cachés, par une étude initiale appropriée et par des dispositions de construction. Dans d'autres cas, les conditions exigées par les normes pour d'autres types de déformations peuvent empêcher la formation de fissures.

Cependant, sachant que ces deux mesures pour limiter les fissurations peuvent n'avoir qu'un succès partiel et que, de toute façon, des fissures peuvent se produire dans des circonstances autres que celles prévues dans les normes, il est nécessaire d'imposer une limite globale à la largeur des fissures.

Pour fixer ces limites, il est recommandé que les normes nationales tiennent compte des matériaux de construction employés, si les fissures traversent la paroi ou sont superficielles, si elles sont susceptibles de s'ouvrir davantage ou de se refermer, si elles sont réparables ou si elles peuvent être recouvertes par une décoration, si la pénétration de liquides ou autres peut intervenir, et de l'attitude probable des personnes intéressées, compte tenu de l'usage assigné au bâtiment.

Dans le cas d'une possibilité de corrosion du renforcement, il est recommandé que la largeur maximale des fissures soit fixée dans des normes pour les matériaux en question. Si la question de corrosion du renforcement ne se pose pas, il est suggéré :

- de ne pas admettre la formation de fissures transversales à des endroits où une pénétration d'eau (par exemple, sous l'effet de la pesanteur, de la pression du vent ou de la capillarité) jusqu'aux surfaces internes des pièces pourrait se produire;

- que les fissures prises individuellement ne dépassent pas une largeur moyenne de 0,2 mm si l'on désire qu'elles puissent être recouvertes par une nouvelle décoration;
- que, s'il est probable qu'elles soient permanentes, ni les fissures transversales, ni les fissures superficielles ne dépassent une largeur moyenne de 2 mm, une valeur plus faible pouvant être nécessaire dans certaines circonstances (par exemple, en présence d'une atmosphère corrosive ou humide).

La largeur des fissures et les dislocations superficielles susceptibles d'en résulter peuvent être limitées par l'utilisation d'une précontrainte ou d'un autre renforcement.

8.4.2 Déformations provenant d'un séisme

À part les chocs entre constructions adjacentes dus à des espacements insuffisants, dont il est question à l'annexe A, les oscillations qui se produisent au cours d'un tremblement de terre peuvent causer des dégâts considérables. Les méthodes de prédiction et d'évaluation des dommages font encore l'objet d'un désaccord entre les experts et des recherches. Il n'est donc pas possible actuellement de formuler des recommandations concernant la limitation des déformations au cours d'un séisme.

9 MÉTHODE D'ÉVALUATION DES DÉFORMATIONS PROBABLES

Il appartient au projeteur de choisir la méthode d'évaluation ou de limitation des déformations probables. Par exemple, il peut déterminer les déformations par le calcul ou par des essais sur modèle ou sur prototype; ou encore, il peut les limiter par l'adoption de valeurs limites du rapport portée/profondeur ou par d'autres mesures. Quelle que soit la méthode employée, elle devrait donner une probabilité acceptable de respecter la présente Norme internationale et les normes nationales devraient spécifier en conséquence les détails de la méthode à utiliser. Une probabilité de non dépassement de 97 % est suggérée comme un minimum souhaitable.

Quand les déformations sont déterminées par le calcul, ce dernier doit se baser sur les valeurs caractéristiques des

actions (charges, variations d'humidité, variations thermiques) et des propriétés des éléments (module d'élasticité, coefficient caractérisant le fluage et coefficient de dilatation thermique, dimensions), en utilisant les combinaisons d'actions appropriées, comme prévu en c) du chapitre 6.

Il est recommandé que les calculs tiennent compte des écarts de construction, des effets thermiques, des variations d'humidité, de la fissuration des matériaux armés et du fluage des matériaux sous charge permanente ou sous charge variable de longue durée. En outre, on peut tenir compte de diverses conditions favorables (par exemple, la fixité partielle aux extrémités des poutres et des dalles, le support fourni par les cloisons), auxquelles on peut suffisamment se fier quand on vérifie la résistance.

Pour calculer les contre-flèches, il est suggéré que la valeur de l'action prise en compte soit la valeur moyenne.

La limite de déformation à retenir est la plus sévère des valeurs données dans la norme nationale pour tout critère particulier.

10 RESPONSABILITÉ DE L'INGÉNIEUR D'ÉTUDE

Quand la législation est muette à ce sujet, la norme nationale peut spécifier dans quelle mesure l'ingénieur d'étude est tenu de respecter la présente Norme internationale et dans quelle mesure il est libre de conclure par lui-même que les déformations ne sont pas excessives, en tenant compte des circonstances propres à chaque cas particulier et en gardant présent à l'esprit qu'une norme nationale ne peut prétendre traiter tous ces cas particuliers.

11 EXCEPTIONS

Lorsqu'une norme nationale fixe une valeur numérique pour chaque critère recommandé dans la présente Norme internationale, il ne doit être permis de déroger à cette valeur numérique qu'avec l'accord concerté de l'autorité de contrôle, du client, de l'architecte, de l'ingénieur d'étude et du constructeur. Une telle dérogation peut être particulièrement justifiée pour des bâtiments temporaires, pour des constructions monumentales, pour des constructions devant répondre à certaines conditions spéciales et pour des constructions d'un type inhabituel ou construites avec des matériaux peu courants.