

---

**NORME INTERNATIONALE**



**2394**

---

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

---

**Principes généraux pour vérifier la sécurité des ouvrages**

Première édition — 1973-02-15

98

## AVANT-PROPOS

ISO (Organisation Internationale de Normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (Comités Membres ISO). L'élaboration de Normes Internationales est confiée aux Comités Techniques 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 2394 a été établie par le Comité Technique ISO/TC 98, *Bases du calcul des constructions*.

Elle fut approuvée en février 1972 par les Comités Membres des pays suivants :

Afrique du Sud, Rép. d'	France	Roumanie
Allemagne	Hongrie	Royaume-Uni
Australie	Irlande	Suède
Belgique	Israël	Tchécoslovaquie
Danemark	Norvège	Thaïlande
Egypte, Rép. arabe d'	Nouvelle-Zélande	U.R.S.S.
Espagne	Pays-Bas	

Aucun Comité Membre n'a désapprouvé le document.

Le développement de théories nouvelles concernant la sécurité des ouvrages et une coopération internationale très large dans les domaines scientifiques et économiques imposent la nécessité d'unifier les principes du calcul des constructions.

La présente Norme Internationale a pour but de spécifier les principes et les méthodes, qui, en l'état actuel des connaissances, sont adoptés comme base d'orientation pour l'unification des disciplines du calcul des constructions, en vue d'assurer la sécurité des ouvrages, en tenant compte de tous les éléments essentiels concernant leur sécurité et leur utilité en cours d'exploitation.

Les travaux sur cette Norme Internationale ont été effectués en coopération étroite avec les organisations internationales spécialisées, à savoir :

Comité Européen du Béton (CEB);

Conseil International du Bâtiment (CIB);

Convention Européenne des Associations de la Construction Métallique (CEACM);

Fédération Internationale de la Précontrainte (FIP);

Association Internationale des Ponts et Charpentes (AIPC);

Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions (RILEM);

Association Internationale des Voiles Minces (IASS).

Ces organisations sont représentées par le Comité de Liaison des Associations Techniques Internationales.

Toutes les versions successives de la présente Norme Internationale ont été établies sur la base des documents de ces organisations, ainsi qu'avec la participation active de leurs représentants compétents.

La présente Norme Internationale ne contient pas de détails concernant les matériaux et les constructions particuliers se rapportant principalement aux besoins de ces organisations, vu que les spécifications concernant la sécurité doivent être aussi générales que possible pour qu'elles puissent être appliquées dans la construction de tous les ouvrages.

NOTE – Dans ce document, les notes explicatives et les commentaires sont imprimés en caractères plus petits que les principes généraux.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 2394:1973

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd7e6e52-b20d-4bbb-9feb-380905979880/iso-2394-1973>

# Principes généraux pour vérifier la sécurité des ouvrages

## 0 INTRODUCTION

La présente Norme Internationale constitue une base commune d'établissement des règles du calcul concernant la construction et l'exploitation de tous les ouvrages de bâtiment et de génie civil, quelles que soient la nature et la combinaison des matériaux utilisés (béton, métal, bois, céramique etc.). Toutefois, leur application à chaque type de matériau nécessite, pour conduire à un degré homogène de sécurité, une adaptation particulière.

La présente Norme Internationale a pour but de servir de base aux commissions chargées d'élaborer les normes et règlements nationaux, en accord avec les conditions techniques et économiques du pays considéré, compte tenu de la nature et du type de structure, des propriétés des matériaux pendant une durée définie et dans des conditions d'exploitation définies.

Les types ci-après de méthodes de calcul sont à distinguer :

1) suivant le mode d'introduction des coefficients relatifs à la sécurité :

a) méthode de contraintes admissibles, où les contraintes sous charges maximales prévues sont comparées à des fractions des résistances des matériaux;

b) méthode d'états-limites, dans laquelle les sollicitations multipliées par des coefficients de pondération sont comparées à la capacité portante correspondante de la structure (états-limites ultimes), tandis que les sollicitations correspondant aux conditions d'utilisation sont comparées à des valeurs prescrites (états-limites d'utilisation).

2) suivant la conception même des conditions de sécurité :

a) méthodes déterministes de calcul, dans lesquelles les paramètres de base sont considérés comme non aléatoires;

b) méthodes probabilistes de calcul, dans lesquelles les paramètres de base sont considérés comme aléatoires.

La méthode de calcul envisagée découle d'une combinaison des types 1) b) et 2) b) ci-dessus. Elle peut être définie comme une méthode semi-probabiliste d'états-limites.

Toutefois, certains phénomènes comme la fatigue et la résonance ne peuvent pas être pris en compte rigoureusement par cette méthode et doivent faire l'objet de vérifications particulières.

## 1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente Norme Internationale spécifie les principes généraux pour la vérification de la sécurité qui définissent une méthode pour le calcul du comportement et de la

résistance des structures soumises à des actions connues ou prévisibles, afin d'assurer un degré de sécurité approprié. La sécurité est considérée en fonction de la résistance de la structure et des qualités, propriétés ou caractères associés à la durabilité de la structure.

La méthode de calcul est fondée sur des données expérimentales (y compris des essais sur modèles réduits ou en vraie grandeur) et des théories scientifiques, interprétées autant que possible de manière statistique.

Les principes généraux sont applicables, non seulement aux structures complètes (bâtiments d'habitation, constructions industrielles, ponts, barrages, etc.), mais aussi à tous les éléments constitutifs de ces structures et de leurs fondations.

Les principes sont applicables à la période spécifiée d'exploitation de l'ouvrage et également aux stades successifs de l'exécution, notamment à la fabrication des éléments structuraux, au transport et à leur mise en oeuvre, ainsi qu'à l'exécution de tous travaux sur chantier.

Les principes énoncés supposent que les projets sont exécutés par un personnel possédant à la fois la qualification, la compétence et l'expérience requises et que le contrôle sur le chantier est assuré sans défaillance.

Elles supposent également que les conditions véritables d'utilisation de la structure, durant sa vie, ne diffèrent pas de manière importante des conditions spécifiées pendant l'élaboration du projet.

Il n'est généralement pas requis que les structures soient capables de supporter certaines actions<sup>1)</sup> de caractère exceptionnel telles que celles causées par les faits de guerre. Dans le cas de certaines autres actions, telles que séismes, explosions, chocs dus à des véhicules, etc. dont la fréquence ou l'intensité ne sont qu'imparfaitement connues ou imprévisibles, le projeteur doit éventuellement tenir compte des prescriptions propres à chaque pays établies à ce sujet soit pour la conception de la structure, soit pour les détails de construction, en vue de limiter les risques inhérents à ces effets.

Chaque tentative d'examiner ces actions exceptionnelles par les méthodes probabilistes, même moyennant des approximations, sera considérée comme conforme aux intentions de la présente Norme Internationale.

Enfin, une structure peut être soumise à des effets tels que le feu et la corrosion, qui ne sont pas visés dans la présente Norme Internationale. La sécurité vis-à-vis de ces effets réside essentiellement dans la conception de l'ouvrage et dans l'adoption de mesures de protection et de prévention appropriées.

1) Le terme «action» désigne les influences (charges permanentes, charges variables imposées et déformations imposées) qui, individuellement ou réunies, sont capables de faire subir des contraintes ou des déformations aux ouvrages.

## 2 PRINCIPES DE BASE DU CALCUL

### 2.1 But du calcul

Tous les ouvrages ou éléments d'ouvrages doivent être conçus et calculés de façon à pouvoir résister, avec une sécurité appropriée, à toutes les sollicitations et déformations prévues pendant la période de construction et pendant la période d'utilisation et à pouvoir présenter une durabilité satisfaisante pendant toute la durée prévue pour l'ouvrage. Le but du calcul est de garantir une sécurité convenable contre l'inaptitude de l'ouvrage ou de l'un de ses éléments constructifs, à assurer l'usage auquel il était destiné.

La sécurité adéquate contre la mise hors service d'une structure ou d'un élément d'une structure est assurée quand la probabilité d'atteindre un état limite quelconque correspondant à la mise hors service est suffisamment petite.

L'intégrité d'une structure, ainsi que d'un élément structural, doit être assurée pendant toute la vie de l'ouvrage; la durabilité de l'ouvrage est aussi essentielle que sa résistance.

L'application des théories probabilistes est aussi un moyen d'obtenir, avec une sécurité appropriée, un coût optimal de la construction.

Ce coût optimal devrait tenir compte idéalement :

- du prix initial de la construction;
- des frais d'entretien, capitalisés pour sa durée d'exploitation;
- du coût des dommages matériels et corporels résultant de la mise hors service de l'ouvrage, selon la définition des états-limites, pendant la construction ou l'exploitation de l'ouvrage;
- des inconvénients sociaux provenant de la mise hors service de l'ouvrage;
- des considérations morales (telles que le respect de la vie humaine) et psychologiques (telles que, par exemple, les réactions possibles de l'opinion publique à la suite d'un accident).

### 2.2 Définition des états-limites

Une structure, ou une partie de cette structure, atteint un état particulier, dit «état-limite» lorsqu'elle cesse de remplir les fonctions, ou ne satisfait plus aux conditions pour lesquelles elle a été conçue.

Les états-limites peuvent être classés en deux catégories, à savoir :

- a) les états-limites ultimes, qui sont ceux correspondant à la valeur maximale de la capacité portante;
- b) les états-limites d'utilisation qui sont fonction des critères d'utilisation normale ou de durabilité.

Les exemples de causes pouvant produire les états-limites sont les suivants :

#### a) États-limites ultimes :

- perte de stabilité d'une partie ou de l'ensemble de la structure, assimilée à un corps rigide;
- rupture de sections critiques de la structure;
- transformation de la structure en un mécanisme;
- instabilité par déformation;
- détérioration par effet de fatigue;
- déformation élastique ou plastique ou de fluage ou fissuration, conduisant à un changement de géométrie, qui exigerait le remplacement de la structure.

L'état-limite ultime peut également être dû à la sensibilité de la structure aux effets de la répétition des actions, du feu, d'une explosion, etc. Il est donc nécessaire de prendre en considération de tels effets lors de la conception de la structure.

#### b) États-limites d'utilisation :

- déformation excessive pour une utilisation normale de la structure;
- fissuration prématurée ou excessive;
- dommages indésirables (corrosion);
- déplacement excessif sans perte de l'équilibre;
- vibrations excessives;
- etc.

### 2.3 Actions à considérer pour la détermination des sollicitations<sup>1)</sup>

Les actions à considérer pour la détermination des sollicitations  $S$  dans les divers états-limites sont :

#### a) les actions directes (charges) :

- charges permanentes (poids propre et autres charges fixes), charges variables et forces d'inertie;

#### b) les actions indirectes (déformations imposées) :

- effets thermiques et hygroscopiques, retrait, effets de la précontrainte et des contraintes résiduelles, déplacements inégaux d'appuis, etc.

L'état de contrainte associé aux déformations imposées (état de co-action) provient de l'apparition de déformations complémentaires, qui doivent être telles que la déformation totale (déformation imposée + déformation complémentaire) soit compatible avec les liaisons intérieures ou extérieures du système fonctionnant comme un ensemble géométriquement continu. L'état de co-action peut se manifester aussi bien sur les sections ou éléments de la construction que sur ses liaisons extérieures selon qu'il est fait appel à la seule compatibilité interne ou, également, à la compatibilité avec des liaisons externes.

1) Le terme «sollicitation» désigne tout effort ou ensemble d'efforts (effort normal, effort tranchant, moment fléchissant etc.) calculé à partir des actions ou combinaisons d'actions, qui s'exerce sur une ou plusieurs sections d'un élément de la structure.

Les déformations permanentes résultant du fluage ou de la plasticité des matériaux, ainsi que celles qui correspondent à l'ouverture de fissures, sont normalement considérées comme faisant partie de la «réponse» de la structure au système de contraintes dont elle est le siège.

En procédant ainsi, on comprend que l'effet des déformations imposées ne soit généralement important que dans la phase élastique, où les matériaux présentent une faible déformabilité qui accentue les contraintes provoquées par les déformations complémentaires. Par contre, cet effet est plus faible en présence de grandes déformations anélastiques : fissuration ou déformation plastique précédant les états-limites ultimes. Dans certaines méthodes de calcul, il est cependant avantageux d'assimiler, à des déformations imposées, toutes celles qui ne correspondent pas à l'effet élastique des forces appliquées.

### 3 APPLICATION DES THÉORIES PROBABILISTES

Dans une structure, un état-limite peut être atteint par suite de l'intervention de multiples facteurs aléatoires d'insécurité, qui se combinent entre eux et qui ont leur origine :

- dans l'incertitude des valeurs prises en compte par l'ingénieur pour les résistances des matériaux utilisés, compte tenu des conditions dans l'ouvrage qui influent sur l'état-limite (ces valeurs étant nécessairement choisies entre des valeurs plus ou moins dispersées);
- dans l'incertitude des caractères géométriques de la structure et des sections;
- dans une prévision inexacte des actions des charges (permanentes ou variables) ou des déformations imposées, due à l'impossibilité de les définir avec exactitude pendant toute la durée assignée à la construction;
- dans la divergence entre les sollicitations réelles et leurs valeurs calculées.

L'objet du calcul, ou de la vérification expérimentale directe, est de maintenir la probabilité d'atteindre l'état-limite envisagé en-deça d'une certaine valeur préalablement établie pour le type de structure considéré.

La méthode idéale de calcul comporterait, à la fois, la détermination statistique

- des sollicitations sur la base de l'état-limite de l'ensemble de la construction;
- du comportement des divers éléments pour cet état-limite.

### 4 DÉTERMINATION DE LA SÉCURITÉ

Une analyse probabiliste complète exigerait la connaissance des lois de distribution des charges permanentes, des charges variables et des déformations imposées (voir 2.3) agissant sur la structure, et également des sollicitations provoquées par ces actions, de la variabilité des propriétés mécaniques des matériaux utilisés et des variations des dimensions géométriques des sections ou de l'ensemble de la construction.

Une étude probabiliste complète de ce type étant très difficile dans la pratique et les données nécessaires n'étant pas disponibles, il est apparu convenable, pour éviter une trop grande complication des calculs,

1) de prendre en compte des valeurs caractéristiques, d'une part, pour les résistances définissant les propriétés mécaniques des matériaux et d'autre part, pour les actions, chacune de ces valeurs étant déterminée en fonction de la probabilité, acceptée a priori, que les valeurs effectives soient respectivement inférieures ou supérieures aux valeurs ainsi choisies;

2) de couvrir les autres facteurs d'incertitude en transformant ces valeurs caractéristiques en «valeur de calcul», par multiplication par certains coefficients.

Les résistances de calcul des matériaux sont obtenues par multiplication des résistances caractéristiques par les coefficients  $1/\gamma_m$ ,  $\gamma_m$  étant supérieur ou égal à l'unité.

Les actions de calcul qui servent à déterminer les sollicitations du calcul sont obtenues à partir des actions caractéristiques en utilisant des coefficients  $\gamma_s$  convenables, qui peuvent être supérieurs ou inférieurs à l'unité.

Les valeurs adoptées pour ces divers coefficients varient suivant la gravité de l'état-limite considéré, le comportement du matériau et de la structure, et la probabilité de coïncidence d'actions et sollicitations de différentes origines;

3) de vérifier que les sollicitations de calcul sont au plus égales à celles qui peuvent être supportées par la structure, dans l'état-limite considéré.

Dans la méthode proposée, la sécurité sera assurée par l'introduction de divers coefficients, tenant compte de l'état-limite considéré et du degré de gravité du danger qu'il présente.

Les calculs doivent tenir compte de tous les facteurs susceptibles d'influer sur la possibilité d'atteindre un état-limite donné, pendant toute la durée de la construction et de l'exploitation de la structure considérée, notamment :

- a) le degré d'approximation du calcul, en particulier celui des hypothèses de base, compte tenu de la nature de la structure et de ses divers éléments, de son coût total et du procédé d'exécution;
- b) les valeurs des propriétés mécaniques des matériaux dans la structure, qui dépendent d'un certain nombre de facteurs comprenant : le choix de procédés de construction et la qualité de l'exécution en général; la qualité des méthodes de contrôle adoptées; la dégradation de l'ouvrage pendant sa durée d'utilisation;
- c) les valeurs correspondant aux actions et sollicitations les plus défavorables;
- d) la coïncidence d'action et sollicitations de diverses origines.

Toutes les données statistiques nécessaires pour cette approche ne sont cependant pas disponibles. De plus, certains facteurs ne se prêtent pas à une analyse statistique. Dans ces conditions, l'application systématique et la généralisation des principes des théories probabilistes présentent de sérieuses difficultés. Il est nécessaire d'utiliser les données statistiques existantes de la manière la plus adéquate et d'apprécier, le mieux possible, les dispersions sur lesquelles peu de données valables existent à l'heure actuelle, quitte à procéder ultérieurement à des corrections, au fur et à mesure des progrès des connaissances.

Le procédé simplifié, défini ci-dessus, comporte l'adoption de coefficients de majoration ou de minoration des valeurs caractéristiques, destinés à tenir compte de tous les aspects du problème qui ne peuvent pas encore être traités par voie statistique.

## 5 VALEURS CARACTÉRISTIQUES

### 5.1 Résistances caractéristiques des matériaux

Pour les matériaux, les résistances caractéristiques sont, par définition, celles qui présentent une probabilité, acceptée *a priori*, de ne pas être atteintes. Pour déterminer ces résistances caractéristiques, on admet une hypothèse de distribution statistique du type approprié généralement, cette distribution statistique peut être supposée normale.

Les résistances caractéristiques  $R_k$  sont définies par des relations du type

$$R_k = R_m - ks$$

où

$R_m$  est la moyenne arithmétique des différents résultats d'essai;

$s$  est l'écart type;

$k$  est un coefficient dépendant de la probabilité acceptée *a priori*, d'obtenir des résultats d'essai inférieurs à  $R_k$ .

Si les données statistiques ne sont pas disponibles, les valeurs nominales fixées par les codes, normes ou autres règlements, peuvent être utilisées comme valeurs caractéristiques, à condition que les prescriptions correspondantes assurent une garantie équivalente.

### 5.2 Actions caractéristiques

#### 5.2.1 Si des données statistiques sont disponibles :

1) Pour les charges qui peuvent être considérées comme aléatoires, s'il n'y a pas de contradictions avec la courbe de distribution, une valeur caractéristique  $Q_k$  peut être définie par la relation

$$Q_k = Q_m (1 + k\delta)$$

où

$Q_m$  est la valeur de la charge la plus défavorable ayant 50 % de probabilité de ne pas être dépassée (vers les valeurs anormalement élevées) pendant la durée prévue pour la construction;

$\delta$  est l'écart quadratique moyen relatif de la distribution des charges maximales (coefficient de variation);

$k$  est un coefficient dépendant de la probabilité, acceptée *a priori*, d'avoir des charges maximales de valeur plus élevée que la valeur  $Q_k$ .

La valeur de la charge  $Q_m$  résulte de l'examen statistique d'un ensemble de construction de même type que la construction étudiée et présentant le même caractère de durabilité.

2) Dans le cas où, au contraire, la réduction de la charge peut être dangereuse pour la construction, la valeur caractéristique  $Q_k'$  sera définie par la relation :

$$Q_k' = Q_m' (1 - k'\delta')$$

où

$Q_m'$  désigne la valeur de la charge la plus défavorable ayant 50 % de probabilité de ne pas être dépassée (vers les valeurs anormalement basses) pendant la durée prévue pour la construction;

$\delta'$  est l'écart quadratique moyen relatif de la distribution des charges minimales;

$k'$  est un coefficient dépendant de la probabilité, acceptée *a priori*, d'avoir des charges minimales inférieures à  $Q_k'$ .

5.2.2 S'il n'est pas possible d'utiliser une distribution statistique, ou de disposer des données nécessaires, les charges caractéristiques doivent être choisies en fonction de l'utilisation prévue pour la construction.

Les charges ainsi déterminées sont dites «charges nominales» et sont données dans les normes, codes ou autres règlements. Ces «charges nominales» doivent être introduites dans le calcul comme «charges caractéristiques»  $Q_k$ .

5.2.3 Pour les actions directes (forces ou charges), les valeurs caractéristiques  $Q_k$  sont, par définition, celles qui présentent une probabilité, acceptée *a priori* de ne pas être dépassées (du côté des valeurs les plus défavorables) pendant la durée d'exploitation prévue de la construction. Dans le cas où l'effet de réduction d'une charge est plus dangereux pour la structure, les valeurs les plus faibles doivent être considérées comme les plus défavorables.

5.2.4 Pour les actions indirectes (déformations imposées) les valeurs caractéristiques devraient – idéalement – être celles qui ont une probabilité acceptée *a priori* de ne pas être dépassées (du côté des valeurs les plus défavorables) pendant la durée d'exploitation prévue de la construction.

En général, les déformations imposées caractéristiques sont plus difficiles à définir que les charges caractéristiques et, dans la plupart des cas, elles doivent être prises comme valeurs nominales prescrites dans des normes particulières, des codes ou d'autres règlements.

Pour certaines déformations imposées, telles que l'effet de la précontrainte, la déformation imposée peut être souvent considérée comme l'effet de forces externes ou internes.

## 6 VALEURS DE CALCUL

Les paragraphes suivants indiquent le contenu des coefficients dans le cas de vérification par le calcul. Dans le cas de vérification expérimentale directe, le contenu doit être convenablement adapté.



### 6.1 Résistances de calcul des matériaux

Les résistances de calcul  $R^*$  sont définies par des relations du type

$$R^* = \frac{R_k}{\gamma_m}$$

Le coefficient  $\gamma_m$  est, en fait, fonction de deux coefficients  $\gamma_{m1}$  et  $\gamma_{m2}$ .

$\gamma_{m1}$  tient compte des réductions possibles de la résistance des matériaux dans l'ensemble de la structure, par rapport à la valeur caractéristique déduite des éprouvettes d'essai;

$\gamma_{m2}$  tient compte d'autres faiblesses possibles des matériaux de caractère local, y compris les tolérances dimensionnelles non prises en compte par  $\gamma_{m1}$ .

En général, dans la pratique du calcul, un seul coefficient peut être utilisé, à savoir :

$$\gamma_m = \text{fonction}(\gamma_{m1}, \gamma_{m2})$$

### 6.2 Actions et sollicitations de calcul

Les sollicitations de calcul  $S^*$  sont déterminées à partir des actions caractéristiques  $Q_k$  en prenant en compte un coefficient  $\gamma_s$  par des relations du type

$$S^* = \text{sollicitations dues à } (\gamma_s \cdot Q_k)$$

(augmentation des actions caractéristiques et évaluation de leurs effets en utilisant la théorie non linéaire).

Dans tous les cas particuliers où les sollicitations sont proportionnelles aux actions, la formule peut également s'écrire

$$S^* = \gamma_s (\text{sollicitations dues à } Q_k)$$

Dans ces expressions, les valeurs de  $\gamma_s$  peuvent être déterminées à partir du concept suivant,  $\gamma_s$  étant supposé fonction de coefficients partiels  $\gamma_{s1}$ ,  $\gamma_{s2}$  et  $\gamma_{s3}$

où

$\gamma_{s1}$  tient compte de la possibilité que les actions atteignent des valeurs plus défavorables que les valeurs caractéristiques, pour des actions anormales ou imprévues;

$\gamma_{s2}$  tient compte de la probabilité réduite que les diverses actions agissant simultanément aient simultanément toutes leur valeur caractéristique;

$\gamma_{s3}$  tient compte de la possibilité de modifications défavorables des sollicitations, dues à des hypothèses de calcul incorrectes (introduction de conditions d'appui simplifiées, fait de négliger les effets thermiques ou autres effets difficiles à évaluer), à des erreurs d'exécution telles que l'inexactitude géométrique des sections, la non-verticalité des poteaux et les excentricités accidentelles.

En général, pour le calcul, un coefficient unique peut être utilisé :

$$\gamma_s = \text{fonction}(\gamma_{s1}, \gamma_{s2}, \gamma_{s3})$$

Ainsi,

a) Les actions de calcul  $Q^*$  peuvent être déterminées par application de coefficients  $\gamma_{s1}$  et  $\gamma_{s2}$  de majoration ou de minoration, appliqués aux actions caractéristiques  $Q_k$  :

$$Q^* = \text{fonction}(\gamma_{s1}, \gamma_{s2}) Q_k$$

b) Les sollicitations de calcul  $S^*$  peuvent être déterminées par application d'un coefficient  $\gamma_{s3}$  de majoration ou de minoration aux sollicitations qui résultent de l'application des actions de calcul  $Q^*$ .

Ainsi,

$$S^* = \gamma_{s3} (\text{effets de } Q^*)$$

La subdivision de  $\gamma_s$  comme celle de  $\gamma_m$  indiquée en 6.1 qui devrait également intervenir dans les calculs ainsi conduits n'est pas conforme au concept probabiliste de la sécurité, suivant lequel chacun des facteurs d'insécurité ne peut être considéré séparément. Le procédé proposé met en évidence les divers effets et permet, dans certains cas, de déterminer plus correctement un seul coefficient  $\gamma_s$  à utiliser dans la pratique.

### 6.3 Modifications éventuelles des valeurs de calcul

Dans certains cas, les valeurs de calcul précédemment définies en 6.1 pour les résistances de matériaux et en 6.2 pour les sollicitations, peuvent être modifiées en les multipliant par un autre coefficient  $\gamma_c$ , qui est fonction de deux coefficients partiels  $\gamma_{c1}$  et  $\gamma_{c2}$  :

$\gamma_{c1}$  tient compte de la nature de la structure et de son comportement, par exemple : structures ou éléments de structures dans lesquels une rupture partielle ou totale peut se produire sans signe avertisseur, dans lesquels une redistribution des efforts n'est pas possible, ou dans lesquels la rupture d'un seul élément peut entraîner la rupture de l'ensemble de la structure;

$\gamma_{c2}$  tient compte du degré de gravité à atteindre un état-limite du point de vue par exemple des conséquences économiques ou d'un danger pour la communauté.

Dans la plupart des cas, il est déjà tenu compte, de manière implicite, de ces diverses considérations dans les valeurs indiquées pour  $\gamma_m$  et  $\gamma_s$ . Dans certains cas, toutefois,  $\gamma_m$  et  $\gamma_s$  doivent être corrigés par un troisième coefficient  $\gamma_c$ .

## 7 VÉRIFICATION DE LA SÉCURITÉ

Pour que la conception et le calcul d'une structure soient satisfaisants, la relation suivante doit être satisfaite :

$$R^* \geq S^*$$

