

1971

ANNEXE I

DIRECTIVES COMMUNES RELATIVES AU CALCUL DES CONSTRUCTIONS

Néant.

ANNEXE I

DIRECTIVES COMMUNES RELATIVES AU CALCUL DES CONSTRUCTIONS (1)

- Préambule.
- Chapitre I^{er}. — Principes généraux.
- Chapitre II. — Les actions, les combinaisons d'actions et les sollicitations de calcul.

(1) L'annexe I a un caractère provisoire. Elle ne fait pas partie du cahier des prescriptions communes approuvé par décret. Elle fait seulement l'objet d'une recommandation de la section technique de la commission centrale des marchés. Il n'y est fait référence que dans les commentaires du cahier des prescriptions communes.

PREAMBULE

1° Le présent document a uniquement pour but de fixer un certain nombre de points qui se retrouvent dans les différents titres du fascicule n° 61 du C. P. C., en ce qui concerne les bases de la sécurité des constructions :

- principes de sécurité ;
- définitions ;
- valeurs de certains coefficients.

Ce document n'est directement applicable qu'aux constructions correspondant aux textes réglementaires précités. Il apparaît cependant que les définitions et les principes posés peuvent être avantageusement conservés pour beaucoup d'autres constructions, mais alors il appartient aux autorités qui en sont responsables d'en apprécier et, en tout cas, de fixer les valeurs des coefficients.

De même, les ingénieurs, qui, ayant à étudier certaines constructions soumises à des actions incomplètement définies par des textes généraux, s'inspireront du présent texte, devront reconsidérer les valeurs des coefficients en fonction, notamment, de l'ampleur des aléas attachés aux actions qu'ils ont à prendre en compte.

En raison de son objet limité, ce document ne constitue pas par lui seul une doctrine officielle et complète de la sécurité des constructions. En particulier, des coefficients importants, tels que ceux relatifs aux matériaux, sont fixés ou restent à fixer par les différents titres du fascicule n° 61 du C. P. C.

2° Le présent document s'inspire des théories de la sécurité (dite parfois semi-probabilistes) qui ont, au cours des dernières années, été admises comme base de travail dans les colloques internationaux et par les pays qui ont entrepris la rédaction de nouveaux règlements de calcul.

La portée de ces théories est liée aux limites actuelles de nos connaissances. Elles ne sont pas rigoureuses et ne permettent pas d'appréhender les probabilités de ruine des constructions. Des recherches sont encore nécessaires sur de nombreux points particuliers, en matière de définition statistique des actions par exemple, et c'est pourquoi certaines définitions n'ont pas pu être formulées de façon complète ni rigoureuse sous l'angle du calcul des probabilités.

Les théories en cause ne permettent encore que des approximations assez larges mais, sur le plan pratique et par rapport aux anciennes méthodes dites des contraintes admissibles, elles aboutissent à une amélioration importante de l'homogénéité de la sécurité des constructions et du bon emploi de la matière.

L'impossibilité actuelle de formuler avec rigueur un certain nombre de définitions est la raison pour laquelle la substitution, à la réalité, d'un schéma de base des calculs ne peut être faite sous une forme entièrement didactique et déductive. En particulier, les classements des actions reposent sur des schématisations inévitables qui font appel, dans une certaine mesure, à leurs lois de combinaison.

Comme il n'était pas possible, sans tomber dans des définitions d'une complexité inextricable, de définir simultanément les actions, leurs classements et leurs combinaisons, on est nécessairement amené, lors d'une première lecture, à se poser des questions auxquelles on trouvera plus loin des réponses plus ou moins complètes. C'est pourquoi, il apparaît nécessaire à qui aborde pour la première fois le présent document d'en faire deux lectures successives.

3° Ce document n'innove pas de façon importante en ce qui concerne les marges de sécurité qui ont déjà fait l'objet de décisions ou d'options dans les divers textes en vigueur ou en projet.

Sur ce point, le but visé est essentiellement d'uniformiser, pour les textes se référant aux états limites, la manière d'évaluer les actions et de les introduire dans un nombre restreint de combinaisons. La nécessité de simplifier et d'harmoniser les méthodes a conduit à faire abstraction d'un certain nombre de considérations théoriques. Dans des cas particuliers, et sur justification spéciale, il reste bien entendu possible d'indiquer dans le C. P. S. les adaptations qui apparaîtraient nécessaires.

4° Il convient, à cette occasion, d'appeler l'attention de tous les utilisateurs directs et indirects de ce document sur l'amenusement des marges de sécurité depuis une vingtaine d'années qu'ont rendu possible les progrès dans les qualités des matériaux, l'analyse des structures et les méthodes de calcul. Cette exploitation plus poussée des possibilités de la matière exige parallèlement un effort accru :

- en matière de calcul, en renonçant à certaines simplifications excessives ;
- en matière d'exécution, dans le sens d'une meilleure régularité des fabrications, d'une amélioration de la mise en œuvre et notamment d'une stricte observance des tolérances de dimension.

5° Les règles générales indiquées dans le présent document supposent que les projets et les chantiers sont dirigés par des ingénieurs qualifiés.

Les ingénieurs responsables du projet auront à s'assurer notamment, lorsque les dispositions de la construction, ou les actions auxquelles elle sera soumise, sont inhabituelles, que ces règles générales s'appliquent convenablement.

CHAPITRE I^{er}
Principes généraux.

Article 1^{er}.

1.1.1. * On peut employer le mot « action » pour désigner l'origine des actions ainsi définies. Par exemple, on peut dire que le vent est une action, qu'un déplacement d'appui est une action. Mais on introduit dans les calculs (sauf cas particuliers) des forces et des couples et non des vitesses ou des longueurs.

Les réactions d'appui sont à classer parmi les actions. Par exemple, la réaction d'appui sur une pile, due à une charge sur une poutre, est une action à l'égard de la poutre et à l'égard de la pile. Il lui correspond des efforts tranchants, des efforts normaux, des moments de flexion qui sont des sollicitations.

** Les actions de même origine peuvent donc avoir plusieurs « valeurs caractéristiques » suivant la durée de référence considérée, la probabilité de dépassement acceptée et le sens de ce dépassement (dépassement du côté des valeurs maximales ou du côté des valeurs minimales).

Les actions cycliques et les actions intermittentes ont des valeurs caractéristiques de courte durée et des valeurs caractéristiques de longue durée (voir articles 3 et suivants).

*** C'est pour se conformer aux Recommandations internationales qu'on a maintenu ici les notations γ_{S1} et γ_{S2} . S'appliquant à des actions, ces coefficients devraient être affectés d'indices Q et non d'indices S.

Dans la suite du texte, ces coefficients ne sont pas utilisés directement. On passe par l'intermédiaire de notions et de classements précisés dans le chapitre II, permettant une analyse plus fine.

**** Le terme « combinaison d'actions », désigne en général l'ensemble constitué par les actions à considérer simultanément. Il peut aussi désigner le résultat de leur addition vectorielle.

1.1.2. * Les sollicitations sont les composantes d'un torseur défini en résistance des matériaux, qu'on peut appeler torseur des sollicitations (1). Ce sont des contraintes généralisées, fonctionnelles des contraintes.

(1) Ce torseur se réduit en tout point O à un système de deux vecteurs (résultante générale et moment résultant par rapport à O) équivalent au système des vecteurs représentant les forces et les couples appliqués à une partie de la structure.

CHAPITRE I^{er}
Principes généraux.

Article 1^{er}.

MÉTHODE GÉNÉRALE DE JUSTIFICATION

Pour justifier la sécurité et la durabilité des constructions, on emploie une méthode d'états limites dont le principe est de comparer un certain nombre de « sollicitations de calcul » (ou de « combinaisons d'actions de calcul ») avec les « sollicitations limites » (ou les « combinaisons d'actions limites ») correspondantes pour un certain nombre d'états limites.

1.1. Définitions.

1.1.1. Actions et combinaisons d'actions.

Les « actions » sont les forces et les couples dus aux charges (charges permanentes, charges d'exploitation, charges climatiques, etc.) et aux déformations (effets thermohygroscopiques, déplacements d'appuis, etc.) imposées à une construction.*

La « valeur caractéristique d'une action », ou « action caractéristique », est celle qui présente une probabilité acceptée a priori d'être atteinte ou dépassée du côté des valeurs les plus défavorables au cours d'une durée définie, dite « durée de référence ». **

Les valeurs caractéristiques de chacune des actions Q sont multipliées par un coefficient $\gamma_Q = \gamma_{S1} \times \gamma_{S2}$. ***

Les produits $\gamma_Q Q$ sont dits « actions de calcul ».

γ_{S1} tient compte principalement du dépassement possible, dans le sens défavorable, de l'action caractéristique Q.

γ_{S2} tient compte principalement de la probabilité réduite de simultanéité de deux ou plusieurs actions caractéristiques.

Les « combinaisons d'actions » **** à considérer sont établies suivant les indications du présent texte et définies par le C. P. C. Le C. P. S. peut en prescrire d'autres.

1.1.2. Sollicitations.

Les « sollicitations » sont les efforts (effort normal, effort tranchant) et les moments (moment de flexion, moment de torsion) calculés à partir des actions par des méthodes appropriées.*

Chacune des sollicitations correspondant à une combinaison d'actions de calcul $\gamma_Q Q$ est multipliée par un coefficient γ_{S3} , qui tient compte principalement des incertitudes sur les sollicitations et sur les contraintes, provenant de la simplification des schémas et des hypothèses de calcul, des imperfections d'exécution, des modifications éventuelles des sections dans le temps.

Les méthodes de la résistance des matériaux, lorsqu'elles sont applicables compte tenu de la forme de la pièce, sont toujours admises lorsque le modèle rhéologique employé pour l'ensemble de la pièce est élastique (le modèle employé pour le calcul des sections pouvant être plastique) ou lorsqu'il répond à des conditions précisées dans des textes réglementaires; si un autre modèle rhéologique est envisagé pour l'ensemble de la pièce, il doit être soumis à l'accord du maître d'œuvre.

Lorsque la forme de la pièce ne répond pas aux hypothèses de la résistance des matériaux, il est admis en général de recourir à des simplifications permettant d'utiliser les méthodes de calcul habituelles. Pour certaines pièces, il y a lieu de faire appel à des méthodes de calcul plus élaborées ou de se référer aux résultats d'études photoélastiques, ou d'essais sur modèles, etc.; les principes du présent document peuvent, dans ce cas, être pris comme base des justifications, mais il convient de les appliquer avec les adaptations nécessaires.

1.1.3. * Cette définition est précisée dans le commentaire de l'article 7.3 ci-après.

** Dans les équilibres statiques, ce sont les combinaisons d'actions qui interviennent, et non les « sollicitations » au sens conventionnel donné à ce mot.

*** On distingue les « sollicitations limites ultimes », notées \bar{S}_{ul} , et les « sollicitations limites d'utilisation », notées \bar{S}_{ut} . On les compare respectivement avec les sollicitations de calcul vis-à-vis des états limites ultimes ou, pour simplifier, « sollicitations de calcul ultimes », notées S_{ul} , et avec les sollicitations de calcul vis-à-vis des états limites d'utilisation ou, pour simplifier, « sollicitations de calcul d'utilisation », notées S_{ut} .

**** Les états limites ultimes ne correspondent pas nécessairement à des ruptures. Ils peuvent aussi correspondre à de grandes déformations irréversibles entraînant la mise hors service de la construction ou d'un de ses éléments.

***** Les états limites de fatigue, dans lesquels interviennent à la fois la valeur et la répétition des sollicitations, sont des états limites spéciaux appelant des justifications spécifiques (voir article 7.2.13 ci-après).

Les sollicitations $S = \gamma_{as} \times$ (sollicitation due à une combinaison d'actions de calcul $\gamma_Q Q$) sont dites « sollicitations de calcul ».

Les contraintes correspondant aux sollicitations de calcul sont dites « contraintes de calcul ».

1.1.3. Etats limites.

Un « état limite » est celui dans lequel une condition requise d'une construction, ou d'un de ses éléments, est strictement satisfaite et cesserait de l'être en cas de modification défavorable d'une action.

On distingue :

- les « états limites ultimes » qui correspondent à la limite :
 - soit de l'équilibre statique,
 - soit de la résistance,
 - soit de la stabilité de forme,

de la construction ou d'un de ses éléments;

- et les « états limites d'utilisation » qui sont définis en tenant compte des conditions d'exploitation ou de durabilité de la construction ou d'un de ses éléments.*

Les combinaisons d'actions et les sollicitations qui entraîneraient l'apparition d'un état limite sont dites respectivement « combinaisons d'actions limites »** et « sollicitations limites »***.

Lorsque la « résistance » d'un matériau intervient dans la définition d'un état limite, on définit suivant les cas cette résistance comme sa résistance à la compression, ou à la traction, ou sa limite d'élasticité **** ou, éventuellement, un autre de ses caractères *****.

La « valeur caractéristique de la résistance », ou résistance caractéristique, étant celle qui présente une probabilité escomptée a priori d'être atteinte ou dépassée, on introduit dans les calculs une « résistance de calcul » obtenue en divisant la résistance caractéristique par un coefficient γ_m .

1.2. * Le présent texte ne vise que les justifications par le calcul. Il ne s'applique pas aux justifications par référence directe aux essais, admises dans les circonstances et dans les conditions indiquées dans des textes particuliers.

** Plus généralement, dans l'espace vectoriel des torseurs des sollicitations, la condition de non-dépassement de l'état limite envisagé permet de définir un domaine d'existence auquel doit appartenir le torseur des sollicitations de calcul considéré.

Article 2.

* Ces coefficients ne couvrent pas les fautes de conception, de calcul ou d'exécution.

** Il s'agit par exemple des structures ou éléments de structures dans lesquels une rupture partielle ou totale peut se produire sans avertissement préalable, 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. Il convient aussi de prendre en considération les dangers d'accidents de personnes et la gravité des conséquences économiques d'une éventuelle rupture.

Dans la plupart des cas, il est déjà tenu compte de façon suffisante de ces préoccupations dans les valeurs indiquées pour les coefficients γ_s et γ_m ; des valeurs différentes ne sont à envisager que dans des circonstances particulières.

Les coefficients γ_m tiennent compte de la réduction possible de la résistance du matériau par rapport à sa résistance caractéristique, ainsi que d'éventuels défauts localisés et de la définition de l'état limite considéré.

Les états-limites à considérer (ainsi que les valeurs des coefficients γ_m qui leur correspondent) sont définis par le C.P.C. Le C.P.S. peut en prescrire d'autres.

1.2. Les justifications* consistent à montrer, pour l'ensemble de la construction et pour un certain nombre d'éléments et de sections :

- que les combinaisons d'actions de calcul à considérer vis-à-vis des états limites d'équilibre statique ne dépassent pas, dans le sens défavorable, les combinaisons d'actions limites correspondantes ;
- que les sollicitations de calcul à considérer vis-à-vis de chacun des autres états limites ne dépassent pas, dans le sens défavorable, les sollicitations limites correspondantes.**

Article 2.

CHOIX DES COEFFICIENTS γ

Les coefficients γ_{s1} , γ_{s2} , γ_{s3} , ou leurs produits $\gamma_Q = \gamma_{s1} \times \gamma_{s2}$, $\gamma_s = \gamma_Q \times \gamma_{s3}$, sont fixés par le C.P.C. et, le cas échéant, par le C.P.S. en fonction de la nature de la construction ou de l'élément de la construction, de l'action et de la combinaison d'actions ainsi que de l'état-limite considérés, compte tenu des indications de l'article 7 ci-après.

En plus des incertitudes énumérées ci-dessus, les coefficients γ_s , comme les coefficients γ_m cités dans l'article 1.1.3, visent à couvrir les autres incertitudes, notamment celles qui proviennent des effets des actions et des combinaisons d'actions qui n'ont pas été prises en considération, ainsi que du comportement des éléments et des sections non étudiés.*

Le C.P.C. et, le cas échéant, le C.P.S. fixent s'il y a lieu des valeurs particulières de ces coefficients pour tenir compte des risques propres à la construction dans son ensemble, ou à certains de ses éléments, et de la gravité des conséquences que pourrait entraîner le dépassement d'un état limite.**

CHAPITRE II

Les actions. — Les combinaisons d'actions
et les sollicitations de calcul.

Article 3.

3.1. * Cette méthode tend à substituer, à une réalité extrêmement complexe, des schémas utilisables pour le calcul. Les classements successifs définis dans le présent article s'expliquent par les articles suivants. Ils permettent, dans les cas courants, d'aboutir à un nombre limité de combinaisons simples et, dans les autres cas, de donner aux projeteurs une ligne directrice pour envelopper la réalité d'aussi près que possible.

3.2. * Du fait de la méthode utilisée pour la constitution des combinaisons, les imprécisions que peut présenter ce premier classement sont sans conséquence pratique. En particulier les variations que peuvent présenter les actions permanentes et la considération séparée des périodes d'exécution et d'exploitation des constructions, quoique ne correspondant pas exactement à l'appellation de « permanentes », ne leur enlèvent pas le caractère exclusif d'actions de longue durée.

** Par exemple, la charge d'eau d'un pont-canal, très rarement mis à sec, est à considérer comme action permanente.

*** Par exemple, les actions dues aux variations de température sont des actions cycliques définies dans l'article 3.3.

**** Les actions intermittentes ne sont appliquées que pendant une fraction plus ou moins grande de la durée de référence, comme c'est le cas pour les charges d'exploitation. Les actions permanentes et les actions cycliques sont au contraire constamment appliquées. Cette distinction intervient dans la détermination des combinaisons d'actions à considérer, ainsi que dans la prévision des déformations différées.

***** La durée d'application de ces actions est pratiquement nulle par rapport à la durée de référence.

CHAPITRE II

Les actions. — Les combinaisons d'actions
et les sollicitations de calcul.

Article 3.

PRINCIPES ET DÉFINITIONS

3.1. *Méthode suivie.**

Pour définir les combinaisons d'actions à considérer, on procède d'abord à l'inventaire et à l'analyse des différentes actions auxquelles sera soumise la construction. Pour cette étude individuelle des actions, on utilise un classement basé sur les caractères généraux de leur distribution dans le temps, défini dans l'article 3.2 et précisé dans l'article 4.

On étudie ensuite les probabilités d'application *simultanée* de plusieurs actions. La nature et les valeurs de ces actions dépendent alors les unes des autres. Ceci conduit à définir, dans une même combinaison :

- d'une part, des actions considérées comme « de courte durée » ou comme « accidentelle » : on vise alors en principe les valeurs de pointe des actions individuelles susceptibles d'être appliquées à la construction ;
- d'autre part, des actions considérées comme « de longue durée » : on vise alors les valeurs des autres actions susceptibles de se trouver appliquées *en même temps* que les précédentes.

Ces définitions sont précisées dans l'article 3.3 et dans les articles suivants.

Les combinaisons sont elles-mêmes classées en trois catégories définies dans l'article 3.4, suivant les actions de courte durée ou accidentelles qui y figurent.

Enfin, le choix des combinaisons à retenir pour les justifications fait l'objet des articles 5, 6 et 7.

3.2. Pour classer individuellement les actions*, on distingue :

- les actions permanentes, qui comprennent les actions continues ou pratiquement continues** dont l'intensité est constante ou très peu variable dans le temps ;
- les actions cycliques, qui comprennent les actions continues ou pratiquement continues, dont l'intensité varie fréquemment et de façon importante dans le temps ;***
- les actions intermittentes, dont l'application est discontinue mais fréquente ;****

- les actions accidentelles provenant de phénomènes se produisant rarement (séisme, chocs, etc.)*****

3.3. * La correspondance entre cette distinction en trois catégories et le classement précédent est la suivante :

- les actions permanentes sont toujours considérées comme actions de longue durée ;
- les actions cycliques et les actions intermittentes sont considérées, suivant les combinaisons, comme de courte ou de longue durée, avec des valeurs caractéristiques différentes (par exemple, actions de la température) ;
- les actions accidentelles ont la même définition que dans le classement précédent et ne sont jamais considérées comme actions de longue durée.

** Par exemple, les actions de courte durée dues à la température ont des valeurs caractéristiques maximales et minimales.

*** En l'absence de renseignements statistiques suffisants sur les distributions dans le temps et dans l'espace des diverses actions, il serait illusoire de définir de façon précise et générale ces valeurs caractéristiques qui visent à couvrir les valeurs les plus dangereuses de chacune d'elles.

Certains travaux internationaux mettent en avant, pour ces valeurs caractéristiques et à condition de disposer de tels renseignements, une probabilité de dépassement de 5 % pendant la durée d'exploitation de la construction.

En tout état de cause, les résultats obtenus en prenant un tel taux comme point de départ doivent être rapprochés des valeurs « nominales » courantes et appréciés, eu égard à l'ensemble des disciplines de calcul et d'exécution observées, en application du C. E. C. et du C. P. S.

La durée d'exploitation peut être une durée de référence convenable pour les états limites ultimes lorsqu'il s'agit de constructions dont la ruine ne provoquerait pas d'accidents de personne. Dans le cas contraire (par exemple, immeubles d'habitation, bâtiments provisoires assurant un service public, etc.), il convient de se baser sur d'autres critères.

Pour les justifications visant la période d'exécution, la durée de référence est évaluée en fonction de la durée prévue pour les différentes phases.

Vis-à-vis des états limites d'utilisation, la durée de référence peut dépendre de la nature de l'état limite (un exemple en est donné en commentaire de l'article 7.3.1 ci-après).

Pour les constructions et les actions habituelles et dans les cas courants, les valeurs caractéristiques des actions de courte durée ressortent de textes réglementaires (voir article 4 ci-après).

**** En effet, leurs lois de probabilité ne sont pas connues, même approximativement (voir article 4.4 ci-après).

***** Lorsqu'une action est considérée comme de courte durée, sa valeur caractéristique dépend de la probabilité d'atteinte ou de dépassement d'une certaine valeur de cette action quelle que soit sa durée d'application (même si cette application est quasi instantanée). Lorsqu'une action est considérée comme de longue durée, sa valeur caractéristique dépend de la probabilité d'atteinte ou de dépassement en permanence d'une certaine valeur pendant une certaine durée au moins d'application : il s'agit alors d'évaluer la valeur de cette action, qui peut se trouver atteinte ou dépassée, en même temps que la valeur caractéristique de l'action (ou des actions) de courte durée (ou accidentelle) entrant dans la combinaison considérée.

3.3. A l'intérieur d'une combinaison *, on distingue :

- les actions de courte durée, dont les valeurs caractéristiques (maximales ou minimales **) doivent correspondre à une faible probabilité d'être atteintes ou dépassées au cours de la période prise pour durée de référence ; ***

- les actions accidentelles, dont les valeurs caractéristiques sont fixées forfaitairement ; ****

- les actions de longue durée, dont les valeurs caractéristiques doivent correspondre à une probabilité non négligeable d'être atteintes ou dépassées de façon concomitante entre elles et simultanée avec l'action (ou les actions) de courte durée (ou accidentelle) figurant dans la combinaison considérée. Pour les actions cycliques et, lorsqu'il y a lieu, pour les actions intermittentes, ces valeurs doivent donc correspondre à une faible probabilité d'être atteintes ou dépassées pendant une durée d'application au total assez longue par rapport à la durée de référence choisie pour l'action (ou les actions) de courte durée entrant dans la même combinaison. *****

Dans certains cas exceptionnels, des actions intermittentes d'application extrêmement courte, mais très fréquentes, pourraient avoir une probabilité de simultanéité non négligeable avec d'autres actions de courte durée à période de variation beaucoup plus lente. On peut soit les faire entrer dans des combinaisons supplémentaires, soit les assimiler à des actions de longue durée. Dans ce dernier cas, leur évaluation est forfaitaire.

Comme les actions caractéristiques de longue durée dépendent le plus souvent des combinaisons où elles sont utilisées, elles ne sont généralement pas fixées par les textes réglementaires, mais par le présent document ou par le C.P.S.; à défaut, elles sont arrêtées ou acceptées par le maître d'œuvre.

3.4. * Les combinaisons comprenant des actions de longue durée seules sont à étudier, notamment dans les constructions de béton précontraint.

** Chacune des actions cycliques et intermittentes est à considérer séparément comme de courte durée, avec sa valeur caractéristique correspondante, pour donner lieu à une combinaison fondamentale avec les actions de longue durée concomitantes.

*** On admet que les combinaisons fondamentales, de la manière dont elles sont définies et précisées dans le présent texte, couvrent la plupart des combinaisons possibles pour les constructions courantes.

C'est seulement dans le cas où plusieurs actions cycliques ou intermittentes ont une probabilité non négligeable d'intervenir simultanément avec des valeurs proches de leur valeur caractéristique « de courte durée » et où il ne peut être tenu compte, par la considération de valeurs de longue durée, qu'il y a lieu de considérer des combinaisons supplémentaires.

Les coefficients γ_Q sont alors fixés en y introduisant un coefficient de réduction γ_{r2} .

Il s'agit notamment des actions combinées du vent (ou de la neige) et de certaines charges d'exploitation, qui font l'objet des combinaisons supplémentaires énumérées dans l'article 7.2.2 ci-après.

Le C.P.S. peut prescrire d'autres combinaisons supplémentaires (art. 1.1.1) en s'inspirant de ces principes, compte tenu des caractères particuliers des actions appliquées à la construction.

Article 4.

4.1.1. * Par exemple, on prend deux valeurs lorsque la masse volumique varie sensiblement avec la teneur en eau du matériau.

3.4. Parmi les combinaisons à considérer, on distingue :

— les combinaisons fondamentales qui comprennent :

- soit des actions de longue durée seules ; *
- soit une action de courte durée combinée avec des actions de longue durée ; **

— les combinaisons supplémentaires, qui comprennent deux (ou exceptionnellement plus de deux) actions de courte durée combinées avec des actions de longue durée ; ***

— les combinaisons accidentelles, qui comprennent une action accidentelle combinée avec des actions de longue durée.

Article 4.

LES ACTIONS

4.1. Les actions permanentes comprennent :

4.1.1. Le poids propre des éléments de la construction.

La masse volumique de l'acier est prise égale à 7,85 tonnes par m³.

Celle du béton armé et du béton précontraint est prise égale à 2,5 tonnes par m³, sauf circonstances spéciales (bétons légers, proportion anormale d'armatures, etc.).

Pour la masse volumique des autres matériaux, on prend forfaitairement soit une seule valeur probable, soit deux valeurs probables (maximale et minimale) si la masse volumique est mal connue à l'avance ou si elle est variable dans le temps. *

** Notamment lorsque des modifications ultérieures importantes (surélévation, élargissement, etc.) sont envisagées.

*** Aux stades des avant-projets, on majore (ou on minore) les avant-métrés suivant les errements habituels pour tenir compte des modifications qui résulteront d'études plus poussées.

Les fractions forfaitaires à prendre en compte pour le calcul des valeurs caractéristiques s'appliquent aux poids résultant des dessins et calculs d'exécution et visent à couvrir les différences entre ceux-ci et les poids réels des éléments de la construction.

Dans les cas courants, à moins de justification de valeurs différentes, elles sont prises égales à + 6 % et à - 4 %, ces valeurs étant censées couvrir :

- pour les pièces en acier, les différences dans les épaisseurs ainsi que les erreurs faites sur les poids des assemblages, des fourrures accessoires et des attaches pour montage lorsque ceux-ci ont été sommairement évalués ; ces fractions ne comprennent pas les poids des raidisseurs, couvre-joints, pièces de renfort et fourrures prévus dans le projet, ni les poids des rivets ou boulons des constructions entièrement rivées ou boulonnées, qui sont à inclure dans le calcul du poids propre ;
- pour les pièces en béton armé ou précontraint, les différences dans les dimensions ainsi que les variations des masses volumiques.

Ces fractions sont à augmenter lorsque les volumes n'ont pas été évalués avec précision dans le projet (par exemple, si on a pris une valeur moyenne pour le poids par mètre sur toute la longueur d'une poutre de hauteur variable).

Elles peuvent être diminuées, mais sans être réduites à moins de + 3 % et - 2 % :

- pour les pièces en acier, lorsqu'on a tenu compte avec précision, dans le calcul du poids propre, du poids des boulons, rivets, fourrures et attaches pour montage ;
- pour les pièces en béton, lorsqu'une préfabrication précise comportant notamment réglage soigné des faces non coffrées est suivie d'une mise en œuvre telle que tout renformis soit superflu (les variations possibles d'épaisseur sont alors réduites) ;
- pour les pièces en béton préfabriquées en grande série dans des conditions d'exécution et de contrôle permettant une bonne connaissance statistique de leur poids.

Dans les cas particuliers, soit de pièces massives, soit de pièces minces (moins de 15 cm) en béton, ces fractions forfaitaires sont à évaluer directement à partir des erreurs absolues à envisager sur les dimensions (par exemple on pourra se baser sur une erreur possible de ± 10 cm sur la longueur et sur la largeur d'un massif de fondation, de ± 1 cm sur l'épaisseur d'un voile mince en béton), en y ajoutant des fractions forfaitaires de + 3 % et - 2 % pour tenir compte des variations des masses volumiques.

4.1.2. * Il y a lieu, dans chaque projet, d'évaluer les poids des équipements fixes et leurs variations en tenant compte de leur nature et des conditions d'exploitation de la construction.

a) Par exemple, dans le cas d'un pont-route, il s'agit essentiellement de tenir compte des variations réelles prévisibles d'épaisseur des revêtements par suite des nécessités de raccordement.

Sauf cas particuliers, ** les valeurs caractéristiques maximales et minimales du poids propre sont évaluées en ajoutant et en retranchant aux poids calculés à partir de ces masses volumiques et des volumes prévus dans le projet des fractions forfaitaires estimées en fonction de la construction ou de l'élément de la construction, ainsi que du degré d'approximation du calcul des volumes. ***

4.1.2. Le poids des équipements fixes de toute nature.

Les valeurs caractéristiques maximales et minimales des actions correspondantes sont évaluées comme ci-dessus, en tenant compte des éventualités de leur augmentation ou de leur diminution dans le temps. *

aux niveaux effectifs des chaussées aux abords, des irrégularités et variations dans le temps des extrados des tabliers, des reprofilages et rechargements ultérieurs, de l'addition de canalisations, etc., causes de variation dont les valeurs des charges routières réglementaires ne tiennent pas compte.

En ce qui concerne les poids des chapes d'étanchéité et revêtements, lorsque leur évaluation est faite en fonction des épaisseurs qu'il est prévu de réaliser en une ou plusieurs phases, les fractions forfaitaires peuvent être fixées à $\pm 20\%$ à partir des épaisseurs extrêmes prévues si celles-ci comportent un rechargement ultérieur, à $+40\%$ et -20% si elles n'en comportent pas.

En ce qui concerne les canalisations, lorsqu'un plan de pose complet à long terme est établi, les fractions forfaitaires peuvent être fixées à $\pm 20\%$ à partir des poids globaux extrêmes prévus. Lorsque le plan de pose est seulement à court terme, ou n'existe pas, on évalue dans chaque cas les poids des canalisations à prévoir à long terme : leur valeur caractéristique minimale peut être nulle, leur valeur caractéristique maximale dépend de la place disponible dans l'ouvrage et de la probabilité d'y installer ultérieurement des canalisations non prévues.

En ce qui concerne les autres équipements, les fractions à prendre en compte sont plus ou moins fortes suivant les variantes autorisées par rapport au projet et suivant les éventualités de transformations ultérieures.

b) Dans le cas des bâtiments, il s'agit essentiellement d'évaluer les poids, et leurs variations, de tout ce qui n'est pris en compte ni dans les poids propres, ni dans les charges d'exploitation, notamment des cloisons de distribution non porteuses (les cloisons porteuses, les revêtements de sol, les remplissages, etc. sont pris en compte dans les poids propres. Le mobilier est pris en compte dans les charges d'exploitation sur les planchers).

En ce qui concerne les cloisons de distribution, la valeur caractéristique maximale de leur poids est évaluée à partir du projet initial en y ajoutant une fraction forfaitaire plus ou moins forte suivant l'utilisation prévisible du bâtiment. La valeur caractéristique minimale est évaluée dans chaque cas d'espèce en tenant compte de la probabilité de déchargement de l'élément considéré comme suite à la suppression de tout ou partie de ces cloisons : par exemple, pour le calcul d'une poutre porteuse, il faut supposer que toutes les cloisons de distribution qu'elle supporte peuvent être supprimées (donc que la valeur caractéristique minimale de leur poids est nulle). Inversement, pour le calcul d'un poteau portant plusieurs étages d'un immeuble d'habitation, on peut admettre que, dans le cas le plus favorable, il subsistera une fraction assez forte du poids prévu pour ces cloisons.

Ces principes sont applicables à l'évaluation des charges caractéristiques dues aux machines dans les bâtiments industriels, lorsqu'elles sont considérées comme équipements fixes et non comme charges d'exploitation.

4.1.3. * Par exemple, dans un pont-canal, les petites variations du niveau de l'eau de part et d'autre du niveau moyen sont à prendre en compte dans les actions permanentes.

Lorsque ces actions sont variables, elles sont à classer suivant les cas parmi les actions cycliques ou parmi les actions intermittentes.

4.1.3. Les poids, les poussées ou les pressions des terres, des solides ou des liquides dont les valeurs sont pratiquement constantes dans le temps. *

L'action de l'eau dans une rivière ou dans un réservoir dont le niveau varie de façon importante et fréquente est à prendre en compte parmi les actions cycliques.

La poussée due aux charges sur un remblai est à considérer comme action intermittente.

** Par exemple, le calcul de la poussée des terres donne des résultats assez différents suivant qu'on choisit des hypothèses plus ou moins optimistes. Le coefficient de poussée d'un bon remblai à surface libre horizontale sur une paroi verticale peut varier de 0,30 à 0,50, et la masse volumique du remblai de 1,8 à 2 t/m³.

4.1.51. * Autres que celles dues à la précontrainte, par exemple déformations obtenues par dénivellations d'appuis.

4.1.52. * Sauf cas particuliers, on ne prend en compte pour ces actions qu'une valeur probable, fonction du temps (et non une valeur maximale et une valeur minimale).

4.1.53. * Il peut y avoir lieu d'adopter une majoration supérieure lorsque les tassements différentiels sont inférieurs au tiers du tassement absolu le plus élevé, ou lorsque le calcul des tassements probables ne tient guère compte des effets de la consolidation à long terme de sols très plastiques.

4.1.6. * Ceci vise soit des actions permanentes inhabituelles spéciales à la construction, soit des compléments aux actions permanentes énumérées plus haut.

Par exemple, il y a lieu pour certaines constructions de ne pas considérer seulement les tassements caractéristiques visés dans l'article 4.1.53 mais aussi d'examiner les conséquences des variations extrêmes envisageables des tassements, en plus ou en moins, par rapport aux valeurs probables calculées; ces variations sont dites « tassements aléatoires ». Le C.P.S. peut donner à ce sujet des précisions en appliquant à la construction en cause les directives générales établies par les services techniques spécialisés.

4.2.1. * On vise alors les valeurs les plus dangereuses de ces actions au cours de la durée de référence (par exemple, une crue centenaire) évaluées suivant les indications données dans le commentaire*** de l'article 3.3.

Les valeurs caractéristiques maximales et minimales des actions correspondantes sont évaluées en tenant compte des incertitudes dues à leur mode de calcul** et de leur variation éventuelle dans le temps.

4.1.4. Les actions dues à la précontrainte.

Pour le béton précontraint, elles sont définies et la façon de les prendre en compte est précisée dans le titre VII du fascicule 61 du C.P.C.

4.1.5. Les déformations imposées à la construction.

4.1.51. Les déformations * volontairement imposées à la construction en cours d'exécution engendrent des actions dont les valeurs caractéristiques maximales et minimales tiennent compte des incertitudes du calcul et des redistributions éventuelles des efforts dans le temps.

4.1.52. Les valeurs à prendre en compte pour le retrait et le fluage du béton figurent dans les prescriptions relatives aux matériaux.*

4.1.53. Les déplacements différentiels des appuis.

Les déplacements différentiels des appuis lorsqu'ils sont susceptibles d'intervenir dans un état limite sont pris en compte parmi les actions permanentes soit pour leur valeur maximale probable résultant des études géotechniques et du calcul, augmentée d'une fraction forfaitaire au moins égale à 20 % * et considérée alors comme valeur caractéristique, soit pour zéro.

4.1.6. Les autres actions permanentes dont il y a lieu de tenir compte.*

4.2. Les actions cycliques proviennent :

- des variations de la température ;
- des poids, des poussées ou des pressions des solides ou des liquides dont le niveau est variable ;
- ou d'autres origines indiquées dans le C.P.S.

4.2.1. Lorsque, dans une combinaison d'actions, elles sont considérées comme actions de courte durée, leurs valeurs caractéristiques sont fixées en fonction de la durée de référence.*

Pour les actions « de courte durée » de la température, lorsque la durée de référence est de l'ordre de 50 ans, on peut prendre comme valeurs caractéristiques celles qui correspondent à des dilatations linéaires relatives de $+ 3.10^{-4}$ et $- 4.10^{-4}$, pour les constructions en acier, en béton armé ou en béton précontraint, à condition :

- que le climat ne diffère pas trop du climat moyen de la France métropolitaine ;
- que la température à l'origine de la construction ne soit ni trop élevée, ni trop basse.

Si ces conditions ne sont pas réalisées, le C.P.S. indique les valeurs caractéristiques à prendre en compte pour les actions de courte durée, ainsi que pour les actions de longue durée visées dans l'article 4.2.2.

Pour certaines constructions ou éléments de constructions, il convient d'examiner au surplus les effets des variations rapides de la température, ainsi que les effets des gradients thermiques (notamment dans les éléments minces non protégés du rayonnement solaire). A défaut de textes généraux, le C.P.S. indique alors les valeurs caractéristiques à prendre en compte. Il convient d'ailleurs de prévoir des dispositions constructives évitant autant que possible les effets néfastes des variations de température en rendant la construction librement dilatable grâce à des joints convenablement disposés.

Les valeurs indiquées ci-dessus peuvent être réduites pour des constructions ou parties de constructions particulièrement massives ou protégées.

4.2.2. * On vise alors la probabilité de simultanéité d'une valeur forte de ces actions avec la valeur la plus dangereuse d'une ou de plusieurs actions de courte durée.

Pour l'évaluation de la valeur caractéristique d'une action quand elle est considérée, dans la combinaison envisagée, comme « de longue durée », on se réfère soit à une durée totale d'application (estimée en fraction forfaitaire de la durée de référence admise) soit à une période de retour.

Lorsque la température est considérée comme action de longue durée, on peut prendre comme valeurs caractéristiques, sous les réserves indiquées ci-dessus, celles qui correspondent à des dilatations linéaires relatives de $+ 2.10^{-4}$ et $- 2,5.10^{-4}$.

4.3.1. * Il s'agit notamment pour les ponts des titres I, II et III du fascicule 61 du C.P.C., pour les bâtiments de la norme NF P 06-001.

Ces textes, de même que les textes parallèles relatifs à d'autres types de constructions, fixent des charges nominales. Celles-ci peuvent être assez différentes des charges caractéristiques définies dans le présent texte. Lorsque des charges « nominales » ne peuvent pas être considérées comme charges « caractéristiques », les coefficients γ_s à adopter sont indiqués soit dans le texte qui les définit, soit dans des textes complémentaires, soit dans le C.P.S.

4.2.2. Lorsque, dans une combinaison d'actions, elles sont considérées comme actions de longue durée, leurs valeurs caractéristiques sont celles qui présentent une faible probabilité d'être dépassées (dans l'un ou l'autre sens) pendant une fraction assez longue de la durée de référence.*

4.3. Les actions intermittentes comprennent :

4.3.1. Les charges d'exploitation.

Ces charges sont définies soit par les textes réglementaires en vigueur, * soit, en l'absence de textes réglementaires, par le C.P.S. qui définit leurs valeurs caractéristiques en tenant compte de la durée de référence et des conditions d'utilisation de la construction.

Ces charges comprennent non seulement des poids mais aussi des effets annexes tels que forces de freinage, forces centrifuges, effets dynamiques, etc.

Les valeurs caractéristiques ainsi définies sont à prendre en compte lorsque les charges d'exploitation sont considérées comme actions de courte durée.

4.3.2. * Ces charges sont définies :

- pour les ponts-rails par le titre I, pour les ponts-routes par le titre II et pour les ponts-canaux par le titre III du fascicule 61. Les valeurs nominales indiquées dans ces textes sont à considérer comme valeurs caractéristiques ;
- pour les autres constructions, par le titre IV du fascicule 61 qui indique les valeurs caractéristiques des pressions du vent ainsi que les valeurs caractéristiques des poids de neige à prendre en compte.

4.4. * On peut citer comme exemple d'actions accidentelles :

- les séismes ;
- les cyclones tropicaux ;
- les chocs de véhicules ou de bateaux contre les appuis des ponts (par contre, les chocs inhérents à l'exploitation de la construction, par exemple au fonctionnement d'un pont mobile, ne sont pas des actions accidentelles, mais des actions intermittentes) ;
- les effets de la destruction d'un remblai par une crue exceptionnelle ;
- les glissements de terrain ;
- les explosions ;
- ...

Article 5.

5.1. * En particulier, les combinaisons fondamentales comportant les actions permanentes seules n'ont pas à être étudiées dans les nombreux cas où elles sont couvertes par une combinaison comportant une action de courte durée.

Lorsqu'elles sont considérées comme actions de longue durée, les valeurs caractéristiques des charges d'exploitation, évaluées de la manière indiquée ci-dessus pour les actions cycliques de longue durée, sont fixées soit par des textes réglementaires, soit par le C. P. S.

4.3.2. Les charges climatiques.

Les charges climatiques à prendre en considération en cours d'exécution et en cours d'exploitation sont définies par le C. P. C. * S'il s'agit de constructions exceptionnelles ou réalisées dans des conditions exceptionnelles, elles sont définies par le C. P. S.

Le C. P. C. ou le C. P. S. comportent également les directives nécessaires pour l'étude des effets dynamiques dangereux, qui peuvent résulter de vents relativement modérés.

Pour certaines constructions, le C. P. C. ou le C. P. S. définissent un vent compatible avec l'exploitation qui est à combiner comme action de courte durée avec la charge d'exploitation correspondante.

Le vent n'est à considérer parmi les actions de longue durée que dans des cas exceptionnels.

4.3.3. Les charges non permanentes appliquées en cours d'exécution.

Ces charges provenant des équipements de chantier, des engins de transport et de levage, des dépôts provisoires de matériaux, etc., sont estimées à partir de leur valeur probable qu'il convient de majorer largement pour fixer leurs valeurs caractéristiques. Ces charges sont considérées comme actions de courte durée.

4.3.4. Les autres actions indiquées le cas échéant dans le C. P. S.

4.4. Les actions accidentelles.

Elles sont énumérées le cas échéant par le C. P. S., qui, à défaut de texte réglementaire, en fixe les valeurs caractéristiques à prendre en compte. *

Article 5.

LES COMBINAISONS D'ACTIONS

5.1. Les actions à prendre en compte, ainsi que leurs valeurs caractéristiques, sont différentes suivant la combinaison et l'état limite considérés. Comme les combinaisons possibles sont très nombreuses, il est admis de n'étudier que celles qui apparaissent comme les plus dangereuses. Celles qui sont manifestement couvertes par une combinaison plus défavorable n'ont pas à figurer dans les justifications. *

****** Notamment pour tenir compte des déformations différées du béton précontraint, ou de modifications envisagées dans la structure ou l'utilisation de la construction.

5.2.1. * Les valeurs caractéristiques maximales et minimales à prendre en compte pour les actions considérées comme de longue durée sont définies dans l'article 4 précédent. Dans un grand nombre de cas, il n'est nécessaire de considérer que les actions de longue durée agissant dans le même sens que l'action de courte durée.

En général, les valeurs maximales et minimales d'une même action de longue durée sont prises en compte dans des combinaisons différentes; par exemple, dans le cas d'une tour ou d'une cheminée, on prend en compte successivement la valeur maximale ou la valeur minimale des charges de longue durée suivant que le vent agit dans le même sens ou en sens inverse.

Dans le cas où des actions de longue durée et de même origine interviennent dans la même combinaison à la fois dans un sens favorable ou dans un sens défavorable, on ne prend pas en compte une partie de ces actions avec leur valeur caractéristique maximale, l'autre partie avec leur valeur caractéristique minimale, mais on attribue globalement à toutes ces actions soit leur valeur caractéristique maximale, soit leur valeur caractéristique minimale. Par exemple, lorsqu'on étudie le moment de flexion dans une section d'une poutre continue, son poids propre a un effet favorable ou défavorable selon le tronçon considéré entre zéros des lignes d'influence et selon le cas de charge envisagé. Dans une même combinaison, on ne prend en compte, pour le poids propre de la poutre sur toute sa longueur, qu'une même valeur extrême (maximale ou minimale) et on introduit le moment de flexion dû au poids propre, soit dans le terme $S (\gamma_{QL1} Q_{L1})$, soit dans le terme $S (\gamma_{QL2} Q_{L2})$ définis dans l'article 7 ci-après. La probabilité pour que les poids propres des tronçons successifs soient alternativement surestimés et sous-estimés est en effet négligeable.

De même, dans le cas où une même action de longue durée a des composantes qui sont les unes défavorables, les autres favorables, on considère, soit la valeur caractéristique maximale, soit la valeur caractéristique minimale de cette action, et on prend en compte les composantes correspondantes. Par exemple, lorsqu'une force oblique de direction connue a une composante verticale favorable et une composante horizontale défavorable, on prend en compte soit la valeur maximale, soit la valeur minimale de cette force (il peut être nécessaire de faire successivement les deux hypothèses) et ses composantes s'en déduisent géométriquement. Par contre, s'il s'agit d'un remblai dont le poids a un effet favorable, et la poussée horizontale un effet défavorable, il convient de prendre en compte la valeur minimale du poids et la valeur maximale du coefficient de poussée, parce que les incertitudes sur ces deux éléments ont des origines physiques différentes.

D'une manière générale, les justifications sont à présenter pour les différentes phases de l'exécution, et pour la période d'exploitation.

Dans certains cas, les justifications sont à présenter pour plusieurs époques de l'exploitation de la construction. **

5.2. Dans chacune des combinaisons envisagées, on prend en compte comme actions de longue durée celles qui sont compatibles avec l'action (ou les actions) de courte durée (ou accidentelle) qui figure dans cette combinaison.

5.2.1. Ne sont considérées comme compatibles que des actions dont la concomitance est physiquement possible et présente une probabilité non négligeable.

Les actions de longue durée agissant dans le même sens que l'action (ou les actions) de courte durée (ou accidentelle) sont prises en compte avec leurs valeurs caractéristiques (de longue durée) maximales.

Les actions de longue durée agissant en sens opposé sont prises en compte avec leurs valeurs caractéristiques minimales. *

5.2.2. *Par exemple, lorsque la température est considérée comme action de courte durée, c'est l'intégralité de la variation de température par rapport à la température initiale qui est prise en compte, et non son augmentation par rapport à sa valeur considérée comme action de longue durée, pour l'application du coefficient γ_{qc} . (Des indications sont données dans le titre VII du fascicule n° 61 sur le choix des modules de déformation du béton à prendre en compte dans ce cas.)

5.3. *Un cas particulier est, par exemple, celui d'un réservoir dans lequel le maximum de certaines sollicitations correspond à un niveau intermédiaire entre le vide et le plein. La valeur intermédiaire est alors à examiner.

5.4. *Les textes visés ci-dessus pour les charges d'exploitation indiquent les configurations les plus défavorables à envisager, en excluant les configurations très improbables. Ces principes sont à appliquer dans les circonstances non prévues dans les textes réglementaires.

Article 6.

*Les états limites ultimes d'équilibre statique sont très divers par leur nature et par leurs conséquences. Il y a lieu d'examiner dans chaque cas, la convenance de la méthode indiquée qui suppose notamment :

- que les calculs sont assez précis et basés sur des hypothèses proches de la réalité, sinon il convient d'augmenter γ_{QL1} γ_{qc} et de diminuer γ_{QL2} ;
- que l'action dangereuse est une action de courte durée (ou accidentelle) représentant une fraction importante des actions de longue durée : les équilibres statiques faisant intervenir essentiellement des actions de longue durée (par exemple, construction d'un pont en encorbellement) sont à étudier spécialement ; si la marge de sécurité est faible, il convient plutôt d'assurer la stabilité par des dispositifs appropriés dont on calcule la résistance par les formules de l'article 7.

Si les conséquences d'une rupture d'équilibre étaient exceptionnellement graves, les coefficients γ_Q seraient à modifier dans le sens de la sécurité, conformément au principe de l'article 2.

Article 7.

7.1. *Lorsque la sollicitation correspondant à une action élémentaire Q est proportionnelle à cette action, il est indifférent de multiplier l'action ou la sollicitation par γ_Q . Mais le résultat n'est pas le même lorsque la sollicitation n'est pas proportionnelle à

5.2.2. Dans la même combinaison, les actions cycliques ou intermittentes de même origine ne sont pas considérées en partie comme de longue durée et, pour le surplus, comme de courte durée : dans les combinaisons successives, elles sont prises en compte intégralement soit comme de courte durée, soit comme de longue durée, avec les valeurs caractéristiques correspondantes.*

5.3. Les actions sont prises pour zéro, soit pour leur valeur caractéristique (maximale ou minimale). On ne recherche pas si des valeurs intermédiaires (des actions, ni des coefficients γ) pourraient être éventuellement plus défavorables, sauf dans des cas particuliers.*

5.4. Pour les actions de courte durée provenant de charges qui peuvent avoir des configurations variées, on recherche pour chaque état limite la configuration la plus défavorable, à condition non seulement qu'elle soit physiquement possible, mais aussi que sa probabilité ne soit pas négligeable.*

Article 6.

EQUILIBRE STATIQUE

Pour les justifications vis-à-vis des états limites d'équilibre statique, on multiplie chacune des actions figurant dans la combinaison considérée par des coefficients γ_Q pour obtenir les combinaisons d'actions de calcul à comparer avec les combinaisons d'actions limites.

Sauf prescription différente, ces coefficients γ_{QL1} , γ_{QL2} , γ_{qc} dont les indices ont la signification indiquée dans l'article 7 ci-après, sont fixés comme suit :

- lorsque des accidents de personnes sont à craindre en cas de dépassement de l'état limite considéré, les valeurs de γ_{QL1} et γ_{qc} sont prises égales à celles qui figurent dans l'article 7.2.1.1. multipliées par 1,2 ; γ_{QL2} est pris égal à 0,9 ; *
- dans le cas contraire, γ_{QL1} , γ_{QL2} et γ_{qc} ont les mêmes valeurs que celles qui figurent dans l'article 7.2.1.1 ; toutefois, une réduction du coefficient γ_{qc} peut être admise lorsque le dépassement de l'état limite considéré ne risque d'entraîner que des conséquences minimales pour la construction elle-même.

Article 7.

SOLLICITATIONS DE CALCUL

7.1. En désignant par :

Q_L , l'ensemble des actions de longue durée agissant dans le même sens que les actions de courte durée, ou que l'action accidentelle intervenant dans la même combinaison ;

l'action élémentaire (cas des structures très déformables telles que ponts suspendus, ou des structures calculés dans leur ensemble en plasticité). C'est pourquoi le principe général est de majorer (ou de minorer) l'action au départ.

Lorsqu'il y a proportionnalité entre sollicitations et actions élémentaires, la formule générale peut aussi s'écrire :

$$\gamma_{S1} (\gamma_{QL1} S (Q_{L1}) + \gamma_{QL2} S (Q_{L2}) + \sum \gamma_{Qc1} S (Q_{c1}))$$

ou encore :

$$\gamma_{S1} \gamma_{QL1} S (Q_{L1}) + \gamma_{S1} \gamma_{QL2} S (Q_{L2}) + \sum \gamma_{S1} \gamma_{Qc1} S (Q_{c1})$$

Lorsque toutes les actions de longue durée à considérer sont défavorables, la formule s'écrit :

$$\gamma_{S1} (S (\gamma_{QL1} Q_{L1}) + \sum S (\gamma_{Qc1} Q_{c1}))$$

Lorsque toutes les actions de longue durée à considérer sont favorables, la formule s'écrit :

$$\gamma_{S1} (S (\gamma_{QL2} Q_{L2}) + \sum S (\gamma_{Qc1} Q_{c1}))$$

Le signe + placé dans toutes ces formules devant S ($\gamma_{QL2} Q_{L2}$) représente une addition vectorielle (ou simplement algébrique) dans laquelle les effets des actions Q_{L2} sont favorables, c'est-à-dire en sens inverse de ceux des actions Q_{c1} , étant entendu qu'il s'agit du sens des composantes principales vis-à-vis de l'effet considéré, certaines autres composantes de Q_{L2} et Q_{c1} pouvant être dirigées dans le même sens.

7.2.1.1. * Quand on considère les actions de longue durée seules, $Q_c = 0$.

** Dans les combinaisons correspondantes, on prend en compte comme action de courte durée les valeurs caractéristiques (différentes suivant la destination du bâtiment) des charges sur les planchers, notées Q_{L1} , à l'exclusion des charges dues aux cloisons, qui sont à inclure dans les actions de longue durée Q_L (voir article 4.1.2. ci-dessus).

On introduit aussi dans Q_L une charge de neige de longue durée égale à la moitié de la valeur caractéristique de courte durée des charges dues à la neige, sous réserve d'indications différentes ou plus précises données sur ce point dans le titre IV du fascicule n° 61.

*** Avec leur valeur caractéristique « de courte durée ».

Pour la température, le commentaire de l'article 4.2.1 ci-dessus donne des indications sur les valeurs caractéristiques à prendre en compte.

Q_{L2} l'ensemble des actions de longue durée agissant en sens inverse ;

Q_{c1} les actions de courte durée ou les actions accidentelles, et d'une manière générale par S ($\gamma_Q Q$) la sollicitation due à une action de calcul (ou à un ensemble d'actions de calcul) $\gamma_Q Q$, les sollicitations de calcul s'écrivent sous la forme générale suivante :

$$\gamma_{S1} (S (\gamma_{QL1} Q_{L1}) + S (\gamma_{QL2} Q_{L2}) + \sum S (\gamma_{Qc1} Q_{c1})) *$$

les valeurs données aux différentes actions étant leurs valeurs caractéristiques définies dans les articles précédents.

7.2. Sollicitations de calcul vis-à-vis des états limites ultimes.

7.2.1. Combinaisons fondamentales.

7.2.1.1. Etats limites ultimes de résistance (autre qu'à la fatigue).

Les sollicitations de calcul à considérer sont les suivantes :

$$1,2 (S (1,1 Q_{L1}) + S (0,9 Q_{L2}) + S (\gamma_{Qc} Q_{c1})) *$$

avec :

$\gamma_{Qc} = 1,4$ lorsque Q_c représente les charges appliquées en cours d'exécution ;

$\gamma_{Qc} = 1,33$ lorsque Q_c représente les charges non exceptionnelles sur les ponts-routes ;

$\gamma_{Qc} = 1,25$ lorsque Q_c représente :

- soit les charges sur les planchers des bâtiments ; **
- soit les charges sur les ponts-rails ;

- soit les actions de la température ; ***
- soit les autres actions cycliques ; ***