

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT
ET DU CADRE DE VIE

*Direction des affaires
économiques et Internationales.*

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE
ET DES FINANCES

Commission centrale des marchés.

Groupe permanent d'étude
des marchés de travaux publics.

MARCHES PUBLICS

DECISION N° 6-79 DU GROUPE PERMANENT D'ÉTUDE DES MARCHES DE TRAVAUX

CIRCULAIRE N° 79-25 DU 13 MARS 1979

Instruction technique sur les directives communes de 1979 relatives au calcul des constructions (D.C. 79)

Tous renseignements ou observations au sujet du présent fascicule doivent être adressés :

- soit au secrétariat général de la Commission centrale des marchés, 41, quai Branly, 75700 Paris (téléphone : 555.71.11, poste 31-85) ;
- soit au président ou au secrétariat du G.P.E.M./T., Conseil général des ponts et chaussées, ministère de l'environnement et du cadre de vie, 246, boulevard Saint-Germain, 75007 Paris (téléphone : 544.39.93, postes 40-06 et 40-14).

TABLE DES MATIERES

	Pages
1 - Décision n° 6.79 du Groupe permanent d'étude des marchés de travaux.....	3
2 - Circulaire n° 79.25 du 13 mars 1979.....	5
3 - Instruction technique du 9 janvier 1979 du Conseil général des ponts et chaussées sur l'application des directives communes 1979 relatives au calcul des constructions	7
4 - Annexe n° 1 à l'instruction du 9 janvier 1979. - Directives communes relatives au calcul des constructions ..	11
5 - Annexe n° 2 à l'instruction du 9 janvier 1979. - Composition du groupe de travail	59

Page laissée intentionnellement blanche

DECISION N° 6-79

**du Groupe permanent d'étude des marchés de travaux
(G.P.E.M.-T.)**

**approuvée le 15 mai 1979 par la Section technique
de la commission centrale des marchés.**

(Bulletin officiel des services des prix du 23 juin 1979.)

**DIRECTIVES COMMUNES 1979
RELATIVES AU CALCUL DES CONSTRUCTIONS (D.C. 79)**

1°) La Section technique a recommandé, le 28 mars 1972, l'utilisation des Directives communes relatives au calcul des constructions du 13 décembre 1971 (D.C. 71).

Depuis la parution de ce texte, les enseignements tirés de son utilisation et les travaux théoriques poursuivis ont montré la nécessité de le réviser sur certains points.

2°) Aussi, une instruction technique du 9 janvier 1979 du Conseil général des ponts et chaussées, diffusée aux services du ministère de l'environnement et du cadre de vie et du ministère des transports par une circulaire n° 79-25 du 13 mars 1979, a présenté des Directives communes 1979 pour le calcul des constructions.

3°) Le G.P.E.M.-T. a estimé, au cours de sa séance du 14 mai 1979, qu'il serait opportun que l'instruction technique du 9 janvier 1979 soit recommandée aux autres ministères.

RECOMMANDATION N° 6-79 DU G.P.E.M.-T.

2. - Le G.P.E.M.-T. recommande aux services du secteur public d'appliquer l'instruction technique du 9 janvier 1979 du Conseil général des ponts et chaussées relative aux Directives communes relatives au calcul des constructions (D.C. 79), diffusée par la circulaire n° 75.25 du 13 mars 1979 du ministère de l'environnement et du cadre de vie.

La recommandation du 28 mars 1972, relative à l'utilisation des Directives communes du 13 décembre 1971 (D.C. 71), demeure valable tant que les règlements rédigés en application des D.C. 71 ne seront pas modifiés pour être rendus conformes aux D.C. 79.

2. - La présente recommandation doit être publiée :

- dans le *Bulletin officiel du service des prix* (1) (3) ;
- dans la revue *Marchés publics* (1) (3) ;
- dans le *Bulletin officiel du ministère de l'environnement et du cadre de vie et du ministère des transports* (2) (3).

(1) Sans l'instruction du Conseil général des ponts et chaussées.

(2) Avec l'instruction du Conseil général des ponts et chaussées.

(3) En vente à la Direction des Journaux officiels, 26, rue Desaix, 75732 PARIS CEDEX 15.

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT
ET DU CADRE DE VIE

Direction des affaires économiques et internationales

136-0
Non parue J.O.
338 (79-12 bis)

CIRCULAIRE N° 79-25 DU 13 MARS 1979
Instruction technique sur les directives communes 1979
relatives au calcul des constructions.

Pièces jointes :

Instruction technique du 9 janvier 1979 du Conseil général des ponts et chaussées sur les directives communes 1979 relatives au calcul des constructions (D.C. 79).

2 annexes à l'instruction technique.

Le ministre de l'environnement et du cadre de vie
à

Messieurs les directeurs et chefs de service de l'administration centrale ;

Messieurs les ingénieurs généraux des ponts et chaussées chargés d'une circonscription ou d'une mission d'inspection générale ;

Messieurs les directeurs régionaux de l'équipement (sous couvert de Messieurs les préfets de région) ;

Messieurs les directeurs départementaux de l'équipement (sous couvert de Messieurs les préfets) ;

Messieurs les chefs des services maritimes (sous couvert de Messieurs les préfets) ;

Messieurs les chefs des services de navigation ;

Messieurs les directeurs des ports autonomes de Dunkerque, Le Havre, Rouen, Nantes, Saint-Nazaire, Bordeaux, Marseille, Strasbourg, Paris et la Guadeloupe ;

Messieurs les ingénieurs en chef des services spéciaux des bases aériennes de l'Île-de-France, de la Gironde et des Bouches-du-Rhône ;

Monsieur le chef du service technique des bases aériennes à Paris ;

Messieurs les chefs de service de l'aviation civile à Djibouti, Moroni, Nouméa et Papeete ;

Messieurs les directeurs et chefs de service des travaux maritimes de Toulon, Brest, Lorient, Cherbourg et Rochefort ;

*Monsieur le directeur général de l'aéroport de Paris ;
Messieurs les directeurs des services techniques cen-
traux ;*

*Monsieur le directeur du laboratoire central des ponts
et chaussées ;*

*Messieurs les directeurs des centres d'études techniques
de l'équipement d'Aix-en-Provence, Bordeaux, Lille,
Rouen, Nantes et de l'Est.*

Vous voudrez bien trouver ci-jointe l'instruction technique du 9 janvier 1979 relative aux directives communes 1979 sur le calcul des constructions, établie par le Conseil général des ponts et chaussées (2^e section) et ses 2 annexes.

Je vous demande de bien vouloir mettre en application ces nouvelles directives communes dans les conditions prévues. Les difficultés d'interprétation ou d'application auxquelles elles donneraient lieu seront signalées sous le timbre de la direction des affaires économiques et internationales pour être transmises, selon le cas, aux directions intéressées.

*Le ministre de l'environnement
et du cadre de vie.*

Pour le ministre et par délégation,
le directeur des affaires économiques

J. BLOCK.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT
ET DU CADRE DE VIE

MINISTÈRE DES TRANSPORTS

CONSEIL GENERAL DES PONTS ET CHAUSSEES

2^e SECTION - BATIMENT ET GENIE CIVIL

**INSTRUCTION TECHNIQUE DU 9 JANVIER 1979
sur l'application des directives communes 1979
relatives au calcul des constructions (D.C. 79).**

1. Il est apparu nécessaire de préparer une nouvelle édition des directives communes relatives au calcul des constructions annexées à la circulaire n° 71.145 du 13 décembre 1971 (1) (D.C. 71).

Les directives communes 1979 relatives au calcul des constructions (D.C. 79) ont donc été préparées par un groupe de travail, dont la composition figure en annexe II à la présente instruction et leur texte en constitue l'annexe I.

La présente instruction, après avoir rappelé les différents principes sur lesquels sont basés les règlements de calculs actuels et exposé les principales innovations apportées par les D.C. 79, en précise l'objet et les destinataires, ainsi que les conditions d'application.

2. Intérêt des directives communes.

2.1. Règlements aux contraintes admissibles.

L'usage ancien était de baser les règlements de calcul sur la méthode des « contraintes admissibles ».

Tel est le cas :

- du titre VI du fascicule 61 - Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé (dit CCBA 68), (annexe IV à la circulaire n° 70.1115 du 27 octobre 1970) (2) ;

(1) Fascicule spécial 71.100 *bis*.

(2) Fascicule spécial 70.93 *bis*.

- de l'instruction provisoire relative à l'emploi du béton précontraint annexée à la circulaire n° 44 du 12 août 1965 (I.P. 1) (1).

2.2. Méthode des états-limites - Directives communes.

Les conceptions nouvelles dans le domaine de la sécurité, et les études tant théoriques que pratiques ayant montré les insuffisances que pouvait présenter la méthode des « contraintes admissibles », il est généralement admis aujourd'hui que la méthode « des états-limites » doit servir de base aux règlements modernes de calcul des ouvrages ; des explications à ce sujet ont été données dans le préambule des directives communes 1971 et sont développées dans celui des D.C. 79.

2.3. Directives communes 1971.

L'instruction provisoire du 13 décembre 1971 relative aux directives communes pour le calcul des constructions (D.C. 71) avait donc été rédigée en vue de la révision des différents règlements de calcul des constructions.

L'utilisation des D.C. 71 a été recommandée par la section technique de la commission centrale des marchés le 28 mars 1972 (annexe I à la circulaire n° 73.150 du 7 août 1973) (2).

Elles ont servi de base ;

- au titre V du fascicule 61 du C.P.C., conception et calcul des ponts et constructions métalliques en acier (annexe IV à la circulaire 73.150 sus-visée),
- à l'instruction provisoire n° 2 relative à l'emploi du béton précontraint (annexe C à la circulaire n° 73.153 du 13 août 1973) (3).

Les D.C. 71 demeurent valables tant que ces deux textes restent en vigueur.

2.4. Directives communes 1979.

Depuis la parution des D.C. 71, les enseignements tirés de leur utilisation, ainsi que les travaux poursuivis depuis cette date, tant sur le plan français que sur le plan international, ont montré la nécessité de les réviser sur certains points.

Le travail ainsi entrepris a abouti aux D.C. 79 annexées à la présente instruction.

Les principes qui étaient à la base des précédentes directives communes, ainsi que la méthode générale de justification de la sécurité et de la durabilité des constructions (méthode d'états-limites avec introduction de coefficients partiels de sécurité) ont été conservés. Les principales modifications sont les suivantes :

(1) Fascicule spécial 65.15 *bis*.

(2) Fascicule spécial 78. 9 *ter*.

(3) Fascicule spécial 73.64 *bis*.

Les notions d'actions « de courte durée » et « de longue durée » ont été remplacées par la notion plus générale de « valeurs représentatives » des actions. Il s'agit dans un cas comme dans l'autre de définir pour chacune des actions différents niveaux d'intensité, mais la nouvelle terminologie est plus précise que la précédente et permet plus de souplesse dans l'application.

Les valeurs dites de « courte durée » dans les précédentes directives communes s'identifient, dans le présent document, aux valeurs caractéristiques des actions. Les valeurs dites « de longue durée » sont remplacées, suivant les cas, par des valeurs « de combinaison », des valeurs « fréquentes » ou des valeurs « quasi-permanentes ».

Les indications données en commentaire sur l'évaluation des valeurs caractéristiques ont été sensiblement modifiées. Ces indications ne visent d'ailleurs à donner qu'un ordre de grandeur du but à atteindre ; pour la fixation des valeurs numériques correspondantes, il convient d'utiliser avec discernement les études statistiques et de tenir le plus grand compte de l'expérience. Dans la plupart des cas, les valeurs à prendre en compte seront prescrites par des textes spécifiques.

Le nombre de familles de combinaisons a été réduit à 2 vis-à-vis des états-limites ultimes.

La formule relative aux états-limites d'équilibre statique a été changée et rendue plus souple pour tenir compte de la diversité de ces états-limites et de leurs conséquences.

Les valeurs numériques des coefficients qui interviennent dans l'étude des états-limites ultimes de résistance ont été légèrement modifiées ; une plus grande latitude a été donnée pour la décomposition du coefficient γ_F lorsque celle-ci est nécessaire.

Le terme « état-limite d'utilisation » a été remplacé par le terme « état-limite de service ». En ce qui concerne les états-limites de service, 3 catégories de combinaisons ont été introduites pour tenir compte de la variété des phénomènes que l'on cherche à éviter.

Certaines notations et certains symboles ont été modifiés pour les rendre conformes à la norme NF P 06-005.

D'autres modifications ont été introduites dans la consistance du document et dans la rédaction du texte et des commentaires, en vue de faciliter sa compréhension et son application.

3. *Objet et destinataires des directives communes 1979.*

- L'objet des directives communes 1979 est essentiellement d'assurer progressivement la cohérence de la réglementation technique, en fixant la méthode à utiliser pour justifier la sécurité et la durabilité des constructions faisant l'objet de textes spécifiques. On y trouve une description de cette méthode avec les définitions correspondantes, la terminologie et les classifications à adopter, les règles générales de formation des combinaisons ainsi qu'un certain nombre de valeurs numériques pour les coefficients.

Mais ce sont d'une part les textes relatifs à chacune des actions, d'autre part les textes relatifs à chaque mode de construction

(en acier, en béton armé, en béton précontraint...) qui préciseront les prescriptions détaillées à appliquer.

- Ce document est donc destiné aux rédacteurs de ces textes en vue de l'harmonisation de la réglementation technique.

Il est destiné également aux projeteurs, pour leur permettre de connaître les bases et de comprendre la terminologie de cette réglementation, et pour leur donner la possibilité de résoudre des problèmes spéciaux ou de répondre à des questions non traitées ailleurs.

4. Conditions d'application des directives communes 1979.

Les D.C. 79 ont servi à l'établissement du nouveau règlement du béton armé aux états-limites. Dans l'immédiat, ces directives doivent être utilisées en liaison avec ce nouveau règlement qui va être prochainement publié.

Cependant, les définitions et les principes posés peuvent être avantageusement utilisés pour d'autres constructions quels que soient les matériaux utilisés, par exemple, pour étudier la force portante d'un ancien pont. Il appartient alors aux autorités qui en sont responsables d'en apprécier les modalités d'application et de fixer les valeurs des coefficients.

De même, les ingénieurs ayant à étudier certaines constructions soumises à des actions incomplètement définies par des textes généraux pourront recourir aux nouvelles directives 79 en utilisant pour les coefficients d'autres valeurs que celles figurant dans ce document, les valeurs retenues étant déterminées en fonction notamment de l'ampleur des aléas attachés aux actions qu'ils ont à prendre en compte.

Il est rappelé à cet égard que l'objectif poursuivi par ces nouvelles règles est une meilleure homogénéité en matière de sécurité et de durabilité pour tous les éléments d'une même construction. Il ne faudrait pas en effet qu'une construction devienne inutilisable par suite de la ruine ou de la dégradation d'un élément en apparence mineur, faute de l'avoir suffisamment dimensionné, et de même, il ne faudrait pas faire une application des nouvelles règles conduisant à donner à certains éléments d'un ouvrage des dimensions surabondantes qui seraient finalement mal utilisées, compte tenu des performances du reste de l'ouvrage. Si les nouvelles règles conduisent à des dimensionnements notablement différents de ceux auxquels conduisent les règles antérieures, il convient de vérifier la raison de ce changement pour s'assurer de la validité des nouvelles méthodes de calcul.

Ces règles supposent que les projets et les chantiers soient dirigés par des ingénieurs qualifiés, car elles ne sauraient couvrir des fautes de conception, de calcul ou d'exécution. L'exploitation plus poussée des possibilités de la matière rendue possible par les progrès dans les qualités des matériaux, l'analyse des structures et les méthodes de calcul 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'un strict respect des tolérances de dimensions.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT
ET DU CADRE DE VIE

MINISTÈRE DES TRANSPORTS

CONSEIL GENERAL DES PONTS ET CHAUSSEES

2^e SECTION - BATIMENT ET GENIE CIVIL

ANNEXE N° 1
A L'INSTRUCTION DU 9 JANVIER 1979

**DIRECTIVES COMMUNES
RELATIVES AU CALCUL DES CONSTRUCTIONS**

Page laissée intentionnellement blanche

PREAMBULE

Les recherches sur la sécurité des constructions poursuivies d'une part dans le domaine du « probabilisme », d'autre part dans celui de la plasticité et du « calcul à la rupture », ont donné naissance à de nouveaux principes et à de nouvelles méthodes de justification qui ont été exposés et développés par les associations techniques internationales et adoptés par l'ISO - Organisation Internationale de Normalisation.

Le présent document, destiné à se substituer aux directives communes françaises de 1971, s'inspire des travaux récents en la matière, notamment des « Règles unifiées communes aux différents types d'ouvrages et de matériaux », élaborées par le « Comité mixte sur la sécurité des structures » (J.C.S.S.) et publiées en avril 1978.

La diversité et la complexité croissantes des dispositions des constructions nécessitent en effet de ne plus se contenter, dans l'établissement des projets, des règles simples utilisées autrefois. Ces règles, qui n'avaient d'ailleurs jamais été clairement explicitées, étaient peu rationnelles et il était pratiquement impossible de les adapter dans les cas particuliers où il y avait lieu.

Les nouvelles méthodes consistent :

- à définir les phénomènes que l'on veut éviter ;*
- à estimer la gravité des risques liés à ces phénomènes ;*
- à choisir pour la construction des dispositions telles que la probabilité de chacun de ces phénomènes soit limitée à une valeur assez faible pour être acceptée en fonction de cette estimation.*

Ces préoccupations étaient sous-jacentes dans les règles antérieures et s'y manifestaient dans certaines prescriptions. Mais le calcul déterministe aux contraintes admissibles ne procédait pas d'une analyse de ce qui ne doit pas être dépassé (déformations unitaires, ouvertures des fissures, déformation d'ensemble, etc...) en fonction de certains critères (stabilité, résistance, durabilité, etc...), ni de ce qui se passe effectivement quand on arrive à cette limite. Il ne permettait donc pas une évaluation logique et correcte du risque qu'en fonction de chacun de ces critères il est possible d'accepter. En particulier, il ne permettait pas de tenir compte du comportement non-linéaire des structures. De plus il arrivait fréquemment, lorsque les contraintes résultent de différences entre plusieurs actions, que le calcul des contraintes sous les charges nominales assure des valeurs inférieures aux contraintes admissibles alors qu'il suffisait d'une faible majoration de certaines actions pour entraîner la ruine de l'élément ou de l'ouvrage.

Le calcul aux états-limites, au contraire, permet de répondre à ces préoccupations, théoriquement avec fidélité, pratiquement avec une approximation raisonnable. Dans ce calcul, les phénomènes que l'on veut éviter correspondent à différents états de la structure. Ces états, dits « états-limites », représentent certains repères dans le comportement de la structure et permettent de caractériser l'ensemble de ce comportement. Ils sont classés en états-limites ultimes et états-limites de service, selon la gravité des conséquences de leur atteinte.

En principe, le calcul direct des probabilités d'atteinte de chaque état-limite serait le moyen d'étude le plus correct pour justifier les dispositions de chaque projet. En pratique, dans la grande majorité des cas, ce calcul n'est pas possible dans l'état actuel des connaissances, ou inacceptable parce qu'il compliquerait exagérément le travail des projeteurs. En effet, pour la plupart des paramètres aléatoires à prendre en compte dans le calcul, les informations statistiques disponibles sont trop restreintes pour en déduire les fonctions de répartition avec une précision suffisante. Et pour une partie importante de ces paramètres, aucune statistique ni par suite aucune fonction de répartition ne peut être objectivement définie ; c'est ainsi que les imprécisions d'étude et d'exécution, la qualité générale de l'exécution, les modifications futures de l'environnement, ne peuvent être estimées que de manière largement subjective ; il en résulte que les fonctions de répartition qu'on utiliserait, et donc les dimensionnements qu'on jugerait nécessaires, dépendraient considérablement de celui qui les détermine et de l'époque de leur détermination.

Par suite, on doit se borner à adopter des règles en partie forfaitaires telles qu'on puisse considérer comme acceptables les différentes probabilités (inconnues) qui en résultent. Ces règles introduisent la sécurité :

- pour une part au moyen de « valeurs représentatives » de paramètres aléatoires, tenant compte de la dispersion reconnue par les statistiques existantes, ou des règles de contrôle et d'acceptation des produits à utiliser ;
- pour une autre part au moyen de coefficients de sécurité partiels tenant compte des informations générales disponibles sur les répartitions de ces paramètres et d'autres paramètres qu'on ne peut estimer objectivement.

Ainsi, le dimensionnement des projets dépend des dispersions qu'on peut connaître objectivement, et la partie forfaitaire de la sécurité permet de le fixer définitivement en tenant compte de façon approchée du reste des dispersions.

C'est ce partage que traduit l'expression « semi-probabiliste » souvent employée pour désigner cette méthode dont le détail est défini par le texte qui suit.

Ce détail est arrêté tel que les règles :

- soient communes aux différents modes de construction dans toute la mesure où n'interviennent pas des considérations spécifiques ; cette condition est nécessaire pour permettre la réalisation de constructions mixtes et évite des anomalies apparentes ou réelles pratiquement injustifiables ;

- soient en harmonie avec les règles de contrôle de qualité des matériaux et produits, qui sont ou seront précisées par ailleurs.

De nombreuses recherches restent nécessaires dans ce domaine de la sécurité des constructions qui n'est encore qu'incomplètement exploré. Elles devront porter notamment sur une meilleure appréciation des niveaux réels de sécurité, sur la définition statistique des actions et de leurs combinaisons, ainsi que sur l'application des principes généraux au calcul des structures.

Certaines questions, comme les états-limites d'équilibre statique, de stabilité de forme, de fatigue, ne sont que sommairement évoquées dans le présent document. Elles devront faire l'objet de précisions dans les textes relatifs aux différents modes de construction (en acier, en béton armé, en béton précontraint) ou dans des textes spécifiques concernant différents types de constructions (bâtiments, ponts, etc...). Ces autres textes devront aussi donner des indications sur les marges additionnelles aux paramètres géométriques (par exemple, excentricités additionnelles, variabilité des niveaux d'eau) qui sont à ajouter ou à substituer dans certains cas aux marges provenant des coefficients multiplicateurs, ainsi que sur les dispositions constructives à adopter dans les zones où l'application des formules générales ne suffit pas à assurer la sécurité.

Les règles générales données dans le texte qui suit sont assez souples pour être adaptées à la grande majorité des bâtiments et des ouvrages de génie civil. Cependant, lorsque les dispositions de la construction ou les actions auxquelles elle sera soumise sont inhabituelles, les ingénieurs responsables du projet auront à s'assurer qu'elles s'appliquent convenablement.

COMMENTAIRES

Article premier.

* Cette méthode de justification, qui vise essentiellement les bâtiments et les ponts, peut être utilisée pour l'ensemble des ouvrages de génie civil ; mais ses modalités d'application ne sont pas automatiquement généralisables et doivent être convenablement adaptées, modifiées et complétées lorsqu'il s'agit de constructions qui posent des problèmes spécifiques, comme les barrages, les structures nécessitant des calculs dynamiques, etc...

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. Mais on introduit dans les calculs des forces, des couples ou des déformations imposées.

Les réactions d'appui sont à classer soit parmi les actions, soit parmi les effets des 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 pile et un effet des actions à l'égard de la poutre. Il lui correspond des efforts tranchants, des efforts normaux, des moments de flexion qui sont des sollicitations.

** Des précisions sur les valeurs caractéristiques et plus généralement sur les valeurs représentatives des actions sont données dans les articles 3 et 4.

La « *valeur caractéristique* » d'une action ne correspond pas à sa valeur « *maximale* » envisageable, qu'il n'est pas possible d'évaluer dans la plupart des cas. Il faut donc accepter l'éventualité d'un dépassement de la valeur caractéristique, couvert par les coefficients partiels de sécurité γ , essentiellement par le coefficient γ_{F1} .

La « *durée de référence* » est fixée en tenant compte non seulement de la durée de vie escomptée pour la construction, ou de la durée de la situation temporaire envisagée, mais aussi d'autres considérations. En particulier, lorsque la vie des usagers est en jeu, le niveau de sécurité des constructions « *provisoires* » (c'est-à-dire des constructions conçues pour des usages semblables à ceux des constructions définitives mais pour une plus courte durée que la normale) doit être le même que celui des constructions définitives.

*** Les différentes valeurs représentatives des actions sont énumérées dans l'article 3 (paragraphe 3.3) et précisées dans l'article 4.

Dans la pratique, la notation γ_{F2} est remplacée par les notations ψ_0 , ψ_1 , ψ_2 , pour les raisons indiquées en commentaire du paragraphe 3.3.

**** Les coefficients γ_{F1} et γ_{F2} peuvent dans certaines combinaisons être pris égaux à l'unité.

CHAPITRE I

Principes généraux.

Article premier. - 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 montrer que les combinaisons d'actions et les sollicitations de calcul à envisager n'entraînent pas, dans la construction ou dans l'un de ses éléments, l'atteinte d'un état-limite, c'est-à-dire d'un des phénomènes que l'on veut éviter.

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 les déformations (effets thermohygroscopiques, déplacements d'appuis, etc...) imposées à une construction. * Elles sont notées F.

Les « combinaisons d'actions » sont les ensembles constitués par les actions à considérer simultanément.

Les actions sont introduites dans les calculs avec différentes « valeurs représentatives » correspondant à différents niveaux d'intensité.

La principale valeur représentative d'une action est sa « valeur caractéristique », notée F_k : c'est la valeur 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 »**.

Dans les différentes combinaisons, les valeurs représentatives des actions sont multipliées par des coefficients γ_{F1} , qui tiennent compte principalement du dépassement possible, dans le sens défavorable, du niveau d'intensité correspondant à ces valeurs représentatives.

Les autres valeurs représentatives sont liées en général à la valeur caractéristique par des relations de la forme $\gamma_{F2} F_k$: les coefficients γ_{F2} tiennent compte principalement du fait que les combinaisons dans lesquelles les actions auraient toutes leurs valeurs caractéristiques n'ont qu'une probabilité réduite ***.

Les produits $\gamma_{F1} \times \gamma_{F2} \times F_k$ sont dits « valeurs de calcul des actions » ou « actions de calcul » (ou de dimensionnement) et sont représentés par la notation générale F_d ****.

COMMENTAIRES

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.

Elles ne constituent qu'une partie des effets des actions. Dans certains cas, notamment pour l'étude des équilibres statiques, les sollicitations n'interviennent pas et ce sont les combinaisons d'actions qu'il convient d'examiner directement. Dans d'autres cas, ce sont d'autres effets des actions (déplacements, déformations, contraintes...) qu'il y a lieu d'introduire dans les calculs. Mais c'est le plus souvent dans l'espace des sollicitations que sont présentées les justifications.

** 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 de calcul des sections pouvant être plastique). Un autre modèle rhéologique peut être employé pour l'ensemble de la pièce (notamment un modèle plastique lorsque le matériau et le comportement de la structure satisfont aux hypothèses fondamentales de cette méthode) s'il répond à des conditions précisées dans des textes réglementaires ou, dans des cas particuliers, s'il reçoit 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. - * Les états-limites de fatigue sont des états-limites ultimes de résistance qui sont atteints dans des conditions particulières et qui appellent des justifications spécifiques (voir paragraphe 1.2).

** Cette définition est précisée dans les commentaires du paragraphe 7.3 ci-après.

(1) Ce torseur se réduit en tout point 0 à un système de deux vecteurs (résultante générale et moment résultant par rapport à 0) équivalent au système de vecteurs représentant les forces et les couples appliqués à une partie de la structure.

TEXTE

1.1.2. - *Sollicitations.*

Les « *sollicitations* » sont les efforts (effort normal, effort tranchant) et les moments (moment de flexion, moment de torsion)* appliqués à une section. Elles sont calculées à partir des actions par des méthodes appropriées d'analyse de la structure**.

Les sollicitations sont notées S.

Chacune des sollicitations correspondant à une combinaison d'actions de calcul est multipliée par un coefficient γ_{F3} , 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 tolérances d'exécution, des modifications éventuelles des sections dans le temps.

Les sollicitations

$S = \gamma_{F3} \times$ (sollicitation due à une combinaison d'actions de calcul)

sont dites « *sollicitations de calcul* » (ou de dimensionnement).

Dans les cas simples courants, la formule des sollicitations de calcul se présente sous la forme :

$$S = S (\sum \gamma_F F_{rep})$$

dans laquelle F_{rep} est la valeur représentative de chacune des actions et γ_F le produit correspondant $\gamma_{F3} \times \gamma_{F1}$.

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.

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 de service (ou d'utilisation)* » qui sont définis en tenant compte des conditions d'exploitation, ou de durabilité de la construction ou d'un de ses éléments**.

COMMENTAIRES

1.1.4. - * 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.

** Cette définition est théorique. Elle suppose que la distribution des résistances soit connue à l'avance, ce qui n'est pas le cas pour beaucoup de matériaux. Elle a pour but d'indiquer l'ordre de grandeur des valeurs caractéristiques à introduire dans les calculs, en tenant compte des valeurs des coefficients γ_m à leur associer.

En pratique, les valeurs caractéristiques sont choisies au stade du projet en se conformant aux textes relatifs aux différents matériaux et aux différents modes de construction. Elles sont basées sur les résultats statistiques antérieurs et sur les prévisions concernant l'exécution de la construction en cause, notamment sur les modalités des contrôles à effectuer et sur les conditions à respecter pour que les résistances des matériaux mis en œuvre soient considérées comme satisfaisantes.

*** Les variations de résistance du matériau ne résultent pas seulement des variations de sa qualité intrinsèque, mais aussi des différences de forme entre les éléments structuraux et les éprouvettes normalisées qui servent à la mesure conventionnelle des résistances.

1.1.5. - * Plusieurs « situations durables » peuvent être à envisager s'il est prévu des modifications durables ultérieures dans la structure ou l'utilisation de la construction ou dans son environnement.

Dans certains cas, les justifications sont à présenter pour plusieurs périodes de l'exploitation, notamment pour tenir compte des déformations différées du béton précontraint.

** Il s'agit très généralement des situations en cours d'exécution, et aussi des situations d'utilisation anormale, par exemple celle d'un pont portant normalement 3 voies de circulation qui serait utilisé provisoirement à 4 voies.

*** Les situations accidentelles peuvent provenir des effets d'actions accidentelles ou de modifications accidentelles de l'environnement. En règle générale, seuls sont à examiner dans ces situations les états-limites ultimes, qui sont à définir dans chaque cas de manière à limiter les conséquences de l'accident.

TEXTE

1.1.4. - *Caractères des matériaux.*

Différents caractères des matériaux interviennent dans les définitions des états-limites et dans les justifications à fournir. Ceux qui s'introduisent le plus généralement dans les calculs sont la résistance à la compression, ou à la traction, ou la limite d'élasticité, * qu'on peut englober sous le terme général de « résistance ». La résistance d'un matériau est notée f .

La « valeur caractéristique de la résistance », ou « résistance caractéristique », est en principe celle qui présente une probabilité acceptée a priori de ne pas être atteinte **. Elle est notée f_k .

La « valeur de calcul de la résistance », ou « résistance de calcul », est obtenue en divisant la résistance caractéristique par un coefficient γ_m .

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 du diagramme des contraintes admis dans les états-limites considérés. Ils tiennent compte aussi de la réduction possible de la sollicitation résistante du fait des variations des divers paramètres géométriques (par exemple, différence entre la position réelle et la position prévue des armatures dans une section de béton armé) et éventuellement de la fragilité du matériau ***.

1.1.5. - *Les situations.*

Les différentes « situations » à prévoir pour la construction doivent être examinées successivement et nécessitent des justifications séparées. Chacune de ces situations est caractérisée par l'intervalle de temps pendant lequel les distributions ou les processus de toutes les données de la sécurité de la construction peuvent être considérés comme constants.

On distingue :

- les situations durables dont les durées sont du même ordre que la durée de référence ou que la durée de vie de la construction* ;
- les situations temporaires, dont les durées sont beaucoup plus faibles que la durée de référence ou la durée de vie de la construction. Ce sont :
 - soit des situations transitoires d'une probabilité d'occurrence élevée**.
 - soit des situations accidentelles d'une probabilité d'occurrence faible***.

Les valeurs représentatives des différentes actions doivent être définies pour les différentes situations.

COMMENTAIRES

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 auquel doit appartenir le torseur des sollicitations de calcul considéré.

*** Les sollicitations de calcul du second ordre à considérer sont évaluées en adoptant pour les matériaux constitutifs des lois déformations-contraintes représentatives des lois réelles et traduisant la déformabilité maximale de la structure.

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 structure 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 des coefficients γ_{Fi} et γ_m ; des valeurs différentes ne sont à envisager que dans des circonstances particulières.

TEXTE

1.2. - Justifications à fournir.

Les états-limites à considérer (ainsi que les valeurs des coefficients γ_F et γ_m qui leur correspondent) sont définis par le C.C.T.G. Le C.C.T.P. peut en prescrire d'autres.

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

- vis-à-vis des états-limites ultimes d'équilibre statique, que les combinaisons d'actions de calcul à considérer n'entraînent pas la rupture de l'équilibre de la construction ou de l'élément étudié ;
- vis-à-vis des états-limites ultimes de résistance, que les sollicitations de calcul à considérer ne dépassent pas la résistance (ou sollicitation résistante) de la section étudiée ** ;
- vis-à-vis des états-limites ultimes de stabilité de forme, qu'il existe, dans l'ensemble de la structure, une distribution de contraintes qui équilibre dans chaque section les sollicitations de calcul à considérer, y compris celles du second ordre *** ;
- vis-à-vis des états-limites de service, que les sollicitations de calcul à considérer ne provoquent pas le phénomène que l'on veut éviter.

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.

Article 2 - Valeurs des coefficients.

Les coefficients γ_{F1} , γ_{F2} , γ_{F3} ou γ_F , sont fixés 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 des articles 6 et 7 ci-après.

Les coefficients γ_m sont fixés dans les textes relatifs aux différents modes de construction (en acier, en béton armé, en béton précontraint, etc.).

En plus des incertitudes énumérées dans l'article 1, les coefficients γ_{Fi} comme les coefficients γ_m visent à couvrir les autres incertitudes, notamment celles qui proviennent 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.C.T.G. et le cas échéant le C.C.T.P. 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 **.

COMMENTAIRES

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. - * Les actions en général sont notées F.

Les actions permanentes sont notées G.

Les actions variables sont notées Q.

Les actions accidentelles sont notées F_A .

Le classement schématique indiqué doit être affiné pour certaines actions particulières (par exemple avalanches, affaissements miniers...).

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

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

3.3. - * Voir paragraphes 4.2 et 7.3.1.

** Les coefficients ψ_0 , ψ_1 , ψ_2 sont des valeurs particulières du coefficient γ_{F2} défini dans le paragraphe 1.1.1. C'est pour éviter des indices trop compliqués et parce qu'il ne s'agit pas de coefficients partiels de sécurité que la notation γ_{F2} a été remplacée par ψ .

Des indications sur leurs valeurs numériques sont données dans les articles 4 et 5.

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 le paragraphe 3.2 et précisé dans l'article 4.

On étudie ensuite les probabilités d'application simultanée de plusieurs actions, ce qui conduit à introduire dans les combinaisons différentes *valeurs représentatives* des actions, qui sont définies dans les articles suivants.

Pour le choix des actions et de leurs valeurs représentatives, on tient compte de l'état-limite considéré.

Les combinaisons sont elles-mêmes classées en plusieurs catégories énumérées dans le paragraphe 3.4.

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 schématiquement * :

- les actions permanentes qui comprennent les actions continues ou pratiquement continues ** dont l'intensité est constante ou très peu variable dans le temps, ou varie toujours dans le même sens en tendant vers une limite ;
- les actions variables qui comprennent les actions dont l'intensité varie fréquemment et de façon importante dans le temps ;
- les actions accidentelles provenant de phénomènes se produisant très rarement (comme c'est le cas en général pour les séismes, les chocs, etc...)****.

3.3. - Les *valeurs représentatives* des actions correspondent à différents niveaux d'intensité de chacune des actions. Elles sont évaluées principalement sur des bases statistiques et sont introduites dans les combinaisons suivant les indications données dans les articles 5 à 7 ci-après. Pour les actions variables, elles sont classées conventionnellement en :

- valeurs caractéristiques F_k
- valeurs de service (ou d'utilisation) * F_{ser}
- valeurs de combinaison ** $\psi_0 F_k$

COMMENTAIRES

3.3. (suite)

*** Ceci s'applique notamment aux valeurs des actions permanentes et aux valeurs quasi-permanentes des actions variables qui peuvent être favorables ou défavorables, ainsi qu'aux actions de la température.

**** Ces valeurs nominales peuvent être :

- soit des valeurs calculées à partir des dessins du projet (par exemple, poids propre, dans certains cas - Voir paragraphe 4.1.1.);
- soit des valeurs fixées sur des bases non statistiques (par exemple, actions bornées, actions accidentelles dans la plupart des cas) ;
- soit des valeurs forfaitisées, dans un but de simplification, après étude statistique ;
- soit des valeurs, dépendant des activités humaines, que les utilisateurs ne doivent pas dépasser (par exemple, certaines charges d'exploitation).

Dans les combinaisons, ces valeurs nominales sont multipliées par les mêmes coefficients partiels γ_{Fi} , sauf s'il est manifeste que leurs probabilités de dépassement sont sensiblement différentes de celles des valeurs représentatives indiquées dans les articles suivants et leurs commentaires ; dans ce cas les valeurs des coefficients γ_{Fi} doivent être convenablement adaptées.

Article 4.

4.1.1. - * Notamment lorsque la masse volumique est mal connue à l'avance ou lorsqu'elle est variable dans le temps, et lorsque les imprécisions d'exécution possibles sont élevées en valeur relative, ce qui est le cas des voiles minces en béton (on peut admettre une imprécision de ± 1 cm sur les épaisseurs).

TEXTE

3.3. (suite)

- valeurs fréquentes $\psi_1 F_k$
- valeurs quasi-permanentes $\psi_2 F_k$.

Pour les autres catégories d'actions, seules certaines de ces valeurs sont utilisées.

S'il y a lieu, on distingue pour chacune d'elles des valeurs maximales et des valeurs minimales, ces dernières pouvant être nulles ***.

D'autres valeurs représentatives peuvent être utilisées lorsque c'est nécessaire, notamment pour l'étude des états-limites de fatigue.

Les valeurs représentatives ci-dessus peuvent être remplacées par des valeurs dites nominales, obtenues sans utiliser la notion de valeur caractéristique ****.

3.4. - Vis-à-vis des états-limites ultimes, on distingue les combinaisons fondamentales et les combinaisons accidentelles.

Vis-à-vis des états-limites de service, on distingue les combinaisons rares, les combinaisons fréquentes et les combinaisons quasi-permanentes.

La composition de ces combinaisons est précisée dans l'article 5 (§ 5.2).

Article 4. - Les actions et leurs valeurs représentatives.

4.1. - Les actions permanentes.

Les valeurs représentatives des actions permanentes sont soit des valeurs caractéristiques, soit des valeurs nominales.

Les actions permanentes comprennent :

4.1.1. - Le poids propre G_0 des éléments de la construction.

En général, le poids propre est représenté par une valeur nominale unique, calculée à partir des dessins du projet et des masses volumiques moyennes des matériaux.

Si le poids propre est susceptible de subir des écarts sensibles par rapport à la valeur ainsi calculée *, il convient d'en tenir compte en introduisant dans les calculs sa valeur caractéristique ou nominale la plus défavorable, maximale ou minimale, eu égard à la combinaison et au cas de charge considérés.

Des règles particulières sont à appliquer pour la justification des équilibres statiques (voir article 6).

COMMENTAIRES

4.1.1. (suite)

** Ces circonstances spéciales peuvent se présenter lorsqu'on fait usage de granulats de forte ou de faible densité, ou pour des pièces contenant une proportion d'armatures particulièrement forte ou faible.

4.1.2. - Il y a lieu dans chaque projet d'évaluer les valeurs extrêmes raisonnablement envisageables des poids des équipements fixes 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 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 chapes d'étanchéité et revêtements de chaussée il convient de prévoir une variation de $\pm 20\%$ par rapport à l'épaisseur totale prévue, si celle-ci inclut un rechargement ultérieur, et de $+ 40\%$ et $- 20\%$ si elle n'en comporte pas.

En ce qui concerne les canalisations, lorsqu'un plan de pose complet à long terme est établi, les variations à escompter peuvent être fixées à $\pm 20\%$ par rapport aux 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 nominale 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 revêtements de sol, les remplissages, etc... sont pris en compte dans les charges permanentes. 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

TEXTE

4.1.1. (*suite*)

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

Sauf circonstances spéciales**, celle du béton armé et du béton précontraint est prise égale à 2,5 tonnes par m³.

4.1.2. - Le poids des équipements fixes de toute nature.

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

COMMENTAIRES

4.1.2.- * (Suite).

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 défavorable, 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.

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 variables, de même que la poussée due aux charges d'exploitation sur un remblai.

** 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 active d'un bon remblai à surface libre horizontale sur une paroi verticale peut varier de 0,30 à 0,50 (si l'écran est rigide), et la masse volumique du remblai de 1,8 à 2 t/m³.

4.1.4. - * Ces actions sont permanentes, mais leur évaluation et leur prise en compte présentent des particularités spécifiques.

4.1.5.1. - * Il s'agit des déformations permanentes autres que celles dues à la précontrainte, par exemple déformations obtenues par dénivellations d'appuis ; l'attention est attirée sur le fait que les effets de ces déformations dépendent du fluage dans les structures en béton et les structures mixtes acier-béton.

4.1.5.3. - * En attendant des prescriptions plus détaillées d'un futur fascicule du C.C.T.G., les actions résultant de déplacements différentiels des appuis pourront être prises en compte de la façon suivante pour l'étude des états ultimes : les tassements absolus

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

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.

Elles sont définies, et la façon de les prendre en compte est précisée, dans les textes réglementaires relatifs au béton précontraint *.

4.1.5. - Les déformations permanentes imposées à la construction.

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

4.1.5.2. - Les valeurs à prendre en compte pour le retrait du béton figurent dans les textes réglementaires relatifs aux ouvrages comportant du béton armé et du béton précontraint.

4.1.5.3. - Les déplacements différentiels des appuis.

Les déplacements différentiels involontaires des appuis lorsqu'ils sont susceptibles d'intervenir dans un état-limite sont pris en compte parmi les actions permanentes *.

COMMENTAIRES

4.1.5.3. (suite)

des appuis sont estimés par les méthodes usuelles de la Mécanique des Sols en fonction de la seule charge permanente (et éventuellement quasi-permanente) probable à partir de l'instant où la structure portée a acquis un schéma de fonctionnement hyperstatique. De ces tassements absolus, on déduit des valeurs de calcul respectivement maximale et minimale en ajoutant ou retranchant des fractions forfaitaires qui sont fonction de la méthode d'évaluation et de l'amplitude à attendre des tassements absolus.

Pour justifier la structure portée, on attribue :

- soit à tous les appuis une valeur nulle (situation au début de la vie de la structure) ;
- soit à tous les appuis la valeur du déplacement absolu estimé, sauf à deux d'entre eux auxquels on attribue la valeur maximale ou minimale de calcul du tassement de façon à obtenir l'effet le plus défavorable.

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

Le C.C.T.P. 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. - * La période moyenne de retour T d'une valeur Q d'une action variable est l'intervalle moyen de temps séparant les occurrences de valeurs supérieures ou égales à Q . La valeur T_k de T pour $Q = Q_k$ est approximativement rattachée à la probabilité d'occurrence p_k pendant la durée de référence R par la formule

$$T_k = \frac{R}{\ln \left(\frac{1}{1 - p_k} \right)}$$

soit environ R/p_k lorsque p_k est petit.

Dans l'état actuel des connaissances, les valeurs caractéristiques sont choisies par une méthode pragmatique (exposée dans l'annexe II au volume I du Système international de réglementation technique unifiée des structures).

Il résulte de cette méthode, pour les situations durables de la construction (voir § 1.1.5), qu'il serait convenable de considérer :

- pour une action scalaire dont la distribution est bien connue et dont le coefficient de variation des maximums en 50 ans ne dépasse pas 0,2 : une période moyenne de retour de 120 ans ;
- pour une action vectorielle de direction quelconque satisfaisant aux mêmes conditions : une période moyenne de retour de 50 ans.

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

4.2. - *Les actions variables.*

Les valeurs représentatives des actions variables Q sont fixées soit dans des textes réglementaires ou normatifs, soit dans des textes spécifiques, soit à défaut dans le C.C.T.P.

- La valeur caractéristique Q_k de chacune des actions variables peut être évaluée à partir soit de sa probabilité d'occurrence au cours d'une durée de référence (paragraphe 1.1.1), soit de sa période moyenne de retour *.

COMMENTAIRES

4.2. (suite)

Pour les situations transitoires de la construction, ces valeurs sont à réduire en tenant compte de la durée probable de la situation transitoire considérée.

Les valeurs numériques à prendre en compte par les projeteurs sont très généralement les valeurs indiquées dans les textes réglementaires ou normatifs relatifs aux différentes actions. En particulier, les textes relatifs aux actions naturelles distinguent leur description en termes de phénomènes aléatoires d'une part, et la fixation des valeurs représentatives à utiliser d'autre part.

Les indications ci-dessus ont un caractère conventionnel et sont destinées à estimer l'ordre de grandeur du niveau de sécurité à viser pour les constructions habituelles et à permettre au maître d'ouvrage d'évaluer les valeurs à utiliser pour les actions qui ne font pas l'objet de textes réglementaires. Les valeurs caractéristiques résultant de cette méthode sont liées aux valeurs numériques choisies pour les coefficients γ ; si une autre méthode d'estimation des valeurs caractéristiques était utilisée, les valeurs numériques des coefficients γ seraient à revoir.

L'attention est attirée sur le fait que dans l'état actuel des connaissances relatives aux actions et à leurs effets réels sur les constructions il convient d'utiliser avec discernement les études statistiques en s'appuyant sur l'appréciation motivée des constructeurs et sur les enseignements de l'expérience, le but à atteindre étant d'obtenir la « certitude pratique », compte tenu de tous les éléments du calcul, que les états-limites ultimes ne seront pas atteints.

** Dans ces combinaisons rares, cette substitution est à faire notamment :

- lorsque le coefficient de variation des maximums en 50 ans de l'action en cause est largement supérieur à 0,2 ;
- ou pour couvrir une utilisation imprévue de la construction ;
- ou lorsque le phénomène correspondant à l'état-limite considéré permet la prise en compte d'une valeur de cette action inférieure à sa valeur caractéristique (par exemple, si cet état-limite est examiné pour des raisons de confort ou d'aspect, ou s'il concerne la durabilité d'une construction provisoire).

*** Les valeurs de combinaison $\psi_0 Q_k$ dépendent de la probabilité de simultanéité de ces valeurs avec celles des autres actions intervenant dans la même combinaison. Contrairement aux valeurs fréquentes et aux valeurs quasi-permanentes, elles ne dépendent donc pas seulement de la loi de distribution de l'action considérée, mais aussi des lois de distribution des autres actions.

**** Les valeurs fréquentes $\psi_1 Q_k$ associées à des états-limites de service ne doivent pas être confondues avec les valeurs à prendre en compte pour l'étude des états-limites de fatigue qui sont à déterminer en fonction d'autres critères.

TEXTE

4.2. (suite)

- Les valeurs de service Q_{ser} sont utilisées à la place des valeurs caractéristiques dans certaines combinaisons rares définies dans le paragraphe 7.3.1. **.

- Pour certaines charges d'exploitation, on peut prendre comme valeurs nominales, à la place de valeurs caractéristiques et de service, les valeurs que les utilisateurs auront l'obligation de ne pas dépasser. Des valeurs nominales peuvent aussi être utilisées quand une action est bornée.

- Les valeurs de combinaison $\psi_0 Q_k$ sont définies dans le paragraphe 5.3 ci-après ***.

- Les valeurs fréquentes $\psi_1 Q_k$ doivent être estimées pour chaque type d'action, en relation avec leur importance au regard des états-limites de service dont l'apparition dépend d'interventions répétées d'une action. Elles ne sont pas choisies d'après leur probabilité d'occurrence, mais d'après leur fréquence ou leur durée d'occurrence ****.

- Les valeurs quasi-permanentes $\psi_2 Q_k$ sont généralement déterminées comme la valeur moyenne de l'action au cours du temps ****.

COMMENTAIRES

4.2. (suite)

Les valeurs numériques de ψ_1 et ψ_2 dépendent non seulement de l'action considérée mais aussi de ses effets sur la construction et des phénomènes à éviter ; elles peuvent donc être différentes suivant l'état-limite envisagé, le matériau constitutif et le comportement de la construction.

Ces valeurs seront fixées dans les textes relatifs aux différentes actions et aux différents modes de construction. A titre indicatif et provisoire, il est loisible d'employer, dans les conditions moyennes, les valeurs suivantes, pour les bâtiments :

	ψ_1	ψ_2
Charges sur les planchers (suivant qu'il s'agit de bâtiments d'habitation, de bureaux, de magasins, d'entrepôts, de garages, etc.)	0,25 à 1	0,2 à 0,6
Actions du vent	0,2	0
Actions de la neige	0,3	
Actions de la température	0,5	0

Les valeurs représentatives des actions naturelles dépendent de la région considérée, notamment la valeur quasi-permanente des actions de la neige qui peut être nulle ou non suivant l'altitude.

4.2.1. - * Leurs valeurs caractéristiques sont fixées actuellement pour les ponts dans les titres I, II et III du fascicule n° 61 du C.C.T.G., pour les bâtiments dans la norme NFP 06-001.

4.2.3. - * Les charges ayant un caractère permanent après achèvement de la construction doivent généralement être considérées comme variables lors de la phase d'exécution au cours de laquelle elles sont mises en œuvre.

Les actions variables comprennent

4.2.1. - Les charges d'exploitation.

Ces charges sont définies 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...

4.2.2. - Les poids, les poussées et les pressions des solides et des liquides dont le niveau est variable.

4.2.3. - Les charges non permanentes appliquées en cours d'exécution.

Ces charges proviennent des équipements de chantier, des engins de transport et de levage, des dépôts provisoires de matériaux, etc... *.

Celles qui sont connues de façon assez précise et contrôlable en grandeur et en position sont introduites dans les calculs en tant que charges permanentes si elles ont en outre un caractère effectivement permanent pendant la phase d'exécution considérée.

Dans le cas contraire, elles sont considérées comme actions variables et leurs valeurs représentatives sont évaluées à partir de ce qui est raisonnablement envisageable.

COMMENTAIRES

4.2.4. - * Dans l'attente du futur titre du C.C.T.G. relatif à ces actions, celles de la neige et du vent sont actuellement 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 n° 61. Les valeurs nominales indiquées dans ces textes sont à considérer comme valeurs caractéristiques ;

■ pour les autres constructions par la circulaire prescrivant les règles transitoires relatives aux charges climatiques.

** Pour les ouvrages extérieurs susceptibles de se mettre en équilibre avec l'ambiance moyenne, les valeurs caractéristiques des actions dues à la température T_k peuvent être prises égales à celles qui correspondent à une augmentation de 30° C et à une diminution de 40° C par rapport à la température à l'origine de la construction, 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 soit comprise entre 8 et 14° C.

Pour les constructions en acier, en béton armé ou en béton précontraint on peut admettre que ces variations de température entraînent des dilatations linéaires relatives de $+3.10^{-4}$ et de -4.10^{-4} .

Si les conditions précédentes ne sont pas réalisées, le C.C.T.P. indique les valeurs à prendre en compte.

Pour certaines constructions ou éléments de constructions. il convient d'examiner aussi les effets des *variations rapides* de la température, ainsi que les effets des *gradients thermiques* (notamment dans les éléments minces mal protégés du rayonnement solaire). A défaut de textes généraux, le C.C.T.P. indique alors les valeurs représentatives 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.

*** Les valeurs représentatives des autres actions naturelles (givre, crues, houle, etc...) sont fixées s'il y a lieu par le C.C.T.P.

TEXTE

4.2.4. - Les actions naturelles, neige *, vent *, température**,
etc... ***.

4.2.5. - Les autres actions variables indiquées le cas échéant
dans le C.C.T.P.

COMMENTAIRES

4.3. - * On peut citer comme exemples d'actions accidentelles :

- les séismes ;
- les cyclones tropicaux ;
- les chocs de véhicules contre les dispositifs de retenue ou les appuis des ponts, dont les valeurs à prendre en compte sont indiquées dans des documents du S.E.T.R.A. (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 variables) ;
- les chocs de bateaux contre les appuis des ponts, dont les valeurs sont fixées dans la circulaire 71-155 du 29 décembre 1971 du ministère de l'équipement ;
- 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 variable.

5.2. - * De ces combinaisons résultent des combinaisons d'actions de calcul et des sollicitations de calcul (comportant des coefficients γ) qui sont indiquées dans les articles 6 et 7.

Il est rappelé que dans certains cas les valeurs représentatives des actions peuvent être remplacées par des valeurs nominales.

Les actions sont prises avec leurs valeurs représentatives maximales ou minimales (ces dernières pouvant être nulles). On ne recherche pas si des valeurs intermédiaires pourraient être éventuellement plus défavorables, sauf dans des cas particuliers.

Lorsqu'un état-limite peut être atteint en l'absence d'actions variables ou accidentelles, il convient d'étudier des combinaisons ne comportant que des actions permanentes, notamment pour la justification d'éléments en béton précontraint.

TEXTE

4.3. - *Les actions accidentelles.*

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

Article 5. - Les combinaisons d'actions.

5.1. - Les actions à prendre en compte, ainsi que leurs valeurs représentatives, sont différentes suivant la situation, 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 agressives ; celles qui sont manifestement couvertes par une combinaison plus défavorable n'ont pas à figurer dans les justifications *.

5.2. - Composition des combinaisons *.

COMMENTAIRES

5.2.1. - * Dans les combinaisons accidentelles, une des actions variables est introduite, s'il y a lieu, avec sa valeur fréquente et les autres actions variables avec leur valeur quasi-permanente (voir paragraphe 7.2.2).

5.3. - * Les valeurs de combinaison des actions d'accompagnement, et donc les coefficients ψ_0 , dépendent de l'action de base considérée ; elles correspondent à différentes périodes moyennes de retour.

Des explications et des développements sur la formation des combinaisons et sur les valeurs de combinaison se trouvent dans le manuel « *Sécurité des structures* » - Bulletins n° 106 et n° 107 du C.E.B.

Des valeurs affinées des coefficients ψ_0 , ainsi que des valeurs unifiées enveloppes, sont ou seront données dans les textes relatifs aux différentes actions et aux différents modes de construction.

TEXTE

5.2.1. - Lorsqu'on étudie les états-limites ultimes, on distingue :

- les *combinaisons fondamentales*, qui sont à considérer dans les situations durables et les situations transitoires ; elles comprennent les actions permanentes, une action variable dite « *de base* » avec sa valeur caractéristique, et s'il y a lieu une ou plusieurs autres actions variables dites « *d'accompagnement* », avec leurs valeurs de combinaison ;

- les *combinaisons accidentelles* qui sont à considérer :

- soit lorsque des *actions* accidentelles peuvent intervenir dans des situations durables ou transitoires ; elles comprennent des actions permanentes, une action accidentelle et des actions variables * ;

- soit dans des *situations* accidentelles ; elles ne comprennent alors que des actions permanentes et des actions variables *, à l'exclusion d'actions accidentelles.

5.2.2. - Lorsqu'on étudie les états-limites de service, on distingue :

- les *combinaisons rares*, qui comprennent les actions permanentes, une action variable dite « *de base* » avec sa valeur caractéristique ou de service et s'il y a lieu une ou plusieurs autres actions variables dites « *d'accompagnement* » avec leurs valeurs de combinaison ;

- les *combinaisons fréquentes*, qui comprennent les actions permanentes, une action variable avec sa valeur fréquente et s'il y a lieu d'autres actions variables avec leurs valeurs quasi-permanentes ;

- les *combinaisons quasi-permanentes*, qui comprennent les actions permanentes et une ou plusieurs actions variables avec leurs valeurs quasi-permanentes.

5.3. - Les valeurs de combinaison sont déterminées de manière que la probabilité d'occurrence des effets de la combinaison considérée soit voisine de celle qui est admise lorsqu'une seule action intervient *.

COMMENTAIRES

5.4. - * La classification en actions « libres » ou « fixes » est différente de la classification définie dans le § 3.2. Ainsi, dans la plupart des cas, les charges d'exploitation sont des actions libres. Par contre, les actions variables d'un liquide sur une surface sont parfaitement déterminées quand le niveau de ce liquide est fixé ; certaines actions permanentes peuvent être libres.

** Les « cas de charge » ne doivent pas être confondus avec les « combinaisons d'actions ».

La distinction de plusieurs cas de charge pour les actions libres conduit, en cas d'analyse linéaire, à l'usage de lignes ou surfaces d'influence.

Les valeurs caractéristiques ou nominales des actions libres peuvent dépendre du cas de charge (par exemple, charges routières, direction du vent...).

En pratique, on étudie, dans les différentes situations, les cas de charge à considérer pour chaque action, puis on examine dans les combinaisons successives les différents cas de charge à considérer, en attribuant à chacune des actions la valeur représentative qui convient.

5.5. - * Par exemple, un affouillement au pied d'une pile de pont modifie la configuration de l'environnement de la structure.

Si on considère qu'il se produit seulement pendant des durées limitées et espacées, c'est-à-dire pendant les crues importantes avec retour à la situation antérieure après la crue, il s'agit d'une « situation » temporaire (transitoire ou accidentelle).

Si l'analyse du phénomène conduit à le considérer comme permanent, avec des fluctuations plus ou moins importantes, il s'agit, en situation durable, d'une « configuration » variable se traduisant par des conditions de résistance variables de la construction.

Par analogie avec les actions variables, on distingue alors plusieurs valeurs représentatives de la profondeur de l'affouillement. Les combinaisons à considérer sont les suivantes, pour l'étude des états-limites ultimes :

Combinaisons fondamentales :

i) Lorsque la profondeur de l'affouillement est prise avec sa valeur caractéristique, il n'y a pas à prendre en compte d'action de base mais seulement des actions d'accompagnement avec leur valeur de combinaison. Ces valeurs de combinaison doivent atteindre les valeurs caractéristiques des actions d'accompagnement lorsque la probabilité de simultanéité de ces actions avec la profondeur caractéristique de l'affouillement est grande (notamment action de la poussée d'Archimède due à la hauteur de l'eau et action hydrodynamique du courant) ;

ii) Lorsqu'on étudie une combinaison comportant une action de base, la profondeur de l'affouillement est à prendre avec sa valeur de combinaison.

Combinaisons accidentelles :

Pour étudier l'effort d'une action accidentelle, notamment choc de bateau, il convient de prendre en compte une profondeur d'affouillement à fixer suivant la probabilité de simultanéité des deux phénomènes.

TEXTE

5.4. - Les actions « libres », c'est-à-dire celles qui peuvent avoir une disposition géométrique quelconque dans la construction, à l'intérieur de limites données*, conduisent à l'étude de différents *cas de charge*.

Un cas de charge se définit par la fixation de la configuration formée par les actions libres. On recherche pour chaque combinaison le cas de charge le plus défavorable, à condition qu'il soit physiquement possible et que sa probabilité d'occurrence ne soit pas négligeable**.

5.5. - Dans les cas où la configuration de la construction ou de son environnement est elle-même variable et aléatoire, les combinaisons sont établies d'après les règles indiquées ci-dessus en prenant en compte, en même temps que les actions, les paramètres géométriques définissant cette configuration*.

COMMENTAIRES

Article 6.

* Les états-limites d'équilibre statique résultent d'une différence entre les effets des actions, notamment des actions permanentes. La sécurité vis-à-vis de ces états-limites dépend beaucoup de l'importance des actions variables par rapport aux actions permanentes, de la finesse de l'analyse (prise en compte ou non des actions ou paramètres parasites), de la variabilité des actions permanentes et de leur corrélation, etc. Ces états-limites sont très divers suivant la nature de la construction et suivant leurs conséquences.

** Assez généralement, on peut prendre

$$\gamma_{G1} = 0,9 \qquad \gamma_{G2} = 1,1$$

Mais il y a lieu d'examiner dans chaque cas la convenance de ces coefficients ainsi que des coefficients à appliquer aux actions variables. Si l'analyse est relativement grossière, si les variabilités des actions permanentes sont relativement grandes, si les conséquences d'une rupture d'équilibre sont particulièrement graves, les coefficients doivent être modifiés dans le sens de la sécurité. Dans le cas contraire, et si le dépassement de l'état-limite considéré ne risque d'entraîner que des conséquences minimales, ils peuvent être modifiés dans l'autre sens.

Des indications sur les valeurs numériques des coefficients ψ_0 , ψ_1 et ψ_2 sont données dans les paragraphes 4.2 et 5.3.

Lorsqu'un équilibre statique est assuré par l'intervention d'une pièce mécanique, celle-ci est calculée suivant les indications de l'article 7, en modifiant s'il y a lieu les valeurs des coefficients, conformément à l'article 2, pour tenir compte des conséquences de la rupture de cette pièce.

- Les signes + placés dans cette formule et dans celles des articles suivants représentent des additions vectorielles, ou simplement algébriques, dans lesquelles certains termes ont des valeurs négatives.

Article 7.

7.1. - * Dans certaines sections, notamment dans les zones voisines des sections de moment nul, l'application de ces formules ne suffit pas à assurer la sécurité, qui doit alors être obtenue par d'autres moyens (sécurités additives ou dispositions constructives).

** Dans certains cas, il y a lieu de décomposer les coefficients γ_m (voir paragraphe 1.1.4) en mettant en facteur un coefficient $\frac{1}{\gamma_p}$ de

Article 6. - Equilibre statique.

Sauf prescription différente *, les combinaisons d'actions de calcul à considérer sont les suivantes :

Combinaisons fondamentales :

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + 1,5 Q_{1k} + 1,3 \sum_{i>1} \psi_{oi} Q_{ik}^{**}$$

Dans cette formule, G représente l'ensemble des actions permanentes, y compris les parties du poids propre, qui ont un effet stabilisateur. G₂ représente l'ensemble des actions permanentes, y compris les parties du poids propre, qui ont l'effet inverse.

Q_{ik} représente la valeur caractéristique de l'action de base de la combinaison.

$\sum_{i>1} \psi_{oi} Q_{ik}$ représente l'ensemble des valeurs de combinaison des actions d'accompagnement.

Combinaisons accidentelles :

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + F_A + \psi_1 Q_{1k} + \sum_{i>1} \psi_{2i} Q_{ik}$$

Dans cette formule, G₁ et G₂ ont la même signification que ci-dessus,

F_A représente la valeur caractéristique ou le plus souvent nominale de l'action accidentelle,

$\psi_1 Q_{1k}$ représente la valeur fréquente d'une action variable, lorsqu'il y a lieu de la faire intervenir,

$\sum_{i>1} \psi_{2i} Q_{ik}$ représente l'ensemble des valeurs quasi-permanentes des autres actions variables.

Article 7. - Sollicitations de calcul.

7.1. - Les sollicitations de calcul * sont obtenues en multipliant par un coefficient γ_{F3} la sollicitation due à une combinaison d'actions de calcul **.

Des simplifications sont possibles, notamment lorsque

$$\gamma_{F3} S (\gamma_{F1}, \gamma_{F2}, F) = S (\gamma_{F3} \times \gamma_{F1}, \gamma_{F2}, F)$$

COMMENTAIRES

7.1. (suite)

minoration de la résistance (ou sollicitation résistante) de la section. L'inéquation générale à vérifier s'écrit :

$$\gamma_{F3} S (\gamma_{F1}, \gamma_{F2}, F) < \frac{1}{\gamma_R} R (f_k, \gamma_m)$$

Dans cette inéquation, le coefficient γ_{F3} tient compte des incertitudes sur la sollicitation agissante et le coefficient γ_R des incertitudes sur la sollicitation résistante.

7.2.1.1. - * G_{max} et G_{min} représentent des actions indépendantes les unes des autres, les effets des actions G_{min} étant en sens inverse de ceux des actions variables (il s'agit du sens des composantes principales vis-à-vis de l'effet considéré, certaines autres composantes de G_{min} et Q_{ik} pouvant être dirigées dans le même sens). C'est donc seulement lorsqu'il existe des actions permanentes les unes favorables, les autres défavorables qu'on introduit à la fois G_{max} et G_{min} dans la même formule. Souvent les actions permanentes sont toutes défavorables, ou toutes favorables, et on n'introduit alors dans la formule que G_{max} ou G_{min} (c'est par exemple le cas d'une tour ou d'une cheminée où l'on étudie successivement les combinaisons de G_{max} et de G_{min} avec les actions du vent).

Lorsqu'une même action permanente (par exemple, le poids d'une poutre continue) a des effets partiellement défavorables et partiellement favorables, on lui attribue globalement soit la valeur G_{max} affectée du coefficient γ_{F1Gmax} soit la valeur G_{min} affectée du coefficient γ_{F1Gmin} (cette règle ne doit pas être appliquée systématiquement pour le calcul d'une pièce mécanique assurant un équilibre statique. Dans ce cas, les actions permanentes peuvent être à décomposer en G_1 et G_2 suivant les indications de l'article 6).

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 d'affecter γ_{F1Gmin} au poids et γ_{F1Gmax} à la poussée, parce que les incertitudes sur ces deux éléments ont des origines physiques différentes.

- Les modalités de prise en compte des forces de précontrainte sont indiquées dans les textes réglementaires relatifs au béton précontraint.

** Les actions variables sont introduites l'une après l'autre comme action de base pour former les différentes combinaisons, les autres actions variables étant ajoutées s'il y a lieu comme actions d'accompagnement. Seules sont à étudier les combinaisons correspondant aux sollicitations de calcul les plus agressives (paragraphe 5.1.).

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 (autres qu'à la fatigue).

La formule générale donnant les sollicitations de calcul à considérer est la suivante :

$$\gamma_{F3} S (\gamma_{F1 Gmax} G_{max} + \gamma_{F1 Gmin} G_{min} + \gamma_{F1 Q1} Q_{1k} + \gamma_{F1 Q_i} \sum_{i>1} \psi_{oi} Q_{ik})$$

Dans cette formule :

G_{max} représente l'ensemble des actions permanentes défavorables.

G_{min} représente l'ensemble des actions permanentes favorables *.

Q_{1k} représente la valeur caractéristique de l'action de base de la combinaison **.

$\sum_{i>1} \psi_{oi} Q_{ik}$ représente l'ensemble des valeurs de combinaison des actions d'accompagnement.

COMMENTAIRES

7.2.1.1. (suite)

*** La décomposition la plus courante des coefficients γ_F totaux est la suivante :

$$\gamma_{F3} = 1,125 \qquad \gamma_{F1Gmax} = 1,20 \qquad \gamma_{F1Gmin} = 0,9$$

$\gamma_{F1Q1} = 1,42$ dans le cas des charges routières sans caractère particulier définies dans le Titre II du fascicule n° 61 de 1971 (en raison des valeurs nominales choisies dans ce Titre).

$\gamma_{F1Q1} = 1,33$ dans le cas général.

$\gamma_{F1Q1} = 1,20$ lorsque l'action de base est étroitement bornée, et dans le cas des convois militaires et des convois exceptionnels sur les ponts-routes, ainsi que des convois spéciaux sur les ponts-rails. La prise en compte de ce coefficient 1,20 a pour objet non de représenter une majoration de l'action mais de compenser l'insuffisance en ce cas de la valeur habituelle du coefficient γ_{F3} .

Des valeurs numériques plus affinées de ces divers coefficients peuvent être imposées ou acceptées sur justification spéciale dans des cas particuliers. Le coefficient γ_{F3} peut notamment être réduit lorsque la sollicitation considérée est une composante favorable du torseur des sollicitations.

Des indications sur les valeurs numériques des coefficients ψ_0 sont données dans le paragraphe 5.3.

**** $\gamma_{Q1} = 1,6$ pour les charges routières sans caractère particulier, en raison des valeurs nominales choisies dans le Titre II du fascicule n° 61 de 1971.

$\gamma_{Q1} = 1,35$ pour les convois militaires, les convois exceptionnels et les convois spéciaux sur les ponts-rails.

***** Il peut aussi être nécessaire dans certains cas, lorsque l'action de base n'est pas étroitement bornée, d'ajouter aux justifications correspondant à ces prescriptions des justifications complémentaires comportant une valeur du coefficient γ_{Q1} comprise entre 1,5 et 1,35 avec une adaptation convenable du coefficient γ_{Qi} applicable aux actions d'accompagnement, ainsi que des valeurs de ces actions d'accompagnement.

Dans cette formule comme dans la formule générale précédente, il convient de ne retenir parmi toutes les actions d'accompagnement possibles que celles susceptibles d'avoir une influence significative dans la justification à fournir.

7.2.1.2. - * Il est rappelé que les phénomènes d'instabilité de forme (flambement, déversement, voilement) ont été la cause de nombreux accidents et qu'ils doivent être examinés avec attention dans les différentes situations de la construction.

TEXTE

Les valeurs numériques des coefficients γ_{F3} , γ_{F1Gmax} , γ_{F1Gmin} , γ_{F1Q1} , γ_{F1Qj} , ψ_0 sont indiquées dans d'autres fascicules du C.C.T.G. ou dans le C.C.T.P. ***.

Dans les cas simples courants, on peut utiliser la formule suivante :

$$S (1,35 G_{max} + G_{min} + \gamma_{Q1} Q_{ik} + 1,3 \sum_{i>1} \psi_{oi} Q_{ik})$$

avec $\left\{ \begin{array}{l} \gamma_{Q1} = 1,5 \text{ dans le cas général****.} \\ \gamma_{Q1} = 1,35 \text{ lorsque l'action de base est étroitement bornée.} \end{array} \right.$

Les valeurs numériques des coefficients peuvent être modifiées dans les conditions indiquées dans l'article 2*****.

7.2.1.2. - *Etats-limites de stabilité de forme et de fatigue.*

La nature des justifications à présenter ainsi que les valeurs des coefficients sont fixées par le C.C.T.G. ou à défaut par le C.C.T.P. *.

COMMENTAIRES

7.2.2. - * Des indications sur les valeurs numériques de ψ_1 et ψ_2 sont données dans le paragraphe 4.2.

7.3. - * Les états-limites de service dépendent principalement des conditions d'exploitation et de durabilité recherchées pour la construction. Il s'agit surtout d'états-limites de déformation (instantanée ou différée) et, pour les constructions en béton armé ou précontraint, d'états-limites de décompression, de formation de fissures, d'ouvertures de fissures, définis dans le C.C.T.G. et précisés dans le C.C.T.P.

Le C.C.T.P. peut prescrire de considérer d'autres états-limites de service liés à des considérations d'aspect, de confort des usagers, etc.

Sous l'effet d'actions accidentelles, des états-limites de service ne sont à examiner que dans des cas particuliers ; le C.C.T.P. fixe alors les sollicitations de calcul à considérer.

Pour les valeurs numériques de ψ_0 , ψ_1 et ψ_2 , se reporter aux paragraphes 4.2 et 5.3.

7.3.1. - * Ces combinaisons sont à considérer vis-à-vis des états-limites de service liés à une seule occurrence de la sollicitation et dont on cherche à éviter qu'ils soient atteints, même une seule fois, au cours de la durée de référence. Il s'agit notamment des états-limites dont la première occurrence met en cause la durabilité de la construction.

** Des indications sur les valeurs de service Q_{ser} sont données dans le paragraphe 4.2. En raison des valeurs nominales choisies, les valeurs des charges routières non exceptionnelles définies dans le titre II du fascicule n° 61 de 1971 sont à multiplier par 1,2 pour former les combinaisons rares.

7.2.2. - Combinaisons accidentelles.

Les sollicitations de calcul à considérer sont les suivantes :

$$S (F_A + G_{\max} + G_{\min} + \psi_1 Q_{1k} + \sum_{i>1} \psi_{2i} Q_{ik})$$

Dans cette formule :

F_A représente la valeur caractéristique ou le plus souvent nominale de l'action accidentelle.

G_{\max} et G_{\min} ont la même signification que ci-dessus.

$\psi_1 Q_{1k}$ représente la valeur fréquente d'une action variable, lorsqu'il y a lieu de la faire intervenir.

$\sum_{i>1} \psi_{2i} Q_{ik}$ représente l'ensemble des valeurs quasi-permanentes des autres actions variables*.

7.3. - Sollicitations de calcul vis-à-vis des états-limites de service*,

Les sollicitations de calcul à considérer sont les suivantes :

7.3.1. - Combinaisons rares*.

$$S (G_{\max} + G_{\min} + Q_{1k} \text{ (ou } Q_{\text{ser}}) + \sum_{i>1} \psi_{oi} Q_{ik})$$

Dans certains cas, la valeur caractéristique Q_{1k} de l'action variable de base est remplacée par sa valeur de service Q_{ser} lorsque celle-ci en diffère**.

COMMENTAIRES

7.3.2. - * Ces combinaisons sont à considérer :

- soit vis-à-vis des états-limites liés à une seule occurrence de la sollicitation et dont on cherche à éviter qu'ils soient atteints trop fréquemment, lorsqu'il s'agit par exemple de déformations gênantes pour l'exploitation ou pour l'aspect de la construction, d'oscillations désagréables pour les usagers, etc.

- soit vis-à-vis d'états-limites susceptibles d'être atteints du fait de la fréquence ou de la durée d'application de la sollicitation (à l'exclusion des états-limites de fatigue qui doivent faire l'objet de justifications spécifiques).

7.3.3. - * Ces combinaisons sont à considérer lorsqu'on étudie les effets d'actions de longue durée d'application, par exemple pour le calcul du fluage.

Article 8.

* Les états-limites des fondations et les combinaisons d'actions à considérer vis-à-vis de ces états-limites seront définis dans un futur fascicule du C.C.T.G. En attendant, il est recommandé de s'attacher à étudier dans l'optique du présent texte les règles de calcul à leur appliquer. On trouvera ci-après quelques indications générales dans ce but.

1. - Vis-à-vis des structures portées, les actions exercées par les fondations pourront être considérées comme actions extérieures c'est en particulier ce que considère le présent document en ce qui concerne les effets des tassements.

Par ailleurs, les structures portées et diverses causes extérieures (par exemple remblais adjacents) appliquent ou transmettent aux fondations des actions dont les effets sont à comparer aux états-limites des fondations.

2. - Comme pour les structures portées, les états-limites des fondations se classent en états-limites de service et états-limites ultimes. Dans un cas comme dans l'autre, ces états-limites sont à étudier:

- d'une part en fonction de la fondation elle-même ;
- d'autre part en fonction des interactions de la fondation et de la structure portée.

Par exemple, un état-limite de service d'une fondation devra :

- respecter l'intégrité des pieux qui constituent la fondation ;
- ne donner lieu qu'à des déplacements compatibles avec le maintien en bon état de la structure portée.

TEXTE

7.3.2. - Combinaisons fréquentes*.

$$S (G_{\max} + G_{\min} + \psi_1 Q_{1k} + \sum_{i>1} \psi_{2i} Q_{ik})$$

7.3.3. - Combinaisons quasi-permanentes*.

$$S (G_{\max} + G_{\min} + \sum \psi_{2i} Q_{ik})$$

Article 8. - Fondations.

Les principes et les règles générales définis ci-dessus peuvent être appliqués au calcul des fondations*.

COMMENTAIRES

Article 8 (suite).

De même un état-limite ultime d'une fondation devra :

- faire l'objet d'une justification comportant les marges normales de sécurité vis-à-vis des actions appliquées et une marge suffisante vis-à-vis de la résistance ultime de la fondation ;
- être précédé d'un état de la fondation tel que sous les actions de calcul $\gamma_{F1} \times \gamma_{F2} \times F_k$ les plus défavorables, ces actions et les actions appliquées par la fondation à la structure portée n'entraînent pas la ruine de la construction (par exemple, sous ces actions de calcul, le déplacement de la fondation doit rester assez faible pour ne pas briser la structure).

3. - Dans ces études on pourra considérer généralement que les actions extérieures non spécifiques F et les coefficients $\gamma_{F1} \times \gamma_{F2}$ sont les mêmes pour les fondations que pour les structures portées, sous la réserve mentionnée dans l'article 6 ci-dessus à propos de l'équilibre statique.

Lors d'une justification d'équilibre statique, on considèrera comme simplification excessive celle qui consisterait à admettre qu'une pression exercée sur le terrain puisse rester illimitée jusqu'à basculement de la fondation ; on devra donc prendre en considération un état-limite de la fondation.

D'autre part, on sera amené à distinguer, selon d'ailleurs la nature de la construction et de la fondation, les actions extérieures donnant lieu :

- à des « *efforts évanescents* », qu'un très faible déplacement, non dommageable pour la fondation ni pour la structure, suffit à annuler : par exemple, effort de frottement ou de rappel d'un appareil d'appui, ou poussée supplémentaire au repos d'un remblai ; ces efforts pourront assez souvent être négligés ;

- à des « *efforts persistants* » qui, à l'inverse des précédents persisteront jusqu'à l'apparition de dommages : par exemple, effort de poussée, sur une construction quelconque, d'un remblai en équilibre limite, ou poussée de gonflement, sur un élément raide, d'un remblai argileux, ou effort d'un tirant actif dans ses conditions normales d'utilisation ; ces efforts ne pourront jamais être négligés.

4. - En revanche, non seulement les coefficients γ_m , mais aussi le coefficient γ_{F3} , devront être systématiquement reconsidérés pour toute extension aux fondations de la théorie des états-limites.

- 57 -

TEXTE

Page laissée intentionnellement blanche

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT
ET DU CADRE DE VIE

MINISTÈRE DES TRANSPORTS

CONSEIL GENERAL DES PONTS ET CHAUSSEES

2° SECTION - BATIMENT ET GENIE CIVIL

ANNEXE N° 2
A L'INSTRUCTION DU 9 JANVIER 1979

Composition du groupe de travail de rédaction des D.C. 79.

- M. GRATTESAT, ingénieur général des ponts et chaussées,
président,
- M. MOGARAY, ingénieur général des ponts et chaussées,
- M. MATHIEU, ingénieur en chef des ponts et chaussées,
- M. MAURUS, ingénieur en chef des ponts et chaussées,
- M. DARPAS, ingénieur en chef des ponts et chaussées, au SETRA,
- M. LACROIX, professeur à l'ENPC,
- M. CHAUSSIN, ingénieur des ponts et chaussées, au SETRA,
- M. MATHEZ, chef de service au CSTB,
- M. CAZENEUVE, chef de service à la SOCOTEC,
- M. MATHIVAT, conseiller technique au SNBATI,
- M. POUSSET, directeur du BNCM.