

Eurocode 1 : Bases de calcul et actions sur les structures

Partie 3 : Charges sur les ponts dues au trafic

E : Eurocode 1 : Basis of design and actions on structures -
Part 3 : Traffic loads on bridges

D : Eurocode 1 : Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen
auf Tragwerke - Teil 3 : Verkehrslasten auf Brücken

Norme expérimentale

publiée par l'AFNOR en octobre 1997.

Les observations relatives à la présente norme expérimentale doivent être adressées à l'AFNOR avant le 31 décembre 1997.

Correspondance

Le présent document reproduit intégralement la prénorme européenne ENV 1991-3:1995 et intègre les adaptations nationales relatives à cette ENV.

Analyse

Le présent document, constituant une partie de l'Eurocode 1, définit géométriquement et numériquement les modèles de charges à considérer dues au trafic lors de l'établissement de projets de ponts-routes, de passerelles pour piétons et cyclistes et de ponts-rails (modèles de charges verticales et horizontales, variables et accidentelles) pour les vérifications vis-à-vis des différentes catégories d'états-limites : de service, ultimes et de fatigue. Il fournit également les règles de combinaison des actions dues au trafic avec d'autres actions variables, basées sur le format semi-probabiliste de justification de la sécurité des constructions.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : pont, voie de circulation, structure, conception, règle de construction, calcul, classification, spécification, charge, contrainte, véhicule routier, accident, collision.

Modifications

Corrections



Membres de la commission de normalisation

Président : M MATHEZ

Secrétariat : BNTEC

		SYNDICAT DE LA CONSTRUCTION METALLIQUE
M	AFZALI	CETIM
M	BIETRY	CSTB
M	BOLVIN	EDF/SEPTEN
M	BOUTIN	SOCOTEC
M	CHAUVEL	SETRA
M	CLAVIER	BUREAU VERITAS
M	COMPIN	UNCMP
M	CONNER	AFNOR
M	DARDARE	CERIB
M	DELORME	SNCF
M	DOURY	CSTB
M	DUBOIS	CETU
M	ETIENNE	DAEI
M	GROSJEAN	UNM
MME	FERNANDEZ	AFNOR
M	HRABOVSKY	BNTEC
M	JACOB	LCPC
M	JACQUES	LCPC
M	JALIL	SOCOTEC
M	KOVARICK	STCPMVN
M	KRUPPA	CTICM
M	LACROIX	FREYSSINET
M	LAGENTE	CSTB
M	LALUNG-BONNAIRE	CRAM DE NORMANDIE
M	LERAY	CGPC
M	MARVILLET	SNCF
M	MATHIEU	SETRA
M	PARRIAUD	CGPC
M	PECKER	AFPS
M	PERA	IGPC
M	PICAT	SAEP
M	PIET	STCPMVN
M	RAMONDENC	SNCF
M	RAOUL	SETRA
M	RENEVIER	AFNOR
M	ROTH	IUT
M	SCHMOL	SNBATI
M	STRADY	SAEP
M	TARRIN	AGENCE POUR LA PREVENTION DES DESORDRES ET L'AMELIORATION DE LA QUALITE DE LA CONSTRUCTION
M	THONIER	FNTP
MME	VALLADEAU-RONCIN	FIB

Ont participé en tant qu'experts aux groupes de travail EC1-DAN :

Rapporteur : M CALGARO

M	BOIS	CGPC
M	BUI	SETRA
M	CAUSSE	JEAN MULLER INTERNATIONAL
M	GANDIL	SNCF
M	LERAY	CGPC
M	MATHIEU	SETRA
M	PRAT	SETRA
M	ROCHE	SETRA
M	VOIGNIER	SNCF

Sommaire

Avant-propos national à l'EC1-3 DAN (Eurocode1 Partie 3)

AP.1 Introduction

AP.2 Présentation générale de l'EC1.3-DAN

AP.2.1 Les différents objets de l'EC1.3-DAN

AP.2.2 Les différentes lectures de l'EC1.3-DAN

AP.3 Référence à l'EC1.3-DAN dans les contrats

AP.3.1 Les différents objets de l'EC1.3-DAN dans les contrats

AP.3.2 Le caractère contractualisable de l'EC1.3-DAN

AP.3.3 Modalités contractuelles

AP.4 Textes normatifs de référence

AP.5 Modalités d'expérimentation

AVANT-PROPOS NATIONAL A L'EC1-3 DAN (Eurocode 1 : Partie 3)

AP.1 - INTRODUCTION

La présente norme française expérimentale, dénommée EC1.3-DAN, reproduit intégralement l'ENV 1991-3 (en clair l'Eurocode 1 : Partie 3), approuvée par le Comité Européen de Normalisation (CEN) en tant que norme européenne provisoire (ENV).

La présente norme française expérimentale définit, en outre, les adaptations nationales de l'EC1.3 dont la réunion constitue le Document d'Application Nationale.

Les parties de l'EC1.3 que le DAN n'invalide pas et les différents segments du DAN qui s'enchaînent aux clauses européennes auxquelles ils se rapportent forment la norme française expérimentale d'application nationale de l'EC1.3, au sens strict du terme.

Dans la présente norme française expérimentale, les symboles suivants sont introduits dans le but de rendre le texte plus lisible :

- . EC, contraction du terme Eurocode ;
- . ECn, représentant l'Eurocode "n" (n = 1 à 9) ;
- ECn.m, représentant la partie "m" de l'Eurocode "n" ;
- . ECn2, représentant, plus particulièrement, la partie 2 (ponts) de l'Eurocode n (n = 2, 3, 4, 5, 8).

AP.2 - PRESENTATION GENERALE DE L'EC1.3-DAN

AP.2.1 Les différents objets de l'EC1.3-DAN

L'EC1.3-DAN répond à plusieurs objets :

- a) A la demande du CEN, produire à l'intention des pays francophones la version française in extenso de l'EC1.3.
- b) Présenter les adaptations nationales qui sont apportées à l'EC1.3 et qui, pour une part, apportent des éclaircissements et compléments pour l'application de ce dernier pendant la phase d'expérimentation, et pour une autre part, préfigurent les observations que présentera la France quand il sera question de conférer à l'EC1.3 le statut de norme européenne (EN).
- c) Servir de référence pour toute adaptation future des autres ENV DAN et vis-à-vis de toute norme de produits structuraux.

AP.2.2 Les différentes lectures de l'EC1.3-DAN

La matérialisation de ces divers objets permet de produire, pour les sections 1 à 5, dans un document unique trois textes bien distincts moyennant les lectures différenciées ci-après :

- a) La norme française expérimentale stricto sensu d'application nationale de l'EC1.3 est comprise dans tout ce qui n'est pas grisé.
- b) Le DAN est délimité par les zones encadrées qui sont indexées "I", "A" ou "C", et qui intègre aussi les valeurs encadrées de l'EC1.3 qui n'ont pas été invalidées.
- c) La traduction française de la version originale de l'EC1.3 est donc à trouver dans tout ce qui n'est pas à la fois encadré et indexé, zones grisées incluses.

Les prescriptions européennes en matière de typologie et de typographie sont résumées dans le tableau AP.1.

TABLEAU AP.1 - STATUTS PRESCRIPTIFS DES PRESCRIPTIONS EUROPEENNES	
- PRINCIPE	P(1) Ecriture droite, caractère normal
- REGLE D'APPLICATION	(1) Ecriture droite, caractère normal
- COMMENTAIRE	Ecriture droite, petit caractère

La portée d'une adaptation nationale vis-à-vis de la spécification européenne à laquelle elle se rapporte, a été également codifiée (Cf. tableau AP.2).

TABLEAU AP.2 - PORTEE DES ADAPTATIONS NATIONALES	
Typologie	Codification
- INVALIDATION	I, avec grisé de la partie de la prescription de l'EC1-3 invalidée
- AMENDEMENT	A
- COMMENTAIRE	C

D'après cette convention, les valeurs encadrées de l'EC1.3 qui n'ont pas été invalidées doivent être considérées comme faisant aussi partie du DAN.

AP.3 - REFERENCE A L'EC1.3-DAN DANS LES CONTRATS

AP.3.1 Les différents objets de l'EC1.3-DAN dans les contrats

L'EC1.3 DAN est essentiellement destiné à la contractualisation dans les marchés publics ou parapublics. Mais rien ne s'oppose à sa contractualisation dans les marchés privés, pourvu :

- que le trafic dont les charges sont à prendre en compte ne soit pas plus défavorable que ce qui correspond à l'EC1.3 DAN,
- que les prescriptions de l'autorité publique compétente, s'il y a lieu, soient satisfaites.

AP.3.2 Le caractère contractualisable de l'EC1.3-DAN

- Il est rare que l'ensemble de l'EC1.3 DAN, qui couvre des sujets multiples, trouve matière à application dans les contrats. Cependant, en raison des nombreux renvois d'une section à une autre, il est généralement préférable de contractualiser globalement ce document plutôt que de chercher à identifier les seules clauses utiles dans le cas d'espèce. Il est cependant possible, dans certains cas, de ne faire référence qu'à un petit nombre de clauses dont on aura vérifié le caractère autosuffisant.
- Il y a toujours lieu, en revanche :
 - d'éliminer de la contractualisation certaines clauses qui contrediraient le contenu d'autres documents contractuels ou tout au moins, de fixer avec soin l'ordre de priorité des documents,
 - de compléter ou amender un certain nombre de clauses du document, ainsi qu'il est prévu dans son contenu.

AP.3.3 Modalités contractuelles

La présente norme expérimentale n'est applicable, en totalité ou en partie, dans le cadre contractuel d'un marché public ou parapublic que si elle est visée en tant que document applicable :

- pour les marchés publics se référant au Cahier des Clauses Techniques Générales, dans le Cahier des Clauses Administratives Particulières à l'article 2 - où la liste des pièces générales rendues contractuelles mentionnera la norme française expérimentale et en cas d'utilisation partielle les parties de celle-ci à considérer - et à l'article 10 - qui indiquera la dérogation correspondante faite au Cahier des Clauses Techniques Générales,
- pour les marchés parapublics (SNCF, RATP, etc.), dans leurs pièces contractuelles particulières (par exemple, CPS pour la SNCF) ;
- pour les marchés privés se référant à la norme NF P 03-001, Septembre 1991, dans les documents particuliers du marché tels que définis dans la dite norme (Cahier des Clauses Administratives Particulières, Cahier des Clauses Spéciales, Cahier des Clauses Techniques Particulières).

AP.4 - TEXTES NORMATIFS DE REFERENCE

a) Dans la période qui suivra immédiatement son application, et uniquement si elle est rendue contractuelle, la norme française expérimentale ci-incluse sera à utiliser conjointement avec les règles françaises existantes traitant du dimensionnement des ouvrages (Béton Armé aux Etats-limites ((BAEL)), (Béton Précontraint aux Etats-limites (BPEL)), Fascicule 61 V du C.P.C., Circulaire 81.63 du 28 Juillet 1981 sur les ponts mixtes acier-béton ainsi, pour les fondations, que le Fascicule 62 V du C.C.T.G.), et le présent DAN a été établi en conséquence :

- avec les prescriptions complémentaires que prévoit la norme européenne,

- avec la prise en compte des évolutions éventuelles des adaptations nationales évoquées en AP5 ci-après.

Lorsque des ECn.DAN traitant du dimensionnement des ponts seront disponibles (normes expérimentales ECn.2), les règles relatives à l'emploi conjoint de l'EC1.3 DAN et d'ECn.2 seront définies dans le DAN de ces derniers.

De même, lorsque des EC1.n-DAN traitant d'autres actions que celles du trafic contiendront des clauses destinées à être appliquées aux ponts (normes expérimentales EC1.2.mDAN), les règles relatives à l'emploi conjoint de l'EC1.3 DAN et d'EC1.2.mDAN seront, s'il y a lieu, définies dans le DAN de ces derniers.

b) Pour les ouvrages relevant de la section 6, les textes normatifs applicables sont cités dans les pièces contractuelles particulières des maîtres d'ouvrage concernés (par exemple, pour la SNCF : le livret 2.01).

AP.5 - MODALITES D'EXPERIMENTATION

L'ENV 1991-3 a été approuvée par le CEN.

Au terme d'une période expérimentale de trois ans, les pays membres du CEN auront à opter soit pour un ultime prolongement du statut de l'ENV pour une période d'au plus trois ans, soit pour le statut de norme européenne (EN).

Il est certain que cette décision sera assortie d'une révision de la norme.

Dans cette perspective, les utilisateurs de la présente norme expérimentale sont invités à faire connaître leurs observations avec, si possible, propositions d'amendements à l'appui, à l'AFNOR (Tour Europe - Cedex 7 - 92049 PARIS LA DEFENSE) qui transmettra au BNTEC ou, directement, au SETRA ou à la SNCF, département des ouvrages d'art, selon les clauses concernées.

Evolution des adaptations nationales

Il n'est pas exclu que l'expérimentation de l'EC1.3-DAN mette en évidence certains problèmes relatifs à l'applicabilité du document, conduisant la Commission de normalisation P06A à formuler des amendements ou à apporter des compléments jugés indispensables aux adaptations nationales déjà produites. En cas de difficulté, il y aura lieu de se rapprocher de l'AFNOR ou du BNTEC ou, directement, du SETRA ou de la SNCF, département des ouvrages d'art, selon les clauses concernées ; ces Services, si nécessaire, publieront des recommandations utiles.

Page laissée intentionnellement blanche

PRÉNORME EUROPÉENNE

ENV 1991-3

EUROPÄISCHE VORNORM

Mars 1995

EUROPEAN PRESTANDARD

ICS 93.040

Descripteurs: pont, voie de circulation, structure, conception, règle de construction, calcul, classification, spécification, charge, contrainte, véhicule routier, accident, collision.

Version française

Eurocode 1 : Bases de calcul et actions sur les structures - Partie 3 : Charges sur les ponts dues au trafic

Eurocode 1 : Grundlagen der Tragwerksplanung und
Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 3 :
Verkehrslasten auf Brücken

Eurocode 1 : Basis of design and actions on
structures - Part 3 : Traffic loads on bridges

La présente prénorme européenne (ENV) a été adoptée par le CEN le 22 septembre 1994 comme norme expérimentale pour application provisoire. La période de validité de cette ENV est limitée initialement à trois ans. Après deux ans, les membres du CEN seront invités à soumettre leurs commentaires, en particulier sur l'éventualité de la conversion de l'ENV en norme européenne (EN).

Les membres du CEN sont tenus d'annoncer l'existence de cette ENV de la même façon que pour une EN et de rendre cette ENV rapidement disponible au niveau national sous une forme appropriée. Il est admis de maintenir (en parallèle avec l'ENV) des normes nationales en contradiction avec l'ENV en application jusqu'à la décision finale de conversion possible de l'ENV en EN.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

CEN

Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization

Secrétariat Central : rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles

© 1995 Droits de reproduction réservés aux membres du CEN.

Réf n° ENV 1991-3:1995 F

Sommaire	Page
Avant-propos	4
Objectifs des Eurocodes	4
Contexte du programme Eurocodes	4
Programme des Eurocodes	4
Document d'Application Nationale (D.A.N.)	5
Points spécifiques à cette prénorme	6
Section 1 Généralités	11
1.1 Domaine d'application	11
1.2 Références normatives	12
1.3 Distinction entre Principes et Règles d'Application	13
1.4 Définitions	14
1.5 Symboles	17
Section 2 Classification des actions	23
2.1 Généralités	23
2.2 Actions variables	23
2.3 Actions accidentelles	24
Section 3 Situations de projet	26
Section 4 Actions du trafic routier et autres actions spécifiques sur les ponts-routes	27
4.1 Domaine d'application	27
4.2 Représentation des actions	28
4.3 Charges verticales - Valeurs caractéristiques	31
4.4 Forces horizontales - Valeurs caractéristiques	39
4.5 Groupes de charges de trafic sur les ponts-routes	41
4.6 Modèles de charges de fatigue	42
4.7 Actions accidentelles	50
4.8 Actions sur les garde-corps	54
4.9 Modèles de charge sur les remblais	55
Section 5 Actions des piétons et des deux-roues et autres actions spécifiques sur les passerelles	57
5.1 Domaine d'application	57
5.2 Représentation des actions	57
5.3 Charges verticales - Valeurs caractéristiques	58
5.4 Forces horizontales - Valeurs caractéristiques	61
5.5 Evaluation des charges de trafic sur les passerelles	61
5.6 Actions accidentelles sur les passerelles	61
5.7 Modèles dynamiques de charges dues aux piétons	63
5.8 Actions sur les garde-corps	63
5.9 Modèles de charge sur les remblais	63

Section 6 Actions du trafic ferroviaire et autres actions spécifiques sur les ponts-rails	64
6.1 Domaine d'application	65
6.2 Représentation des actions	66
6.3 Charges verticales - Valeurs caractéristiques (effets statiques)	66
6.4 Effets dynamiques	72
6.5 Forces horizontales - Valeurs caractéristiques	78
6.6 Effets de souffle dus au passage des circulations (effets aérodynamiques)	85
6.7 Actions accidentelles	90
6.8 Evaluation des charges de trafic sur les ponts-rails	92
6.9 Modèles de charges de fatigue	95
Annexe A (normative)	
Modèles de véhicules spéciaux pour ponts-routes	96
Annexe B (normative)	
Evaluation de la durée de vie vis-à-vis de la fatigue - Méthode fondée sur l'enregistrement du trafic	100
Annexe C (normative)	
Bases de calcul - Articles complémentaires à l'ENV 1991-1 pour les ponts-routes	102
Annexe D (normative)	
Bases de calcul - Articles complémentaires à l'ENV 1991-1 pour les passerelles	109
Annexe E (normative)	
Coefficients dynamiques $1 + \varphi$ pour les trains réels	114
Annexe F (normative)	
Bases d'évaluation de la fatigue pour les structures ferroviaires	116
Annexe G (normative)	
Bases de calcul - Articles complémentaires à l'ENV 1991-1 pour les ponts-rails, y compris critères d'aptitude au service	123
Annexe H (informative)	
Analyse dynamique en cas de risque de résonance ou de vibrations excessives de structures ferroviaires - Bases de calculs complémentaires	136
Annexe J (informative)	
Modèles pour charges de trafic ferroviaire en situations transitoires	137

Avant-propos

Objectifs des Eurocodes

(1) Les "Eurocodes Structuraux" constituent un ensemble de normes concernant la conception structurale et géotechnique des bâtiments et des ouvrages de génie civil.

(2) Ils ne traitent de l'exécution et du contrôle que dans la mesure où il est nécessaire d'indiquer la qualité des produits de construction et le niveau de qualité de la mise en oeuvre, nécessaires pour assurer la compatibilité avec les règles de conception.

(3) Tant qu'un ensemble harmonisé de spécifications techniques des produits et de méthodes d'analyse des performances n'est pas disponible, un certain nombre d'Eurocodes structuraux traiteront de certains de ces aspects dans des annexes informatives.

Contexte du programme Eurocodes

(4) La Commission des Communautés Européennes (CCE) a entrepris d'établir un ensemble de règles techniques harmonisées concernant la conception des bâtiments et des ouvrages de génie civil, afin de proposer une alternative aux différentes règles en vigueur dans les Etats Membres et, finalement, de les remplacer. Ces règles techniques sont habituellement connues sous le nom de "Eurocodes structuraux".

(5) En 1990, après consultation des différents Etats Membres, la CCE a chargé le CEN d'assurer le développement, la publication et la mise à jour des Eurocodes et le secrétariat de l'AELE a accepté de soutenir le CEN dans son travail.

(6) Le Comité Technique CEN/TC 250 est responsable de l'ensemble des Eurocodes structuraux.

Programme des Eurocodes

(7) Les travaux concernant les Eurocodes structuraux suivants sont en cours, chacun étant en général constitué d'un certain nombre de Parties :

EN 1991 Eurocode 1 :	Bases de calcul et actions sur les structures
EN 1992 Eurocode 2 :	Calcul des structures en béton
EN 1993 Eurocode 3 :	Calcul des structures en acier
EN 1994 Eurocode 4 :	Conception et dimensionnement des structures mixtes acier-béton
EN 1995 Eurocode 5 :	Calcul des ouvrages en bois
EN 1996 Eurocode 6 :	Calcul des structures en maçonnerie
EN 1997 Eurocode 7 :	Calcul géotechnique
EN 1998 Eurocode 8 :	Calcul des structures résistant aux séismes
EN 1999 Eurocode 9 :	Calcul des structures en alliage d'aluminium

(8) Des sous-comités distincts, chargés des divers Eurocodes énumérés ci-dessus, ont été institués par le CEN/TC 250.

(9) La présente Partie de l'ENV 1991, qui a bénéficié des études préliminaires effectuées par la CCE et l'UIC (Union Internationale des Chemins de Fer), mise au point sur instruction de la CCE, est publiée en tant que prénorme européenne, pour une durée initialement fixée à trois ans.

(10) La présente prénorme est destinée à une application expérimentale et au recueil d'observations.

(11) Dans deux ans environ, les membres du CEN seront invités à formaliser leurs observations en vue de les prendre en compte pour déterminer les actions futures à entreprendre.

(12) Entre temps, il convient d'envoyer les réactions et les observations concernant cette prénorme au secrétariat du Sous-Comité CEN/TC250/SC 1 à l'adresse suivante :

SIS/BST
Box 5630
S-11486 STOCKHOLM
SUEDE

ou à votre organisme national de normalisation.

Document d'Application Nationale (D.A.N.)

(13) Etant donné les responsabilités des autorités des Etats Membres en matière de sécurité, santé et autres points couverts par les exigences essentielles de la DPC (Directive sur les Produits de Construction), des valeurs indicatives ont été attribuées à certains éléments de sécurité dans l'ENV qui sont identifiées par des "valeurs encadrées" ou []. Il incombe aux autorités de chaque Etat Membre de vérifier ces "valeurs encadrées" et éventuellement, d'attribuer à ces éléments de sécurité des valeurs définitives différentes destinées à l'application nationale.

(14) Les ponts sont essentiellement des ouvrages publics, pour lesquels :

- la Directive Européenne 89/440/CEC¹ relative aux contrats de travaux publics s'applique tout particulièrement,
- et les autorités publiques ont des responsabilités en tant que propriétaires des ouvrages.

De plus, il incombe aux autorités publiques d'établir les règlements relatifs au trafic autorisé (en particulier en ce qui concerne les charges roulantes) et, le cas échéant, d'accorder et contrôler les dérogations, par exemple dans le cas de véhicules spéciaux. A ce sujet, il est supposé que les autorités exerçant ces responsabilités coopèrent étroitement avec celles responsables des projets et des réévaluations des capacités des ponts (voir les articles et les Notes concernant les bases et conditions de validité numérique de cette prénorme).

Dans ce contexte, la présente prénorme a été établie avec deux objectifs principaux :

- être suffisamment précise et complète pour des usages contractuels,
- avoir un contenu suffisamment souple pour permettre aux autorités compétentes et à leurs ingénieurs d'exercer pleinement leurs responsabilités techniques.

¹ Remplacée par la Directive 93/37/CEE du 14 Juin 1993 (JOCE n° L199 du 9 Août 1993)

(15) En raison des responsabilités des autorités publiques en matière de ponts, il a été prévu que pour l'application de la présente Partie, celle-ci serait complétée par :

- des règles et options générales complémentaires à fournir par les Documents d'Application Nationale [DAN - voir paragraphe (16) ci-dessous]
- et des spécifications complémentaires et/ou modificatives pour des projets particuliers.

Lorsque la prénorme précise "sauf spécification différente", ceci a été écrit pour que les autorités compétentes (à identifier, si nécessaire, dans les DAN particuliers) puissent librement intervenir à l'un ou l'autre des niveaux ci-dessus. Il en va de même lorsque la prénorme mentionne le "maître d'ouvrage", si celui-ci n'est pas l'autorité compétente elle-même.

Des informations complétant les Notes de la présente prénorme sont données ci-dessous, afin de faciliter la préparation des DAN.

(13) à (15) - A L'ensemble des "Notes" incluses dans la prénorme européenne mentionnant le rôle des autorités publiques vis-à-vis des diverses règles doit être considéré comme faisant partie du texte lui-même. Pour l'application du texte ainsi complété, il y a lieu de considérer comme "autorité compétente" l'autorité publique propriétaire, affectataire ou concédante des ouvrages, ou lorsqu'il y a lieu les concessionnaires dans la limite des délégations qu'ils ont reçues des concédants. Par ailleurs toutes les "valeurs encadrées" de la prénorme européenne qui ne font pas l'objet d'une invalidation dans le DAN doivent être considérées comme validées pour l'application en France.

(16) Certaines des normes nécessaires d'accompagnement européennes ou internationales peuvent ne pas être disponibles au moment de la publication de cette prénorme. Il est par conséquent prévu qu'un Document d'Application Nationale (DAN) donnant les valeurs obligatoires à substituer aux valeurs encadrées, faisant référence aux normes d'accompagnement compatibles et donnant les indications nécessaires à l'application nationale de cette prénorme sera publié par chaque Etat membre ou son organisme de normalisation.

(17) L'intention est que cette prénorme soit utilisée conjointement avec le DAN valable dans le pays où les ponts sont situés.

Points spécifiques à cette prénorme

(18) Le domaine d'application de l'Eurocode 1 est défini en 1.1.1, et celui de cette Partie de l'Eurocode 1 est défini en 1.1.2. Les Parties complémentaires de l'Eurocode 1 qui sont prévues sont indiquées en 1.1.3.

(19) La présente Partie est divisée en six sections :

- trois sections, numérotées de 1 à 3, contenant des clauses d'ordre général ;
- trois sections, numérotées de 4 à 6, concernant respectivement les charges de trafic routier, les charges des piétons et deux-roues et les charges de trafic ferroviaire ainsi que d'autres charges applicables respectivement aux ponts-routes, passerelles pour piétons et ponts-rails.

Les limites de validité des contenus de ces sections sont définies. Au-delà de ces limites, les règles à suivre doivent être données par les DAN ou pour les projets particuliers concernés.

Pour les coefficients partiels de charge, on doit se référer aux sections appropriées des Eurocodes ENV 1992 à ENV 1999 (Eurocodes de projet). Des valeurs encadrées sont proposées dans les annexes C, D et G. Il est procédé de même pour certains coefficients ψ .

(18) et (19) - C La consistance de l'ENV 1991-3 diffère sur un certain nombre de points des textes normatifs applicables actuellement en France.

a) Par rapport au Fascicule 61 II du Cahier des Prescriptions Communes (CPC), pour les charges sur les ponts-routes et les passerelles :

- l'ENV 1991-3 ne traite pas des charges militaires, ni des effets du vent (sauf pour certains aspects traités dans les annexes C et D), ni des séismes. En ce qui concerne les garde-corps, il ne traite pas de leurs dispositions constructives ; il ne traite pas des épreuves des ponts ; il ne précise pas les conditions de simplification ni de dérogation ; il ne traite pas non plus des chocs de bateaux, qui sont traités dans la circulaire DBTPC n° 71.55 du 29 décembre 1971 accompagnant le Fascicule ;
- en revanche l'ENV 1991-3 est plus complet que le Fascicule en ce qui concerne les diverses valeurs représentatives des charges y compris pour les vérifications vis-à-vis de la fatigue, les charges accidentelles dues aux trafics, les charges sur passerelles et les combinaisons d'actions.

Le système de charges de l'Eurocode est basé sur un modèle différent des modèles du Fascicule 61 Titre II. Il en résulte inévitablement, même avec un choix approprié des classes de trafic (voir paragraphe 4.3.2.(6)) certaines différences de dimensionnement des ouvrages par rapport à la pratique actuelle. En particulier, l'importance de l'excentrement possible des charges est nettement accrue ; il convient à ce sujet de noter d'une part que cette importance était sous-estimée dans le Fascicule 61 II, d'autre part qu'elle dépend notablement de la conception des ouvrages et qu'une saine conception ne devrait pas conduire à des ouvrages très sensibles à cet excentrement ;

- certaines discontinuités peuvent être constatées du fait de certains effets de seuil, en particulier pour certaines largeurs et dispositions géométriques pour lesquelles le nombre de voies chargées à prendre en compte serait différent ;
- d'autres différences notables peuvent être attendues pour les sollicitations locales.

b) Pour la section 6 et ses annexes, le livret 2.01 du CPC de la SNCF fait apparaître, outre les questions faisant l'objet de l'ENV 1991-3:

- certaines actions spécifiques relevant de l'ENV 1991-2 : poids du ballast et des éléments constitutifs de la voie, actions du vent et de la température, actions accidentelles (articles 2, 4, 6 du livret) ;
- les actions sur les équipements ferroviaires (article 4) ;
- les règles générales de dimensionnement issues de l'ENV 1991-1 (article 1 du livret) ;

De plus, les groupes de charges sont complétés (article 3) et les combinaisons explicitées (article 7).

c) L'annexe C de l'ENV 1991-3 traite des combinaisons d'actions de façon comparable à ce qu'on trouve dans l'annexe D au BAEL et à l'annexe 8 au BPEL, en ce qui concerne les ponts-routes. Toutefois il existe, dans le détail, un certain nombre de différences de consistance dont les principales concernent :

- les valeurs représentatives d'actions autres que celles de trafic ;
- les combinaisons d'actions en situation d'exécution qui sont traitées dans les annexes D et 8 précitées, mais non dans l'annexe C l'ENV 1991-3.

Par rapport à ce qui figure dans les articles 8 et 9 du Fascicule 61 V du C.P.C., que la Circulaire 81.63 rend également applicables aux ponts mixtes, l'annexe C à l'ENV 1991-3 présente en outre des différences substantielles de format, tenant au fait que le fascicule se réfère à la première version des Directives Communes, mais on peut considérer qu'il n'en résulte pas de conséquence notable pour le dimensionnement des ouvrages.

(20) Les bases des combinaisons de charges de trafic et de charges ne relevant pas du trafic sont introduites dans la section 3 et développées dans les annexes C, D et G. Elles sont destinées à être appliquées en conjonction avec d'autres Parties de l'ENV 1991 et avec les Parties des ENV 1992 à 1995 qui concernent les ponts.

Si nécessaire, les DAN peuvent également faire référence à d'autres documents.

Lorsqu'il est nécessaire de prendre en compte des charges de trafic non codifiées par la présente prénorme (par exemple des charges de chantier, des charges militaires, des charges de tramway) et qui ne sont pas suffisamment détaillées dans les DAN, des règles complémentaires peuvent être prescrites pour des projets particuliers.

Des règles complémentaires peuvent également être prescrites pour les ponts destinés à la fois aux trafics routier et ferroviaire.

De même, des règles complémentaires seront souvent nécessaires pour les actions accidentelles à prendre en compte dans les calculs ; voir les Notes en 2.3.

(21) Les actions dues au trafic routier sont représentées dans la section 4 par une série de modèles de charge correspondant à différentes sortes de trafic et différentes composantes (par exemple, les efforts horizontaux) de l'action du trafic. Des modèles spécifiques sont donnés pour la vérification vis-à-vis de la fatigue.

(a) Les modèles de charge 1 et 2, définis en 4.3, sont considérés représenter pratiquement (avec les coefficients d'ajustement α et β égaux à 1) le trafic le plus sévère observé ou prévu sur les routes les plus importantes des pays européens. Sur d'autres routes de ces pays et dans certains autres pays, le trafic peut s'avérer sensiblement plus léger, ou être mieux contrôlé. Cependant, il convient de signaler qu'un grand nombre de ponts existants ne remplissent pas les conditions de la présente prénorme et des Eurocodes de projet associés ENV 1992 à 1995.

Il est donc conseillé aux autorités nationales de choisir, pour le calcul des ponts, les valeurs de coefficients d'ajustement α et éventuellement de les faire correspondre à différentes classes de routes sur lesquelles les ponts sont situés. Des informations concernant les bases numériques des modèles de charge 1 et 2 ont déjà été diffusées, et il est prévu de fournir de plus amples informations dans des documents d'accompagnement.

Il est recommandé de choisir des coefficients d'ajustement aussi peu nombreux et aussi simples que possible, en tenant compte des règlements nationaux sur le trafic routier et de l'efficacité des mesures associées de contrôle. Pour les valeurs minimales de α_{Q1} , il est également recommandé de ne pas réduire la valeur encadrée [0,8] prescrite en 4.3.2(7) sans une justification détaillée propre au pays concerné.

(b) Le modèle de charge 3 (véhicules spéciaux) de la présente prénorme n'est destiné à être pris en compte qu'aux endroits et dans la mesure prescrite par l'autorité compétente. Ces décisions doivent être complétées, le cas échéant, par les spécifications relatives aux conditions de circulation, comme l'indiquent les Notes, et au degré de contrôle à exercer par la police. Pour limiter autant que possible la diversité de tels modèles en Europe, il est suggéré que lors du choix de véhicules spéciaux par l'autorité compétente pour des projets de ponts particuliers, la priorité soit accordée aux véhicules spéciaux 900/150, 1800/200 et 3000/240d définis dans l'annexe A à la section 4.

(c) Le modèle de charge 4 (charges de foules sur ponts routiers) ne doit être pris en compte que lorsque l'autorité compétente le prescrit, en particulier pour certains ponts situés en zones urbaines denses. Ce modèle a été développé à partir d'observations réalisées à l'occasion d'événements spéciaux, tels que l'inauguration de grands ponts.

(d) Pour les vérifications vis-à-vis de la fatigue, une série de modèles alternatifs est fournie, pour une utilisation en fonction du niveau de vérification choisi dans les règles de calcul correspondantes. Sauf dans les cas les plus simples pour lesquels il est fait référence au modèle de charge de fatigue n°1, les autorités compétentes, selon les cas et le trafic attendu, peuvent avoir à :

- confirmer ou modifier des valeurs numériques données dans la présente prénorme et/ou
- prescrire ou approuver des données complémentaires relatives à l'utilisation des modèles, y compris des enregistrements de trafic.

(22) Les actions dues à la circulation des piétons et deux-roues sont définies en section 5. D'autres actions, variables ou accidentelles, spécifiques pour les passerelles, sont également définies. Pour ces autres actions, des données complémentaires seront à fournir par l'autorité compétente, et des décisions seront à prendre par elle, en partie sous forme de spécifications dans les DAN et, pour le reste, pour les projets individuels.

Dans les rares cas pour lesquels il convient d'entreprendre une analyse dynamique, des modèles de charge appropriés devront être utilisés.

(23) Les actions dues au trafic ferroviaire sont définies en section 6 par référence à deux modèles de charge, 71 et SW, correspondant à deux types de trafic principaux. Les actions associées telles que les effets dynamiques, les forces de freinage et d'accélération, les forces centrifuges, la force due à l'effet de lacet ainsi que certaines exigences spécifiques sont déterminées au moyen de coefficients, d'équations, de courbes et de tableaux. Des spectres de charges sont donnés dans le but d'effectuer des vérifications à la fatigue.

(a) Le modèle de charge 71 défini en 6.3.2 représente l'effet statique d'un trafic ferroviaire normal sur les grandes lignes du réseau européen, sur voies à l'écartement standard ou à grand écartement.

(b) Les modèles de charge SW, définis en 6.3.3, représentent l'effet statique d'un trafic ferroviaire lourd. Deux familles de charges, SW/0 et SW/2, sont prises en compte. Les autorités compétentes doivent préciser les lignes ou tronçons de lignes sur lesquels de telles charges doivent être prises en compte.

(c) Des dispositions sont prises pour moduler la charge spécifiée afin de tenir compte des variations de type, de volume et de poids maximal du trafic ferroviaire sur les différentes voies ferrées et pour tenir compte également de qualités de voies différentes. Pour les lignes supportant un trafic plus lourd ou plus léger que celui prévu par la norme, les valeurs caractéristiques données pour les modèles de charge 71 et SW/0 peuvent être multipliées par un coefficient a , dont la valeur doit être prescrite par les autorités compétentes [voir 6.3.2(3)P].

(d) L'article 6.4 donne des règles détaillées pour l'évaluation des effets dynamiques du trafic ferroviaire sur les ponts. Généralement, de tels effets peuvent être couverts de manière satisfaisante par application d'un coefficient d'amplification dynamique. Néanmoins, dans certains cas pour lesquels il existe un risque de résonance ou de vibrations excessives du tablier, une vérification spécifique s'avère nécessaire. Ceci s'applique plus particulièrement au trafic à très grande vitesse.

Note : Pour de telles vérifications spécifiques, voir l'annexe H.

(e) En ce qui concerne les forces centrifuges, les prescriptions doivent tenir compte du fait que le trafic lourd ne s'écoule pas à grande vitesse tandis que les trains de voyageurs à grande vitesse ont des charges à l'essieu légères. Les forces centrifuges dépendent de la longueur de pont affectée par la charge et de la vitesse maximale autorisée. Ces particularités sont prises en compte par application d'un facteur multiplicatif f au modèle de charge 71, les valeurs de ce coefficient ainsi que les règles d'application correspondantes sont indiquées en 6.5.1.

(f) Les modèles de fatigue des ponts métalliques sont fondés sur la considération de spectres de charge dont les effets sont représentés par le moyen d'une charge de référence (modèle de charge 71) multipliée par un facteur λ , qui prend en compte l'effet des spectres de charge agissant sur des lignes d'influence de longueurs différentes. Ce facteur se définit en fonction de la portée de l'élément structural considéré, du tonnage global du trafic empruntant le pont et de la durée de vie spécifiée pour l'ouvrage.

L'annexe F prescrit deux combinaisons principales de trafic, élaborées à partir de douze trains-types de trains identifiés. Des valeurs du facteur λ ont été définies pour des fourchettes de portées ; elles seront incluses dans les ENV 1992 à 1994.

(g) L'interaction entre la voie ferrée et le pont produit des forces additionnelles, à moins que la voie ne soit équipée d'appareils de dilatation à chaque extrémité du tablier. Le paragraphe 6.5.4 donne des prescriptions pour limiter ces forces et tenir compte de leurs effets.

(h) Les déformations et vibrations engendrées par le trafic ferroviaire sur les ponts doivent être limitées pour des raisons de sécurité et pour garantir le confort des voyageurs. Les principes et règles d'application correspondant à ces exigences sont exposés à l'annexe G.

Note : Voir également l'annexe H.

(21) à (23) - C Se reporter aux paragraphes concernées des sections 4 à 6.

Section 1 Généralités

1.1 Domaine d'application

1.1.1 Domaine d'application de l'ENV 1991 - Eurocode 1 : Bases de calcul et actions sur les structures.

(1) L'ENV 1991 fournit des principes généraux et les actions pour le calcul structural des bâtiments et ouvrages d'art, y compris pour certains aspects géotechniques ; elle doit être utilisée concurremment avec les ENV 1992 à 1999.

(2) Elle peut également être utilisée comme une base de calcul pour des structures non traitées par les ENV 1992 à 1999 et lorsque d'autres matériaux ou d'autres actions à effet structural sont impliqués.

(3) L'ENV 1991 s'applique aussi au calcul des structures durant la construction, ainsi qu'au calcul des structures provisoires. Elle concerne toutes les circonstances dans lesquelles le comportement d'une structure doit rester satisfaisant.

(4) L'ENV 1991 n'est pas directement destinée à l'évaluation structurale de constructions existantes, en vue de projeter des réparations et des modifications, ou d'étudier des changements d'utilisation, mais elle peut servir à cela le cas échéant.

(5) L'ENV 1991 ne couvre pas complètement des situations de projet spéciales qui nécessitent des conditions sortant de l'ordinaire en matière de fiabilité, telles que les structures d'usines nucléaires, pour lesquelles il convient d'utiliser des règles de calcul spécifiques.

1.1.2 Domaine d'application de l'ENV 1991-3 - Charges de trafic sur les ponts

(1) La Partie 3 de l'ENV 1991 spécifie les charges d'exploitation (modèles et valeurs représentatives) associées au trafic routier, aux actions dues aux piétons et au trafic ferroviaire, y compris, le cas échéant, effets dynamiques et forces centrifuges, de freinage, d'accélération et accidentelles.

(2) La section 1 précise des définitions communes et les notations.

(3) La section 2 définit les principes de chargement des ponts-routes, des passerelles (pour piétons ou deux-roues) et des ponts-rails.

(4) La section 3 traite des situations de projet et donne des indications sur la simultanéité des modèles de charge de trafic et sur les combinaisons avec des charges autres que celles du trafic.

(5) La section 4 définit :

- les charges d'exploitation (modèles et valeurs représentatives) dues aux actions du trafic sur les ponts-routes et leurs conditions de combinaison mutuelle et de combinaison avec les trafics de piétons et de deux-roues (voir section 5).

- d'autres actions spécifiques pour le calcul des ponts-routes.

(6) Le section 5 définit :

- les charges d'exploitation (modèles et valeurs représentatives) associées aux actions des piétons et des deux-roues sur les ponts-routes, passerelles et ponts-rails.

- les autres actions spécifiques pour le calcul des passerelles.

(7) Les sections 4 et 5 définissent également les charges sur les garde-corps.

(8) La section 6 définit :

- les charges d'exploitation dues au trafic ferroviaire sur les ponts ;

- les autres actions spécifiques que le calcul des ponts-rails doit prendre en compte.

1.1.3 Autres Parties de l'ENV 1991

(1) D'autres Parties de l'ENV 1991, actuellement terminées, en préparation ou programmées, sont indiquées en 1.2.

1.2 Références normatives

La présente prénorme européenne comporte par référence datée ou non datée des dispositions d'autres normes. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte, et les publications sont énumérées ci-après.

ISO 3898 1987 Base de calcul des structures
Notations. Symboles généraux

Note: les prénormes européennes qui suivent, publiées ou en préparation, sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications énumérées ci-après.

ENV 1991-1 Eurocode 1: Bases de calcul et actions sur les structures
Partie 1: Bases de calcul

ENV 1991-2-1 Eurocode 1: Bases de calcul et actions sur les structures
Partie 2.1: Actions sur les structures, densités, poids propres et charges d'exploitation

ENV 1991-2-2 Eurocode 1: Bases de calcul et actions sur les structures
Partie 2.2: Actions sur les structures exposées au feu

ENV 1991-2-3 Eurocode 1: Bases de calcul et actions sur les structures
Partie 2.3: Actions sur les structures - Actions de la neige

ENV 1991-2-4 Eurocode 1: Bases de calcul et actions sur les structures
Partie 2.4: Actions sur les structures - Actions du vent

ENV 1991-2-5 Eurocode 1: Bases de calcul et actions sur les structures
Partie 2.5: Actions sur les structures - Actions thermiques

ENV 1991-2-6	Eurocode 1: Bases de calcul et actions sur les structures Partie 2.6: Actions sur les structures - Charges et déformations imposées en cours d'exécution
ENV 1991-2-7	Eurocode 1: Bases de calcul et actions sur les structures Partie 2.7: Actions sur les structures - Actions accidentelles
ENV 1991-4	Eurocode 1: Bases de calcul et actions sur les structures Partie 4: Actions sur les structures - Actions dans les silos et réservoirs
ENV 1991-5	Eurocode 1: Bases de calcul et actions sur les structures Partie 5: Actions sur les structures - Actions induites par les grues, les ponts roulants et la machinerie
ENV 1992	Eurocode 2 : Calcul des structures en béton
ENV 1993	Eurocode 3 : Calcul des structures en acier
ENV 1994	Eurocode 4 : Conception et dimensionnement des structures mixtes acier-béton
ENV 1995	Eurocode 5 : Calcul des ouvrages en bois
ENV 1996	Eurocode 6 : Calcul des structures en maçonnerie
ENV 1997	Eurocode 7 : Calcul géotechnique
ENV 1998	Eurocode 8 : Calcul des structures résistant aux séismes
ENV 1999	Eurocode 9 : Calcul des structures en alliage d'aluminium

1.2 - C Parmi les EC-ENV déjà publiés lors de la publication de la présente norme expérimentale, seuls sont susceptibles d'interférer directement avec elle les ENV 1991-1 et 1991-2-1 (accompagnées des DAN correspondants).

Les autres EC-ENV déjà publiés au même moment sont :

- les parties 1-1 à 1-6 de l'ENV 1992 ;
- les parties 1-1 avec ses annexes, 1-2 et 1-3 de l'ENV 1993 ;
- les parties 1-1 et 1-2 de l'ENV 1994 ;
- les parties 1-1 et 1-2 de l'ENV 1995 ;
- les parties 1-1 à 1-3 de l'ENV 1998.

Ces Eurocodes ne sont pas susceptibles d'interférence directe avec la présente norme expérimentale. Les problèmes d'interférence, avec le présent document, d'Eurocodes en préparation seront réglés par les DAN correspondants.

1.3 Distinction entre Principes et Règles d'application

(1)P Selon la nature des différents articles, la présente Partie distingue d'une part les Principes et d'autre part les Règles d'application.

(2)P Les Principes comprennent :

- des formulations d'ordre général et des définitions ne comportant pas d'alternative ;
- des prescriptions et des modèles analytiques pour lesquels aucune alternative n'est autorisée, sauf indication contraire.

(3)P Les Principes sont identifiés par le numéro du paragraphe suivi de la lettre P.

(4)P Les règles d'application sont des règles communément admises qui suivent les Principes et satisfont à leurs exigences.

(5)P Il est loisible d'utiliser des règles variantes différentes des règles d'application données par le présent Eurocode, pourvu qu'il soit démontré que ces règles variantes respectent les Principes correspondants et conduisent à une fiabilité au moins égale.

1.3-(5) P - A Les conditions dans lesquelles des règles différentes des Règles d'Application formulées dans le présent Eurocode peuvent être adoptées, sont fixées pour les trafics présentant des particularités, par les décisions des autorités compétentes ou par les responsables du contrôle des projets concernés.

Pour la section 6 et ses annexes E, F, G, H, J, de telles règles sont fixées par le livret 2.01 du CPC, de la SNCF.

(6) Dans la présente Partie 3 de l'ENV 1991, les règles d'application sont identifiées par un numéro entre parenthèses, comme par exemple le présent alinéa.

1.4 Définitions

Pour les besoins de la présente prénorme, une liste de définitions de base est produite dans l'ENV 1991-1, "Bases de calcul"; les définitions complémentaires données ci-dessous sont propres à la présente Partie.

1.4.1 Termes harmonisés et définitions communes

1.4.1.1 Tablier (deck, Überbau) : les parties d'un pont situées au-dessus des piles, culées et autres murs, à l'exception des pylônes.

1.4.1.2 Dispositifs de retenue (road restraint systems, Leiteinrichtungen) :

Note : ces termes peuvent faire l'objet de révisions ultérieures en fonction des versions définitives, en trois langues, de normes en cours d'élaboration par le CEN/TC 226.

1.4.1.2 (Note) - C La terminologie relative aux dispositifs routiers de retenue des véhicules est fixée par la norme NF EN 1317-1.

(i) Les dispositifs de retenue sont tous les systèmes destinés à retenir les véhicules routiers et/ou les piétons sur les routes, les ponts ou d'autres constructions.

(ii) Les dispositifs de retenue sont des systèmes mis en place pour assurer un certain niveau de retenue à un véhicule incontrôlé; ils peuvent servir à limiter les dommages ou les blessures occasionnés aux usagers de la route ou à des personnes du voisinage.

(iii) Les dispositifs de retenue peuvent être, selon leur utilisation:

- permanents (fixes) ou provisoires (démontables, c'est à dire amovibles, et utilisés lors de travaux routiers de courte durée, en cas d'urgence ou lors de situations semblables),
- déformables ou rigides,
- simples (ils ne peuvent être heurtés que d'un côté) ou doubles (ils peuvent être heurtés des deux côtés).

1.4.1.3 Barrière ou glissière (safety barrier, Absturzsicherung) : les barrières sont des dispositifs de retenue de véhicules mis en place sur les côtés ou sur le terre-plein central d'une route ou d'un pont (ou d'autres constructions).

1.4.1.4 Garde-corps (parapets, Geländer) : les garde-corps sont des dispositifs de retenue destinés à retenir les piétons sur les ponts ou sur d'autres constructions.

1.4.1.5 Ecran anti-bruit (noise barrier, Lärmschutzwand) : un écran anti-bruit est un écran destiné à réduire la propagation du bruit.

1.4.1.6 Passerelle fixe de visite (inspection gangway, Besichtigungssteg) : une passerelle fixe de visite est un dispositif d'inspection permanent, non accessible à la circulation publique.

1.4.1.7 Plate-forme mobile de visite (movable inspection platform, Besichtigungswagen) : élément d'un véhicule, non solidaire du pont, utilisé pour inspection.

1.4.1.7 - A Sont aussi considérés comme plates-formes mobiles de visite les appareils amovibles (qui ne sont pas à proprement parler des véhicules), non solidaires du pont, utilisés pour l'inspection.

1.4.1.8 Passerelle (footbridge, Fussgängerbrücke) : une passerelle est un pont principalement destiné à porter les charges de piétons et/ou de deux-roues et sur lequel les charges du trafic routier normal ou d'un trafic ferroviaire sont interdites.

1.4.2 Termes et définitions propres aux ponts-routes

1.4.2 - C Pour l'application pratique de ces définitions, se reporter en 4.2.3 et 4.2.4. L'attention est appelée d'autre part sur le fait que l'Eurocode, à la différence du Fascicule 61 II du CPC, ne fait pas de distinction entre largeur roulable et largeur chargeable.

1.4.2.1 Chaussée (carriageway, Fahrbahn) : pour l'application des sections 4 et 5 la chaussée est définie comme la partie de surface de route supportée par une structure unique (tablier, pile, ...) et comprenant toutes les voies physiques de circulation (c'est-à-dire telles qu'elles peuvent être matérialisées sur le revêtement de la route), les bandes d'arrêt, bandes dérasées et bandes de marquage. Sa largeur w est mesurée entre bordures, si la hauteur de celles-ci est supérieure à [100 mm] ou entre les extrémités intérieures des barrières ou glissières dans tous les autres cas. Sauf spécification différente pour un projet particulier, la largeur de chaussée ne comprend pas la distance entre barrières ou glissières fixes ou bordures sur un terre-plein central ni les largeurs de ces barrières ou glissières.

1.4.2.2 Bande d'arrêt (hard shoulder, Standstreifen) : une bande d'arrêt est une bande d'au moins [2 m] de large, située le long d'une voie de circulation physique, du côté extérieur de la chaussée, utilisable en cas d'urgence.

1.4.2.3 Bande dérasée (hard strip, Bankette) : une bande dérasée est une bande de moins de [2 m] de large, située le long d'une voie de circulation physique, entre celle-ci et une barrière ou glissière.

1.4.2.4 Terre-plein central (central reservation, Mittelstreifen) : zone séparant les voies de circulation physiques d'une route à deux chaussées. Elle comprend en général une bande médiane et des bandes dérasées latérales séparées de la bande médiane par des barrières ou glissières.

1.4.2.5 Voies (notional lanes, Fahrstreifen) : une voie est une bande de chaussée, parallèle à un bord de celle-ci, qui dans la section 4 est destinée à recevoir une file de voitures et/ou de camions.

1.4.2.6 Aire résiduelle (remaining area, Restfläche) : l'aire résiduelle éventuelle est la différence entre l'aire totale de la chaussée et la somme des aires des voies (voir figure 4.1).

1.4.2.6 - A L'aire résiduelle éventuelle est la différence entre l'aire totale de la chaussée et la somme des aires effectivement chargées des voies identifiées.

1.4.2.6 - C Si par exemple, dans une vérification particulière, sur un tablier à trois voies, deux voies seulement sont effectivement chargées, l'aire de la troisième voie est incorporée dans l'aire résiduelle.

1.4.2.7 Tandem (tandem system, Doppelachslast) : un tandem est un assemblage de deux essieux consécutifs chargés simultanément.

1.4.3 Termes et définitions propres aux ponts-rails

1.4.3.1 Voies (tracks, Gleise) : les voies comprennent les rails et les traverses. Elles reposent sur un lit de ballast ou sont directement fixées aux tabliers des ponts. Les voies peuvent être équipées d'appareils de dilatation à l'une ou aux deux extrémités du tablier. Au cours de la vie d'un ouvrage, la position des voies et l'épaisseur de ballast peuvent être modifiées du fait des opérations d'entretien de la voie.

1.4.3.2 Passages de service (footpaths, Dienstwege) : les passages de service sont des bandes situées le long des voies, entre celles-ci et les garde-corps.

1.5 Symboles

Dans le cas de la présente prénorme, les symboles suivants sont applicables.

Note : les notations utilisées sont basées sur l'ISO 3898:1987.

1.5.1 Symboles communs

Note : les symboles utilisés en un seul endroit ne sont pas systématiquement repris ci-dessous.

Majuscules latines

A_{ref}	aire de référence pour la détermination des effets du vent.
F_W	force du vent.
F_{Wk}	force caractéristique du vent
F_{Wn}	force nominale du vent.
L_s	en général, portée d'une travée.
L_{sj}	portée de la travée j.
r	rayon en plan de l'axe d'une chaussée ou d'une voie ferrée, distance entre points d'application des charges de roues [6.3.1(3)P].
S_n (ou S)	charge de neige.
T	action climatique de température.
T_k	groupe de composantes thermiques qui, pour un grand nombre de ponts, se limitent aux composantes uniformes et aux gradients (valeurs caractéristiques). Dans d'autres cas, il y a lieu de considérer des groupes plus complexes (par exemple pour les ponts-rails supportant des voies à longs rails soudés et pour les ponts à haubans).

Minuscules latines

g_{ri} groupe de charges, i étant un numéro ($i = 1$ à n)

Minuscules grecques

γ_G	coefficient partiel pour actions permanentes.
γ_Q	coefficient partiel pour actions variables.
ψ_0	coefficient réducteur définissant les valeurs de combinaison des charges.
ψ'_1	coefficient réducteur définissant les charges non-fréquentes [voir 2.2(2)].
ψ_1	coefficient réducteur définissant les charges fréquentes.

ψ_2 coefficient réducteur définissant les charges quasi-permanentes.

1.5.2 Symboles spécifiques pour les sections 4 et 5

Majuscules latines

- F_W^* force du vent compatible avec le trafic routier.
- Q_{ak} valeur caractéristique d'une charge d'essieu unique (modèle de charge 2) pour un pont-route (voir 4.3.3).
- Q_{fIk} force horizontale caractéristique sur une passerelle.
- Q_{fwk} valeur caractéristique de la charge concentrée (charge de roue) sur une passerelle (voir 5.3.2).
- Q_{ik} grandeur de la charge d'essieu caractéristique (modèle de charge 1) sur la voie numérotée i ($i = 1, 2, \dots$) d'un pont-route.
- Q_{lk} grandeur des forces longitudinales caractéristiques (forces de freinage et d'accélération) sur un pont-route.
- Q_{tk} grandeur des forces transversales ou centrifuges caractéristiques sur les ponts -routes.
- TS tandem du modèle de charge 1.
- UDL charge uniformément répartie du modèle de charge 1.

Minuscules latines

- n_l nombre de voies d'un pont-route.
- q_{cq} grandeur de la charge uniformément répartie équivalente pour charges d'essieux sur remblais (voir 4.9.1).
- q_{lk} grandeur de la charge verticale caractéristique uniformément répartie sur trottoirs ou passerelles.
- q_{ik} grandeur de la charge verticale caractéristique répartie (modèle de charge 1) sur la voie numérotée i ($i = 1, 2, \dots$) d'un pont-route.
- q_{rk} grandeur de la charge verticale caractéristique répartie sur l'aire résiduelle de la chaussée (modèle de charge 1).
- w largeur de la chaussée d'un pont-route incluant les bandes d'arrêt, les bandes dérasées et bandes de marquage (voir 1.4.2).
- w_l largeur d'une voie d'un pont-route.

Majuscules grecques

$\Delta\varphi_{fat}$ coefficient complémentaire de majoration dynamique pour la fatigue à proximité des joints de dilatation [voir 4.6.1(7)].

Minuscules grecques

α_{Qi}, α_{qi} coefficients d'ajustement de certains modèles de charge sur les voies i ($i = 1, 2, \dots$), définis en 4.3.2.

α_{qr} coefficient d'ajustement des modèles de charge sur l'aire résiduelle, défini en 4.3.2.

β_Q coefficient d'ajustement du modèle de charge 2 défini en 4.3.3.

φ_{fat} coefficient de majoration dynamique pour la fatigue (voir annexe B à la section 4).

1.5.3 symboles spécifiques pour la section 6 (voir figure 1.1)

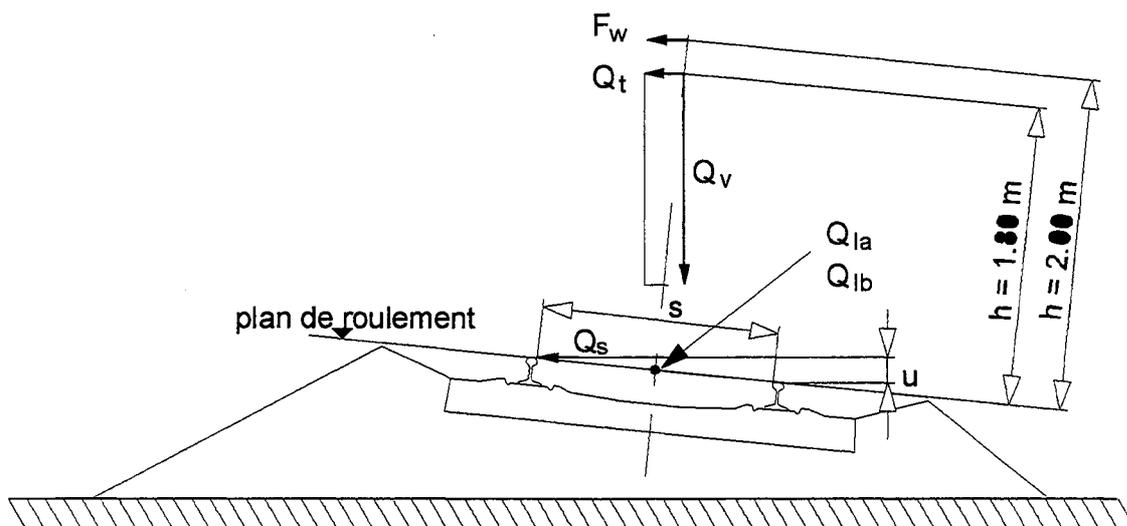


Figure 1.1 : Symboles et dimensions spécifiques pour les voies ferrées

Majuscules latines

A aire de la section transversale d'un rail.

F_T force d'interaction due à la température.

F_W^{**} force du vent compatible avec le trafic ferroviaire.

F_b force d'interaction transmise aux appuis (cas général).

F_{la} force d'interaction due à la traction (accélération).

F_{lb}	force d'interaction due au freinage.
F_{δ}	force d'interaction due à la déformation.
G	poids propre (cas général).
L	longueur (cas général).
L_T	longueur dilatable.
L_i	longueur d'influence.
L_{Φ}	longueur "déterminante" (longueur associée à Φ).
Q	action du trafic ferroviaire (cas général).
Q_h	force horizontale (cas général).
Q_{la}	force de traction (accélération).
Q_{lb}	force de freinage.
Q_r	action résultante (cas général).
Q_s	force due à l'effet de lacet.
Q_t	force centrifuge.
Q_v	charge d'essieu verticale.
Q_{vi}	charge de roue.
V	vitesse en km/h.
V_R	résistance du rail au déplacement longitudinal.

Minuscules latines

a	distance entre supports de rail, longueur d'application des charges réparties (modèles de charge SW).
a_g	distance horizontale au centre de la voie.
b	longueur de répartition longitudinale d'une charge par les traverses et le ballast.
c	intervalle entre charges réparties (modèles de charge SW).
C_p	coefficient aérodynamique.
d	espacement régulier des essieux.

e	excentricité des charges verticales, excentricité de l'action résultante (dans le plan de référence).
f	coefficient de réduction pour la force centrifuge.
g	accélération de la pesanteur.
h	hauteur (cas général).
h_g	distance verticale entre le niveau du rail et la sous-face d'une structure.
k_1	coefficient de forme d'un train.
k_2	coefficient spécifique aux effets de souffle sur des surfaces verticales parallèles aux voies.
k_3	coefficient de réduction pour les effets de souffle sur des surfaces horizontales simples contiguës à la voie.
k_4	coefficient de majoration pour les effets de souffle sur les surfaces enveloppant les voies (actions horizontales).
k_5	coefficient de majoration pour les effets de souffle sur les surfaces enveloppant les voies (actions verticales).
n_0	fréquence propre d'un pont non chargé.
q_{Ai}	charge linéaire accidentelle.
q_f	charge de passage de service.
q_i	charges réparties équivalentes résultant des effets de souffle.
q_v	charge verticale répartie.
s	écartement des rails.
t	torsion (variation du dévers sur 3 m).
u	dévers.
v	vitesse en m/s.
<i>Majuscules grecques</i>	
Θ	rotation d'extrémité d'une structure (cas général).
$\Phi(\Phi_2 \Phi_3)$	coefficients de majoration dynamique pour charges sur voies ferrées.

Minuscules grecques

α	coefficient de classification de charge; coefficient de vitesse.
δ	déformation (cas général); flèche verticale.
δ_h	déplacement horizontal.
ρ	masse volumique.
σ	contrainte.
$\varphi, \varphi', \varphi''$	coefficients d'impact dynamique des trains réels.

Section 2 Classification des actions

2.1 Généralités

(1)P Les actions de trafic concernées et les autres actions spécifiques exercées sur les ponts sont classées ci-dessous conformément à l'ENV 1991-1 "Bases de calcul", section 4(4.1).

(2)P Les actions de trafic sur les ponts-routes, les passerelles et les ponts-rails consistent en actions variables et en actions accidentelles, représentées par différents modèles.

2.1 (2)P - C Se reporter aux paragraphes correspondants de l'ENV 1991-1.

Lorsque les actions sont évaluées sur des bases statistiques, les actions variables correspondent à des populations associées aux conditions normales de circulation, alors que les actions accidentelles correspondent à des populations distinctes associées à des événements accidentels.

(3)P Toutes les actions de trafic sont classées comme des actions libres [voir l'ENV 1991-1, 1.5.1(4) et 4.1(2)P ii], dans les limites précisées dans les sections 4 à 6.

(4) Les actions de trafic sont des actions à composantes multiples (voir l'ENV 1991-1: 4.1(7) et 4.8(15)).

2.2 Actions variables

(1) Dans les conditions normales d'utilisation (c'est-à-dire à l'exclusion de toute situation accidentelle), il convient de considérer comme variables les charges roulantes et celles dues aux piétons (majoration dynamique incluse le cas échéant).

(2) Les diverses valeurs représentatives sont les suivantes :

- les valeurs caractéristiques, soit d'origine statistique, c'est-à-dire correspondant à une probabilité limitée de dépassement pour un pont au cours de sa durée normale d'utilisation de projet, soit nominales, voir l'ENV 1991-1 en 4.2(7) ;
- les valeurs non-fréquentes ;
- les valeurs fréquentes ;
- les valeurs quasi-permanentes.

Note: Les valeurs non-fréquentes sont supposées correspondre à une période moyenne de retour d'environ une année. Les valeurs fréquentes sont supposées correspondre à une période moyenne de retour d'environ une semaine.

2.2 (2) - C La plupart des actions, ou composantes d'actions, définies dans le présent Eurocode, ont un caractère nominal. Cependant, les modèles de charges routières 1 et 2 ont une base statistique. La démarche suivie dans la détermination de leurs valeurs caractéristiques (fondée sur une étude statistique de leurs effets, non d'un phénomène physique comme pour les actions climatiques) ne correspond pas à la démarche suivie dans les paragraphes 4.2 (8) de l'ENV 1991-1 et en rend les indications numériques inappropriées dans le cas d'espèce. Il peut être considéré que le niveau des charges caractéristiques à base statistique définies dans le présent Eurocode correspond en ordre de grandeur à une probabilité de dépassement de l'ordre de 0,1 au cours de la vie des ouvrages. Elles peuvent donc être traitées de la même manière que les charges caractéristiques définies de façon nominale (ces dernières sont en effet définies comme ne devant pas être dépassées pendant la même durée, ce qui implique une faible probabilité qu'elles le soient effectivement). Afin de ne pas cumuler les hypothèses défavorables, les effets qui ont servi à la détermination des charges correspondent, pour leur partie dynamique, à des revêtements de rugosité moyenne.

Pour les actions ferroviaires, les valeurs non-fréquentes sont assimilées en pratique aux valeurs caractéristiques.

(3) Pour les vérifications vis-à-vis de la fatigue, des modèles séparés, des valeurs associées et, le cas échéant, des exigences particulières sont donnés en 4.6 pour les ponts-routes, en 6.9 pour les ponts-rails ainsi que dans les annexes correspondantes.

2.3 Actions accidentelles

(1) Les véhicules routiers et les trains peuvent engendrer des actions par collision, par présence accidentelle ou par emplacement accidentel. Il convient de prendre en compte ces actions dans le calcul lorsqu'une protection appropriée n'a pas été mise en oeuvre.

Note : une protection ne peut être considérée appropriée si les spécifications des autorités compétentes ne sont pas satisfaites.

2.3 (1) - C Les actions accidentelles dues aux trafics considérés dans le présent Eurocode peuvent devoir être évaluées et traitées différemment en fonction :

- de la nature du pont considéré (pont-route, passerelle, pont-rail) ;
- de l'obstacle franchi (route ou voie ferrée, qui peuvent être à l'origine de telles actions accidentelles).

Les combinaisons possibles de ces deux catégories de données (nature du pont, obstacle franchi) sont nombreuses. A ce jour des règles ou recommandations complétant les dispositions du présent Eurocode en matière d'analyse de risque et de mesures de protection, pour les cas les plus fréquemment rencontrés, peuvent être trouvées dans les documents suivants :

- pour les analyses de risque (notamment évaluation des efforts dans des conditions diverses), dans le dossier pilote PP du SETRA ;
- pour les mesures de protection, dans le dossier pilote GC du SETRA.

Les dispositions de ces documents peuvent être considérées en l'absence de textes à caractère réglementaire, comme définissant les règles de l'art à appliquer directement ou à étendre par analogie, en apportant les précisions nécessaires dans les contrats.

(2) Les actions accidentelles décrites dans cette Partie concernent les situations courantes. Elles sont représentées par divers modèles de charge définissant des valeurs de calcul (c'est-à-dire à utiliser avec $\gamma_A = 1,0$) sous forme de charges statiques. Les modèles de charge et valeurs définis dans cette Partie s'appliquent aux ponts et, sauf prescription différente, aux murs de soutènement contigus aux routes et aux voies ferrées.

Note : pour quelques modèles seulement des conditions d'application sont définies dans cette Partie. Des conditions complémentaires, lorsqu'il y a lieu, restent à spécifier par les autorités compétentes, pour des projets particuliers ou pour des cas plus généraux.

(3) Les forces d'impact dues à des véhicules routiers passant sous des ponts-routes et sous des ponts-rails sont définies en 4.7.2 (voir 5.6.2 pour les passerelles).

(4) Les forces d'impact des bateaux, navires ou avions sur les ponts-routes et les ponts-rails (par exemple au-dessus de canaux et de voies navigables) ne sont pas traitées par cette Partie.

Note : il convient de prendre en compte ces forces conformément aux spécifications éventuelles de l'autorité compétente.

<p>2.3 (4) - C Les actions accidentelles dues aux bateaux isolés ou en convois, sont définies dans la Circulaire 71-155 du 29 Décembre 1971 (DBTPC) accompagnant le Fascicule 61 II du C.P.C. et reprises dans les annexes D aux règles BAEL 91 ou annexe 8 aux règles BPEL 91.</p>
--

(5) Les actions accidentelles des véhicules routiers passant sur les ponts-routes et les passerelles sont définies respectivement en 4.7.3 et 5.6.3.

(6) Les actions accidentelles dues aux trains ou aux équipements ferroviaires sont définies en 6.7.

Section 3 Situations de projet

(1)P Le cadre général de l'ENV 1991-1 concernant les procédures de calcul est applicable.

Note : cela ne signifie pas que les clauses et valeurs spécifiées dans l'ENV 1991-1 pour les bâtiments puissent être étendues aux ponts.

(2)P Les situations de projet retenues doivent être étudiées, et les cas de charge critiques identifiés. Pour chaque cas de charge critique, les valeurs de calcul des effets des combinaisons d'actions doivent être déterminées.

(3) Généralement, les diverses charges de trafic considérées comme s'exerçant simultanément sont représentées par des groupes de charges (combinaisons de composantes d'actions, données dans les sections suivantes) ; chacun d'entre eux doit être pris en compte dans le calcul, lorsqu'il y a lieu (voir ENV 1991-1, 4.2(15) et annexes C, D et G).

3 (3) - C Les groupes de charges sont définis en 4.5 pour les ponts-routes et en 6.8.2 pour les ponts-rails.

(4)P Les règles de combinaison dépendent de la vérification effectuée; elles doivent être identifiées conformément à l'ENV 1991-1 "Bases de calcul" et conformément aux prescriptions des annexes C, D et G.

(5) Les règles spécifiques de simultanéité avec d'autres actions pour les ponts-routes, les passerelles et les ponts-rails sont données dans les annexes C, D et G.

(6)P Pour les ponts destinés à la fois aux trafics routier et ferroviaire, la simultanéité des actions et les vérifications particulières à effectuer doivent être spécifiées ou acceptées par le maître d'ouvrage.

(7) Pour les combinaisons sismiques applicables aux ponts et les règles correspondantes, voir l'ENV 1998-2.

3 (7) - C Le texte de base, à caractère réglementaire, pour la prise en compte des actions sismiques en France sur les ponts, est l'Arrêté Interministériel du 15 Septembre 1995, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux ponts dits "à risque normal" telles que définies par le décret n° 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique. Cet Arrêté prescrit de se référer, soit au Guide AFPS 1992 pour la protection parasismique des ponts (complété pour les ponts des lignes de chemin de fer par des textes spécifiques de la SNCF), soit à l'ENV 1998 - 2 DAN.

Section 4 Actions du trafic routier et autres actions spécifiques sur les ponts-routes

4.1 Domaine d'application

(1) Sauf spécification différente, cette section n'est applicable qu'au calcul des ponts-routes possédant:

- des portées individuelles inférieures à 200 m et
- des largeurs de chaussée inférieures ou égales à 42 m.

Pour les ponts de plus grandes dimensions, il appartient au maître d'ouvrage de définir ou d'accepter les charges de trafic.

Note : pour des portées supérieures à 200 m, les modèles principaux pour valeurs caractéristiques sont considérés comme prudents.

4.1 (1) - C Pour les ponts ayant de grandes portées supérieures à 200 m, il convient que le modèle soit défini par le contrat.

(2) Les modèles et les règles correspondantes sont destinés à couvrir toutes les situations de trafic normalement prévisibles (c'est-à-dire les conditions de trafic routier affectant chaque voie, dans l'un ou l'autre sens) à prendre en compte dans le calcul (voir néanmoins le paragraphe (3) et les Notes en 4.2.1).

Pour les ponts équipés de panneaux routiers adéquats destinés à limiter strictement le poids de tout véhicule (par exemple pour des routes locales, agricoles ou privées), des modèles spécifiques peuvent être utilisés.

Des modèles de charge sur remblais sont définis séparément (voir 4.9).

Note : il appartient aux autorités compétentes de définir ou d'accepter les modèles spécifiques mentionnés ci-dessus.

4.1 (2) - A Pour les ponts sur lesquels le poids des véhicules est en principe limité par la signalisation, il convient néanmoins en ce cas de prévoir au moins le passage accidentel sur ces ouvrages d'un véhicule lourd en infraction.

4.1 (2) - C Quoique nécessaire, la présence de panneaux routiers adéquats ne peut être considérée comme une mesure préventive suffisante. La mise en place d'obstacles matériels empêchant ou gênant le passage de véhicules lourds est une mesure d'accompagnement généralement souhaitable.

(3) Les effets des charges sur les chantiers de construction de routes (dus par exemple aux scrapeurs, aux camions transportant des terres, etc.) ou des charges spécifiques nécessitées pour les contrôles et les épreuves ne sont pas couverts par les modèles de charge; il convient de les spécifier de manière distincte, le cas échéant.

4.1 (3) - C Pour les poids des engins de terrassement et routiers, ainsi que pour les poids de terre répandue sur le tablier, voir la Directive provisoire sur l'admission éventuelle des engins lourds de terrassement sur les ouvrages d'art, datée de Janvier 1970 (document Delta 70 du SETRA). L'attention est appelée sur l'importance des effets dynamiques d'accompagnement et sur celle de l'assurance de la qualité en matière d'exécution des travaux de terrassement et routiers, pour assurer la validité des bases de calcul (par exemple sur la présence simultanée éventuelle de plusieurs engins).

4.2 Représentation des actions

4.2.1 Modèles de charges de trafic routier

(1)P Les charges dues au trafic routier de voitures, de camions et de véhicules spéciaux (par exemple pour transports industriels) engendrent des forces verticales et horizontales, statiques et dynamiques.

(2) Les modèles de charge définis dans cette section ne décrivent pas des charges réelles. Ils ont été sélectionnés de telle sorte que leurs effets (y compris, sauf spécification différente, la majoration dynamique) représentent ceux du trafic réel. Lorsqu'il y a lieu de considérer un trafic échappant au domaine d'application des modèles de charge prescrits dans la présente section, il appartient au maître d'ouvrage de définir ou d'accepter des modèles de charge complémentaires, ainsi que les règles de combinaison correspondantes.

Note 1: bien qu'il ait été évalué à partir d'une rugosité moyenne du revêtement routier (voir annexe B à la section 4) et d'une suspension normale des véhicules, le coefficient de majoration dynamique compris dans les modèles (sauf pour la fatigue) dépend de divers paramètres. Dans les cas les plus défavorables, il peut atteindre 1,7. Cependant, des valeurs encore plus défavorables peuvent être atteintes pour des états de surface du revêtement plus défectueux ou lorsqu'il existe un risque de résonance. Il convient d'éviter de tels cas en prenant les mesures appropriées dans le projet ou pour la qualité. Par conséquent, un ajustement de la majoration comprise dans les modèles ne sera effectué que dans des cas exceptionnels, pour des vérifications particulières (voir 4.6.1(7)) ou pour des projets particuliers.

Note 2: dans le cas des convois militaires, les itinéraires et les règles de vérification des ponts-routes situés sur ces itinéraires sont définis par l'autorité compétente.

4.2.1 (2) Note 1 - C La majoration dynamique incluse dans les modèles 1 et 2 ne concerne que les zones chargées pour lesquelles le trafic fluide s'est avéré prépondérant par rapport à des véhicules serrés à l'arrêt. Une majoration dynamique additionnelle, à appliquer aux charges de trafic sur certaines parties des ouvrages, est prescrite en 4.6.1.7 et dans l'annexe B pour les vérifications vis-à-vis de la fatigue.

4.2.1 (2) Note 2 - C Les charges militaires à prendre en compte sont définies cas par cas par les autorités militaires.

(3) Des modèles séparés sont définis plus loin pour les charges verticales, horizontales, accidentelles et de fatigue.

(4) Dans un but de simplification, les modèles de charge définis pour les remblais contigus aux ponts-routes sont destinés au calcul et à la vérification des culées. Ils sont déduits des modèles de trafic routier sans aucune correction pour effets dynamiques (voir 4.9).

4.2.2 Classes de chargement

(1) Les charges réelles sur les ponts-routes résultent de diverses catégories de véhicules et des piétons.

(2)P Le trafic des véhicules peut varier, selon les ponts, en fonction de sa composition (par exemple, pourcentages de camions), de sa densité (par exemple, nombre moyen de véhicules par an), de ses conditions (par exemple, fréquence des encombrements), des poids extrêmes probables des véhicules et de leurs charges d'essieu et, le cas échéant, de l'influence de la signalisation limitant le tonnage autorisé.

Ces différences justifient l'utilisation de modèles de charge appropriés au lieu où un pont est situé. Certaines classifications sont définies dans la présente section (par exemple les classes de véhicules spéciaux présentées en 4.3.4). D'autres sont seulement suggérées pour décision ultérieure (par exemple, le choix des coefficients d'ajustement α et β définis en 4.3.2(7) pour le modèle principal et en 4.3.3 pour le modèle à essieu unique) et peuvent être présentées comme des classes de chargement (ou des classes de trafic).

Note : cependant, du fait de la variété des paramètres ayant des conséquences très différentes suivant l'emplacement des ponts (par exemple en zone urbaine, rurale ou industrielle), il ne convient pas de retenir une série unique de telles classes associée à tous ces aspects sans avoir étudié dans le détail l'ensemble des conséquences.

4.2.3 Découpage de la chaussée en voies

(1) Les largeurs w_1 des voies d'une chaussée et le plus grand nombre entier possible " n_1 " de telles voies de cette chaussée sont présentés dans le tableau 4.1.

Tableau 4.1: Nombre et largeur des voies

Largeur de chaussée " w "	Nombre de voies	Largeur d'une voie	Largeur d'aire résiduelle
$w < 5,4 \text{ m}$	$n_1 = 1$	3 m	$w - 3 \text{ m}$
$5,4 \text{ m} \leq w < 6 \text{ m}$	$n_1 = 2$	$\frac{w}{2}$	0
$6 \text{ m} \leq w$	$n_1 = E\left(\frac{w}{3}\right)$	3 m	$w - 3 \times n_1$

Note : par exemple, pour une chaussée ayant une largeur de 11 m, $n_1 = E(w/3) = 3$ et la largeur d'aire résiduelle est : $11 - 3 \times 3 = 2 \text{ m}$.

(2) Pour des largeurs de chaussée variables, le nombre de voies est défini conformément aux principes du tableau 4.1. Le nombre de voies sera égal à :

- 1 là où $w < 5,4 \text{ m}$
- 2 là où $5,4 \text{ m} \leq w < 9 \text{ m}$
- 3 là où $9 \text{ m} \leq w < 12 \text{ m}$

(3) Lorsque la chaussée d'un tablier de pont est physiquement séparée en deux parties par un terre-plein central et sauf spécification différente, les dispositions suivantes s'appliquent :

- (a) chaque partie, y compris toutes les bandes d'arrêt ou dérasées, est séparément divisée en voies si les parties sont séparées par une barrière ou glissière fixe ;
- (b) la chaussée entière, terre-plein central compris, est divisée en voies si les parties sont séparées par des barrières ou glissières amovibles ou par un autre dispositif de retenue.

Note : une dérogation à ces règles peut se justifier en fonction des modifications des voies de circulation sur le tablier envisagées ultérieurement.

4.2.4 Emplacement et numérotation des voies pour les besoins du calcul

Il convient de déterminer la localisation et la numérotation des voies conformément aux règles suivantes:

- (1) Les emplacements des voies ne correspondent pas nécessairement à leur numérotation.
- (2) Pour chaque vérification individuelle (par exemple pour la vérification aux états-limites ultimes de résistance à la flexion d'une section transversale), il convient de choisir le nombre de voies à considérer comme chargées, leur emplacement sur la chaussée et leur numérotation de manière à ce que les effets des modèles de charge soient les plus défavorables ; voir néanmoins 4.3.4(3a).

4.2.4 (2) - C L'application du présent alinéa nécessite d'envisager des implantations différentes des voies pour différents effets du trafic. Se reporter à ce sujet en 4.3.2.

(3) Cependant, pour les valeurs représentatives non-fréquentes, fréquentes et de fatigue et les modèles associés, l'emplacement et la numérotation des voies peuvent être spécifiés pour des projets particuliers comme correspondant aux conditions de trafic normalement prévisible. Pour les valeurs caractéristiques, des différences d'emplacement et de numérotation par rapport aux dispositions du paragraphe (2) ci-dessus ne peuvent être spécifiées pour des projets particuliers que par le maître d'ouvrage ou s'il peut être établi qu'elles ont pour conséquence des effets peu différents des plus défavorables.

4.2.4(3) - C Spécifier des restrictions à l'implantation des voies de circulation ne peut généralement apporter que des économies marginales et engendre des risques d'insuffisance à long terme ou au cours de certaines situations transitoires dues à des travaux. Ces risques affectent particulièrement les valeurs caractéristiques des charges.

(4) La voie donnant l'effet le plus défavorable est numérotée voie numéro 1, la voie causant le deuxième effet le plus défavorable est numérotée voie numéro 2 et ainsi de suite (voir figure 4.1).

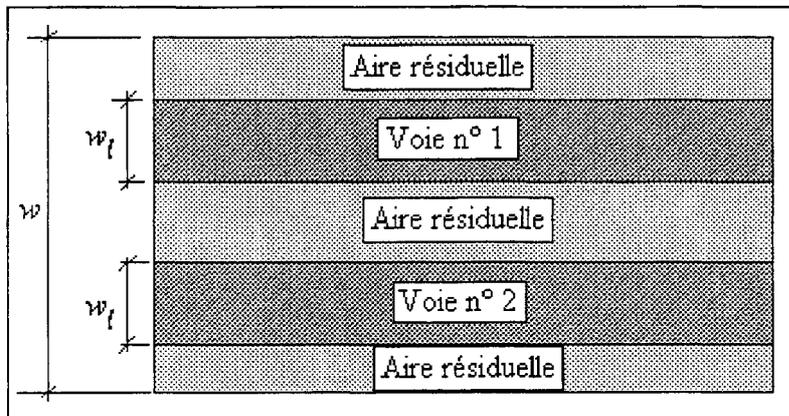


Figure 4.1: Exemple de numérotation de voies dans le cas le plus général

(5) Lorsque la chaussée consiste en deux parties séparées sur le même tablier, la numérotation est unique pour toute la chaussée. Ainsi, même si la chaussée est divisée en deux parties séparées, il n'existe qu'une voie numéro 1, qui peut être située tour à tour sur les deux parties.

(6) Lorsque la chaussée consiste en deux parties séparées sur deux tabliers indépendants, chaque partie est considérée comme une chaussée. Une numérotation distincte est alors utilisée pour le calcul de chaque tablier. Si les deux tabliers sont supportés par les mêmes piles et/ou culées, la numérotation pour l'ensemble des deux parties est unique pour le calcul des piles et/ou des culées.

4.2.5 Application des modèles de charge sur les voies individuelles

(1) Pour chaque vérification individuelle, il convient d'appliquer les modèles de charge sur chaque voie sur une longueur et dans une position longitudinale telles que l'effet le plus défavorable est obtenu, dans la mesure où cette disposition est compatible avec les conditions d'application définies plus loin pour chaque modèle particulier.

Note: cette règle aboutit à des résultats prudents, en particulier pour les valeurs fréquentes et les vérifications à la fatigue élaborées à partir du modèle de charge de fatigue 1.

Sur l'aire résiduelle, le modèle de charge associé est appliqué sur des longueurs et des largeurs telles que l'effet le plus défavorable est obtenu, dans la mesure où cette disposition est compatible avec les conditions particulières définies plus loin.

Note: quand il y a lieu, il convient de combiner les différents modèles de chargement entre eux (voir 4.5) ainsi qu'avec les modèles de charges dues aux piétons et aux deux-roues.

4.3 Charges verticales - Valeurs caractéristiques

4.3.1 Règles générales et situations de projet associées

(1) Les charges caractéristiques sont destinées à la détermination des effets du trafic routier associés aux vérifications vis-à-vis des états-limites ultimes et à des vérifications particulières d'aptitude au service (voir l'ENV 1991-1, 9.4.2 et 9.5.2 et les ENV 1992 à 1995).

(2) Les modèles pour les charges verticales représentent les effets de trafic suivants :

(a) Modèle de charge 1 : charges concentrées et uniformément réparties, couvrant la plupart des effets du trafic de camions et de voitures. Ce modèle est destiné à des vérifications générales et locales.

(b) Modèle de charge 2 : une charge d'essieu unique appliquée à des surfaces spécifiques de contact des pneumatiques, couvrant les effets dynamiques du trafic normal sur des éléments structuraux très courts. Ce modèle est à considérer séparément et seulement pour les vérifications locales.

(c) Modèle de charge 3 : une série d'ensembles de charges d'essieu représentant des véhicules spéciaux (par exemple pour transport industriel) qui peuvent circuler sur les routes ouvertes à des charges exceptionnelles. Ce modèle n'est à utiliser que lorsque, et dans la mesure où, le maître d'ouvrage l'exige, pour des vérifications générales et locales.

4.3.1 (2) (c) - C Les règles officielles actuellement en vigueur déterminant les itinéraires sur lesquels la prise en compte de convois exceptionnels est prescrite, sont fixées par la lettre-circulaire du 20 Juillet 1983 de la Direction des Routes.

Rien ne s'oppose à ce que la prise en compte soit décidée dans d'autres cas, sous réserve d'acceptation par l'autorité compétente des modalités de financement du surcoût. Il est recommandé en ce cas de veiller à l'homogénéité de l'itinéraire.

(d) Modèle de charge 4 : un chargement de foule. Ce modèle n'est pris en compte qu'en cas de demande du maître d'ouvrage. Il est seulement destiné à des vérifications générales.

Note: ce chargement de foule peut être utilement spécifié par les autorités concernées pour des ponts situés en ville ou à proximité, si ses effets ne sont pas couverts de manière évidente par le modèle de charge 1.

4.3.1.2 (d) - C Ce modèle est destiné, pour les ponts où il y aurait lieu, à couvrir les effets de la présence d'une foule dense venue participer sur ces ouvrages à des manifestations à caractère sportif, social, etc. Il tient compte des effets dynamiques couramment associés à une telle présence. C'est sur les ponts-routes de grande surface, en raison de la dégressivité des charges représentées par les autres modèles, que le fait de ne pas prendre en compte le modèle 4 pourrait le plus probablement conduire à une situation critique. La classe de trafic retenue (voir plus loin au 4.3.2.7 - A) intervient évidemment aussi dans cette comparaison.

(3) Les modèles de charge 1 et 2 sont définis numériquement pour des situations durables; ils doivent être considérés quel que soit le type de situation de projet (par exemple pour des situations transitoires durant des travaux de réparation).

(4) Les modèles de charge 3 et 4 ne sont définis que pour certaines situations de projet transitoires.

Note : voir l'annexe C. Les situations de projet sont spécifiées autant que de besoin dans les Eurocodes de projet et/ou dans les projets particuliers, conformément aux définitions et principes de l'ENV 1991-1. Les combinaisons pour situations durables et transitoires peuvent être numériquement différentes les unes des autres.

4.3.2 Système principal de chargement (modèle de charge 1)

(1) Le système principal de chargement consiste en deux systèmes partiels :

(a) Des charges concentrées à double essieu (tandem : TS), chaque essieu ayant un poids :

$$\alpha_Q Q_k \quad (4.1)$$

avec :

α_Q coefficients d'ajustement (voir (2) et (7)).

Il ne convient pas de considérer plus d'un tandem par voie ; seuls des tandems complets doivent être pris en compte. Il convient de placer chaque tandem dans la position la plus défavorable sur sa voie (voir néanmoins (4) ci-dessous et la figure 4.2). Chaque essieu du tandem possède deux roues identiques, la charge par roue étant donc égale à $0,5 \alpha_Q Q_k$. La surface de contact de chaque roue est un carré de 0,40 m de côté (voir figure 4.2).

(b) Des charges uniformément réparties (système UDL), avec la densité de poids par mètre carré suivante :

$$\alpha_q q_k \quad (4.2)$$

avec :

α_q coefficients d'ajustement (voir (2) et (7)).

Il convient de n'appliquer ces charges que sur les parties défavorables de la surface d'influence, longitudinalement et transversalement.

(2) Il convient d'appliquer le modèle de charge 1 sur chaque voie et sur les aires résiduelles. Sur la voie numéro i , les grandeurs des charges sont appelées $\alpha_{Qi} Q_{ik}$ et $\alpha_{qi} q_{ik}$ (voir tableau 4.2). Sur les aires résiduelles, la grandeur de la charge est appelée $\alpha_{qr} q_{rk}$.

4.3.2 (1) et 2) - A En ce qui concerne l'implantation des voies et les surfaces à charger, par ce modèle, les principes sont les suivants pour une surface d'influence donnée :

- l'implantation des voies, leur numérotation, et les surfaces à charger, aire résiduelle comprise, doivent être déterminées de manière à obtenir l'effet total le plus défavorable ;
- pour la détermination de cet effet, la charge de l'aire résiduelle est à considérer comme totalement libre, longitudinalement et transversalement.

Du point de vue pratique :

- le plus souvent on pourra d'abord implanter les tandems sans les fractionner - [voir 4.3.2 (1) (a)] de manière que leur effet total (sans tenir compte des charges réparties) soit le plus défavorable ;
- la première voie sera alors implantée en fonction de la position retenue pour le premier tandem, et les charges réparties correspondantes seront disposées sur les parties de cette voie où elles sont défavorables ;
- les autres charges réparties seront enfin disposées sur toutes les parties du tablier, déduction faite de la première voie, où elles ont un effet défavorable ; l'identité des valeurs de $\alpha_q q_{ik}$ pour $i > 1$ et $\alpha_q q_{rk}$ rend en effet inutile d'identifier séparément les autres voies et l'aire résiduelle.

(3) Sauf spécification différente, la majoration dynamique est incluse dans les valeurs de Q_{ik} et q_{ik} .

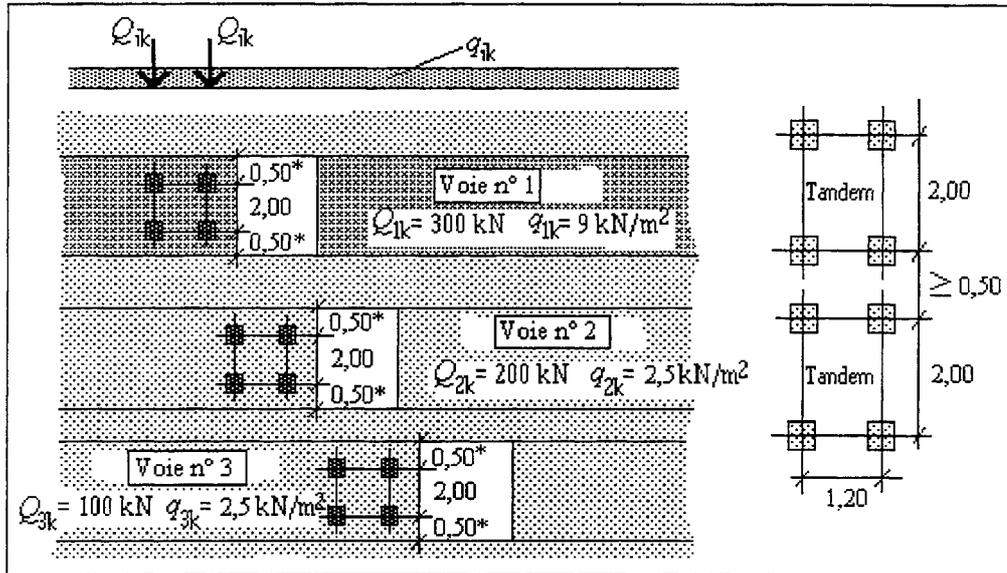
(4) Pour l'évaluation des effets généraux, on peut supposer que les tandems circulent au droit des axes des voies.

(5) Les valeurs de Q_{ik} et q_{ik} sont données dans le tableau 4.2.

Tableau 4.2 : Valeurs de base

Emplacement	Tandem	Système UDL
	Charges d'essieu Q_{ik} (kN)	q_{ik} (ou q_{rk}) (kN/m ²)
Voie n°1	300	9
Voie n°2	200	2,5
Voie n°3	100	2,5
Autres voies	0	2,5
Aire résiduelle (q_{rk})	0	2,5

Les détails du modèle de charge 1 sont illustrés par la figure 4.2.



* Pour $w_1 = 3,00$ m

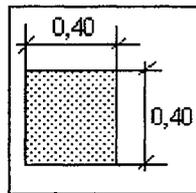


Figure 4.2 : Modèle de charge 1

Note : pour ce modèle, l'application des paragraphes 4.2.4(2) et 4.3.2(1) à (4) conduit pratiquement à choisir la position de la voie 1 et celles des tandems (dans la plupart des cas, dans la même section transversale). La longueur et la largeur d'application de la charge uniformément répartie sont celles des parties défavorables des surfaces d'influence.

(6) Lorsque les effets généraux et les effets locaux peuvent être calculés séparément et sauf spécification différente du maître d'ouvrage, les effets généraux peuvent être calculés de la manière suivante :

a) en remplaçant le deuxième et le troisième tandem par un deuxième tandem dont le poids d'essieu est égal à :

$$(200 \alpha_{Q2} + 100 \alpha_{Q3}) \text{ kN, ou} \tag{4.3}$$

Note: les autorités compétentes peuvent limiter l'application de cette simplification.

b) pour les portées supérieures à [10 m], en remplaçant chaque tandem de chaque voie par une charge concentrée d'essieu unique d'un poids égal à la somme des poids des deux essieux.

Note: les autorités compétentes peuvent limiter l'application de cette simplification. Le poids de l'essieu unique vaut :

- $600 \alpha_{Q1}$ kN sur la voie numéro 1
- $400 \alpha_{Q2}$ kN sur la voie numéro 2
- $200 \alpha_{Q3}$ kN sur la voie numéro 3

4.3.2 (6) a) et b) - A En l'état actuel des moyens de calcul habituellement utilisés en France, il n'y a lieu d'utiliser aucune des simplifications définies dans ces alinéas.

(7) Les valeurs des coefficients α_{Qi} , α_{qi} et α_{qr} (coefficients d'ajustement) peuvent être différentes pour différentes classes de routes ou de trafic prévu. En l'absence de précision, ces coefficients sont égaux à 1. Dans toutes les classes, pour les ponts ne comportant pas de signalisation de limitation des charges roulantes,

$$\alpha_{Q1} \geq [0,8] \quad \text{et} \quad (4.4)$$

pour : $i \geq 2$, $\alpha_{qi} \geq 1$; cette restriction n'est pas applicable à α_{qr} . (4.5)

Note : il ne convient d'utiliser les coefficients α_{Qi} , α_{qi} et α_{qr} que s'ils ont été choisis ou acceptés par l'autorité compétente.

4.3.2 (7) - A Pour l'application en France de la présente norme expérimentale, trois classes de trafic sont définies correspondant respectivement aux trois jeux des coefficients, définis dans le tableau suivant :

	α_{Q1}	$\alpha_{Qi} (i \geq 2)$	α_{q1}	$\alpha_{qi} (i \geq 2)$	α_{qr}
1^e classe	1	1	1	1	1
2^e classe	0,9	0,8	0,7	1	1
3^e classe	0,8	0,5	0,5	1	1

Pour chaque projet particulier, le choix de la classe doit être fait ou approuvé par le maître d'ouvrage. Toutefois, dans le silence du marché, la classe 2 est applicable.

C - Il n'y a pas correspondance entre ces trois classes de trafic et les trois classes de ponts définies par l'article 3 du Fascicule 61 II du CPC.

Le choix d'une classe de trafic implique que l'on escompte que les effets des charges correspondantes ne seront vraisemblablement pas dépassés une seule fois pendant la vie de l'ouvrage, compte tenu du développement du trafic réel et de ses effets dynamiques.

Ce choix doit être guidé par l'appréciation que l'on pourra faire de la vraisemblance des circonstances suivantes, une fois pendant la vie de l'ouvrage :

- 1^e classe : accumulation de véhicules très lourds sur la 1^e voie de l'ouvrage, compte tenu de la composition du trafic sur l'itinéraire correspondant. Cette classe n'est pas destinée à un usage courant. Elle est à réserver principalement à des ouvrages destinés à supporter une très grande proportion de véhicules se rapportant à des activités utilitaires lourdes (industrielles, agro-alimentaires ou forestières), et ce surtout lorsque le trafic international représente une part importante du trafic total de poids lourds sur l'itinéraire concerné (le nombre des véhicules circulant à vide est alors faible). L'attention est en outre appelée sur le fait que c'est dans le cas des ponts ayant des portées individuelles comprises entre 25 et 50 m que le modèle de charges n°1 serre le plus étroitement la réalité, compte tenu de l'alourdissement du trafic depuis 1971.
- 2^e classe : accumulation de véhicules comme ci-dessus, mais pour les compositions de trafic les plus courantes sur les réseaux routier principal et autoroutier. Elle conduit à des sollicitations voisines de celles de l'ancienne classe I du Fascicule 61 Titre II du CPC et doit être généralement adoptée pour les ponts à deux voies ou plus ayant au moins 6 m de chaussée, ou supportant des bretelles d'accès à de telles chaussées. On peut généralement admettre que la charge répartie sur l'aire résiduelle couvre les effets du supplément de trafic qui justifie des largeurs de voies supérieures à 3 m.
- 3^e classe : présence de véhicules lourds probable, mais en petit nombre ou occasionnelle rendant peu probable la présence simultanée sur l'ouvrage de multiples véhicules de ce genre avec des caractéristiques sévères. Cette classe peut être normalement utilisée pour les ponts dont les caractéristiques de la chaussée sont inférieures à celles mentionnées ci-dessus pour la 2^e classe. Elle peut l'être aussi pour ceux dont les caractéristiques sont supérieures, mais sont motivées uniquement par le passage d'engins agricoles de grande largeur.

4.3.3 Modèle à essieu unique (modèle de charge 2)

(1) Ce modèle consiste en une charge d'essieu unique $\beta_Q Q_{ak}$, Q_{ak} étant égal à [400] kN majoration dynamique comprise, qu'il convient d'appliquer en un point quelconque de la chaussée. Cependant, le cas échéant, il est possible de ne prendre en compte qu'une roue de [200] β_Q (kN). Sauf spécification différente, β_Q est égal à α_{Q1} .

4.3.3 (1) - C Pour la valeur de α_{Q1} , à laquelle doit être pris égal β_Q , se reporter en 4.3.2 7) - A. Par ailleurs l'attention est appelée sur le fait qu'au voisinage des joints il peut être utile (notamment pour le dimensionnement, s'il y a lieu, de pièces de pont d'extrémité) d'appliquer à toutes les valeurs représentatives de ce modèle le coefficient additionnel de majoration dynamique défini en 4.6.1 (7) pour les modèles de fatigue.

(2) Sauf s'il est spécifié que les surfaces de contact des roues à prendre en compte soient celles du modèle de charge 1, la surface de contact de chaque roue est un rectangle de 0,35 m x 0,60 m, comme l'indique la figure 4.3.

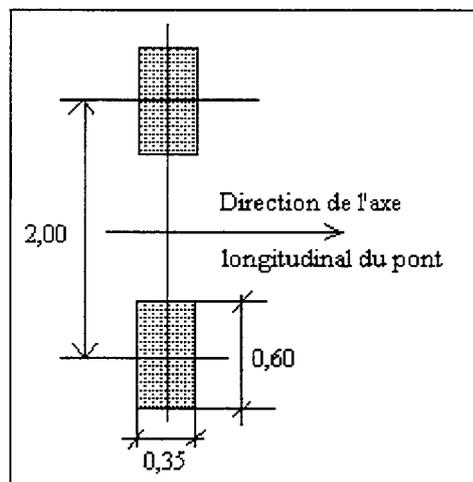


Figure 4.3: Modèle de charge 2

4.3.3 (2) - C La dimension des surfaces de contact des roues diffère de celle du modèle 1 de manière que l'ensemble des deux modèles couvre la variété des types de roues et de pneus qui existent actuellement sur le marché. Il est donc recommandé de ne pas spécifier pour ce modèle des surfaces de contact autres que 0,35 m x 0,60 m.

4.3.4 Série de modèles de véhicules spéciaux (modèle de charge 3)

(1) Lorsque le maître d'ouvrage exige la prise en compte de l'un ou de plusieurs des modèles normalisés de cette série, il convient que les valeurs de charge et les dimensions soient conformes à l'annexe A.

Note 1 : pour des coefficients α_{Qi} et α_{qi} tous égaux à 1, les effets du modèle normalisé 600/150 sont couverts par les effets du système principal de chargement et il n'est pas nécessaire d'en tenir compte.

Note 2 : le maître d'ouvrage peut également prescrire des modèles particuliers, spécialement pour traiter les effets de charges exceptionnelles d'un poids total excédant 3600 kN.

4.3.4 (1) - C Pour le choix des modèles, se reporter à l'annexe A.

(2) Il convient de considérer les charges caractéristiques associées aux véhicules spéciaux comme des valeurs nominales, et de considérer qu'elles ne correspondent qu'à des situations de calcul transitoires.

(3) Sauf spécification différente :

(a) Chaque modèle normalisé est à placer sur une seule voie définie en 1.4.2 et 4.2.3 (considérée comme la voie numéro 1) pour les modèles composés d'essieux de 150 ou 200 kN, ou sur deux voies contigües (considérées comme les voies numéros 1 et 2 - voir figure 4.4) pour les modèles composés d'essieux plus lourds. Les voies sont placées sur la chaussée de la manière la plus défavorable possible. Dans ce cas, on peut considérer que la largeur de chaussée ne comprend pas les bandes d'arrêt, les bandes dérasées ni les bandes de marquage.

4.3.4 (3) - A L'application éventuelle de règles différentes relève, notamment pour la position transversale des modèles sur la chaussée, de la maîtrise d'ouvrage et doit être coordonnée avec les règles imposées à la circulation de convois exceptionnels ainsi qu'à leur contrôle (par exemple, accompagnement par la gendarmerie).

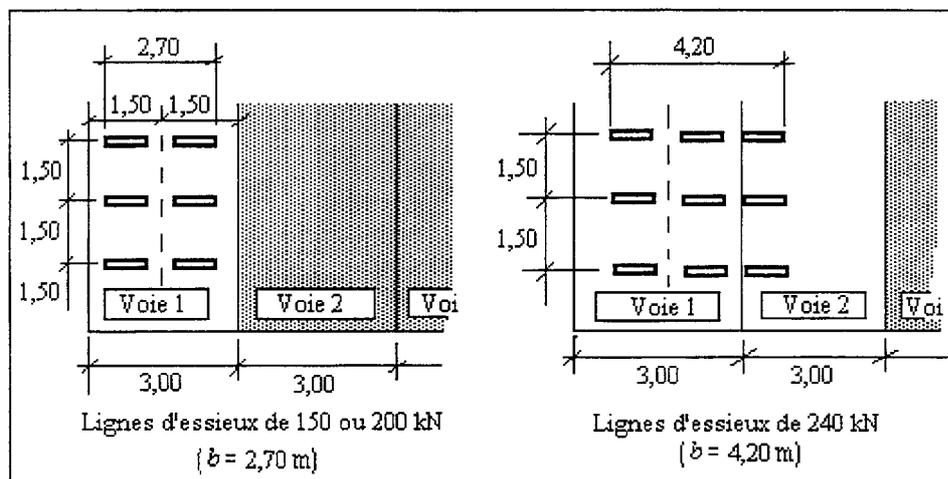


Figure 4.4: Position des véhicules spéciaux

(b) Les véhicules spéciaux simulés par les modèles sont supposés circuler lentement (pas plus de 5 km/h); en conséquence, seules les charges verticales sans majoration dynamique sont à prendre en compte.

(c) Toutes les voies ainsi que l'aire résiduelle du tablier sont chargées par les système de chargement principal affecté de ses valeurs fréquentes définies en 4.5 et à l'annexe C. Sur la (ou les) voie(s) occupée(s) par le véhicule normalisé, le système n'est pas à appliquer à moins de [25] m des essieux extérieurs du véhicule considéré (voir figure 4.5).

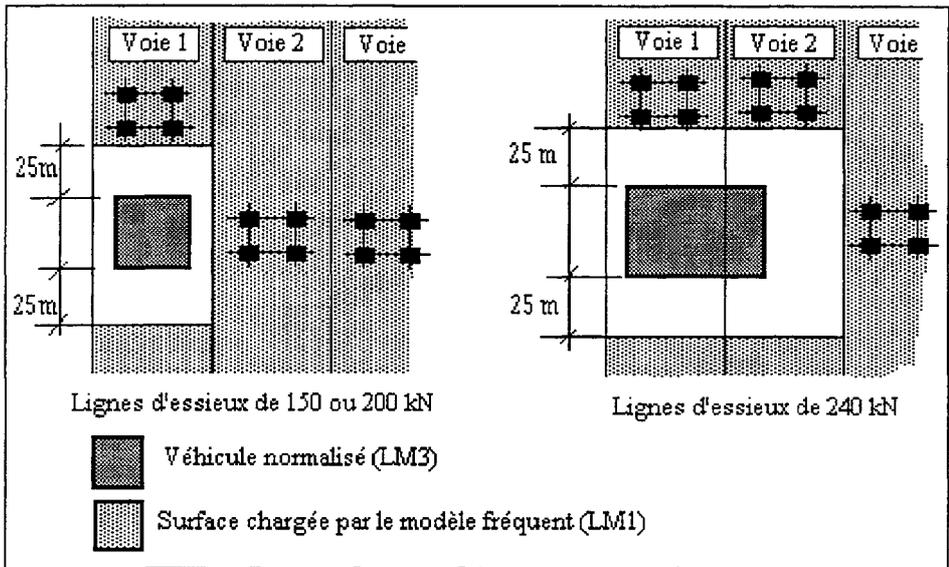


Figure 4.5 : Simultanéité des modèles de charge 1 et 3

Note : seule l'autorité compétente est à même de choisir une position transversale plus favorable pour certains véhicules spéciaux et de restreindre la présence simultanée du trafic routier général. Cette autorité peut autoriser des vitesses supérieures à 5 km/h si la majoration dynamique et les forces horizontales associées sont spécifiées.

4.3.5 Chargement de foule (modèle de charge 4)

Lorsqu'il y a lieu de le considérer, le chargement de foule est représenté par une charge nominale (comprenant une majoration dynamique) qui est la charge caractéristique spécifiée en 5.3.2(1). Sauf spécification différente, il convient de l'appliquer sur les longueurs et largeurs appropriées du tablier de pont-route, terre-plein central compris le cas échéant. Ce système de chargement, destiné à des vérifications générales, n'est associé qu'à une situation transitoire.

4.3.5 - C La valeur nominale de cette charge est égale à celle spécifiée en section 5 pour les charges verticales à appliquer sur les trottoirs (5 kN/m²). Dans l'un et l'autre cas des effets dynamiques sont inclus.

4.3.6 Diffusion des charges concentrées

- (1) Les diverses charges concentrées à considérer pour les vérifications locales, associées aux modèles de charge 1, 2 et 3, sont supposées uniformément réparties sur toute leur surface de contact.
- (2) La diffusion à travers les revêtements et les hourdis s'effectue à 45° jusqu'au niveau du plan moyen de la membrure supérieure sous-jacente (figure 4.6).

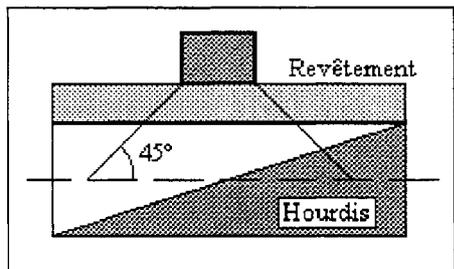


Figure 4.6 : Diffusion des charges concentrées à travers les revêtements et les hourdis

Note: dans le cas d'une diffusion à travers un remblai ou dans le sol, voir la Note correspondante en 4.9.1.

(3) La diffusion à travers les revêtements et les couvertures orthotropes s'effectue à 45° jusqu'au niveau du plan moyen de la membrure supérieure sous-jacente (figure 4.7).

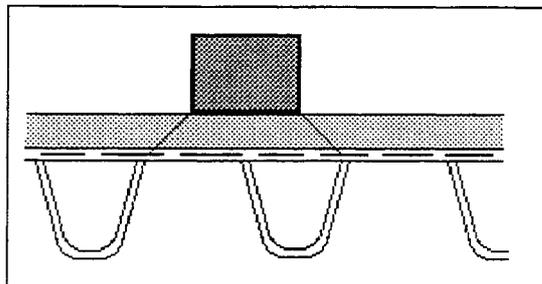


Figure 4.7: Diffusion des charges concentrées à travers les revêtements et les couvertures orthotropes

Note: la répartition transversale de la charge entre les nervures du tablier orthotrope n'est pas prise en compte ici.

4.4 Forces horizontales - Valeurs caractéristiques

Note: sauf si l'autorité compétente l'exige, il n'est pas nécessaire de prendre en compte les forces latérales de freinage en biais ou de dérapage. Un chargement latéral minimal résulte des effets du vent et de choc contre les bordures. Les forces horizontales définies ci-après, qu'il faut prendre en compte, sont des forces horizontales de freinage et d'accélération, supposées longitudinales et, le cas échéant, des forces transversales centrifuges.

4.4.1 Forces de freinage et d'accélération

(1) Une force de freinage, notée Q_{lk} , s'exerçant comme une force longitudinale, au niveau du revêtement de la chaussée, doit être considérée.

(2) Il convient de calculer la valeur caractéristique de Q_{lk} , limitée à 800 kN pour la largeur totale du pont, comme la fraction définie ci-après des charges totales verticales maximales correspondant au système principal de chargement susceptibles d'être appliquées sur la voie numéro 1 :

$$Q_{lk} = 0,6 \alpha_{Q1} (2 Q_{lk}) + 0,10 \alpha_{q1} q_{lk} w_1 L$$

$$180\alpha_{Q1} \text{ kN} \leq Q_{lk} \leq 800 \text{ kN} \leq Q_{lk} \leq 800 \text{ kN} \quad (4.6)$$

avec :

L longueur du tablier ou de la partie considérée de celui-ci.

Note: Par exemple, $Q_{lk} = 360 + 2,7 L (\leq 800 \text{ kN})$ pour une voie de 3 m de largeur et pour une longueur d'application de charge $L > 1,2 \text{ m}$, si les coefficients α sont égaux à 1.

(3) Il convient de considérer cette force comme susceptible d'être appliquée suivant l'axe de n'importe quelle voie. Cependant, si les effets de l'excentricité sont négligeables, cette force peut être considérée comme appliquée seulement suivant l'axe de la chaussée. Elle peut être considérée comme uniformément répartie sur la longueur chargée.

(4) Sauf spécification différente, il convient d'attribuer aux forces d'accélération la même grandeur qu'aux forces de freinage, mais dans le sens opposé.

Note : pratiquement, cela signifie que Q_{tk} peut être aussi bien négative que positive.

4.4.2 Forces centrifuges

(1) Il convient de considérer la force centrifuge, notée Q_{tk} , comme une force transversale s'exerçant au niveau du revêtement de la chaussée, radialement par rapport à l'axe de la chaussée.

(2) La valeur caractéristique de Q_{tk} , dans laquelle les effets dynamiques sont inclus, est définie dans le tableau 4.3.

Tableau 4.3 : Valeurs caractéristiques des forces centrifuges

$Q_{tk} = 0,2 Q_v$ (kN)	si $r < 200$ m
$Q_{tk} = 40 Q_v / r$ (kN)	si $200 \leq r \leq 1500$ m
$Q_{tk} = 0$	si $r > 1500$ m

avec :

r rayon de courbure en plan de l'axe de la chaussée [m]

Q_v poids total maximal des charges concentrées verticales des tandems du système de chargement principal, c'est-à-dire $\sum_i \alpha_{Qi} (2 Q_{ik})$ (voir tableau 4.2)

(3) Sauf spécification différente pour un projet particulier, il convient de considérer Q_{tk} comme une charge ponctuelle susceptible de s'exercer au droit de n'importe quelle section transversale.

4.4.2 - C Il a été admis, pour l'évaluation de Q_{tk} , que les véhicules les plus lourds circulent à une vitesse de 70 km/h. La concentration de cette force unique en un point quelconque au droit d'un appui quelconque est une simplification dans le sens de la sécurité. Ce n'est que dans des cas exceptionnels qu'un affinement du modèle pourrait présenter de l'utilité.

4.5 Groupes de charges de trafic sur les ponts-routes

4.5.1 Valeurs caractéristiques de l'action à composantes multiples

(1) Sauf spécification différente, la simultanéité des systèmes de chargement définis en 4.3.2 (modèle de charge 1), 4.3.4 (modèle de charge 3), 4.3.5 (modèle de charge 4), 4.4 (forces horizontales) avec les charges sur trottoirs définies dans la section 5 est prise en compte par les groupes de charges définis par le tableau 4.4. Il convient de considérer séparément chacun de ces groupes de charges comme définissant une action caractéristique pour une combinaison avec des charges autres que celles du trafic. L'essieu unique défini en 4.3.3 n'est considéré simultanément avec aucun autre modèle.

**Tableau 4.4 : Détermination des groupes de charges de trafic
(Valeurs caractéristiques de l'action à composantes multiples)**

		CHAUSSEE				TROTTOIRS ET PISTES CYCLABLES	
Type de charge		Forces verticales			Forces horizontales		Charges verticales seulement
Référence		4.3.2	4.3.4	4.3.5	4.4.1	4.4.2	5.3.2-(1)
Système de chargement		Système principal de chargement	Véhicules spéciaux	Charge de foule	Forces de freinage et d'accélération	Forces centrifuges	Charge uniformément répartie
Groupes de charges	gr1	Valeurs caractéristiques			(*)	(*)	Valeur réduite (**)
	gr2	Valeurs fréquentes (*)			Valeur caractéristique	Valeur caractéristique	
	gr3 (***)						Valeur caractéristique (**)
	gr4			Valeur caractéristique			Valeur caractéristique (**)
	gr5	Voir 4.3.4	Valeur caractéristique				

 Composante d'action dominante (appelée composante associée au groupe).

(*) Sauf spécification différente dans les règles de calcul ou autres normes.

(**) Voir 5.3.2.1(3). Un seul trottoir est chargé si son effet est plus défavorable que l'effet de deux trottoirs chargés.

(***) Ce groupe est sans objet si gr4 est à prendre en compte.

4.5.1 - C La considération comme simultanées des forces caractéristiques longitudinale et transversale n'a pas de base théorique. C'est une simplification du côté de la sécurité, considérée comme généralement acceptable.

4.5.2 Autres valeurs représentatives de l'action à composantes multiples

Note : pour les composantes individuelles de l'action du trafic, ces valeurs représentatives sont définies dans les annexes C et D.

4.5.2.1 Valeurs non-fréquentes de l'action à composantes multiples

(1) La même règle qu'en 4.5.1 s'applique, en remplaçant toutes les valeurs caractéristiques du tableau 4.4 par les valeurs non-fréquentes définies dans l'annexe C, sans modifier les autres valeurs indiquées dans le tableau.

Note : il a été considéré que le groupe gr2 de valeurs non-fréquentes ne s'applique pratiquement pas aux ponts-routes.

4.5.2.2 Valeurs fréquentes de l'action à composantes multiples

(1) Sauf spécification différente, l'action fréquente n'est composée que des valeurs fréquentes du système principal de chargement ou de la valeur fréquente du modèle à essieu unique, ou des valeurs fréquentes des charges sur trottoirs ou pistes cyclables (en prenant la plus défavorable), sans aucune autre composante.

Note: pour les valeurs quasi-permanentes (généralement égales à zéro), voir l'annexe C.

4.5.3 Groupes de charges pour les situations transitoires

(1) Les règles données en 4.5.1 et 4.5.2 sont applicables sous réserve des modifications ci-après.

(2) Sauf spécification différente, pour des vérifications relatives à des situations transitoires, les valeurs caractéristiques $\alpha_{Qi}Q_{ik}$ (tandem) sont prises égales aux valeurs non-fréquentes définies à l'annexe C, et toutes les autres valeurs caractéristiques, non-fréquentes, fréquentes et quasi-permanentes ainsi que les forces horizontales sont telles que spécifiées pour les situations durables, sans aucune modification (c'est-à-dire qu'elles ne sont pas réduites proportionnellement au poids des tandems).

Note : dans les situations transitoires liées à l'entretien des routes ou des ponts, le trafic est généralement concentré sur des surfaces plus petites, sans réduction significative, et les encombrements de longue durée sont fréquents. Cependant, des réductions plus prononcées peuvent être décidées par l'autorité compétente, moyennant la mise en place d'une signalisation appropriée de déviation des camions les plus lourds.

4.5.3 (2) - C Ainsi, par exemple, la valeur fréquente de la charge répartie reste égale à $\psi_1\alpha_{Qi}Q_{ik}$ (et ne devient pas $\psi_1\psi'_1\alpha_{Qi}Q_{ik}$).

4.6 Modèles de charges de fatigue

4.6.1 Généralités

(1) La circulation du trafic sur les ponts engendre un spectre de contraintes qui peut engendrer la fatigue. Ce spectre de contraintes dépend de la géométrie des véhicules, des charges d'essieu, de l'espacement des véhicules, de la composition du trafic et de ses effets dynamiques.

(2) Dans ce qui suit, cinq modèles de charges verticales de fatigue sont définis. Généralement, il n'y a pas lieu de tenir compte des forces horizontales.

Note 1 : il y a parfois lieu de considérer les forces centrifuges en conjonction avec les charges verticales.

Note 2 : l'utilisation des différents modèles de charges de fatigue est définie dans les ENV 1992 à 1994 correspondants.

(a) Les modèles de charges de fatigue 1, 2 et 3 sont à utiliser pour déterminer les contraintes maximales et minimales résultant des différentes dispositions possibles des charges du modèle considéré sur le pont ; dans de nombreux cas, seule la différence algébrique entre ces contraintes est utilisée dans les ENV 1992 à 1994.

Les modèles de charges de fatigue 4 et 5 sont à utiliser pour déterminer des spectres de variation de contrainte résultant du passage de camions sur le pont.

(b) Les modèles de charges de fatigue 1 et 2 sont à utiliser pour vérifier si la durée de vie vis-à-vis de la fatigue peut être considérée comme illimitée lorsqu'une limite de fatigue à amplitude constante est donnée. Le modèle de charge de fatigue 1 est généralement prudent et recouvre automatiquement les effets de plusieurs voies. Le modèle de charge de fatigue 2 est plus précis que le modèle de charge de fatigue 1 quand la présence simultanée de plusieurs camions sur le pont peut être négligée dans les vérifications vis-à-vis de la fatigue. Si ce n'est pas le cas, il ne convient de l'utiliser que lorsqu'il est complété par des données supplémentaires.

Les modèles de charges de fatigue 3, 4 et 5 sont à utiliser pour l'estimation de la durée de vie vis-à-vis de la fatigue en se référant aux courbes de résistance à la fatigue définies dans les Eurocodes de projet. Ils ne doivent pas être utilisés dans le but de vérifier si la durée de vie vis-à-vis de la fatigue peut être considérée comme illimitée. C'est la raison pour laquelle ils ne sont pas numériquement comparables aux modèles de charges de fatigue 1 et 2. Le modèle de charge de fatigue 3 peut également être utilisé pour la vérification directe du dimensionnement à l'aide de méthodes simplifiées dans lesquelles l'influence du volume annuel de trafic et celle de certaines dimensions du pont sont prises en compte par un coefficient d'ajustement λ_e dépendant des matériaux.

Le modèle de charge de fatigue 4 est plus précis que le modèle de charge de fatigue 3 pour de nombreuses sortes de ponts et de trafic, lorsque la présence simultanée de plusieurs camions sur le pont peut être négligée. Si ce n'est pas le cas, il ne convient de l'utiliser que lorsqu'il est complété par des données supplémentaires, spécifiées ou acceptées par l'autorité compétente.

Le modèle de charge de fatigue 5 est le modèle le plus général, utilisant des données du trafic réel.

(c) Pour les vérifications vis-à-vis de la fatigue, la valeur indiquée pour les ponts dans l'ENV 1991-1 (100 ans) pour la durée de vie de projet exigée est applicable, sauf spécification différente pour certaines catégories de ponts.

4.6.1 (2) - C1 Pour le choix des modèles à utiliser, se référer lorsque ce sera possible aux ECn.2 DAN. Ne sont données dans le présent DAN que les indications relatives à l'ajustement des modèles en fonction des caractéristiques du trafic. Par ailleurs, les règles françaises existantes de dimensionnement (voir AP.4 a) ne fournissent que des règles partielles et indirectes de résistance à la fatigue. En conséquence, si des modèles définis en 4.6 sont utilisés conjointement avec ces règles (pour les ponts métalliques et mixtes classiques), il convient que les marchés spécifient les règles correspondantes de vérification.

4.6.1 (2) - C2 En l'état actuel des projets d'ECn.2 il paraît peu probable que les modèles 1 et 2 feroient l'objet de règles de vérification dans les dits ECn.2. Le modèle 3 peut, en revanche, être utilisé dans des conditions décrites dans le guide SETRA/CTICM/SNCF intitulé " Ponts métalliques et mixtes - Résistance à la fatigue ".

Les modèles 4 et 5 peuvent également être utilisés à condition de compléter soigneusement leurs règles d'emploi dans le marché.

(3) les valeurs des charges données par les modèles de charge de fatigue 1 à 3 correspondent à un trafic lourd représentatif sur les routes principales ou autoroutes d'Europe (catégorie de trafic numéro 1 telle que définie dans le tableau 4.5).

Note : les autorités compétentes peuvent modifier les valeurs des modèles de charges de fatigue 1 et 2 dans le cas d'autres catégories de trafic. Dans ce cas, les modifications apportées aux deux modèles doivent être proportionnelles. Pour le modèle de charge de fatigue 3, une modification dépend de la procédure de vérification.

4.6.1 (3) - C En cas de trafic relativement léger, la réduction des valeurs caractéristiques correspondant à la classe de trafic retenue et éventuellement un recours à la précontrainte partielle conduisent à des dimensionnements réduits et peuvent rendre les ponts relativement sensibles à la fatigue.

(4) Pour les vérifications vis-à-vis de la fatigue, il convient de définir une catégorie de trafic sur les ponts au moins par :

- le nombre de voies lentes,
- N_{obs} , nombre de camions observés ou estimés par an et par voie lente.

Sauf spécification différente, il convient d'adopter les valeurs numériques de N_{obs} données par le tableau 4.5, correspondant à une voie lente, lors de l'utilisation des modèles de charges de fatigue 3 et 4.

4.6.1 (4) - A Les valeurs à retenir relèvent du choix du maître d'ouvrage ou doivent être soumises à son acceptation.

4.6.1 (4) - C Des valeurs de N_{obs} différentes de celles données dans le tableau 4.5 de l'Eurocode sont proposées dans le guide. Il est rappelé (voir EC1.1 DAN, paragraphe 2.4-2)A1 et C) que la durée d'utilisation de projet est pour les ponts normalement d'au moins 100 ans.

Tableau 4.5 : Nombre de camions prévus par an pour une voie lente

Catégories de trafic	N_{obs} par an et par voie lente
1 : Routes et autoroutes à 2 voies ou plus dans chaque sens, avec un fort trafic de camions	$2,0 \times 10^6$
2 : Routes et autoroutes à taux moyen de circulation de camions	$0,5 \times 10^6$
3 : Routes principales à faible taux de circulation de camions	$0,125 \times 10^6$
4 : Routes locales à faible taux de circulation de camions	$0,05 \times 10^6$

De plus, il convient d'ajouter au total 10% de N_{obs} pour chaque voie rapide.

Note 1 : le tableau 4.5 n'est pas suffisant pour caractériser le trafic en vue des vérifications vis-à-vis de la fatigue. D'autres paramètres dont il faut tenir compte peuvent être :

- les pourcentages de types de véhicules (voir par exemple le tableau 4.7), qui dépendent du "type de trafic",
- des paramètres définissant la répartition du poids des véhicules ou des essieux de chaque type.

Note 2 : il n'existe pas de relation générale entre les catégories de trafic vis-à-vis des vérifications à la fatigue et les classes de chargement et coefficients α ou β associés mentionnés en 4.2.2 et 4.3.2.

Note 3: des valeurs intermédiaires de N_{obs} ne sont pas exclues, mais elles n'ont généralement pas d'influence très significative sur la durée de vie vis-à-vis de la fatigue.

(5) Pour l'évaluation des sollicitations générales (par exemple dans les poutres principales), il convient de centrer tous les modèles de charges de fatigue sur les voies définies selon les principes et règles données en 4.2.4(2) et (3). Il convient que les voies lentes soient définies dans le projet.

(6) Pour l'évaluation des sollicitations locales (par exemple dans les dalles ou tabliers orthotropes), il convient de centrer les modèles sur les voies supposées situées de façon quelconque sur la chaussée. Cependant, quand la position transversale des véhicules des modèles de charges de fatigue 3, 4 et 5 a de l'importance pour les effets étudiés, il convient, sauf spécification différente, de considérer une distribution statistique de cette position transversale, conformément à la figure 4.8.

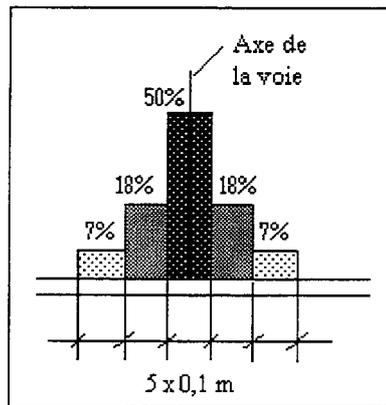


Figure 4.8 : Distribution des fréquences de la position transversale de l'axe d'un véhicule

(7) Les modèles de charge de fatigue 1 à 4 tiennent compte d'une majoration dynamique correspondant à une bonne qualité de revêtement (voir annexe B). Il convient de considérer un coefficient de majoration supplémentaire $\Delta\phi_{fat}$ à proximité des joints de dilatation, comme l'indique la figure 4.9, applicable à toutes les charges en fonction de la distance entre la section transversale considérée et le joint de dilatation.

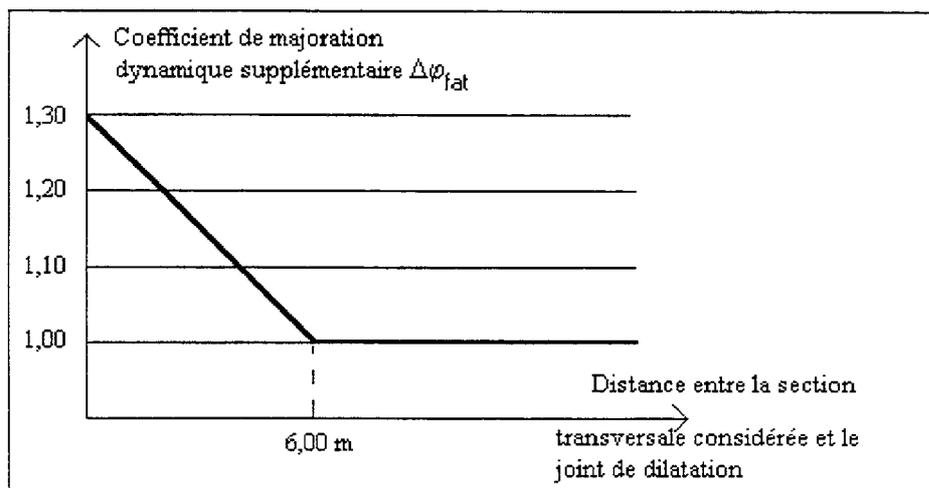


Figure 4.9

Note: une simplification prudente, souvent acceptable, peut consister à adopter $\Delta\phi_{fat} = 1,3$ pour toute section transversale située à moins de 6 m du joint de dilatation.

4.6.2 Modèle de charge de fatigue 1 (similaire au système principal de chargement)

(1) Le modèle de charge de fatigue 1 a la configuration du système principal de chargement (modèle de charge caractéristique 1 défini en 4.3.2) avec pour valeurs de charges d'essieux $[0,7] Q_{ik}$ et pour valeurs des charges uniformément réparties $[0,3] q_{rk}$ et (sauf spécification différente) $[0,3] q_{rk}$.

Note : les valeurs des charges du modèle de charge de fatigue 1 sont semblables à celles définies pour le modèle de charges fréquentes. Cependant, l'adoption du modèle de charges fréquentes sans ajustement aurait été excessivement prudente par rapport aux autres modèles, en particulier pour de grandes surfaces chargées. Pour les projets particuliers, q_{rk} peut être négligé.

(2) Il convient de déterminer les contraintes maximale et minimale ($\sigma_{LM,max}$ et $\sigma_{LM,min}$) à partir des dispositions possibles de charge du modèle sur le pont.

4.6.3 Modèle de charge de fatigue 2 (ensemble de camions "fréquents")

(1) Le modèle de charge de fatigue 2 consiste en un ensemble de camions idéalisés, appelés camions "fréquents", à utiliser comme défini en (3) ci-dessous.

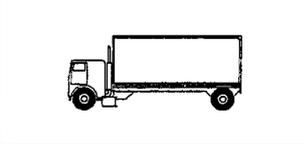
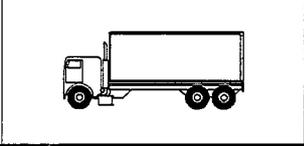
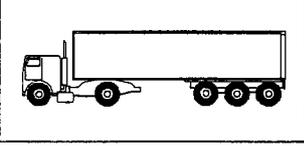
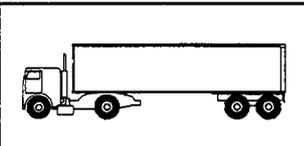
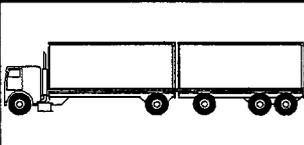
(2) Chaque camion fréquent est défini par :

- le nombre d'essieux et leur espacement (tableau 4.6, colonnes 1 + 2);
- la valeur fréquente de chaque charge d'essieu (tableau 4.6, colonne 3);
- les surfaces de contact des roues et la distance transversale entre les roues (colonne 4 du tableau 4.6 et tableau 4.8).

(3) Il convient de déterminer les contraintes maximale et minimale à partir des effets les plus sévères produits par des camions différents, considérés séparément, circulant seuls le long de la voie appropriée.

Note : quand certains de ces camions sont de toute évidence les plus critiques, les autres peuvent être négligés.

Tableau 4.6 : Ensemble de camions "fréquents"

1	2	3	4
SILHOUETTE DU CAMION	Espacement des essieux (m)	Charge fréquente d'essieux (kN)	Type de roue (voir tableau 4.8)
	4,5	90 190	A B
	4,20 1,30	80 140 140	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	90 180 120 120 120	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	90 190 140 140	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	90 180 120 110 110	A B C C C

4.6.4 Modèle de charge de fatigue 3 (modèle à véhicule unique)

(1) Ce modèle consiste en quatre essieux, chacun ayant deux roues identiques. Sa géométrie est représentée par la figure 4.10. Le poids de chaque essieu est égal à 120 kN et la surface de contact de chaque roue est un carré de 0,40 m de côté.

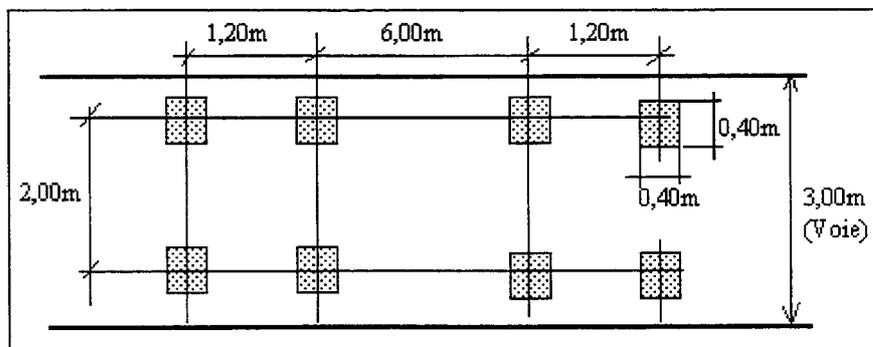


Figure 4.10 : Modèle de charge de fatigue 3

(2) Il y a lieu de calculer les contraintes maximale et minimale et les variations de contraintes, c'est-à-dire leur différence algébrique, résultant du déplacement du modèle le long du pont.

4.6.4 (2) - C En d'autres termes, il s'agit d'évaluer les variations de contrainte à partir des deux positions du modèle qui engendrent les contraintes respectivement maximales et minimales, et non pas, comme pour le modèle 4, de déterminer les effets d'un passage continu du modèle sur l'ouvrage.

4.6.5 Modèle de charge de fatigue 4 (ensemble de camions "normalisés")

(1) Le modèle de charges de fatigue 4 consiste en un ensemble de camions normalisés produisant ensemble des effets équivalents à ceux d'un trafic typique des routes européennes. Sauf spécification différente, il y a lieu de considérer un ensemble de camions tel qu'il présente une composition semblable à celle du trafic prévu pour la route concernée définie au moyen des tableaux 4.7 et 4.8.

Note : ce modèle, élaboré à partir de cinq camions normalisés, simule un trafic supposé produire des dommages de fatigue équivalents à ceux du trafic réel de la catégorie correspondante définie dans le tableau 4.5.

Il appartient à l'autorité compétente, le cas échéant, de spécifier ou d'accepter d'autres camions normalisés.

(2) Chaque camion normalisé est défini par :

- le nombre et l'espacement des essieux (tableau 4.7, colonnes 1 + 2),
- la charge équivalente de chaque essieu (tableau 4.7, colonne 3),
- les surfaces de contact des roues et les distances transversales entre celles-ci, conformément à la colonne 7 du tableau 4.7 et au tableau 4.8.

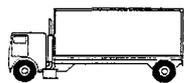
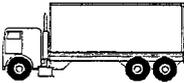
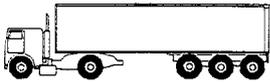
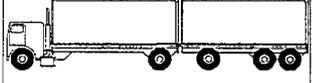
(3) Sauf spécification différente :

- le pourcentage de chaque camion normalisé dans le flux de trafic doit être choisi à partir du tableau 4.7, colonnes 4, 5 ou 6 selon les cas ;
- ΣN_{obs} , nombre total par an de véhicules à considérer pour la chaussée entière, est obtenu par application du paragraphe 4.6.1(4) ;
- chaque camion normalisé est supposé parcourir le pont en l'absence de tout autre véhicule.

(4) Pour calculer l'endommagement dû à la fatigue, il convient d'utiliser la méthode de comptage dite de la "goutte d'eau" ou celle dite du "réservoir" et de déterminer le spectre de la variation de contrainte et le nombre correspondant de cycles dus aux passages successifs des camions individuels sur le pont.

4.6.5 (4) - C Le dommage de fatigue dû au passage d'un véhicule du modèle 4 est calculé selon la règle de Miner ; même pour un seul passage d'un seul véhicule, plusieurs cycles de variation de contrainte peuvent devoir être pris en compte.

Tableau 4.7 : Ensemble de camions équivalents

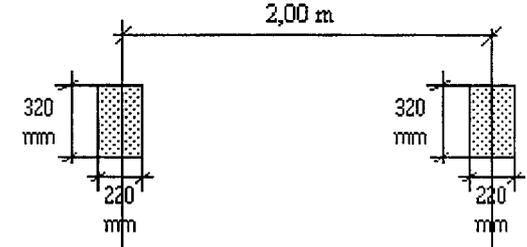
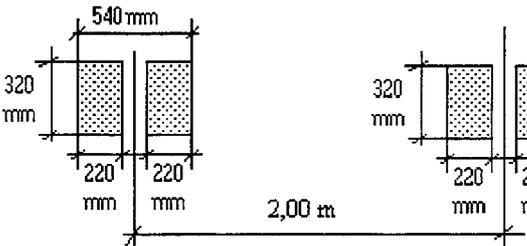
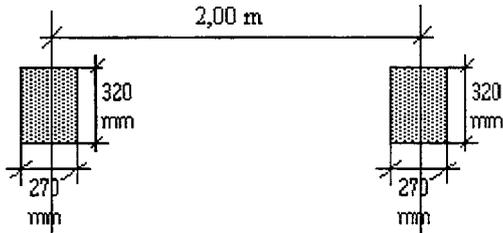
TYPE DE VEHICULE			TYPE DE TRAFIC			
1	2	3	4	5	6	7
			Longues distances	Distances moyennes	Trafic local	
CAMION	Espace-ment des essieux (m)	Charges d'essieu équivalentes (kN)	Pourcentage de camions	Pourcentage de camions	Pourcentage de camions	Type de roue
	4,5	70 130	20,0	50,0	80,0	A B
	4,20 1,30	70 120 120	5,0	5,0	5,0	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	70 150 90 90	40,0	20,0	5,0	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	70 140 90 90	25,0	15,0	5,0	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	70 130 90 80 80	10,0	10,0	5,0	A B C C C

Note : lors du choix d'un type de trafic, en règle générale, on peut estimer que:

- "Longues distances" signifie plusieurs centaines de kilomètres,
- "Distances moyennes" signifie 50 à 100 km,
- "Trafic local" signifie des distances inférieures à 50 km.

En réalité, des mélanges de types de trafic peuvent avoir lieu.

Tableau 4.8 : Définition des roues et des essieux

TYPES DE ROUES/ D'ESSIEUX	DEFINITION GEOMETRIQUE
A	
B	
C	

4.6.6 Modèle de charge de fatigue 5 (élaboré à partir d'un trafic routier enregistré)

(1) Le modèle de charge de fatigue 5 consiste en l'application directe de données de trafic enregistrées, complétées, le cas échéant, par des extrapolations statistiques et prospectives appropriées. L'annexe B fournit des conseils en vue de spécifications complètes pour l'application de ce type de modèle.

Note : il convient de n'utiliser ce modèle que lorsqu'il est spécifié ou accepté par l'autorité compétente.

4.7 Actions accidentelles

4.7.1 Généralités

(1)P Les charges accidentelles résultant des véhicules routiers sont définies en 4.7.2 pour les ponts-routes et les ponts-rails et en 4.7.3 pour les seuls ponts-routes. Elles doivent être considérées, lorsqu'il y a lieu, au cours des situations accidentelles suivantes :

- impact d'un véhicule contre les piles ou les tabliers de ponts,
- roues de véhicules lourds sur les trottoirs (les effets des roues de véhicules lourds sur les trottoirs doivent être pris en compte pour tous les ponts-routes dont les trottoirs ne sont pas protégés par une barrière ou glissière rigide),

- impact d'un véhicule contre les bordures de trottoirs, les barrières ou glissières et les éléments de structure (les effets d'impact des véhicules contre les barrières ou glissières doivent être pris en compte pour tous les ponts-routes dont les tabliers comportent de tels dispositifs de retenue; les effets d'impact des véhicules contre les bordures de trottoirs doivent être pris en compte dans tous les cas).

4.7.1 - A Les décisions relatives à la prise en compte des actions accidentelles relèvent de la maîtrise d'ouvrage (voir 2.3 ci-dessus), sous réserve de celles de l'autorité compétente.

4.7.1 - C Comme envisagé en 4.7.2.1, ces décisions sont autant que possible à prendre à la suite d'une analyse du risque, en fonction de multiples paramètres. Des indications peuvent être trouvées dans les dossiers pilotes PP et GC du SETRA, avec raccordement aux valeurs qu'on trouve dans l'annexe D du BAEL.

4.7.2 Forces d'impact des véhicules sous le pont

Note : voir annexe C, 5.6.2 et 6.7.1.3(1)P.

4.7.2.1 Forces d'impact contre les piles et autres éléments porteurs

(1) En l'absence d'une analyse de risque appropriée, il convient de considérer que la force d'impact des véhicules routiers contre des piles ou des éléments porteurs d'un pont-cadre ouvert ou fermé est égale à [1000] kN dans la direction du mouvement du véhicule, ou à [500] kN perpendiculairement à cette direction, et qu'elle agit à 1,25 m au-dessus du niveau du terrain adjacent.

Note : une analyse de risque ne peut être considérée comme appropriée que si elle satisfait l'autorité compétente. La charge de calcul à prendre en compte peut être différenciée selon le volume de trafic prévu sous le pont, la présence d'une protection entre la chaussée et les piles et d'autres circonstances particulières. Lorsque des mesures de précaution supplémentaires sont mises en place entre la chaussée et les piles, il appartient à l'autorité compétente de les spécifier ou de les accepter.

4.7.2.1 - C Il va de soi que, quoique le niveau du choc soit fixé, pour les calculs, à 1,25 m au dessus du sol adjacent, il importe d'éviter une trop rapide diminution des résistances au dessus de ce niveau.

4.7.2.2 Collision avec les tabliers

(1) Lorsqu'il y a lieu, il convient de spécifier la force d'impact du véhicule pour les projets particuliers ou, compte tenu de la hauteur libre et des autres formes de protection, par une règle plus générale.

Note : il appartient à l'autorité compétente de définir ou d'accepter cette force. Les charges d'impact sur les tabliers de ponts et d'autres éléments structuraux au-dessus des routes peuvent varier considérablement en fonction de paramètres structuraux et non structuraux et suivant leurs conditions d'application. Il convient d'envisager la possibilité de collision de véhicules présentant une hauteur prohibée, ainsi que celle d'une grue pivotant vers le haut lors du passage d'un véhicule. Des mesures de protection peuvent être introduites en alternative à un dimensionnement en fonction de forces d'impact.

4.7.2.2 Note - C En général l'éventualité de chocs de tabliers par des véhicules en infraction est à envisager pour les ponts non protégés dont la hauteur libre ne dépasse pas 6 m. Leur gravité dépend grandement du type de structure. La protection peut être assurée par la présence d'autres ouvrages sur le même itinéraire sans possibilité d'accès intermédiaire ou par la mise en place de portiques de protection et de signalisation appropriés.

4.7.3 Actions de véhicules sur le pont

4.7.3 - C Pour la terminologie des dispositifs de retenue, se reporter en 1.4.

4.7.3.1 Véhicules sur les trottoirs et pistes cyclables des ponts-routes

(1)P Lorsqu'une barrière ou glissière rigide d'une classe appropriée est prévue, il n'est pas nécessaire de prendre en considération la charge d'essieu au-delà de cette protection.

Note : une barrière ou glissière déformable (câble, main courante) est insuffisante. Dans certains cas particuliers (par exemple les ponts sur chemins ruraux ou rues en ville), une bordure d'une hauteur au moins égale à 0,25 m peut permettre de ne pas prendre en considération la charge d'essieu, sous réserve de spécification ou d'acceptation par l'autorité compétente.

(2) Lorsque la protection mentionnée en (1) est prévue, il y a lieu de prendre en compte une charge d'essieu accidentelle correspondant à $\alpha_{Q2} Q_{2k}$ (voir 4.3.2). Il convient de la placer et de l'orienter sur la chaussée de manière à obtenir l'effet le plus défavorable le long de la barrière, comme l'indique la figure 4.11. Cette charge d'essieu n'agit simultanément avec aucune autre charge variable sur la chaussée. Une seule roue est prise en compte si des contraintes géométriques rendent une configuration à deux roues impossible.

Au-delà de la barrière, la charge concentrée variable caractéristique définie en 5.3.2(4) est applicable, s'il y a lieu, de façon non simultanée avec la charge accidentelle.

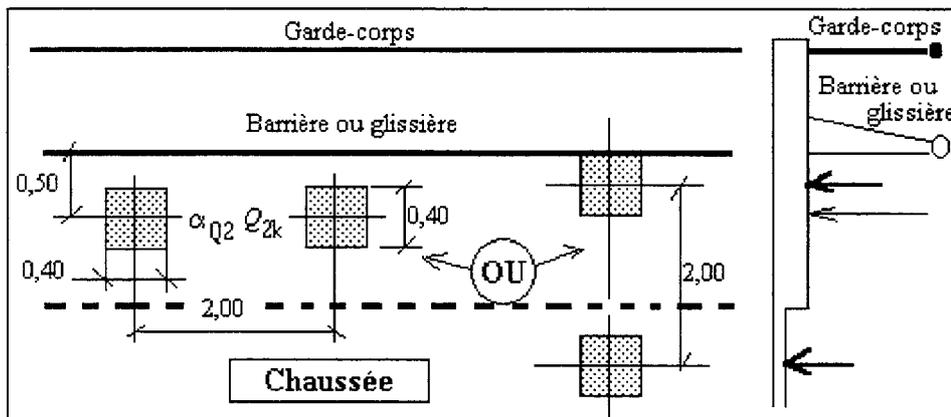


Figure 4.11 : Position des charges sur les trottoirs et pistes cyclables des ponts-routes

(3) En l'absence de la protection définie en (1), les règles du paragraphe (2) sont applicables jusqu'à une distance de 1 m au-delà d'une barrière ou glissière déformable si elle existe, ou jusqu'au bord du tablier en l'absence de barrière ou glissière.

4.7.3.2 Forces d'impact sur les bordures de trottoirs

(1) L'action due à l'impact d'un véhicule sur des bordures de trottoirs est une force latérale égale à 100 kN, agissant à une hauteur de 0,05 m sous l'arase supérieure de la bordure.

Cette force est considérée comme agissant sur une ligne de 0,5 m de long; elle est transmise par les bordures aux éléments structuraux qui les soutiennent. Dans les éléments structuraux rigides, on admet que la charge se diffuse à 45°. Lorsqu'elle est défavorable, la charge verticale de trafic agissant simultanément avec la force d'impact est égale à $0,75 \alpha_{Q1} Q_{1k}$ (voir figure 4.12).

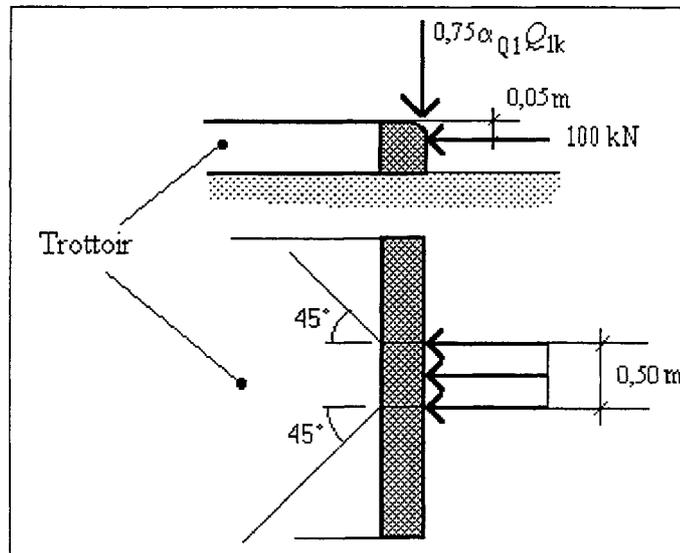


Figure 4.12 : Définition des forces d'impact des véhicules sur les bordures de trottoirs

4.7.3.2 - C Selon la constitution des trottoirs, les chocs sur bordures sont transmis par exemple à une murette d'appui, ou à une corniche, qui doivent être dimensionnées en conséquence.

4.7.3.3 Forces d'impact sur les barrières ou glissières

Note : voir également, lorsqu'ils seront disponibles, les agréments techniques ou les normes établies par le CEN/TC 226.

(1) Pour le calcul de la structure, la force d'impact horizontale d'un véhicule transmise au tablier d'un pont par une barrière ou glissière est de [100] kN, agissant transversalement et horizontalement à 100 mm au dessus de l'arase supérieure de la barrière ou glissière ou à 1,0 m au-dessus du niveau de la chaussée ou du trottoir, le niveau à prendre en compte étant le plus faible des deux. Comme pour les bordures de trottoirs, cette force est considérée comme s'exerçant sur une ligne de 0,5 m de long. La charge verticale de trafic agissant simultanément avec la force d'impact est égale à $0,5 \alpha_{Q1} Q_{1k}$.

Pour les barrières ou glissières déformables, la force d'impact résulte des essais effectués en vue de l'agrément technique des barrières ou glissières.

Il convient de calculer également la structure supportant la barrière ou glissière pour qu'elle puisse résister localement à l'effet d'une charge accidentelle correspondant à [1,25] fois la résistance locale caractéristique de la barrière ou glissière (par exemple la résistance de la fixation de la barrière ou glissière à la structure), à l'exclusion de toute charge variable.

4.7.3.3 - C Si pour une raison quelconque une barrière ou glissière est surdimensionnée par rapport aux règles en vigueur, le troisième alinéa implique que le calcul de la structure ne soit pas basé sur la résistance minimale exigible de cette barrière ou glissière, mais qu'il prenne en compte ce surdimensionnement.

Pour l'application du troisième alinéa, il y a lieu de se référer aux dimensions des barrières ou glissières ayant fait l'objet d'une norme française homologuée ou, à défaut, décrites dans les documents techniques du SETRA. Les normes existant actuellement sont les suivantes :

- Normes NF P 98-411 et NF P 98-412, pour les glissières de profil A et B ;
- Norme NF P 98-414, pour les barrières de sécurité frontale en acier.

En présence d'un risque de corrosion, s'il y a lieu, les dimensions de certaines parties métalliques des barrières ou glissières peuvent devoir être choisies supérieures à celles résultant d'un calcul structural strict effectué en conformité avec les règles en vigueur.

4.7.3.4 Forces d'impact sur les éléments structuraux

(1) Les forces d'impact de véhicules sur des éléments structuraux d'extrémité verticaux, non protégés, au-dessus du niveau de la chaussée, sont les mêmes que ceux spécifiés en 4.7.2.1(1), et agissent à 1,25 m au-dessus du niveau de la chaussée. Cependant, lorsque des mesures de protection complémentaires sont prévues entre la chaussée et ces éléments, cette force peut être réduite.

Note : il convient qu'une telle réduction soit acceptée par l'autorité compétente.

(2) Sauf spécification différente, ces forces sont considérées comme n'agissant simultanément avec aucune charge variable.

Note : pour certains éléments intermédiaires dont la destruction ne provoquerait pas l'effondrement (par exemple des suspentes ou des haubans), des forces plus petites peuvent être spécifiées par l'autorité compétente.

4.8 Actions sur les garde-corps

Note : cet article, qui n'a pas de caractère structural, pourra être partiellement abandonné au profit d'agréments techniques ou de normes établies par le CEN/TC 226.

4.8.1 Définition des actions applicables aux garde-corps

(1) Sauf spécification différente, l'action à considérer est une force linéaire de 1,0 kN/m, agissant, comme charge variable, horizontalement ou verticalement, en tête du garde-corps.

Note : seule l'autorité compétente peut spécifier une force plus faible.

(2) Pour les passages de service, cette force linéaire peut être réduite à 0,8 kN/m.

Note : ces forces ne couvrent pas les cas exceptionnels ou accidentels. Il appartient à l'autorité compétente d'exiger que ces cas soient pris en compte pour les projets particuliers.

4.8.2 Prise en considération des actions

(1) Il convient de calculer les garde-corps des trottoirs des ponts-routes en fonction des actions précédemment définies, s'ils sont protégés de manière adéquate contre les chocs de véhicules. Pour le calcul de la structure de support, sauf spécification différente, il convient de considérer les actions horizontales comme simultanées avec les actions uniformément réparties définies en 5.2.2(1).

Note : les garde-corps ne peuvent être considérés comme convenablement protégés que si la protection satisfait les spécifications de l'autorité compétente.

Lorsqu'ils ne sont pas ainsi protégés, il convient que la structure de support soit aussi calculée pour résister à l'effet d'une charge accidentelle correspondant à [1,25] fois la résistance caractéristique du garde-corps, à l'exclusion de toute charge variable.

4.8.2 (1) - C Pour l'interprétation du deuxième alinéa, les indications données en 4.7.3.3 sont applicables aux garde-corps.

4.9 Modèles de charge sur les remblais

4.9 - C L'attention est appelée sur l'importance que peuvent avoir, sur les murs en retour, en aile ou de soutènement, les efforts exercés lors du compactage des remblais. Voir à ce sujet les dossiers pilotes CT, MUR, etc., du SETRA.

4.9.1 Charges verticales

(1) Sauf spécification différente pour le projet particulier, il convient de charger la chaussée située derrière les culées, les murs en aile, les murs en retour et les autres parties du pont en contact avec la terre, avec les mêmes modèles que ceux définis en 4.3, correspondant aux charges caractéristiques sur chaussées.

Note : d'autres spécifications plus générales peuvent aussi être prescrites par l'autorité compétente.

Dans un but de simplification, les charges de tandem peuvent être remplacées par une charge équivalente, notée q_{eq} , uniformément répartie sur une surface rectangulaire de côtés 1,0 m et 2,0 m.

Note : pour la diffusion des charges au travers du remblai ou de la terre, voir le DAN. En l'absence de toute autre règle, si le remblai est convenablement consolidé, on peut admettre une diffusion suivant un angle de 30° par rapport à la verticale.

(2) Les valeurs représentatives du modèle de charge autres que les valeurs caractéristiques ne sont pas à prendre en compte.

4.9.2 Force horizontale

(1) Sauf spécification différente, aucune force horizontale n'est à considérer au niveau du revêtement de chaussée au-dessus du remblai.

(2) Pour le calcul des murs garde-grève des culées (voir figure 4.13), il convient de prendre en compte une force longitudinale de freinage. La valeur caractéristique de cette force est égale à $0,6 \alpha_{Q1} Q_{1k}$; elle agit simultanément avec la charge d'essieu $\alpha_{Q1} Q_{1k}$ du modèle de charge numéro 1 et avec la poussée des terres due au remblai. Le remblai n'est pas supposé chargé simultanément.

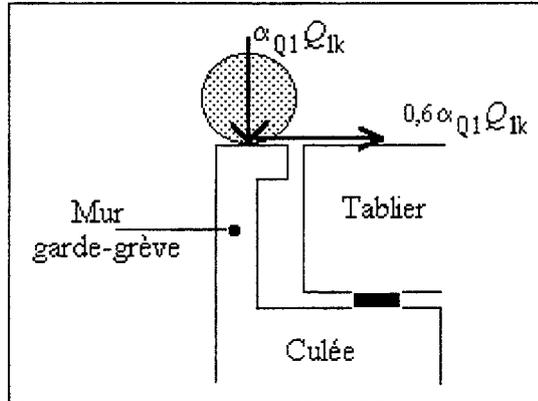


Figure 4.13 : Définition des charges sur les murs garde-grève

Section 5 Actions des piétons et des deux-roues et autres actions spécifiques sur les passerelles

5.1 Domaine d'application

(1) Les modèles de charge ne couvrent pas les effets des charges sur chantier.

(2) La charge uniformément répartie q_{fk} et la charge concentrée $Q_{f_{wk}}$ (voir 5.3) s'appliquent aux ponts-routes et ponts-rails aussi bien qu'aux passerelles, lorsqu'il y a lieu (voir 4.5, 4.7.3 et 6.3.6.2(1)). Cependant, pour les passerelles d'une largeur exceptionnelle (par exemple plus de 6 m entre garde-corps), d'autres valeurs de charges peuvent être spécifiées pour le projet considéré, sur la base des considérations qui ont conduit au choix de la largeur. Toutes les autres charges variables et accidentelles définies dans cette section ne sont destinées qu'aux passerelles.

5.1 (2) - C Les passerelles très larges (la largeur limite de 6 m est indicative) sont couramment utilisées pour des usages autres que le simple écoulement de la circulation des piétons et cycles et généralement liés à leur caractère urbain. Les modèles de charges doivent couvrir ces usages et sont à définir dans les contrats.

(3) Les modèles et valeurs représentatives sont donnés pour les vérifications applicables à tous les états-limites, sauf l'état-limite de fatigue. Sauf spécification différente, aucun trafic représenté dans la présente section ne nécessite de vérification vis-à-vis de la fatigue.

(4) Pour les vérifications relatives à la vibration des passerelles, effectuées à partir d'une analyse dynamique, voir l'article 5.7. Pour toutes les autres vérifications à effectuer quel que soit le type de pont, les modèles et valeurs donnés dans cette section incluent les effets de majoration dynamique, et il convient de considérer les actions variables comme statiques.

5.2 Représentation des actions

5.2.1 Modèles des charges

(1)P Les charges d'exploitation définies dans cette section résultent du trafic de piétons et de deux-roues, de charges d'exécution courantes d'importance mineure, de certains véhicules spécifiques (par exemple destinés à l'entretien) et de situations accidentelles. Ces charges donnent naissance à des forces verticales et horizontales, statiques et dynamiques.

(2) Les modèles de charge définis dans cette section ne décrivent pas des charges réelles. Ils ont été choisis afin que leurs effets (majoration dynamique généralement incluse) représentent les effets du trafic réel. Lorsqu'un trafic n'appartenant pas au domaine d'application de ces modèles de charge doit être pris en compte, il appartient au maître d'ouvrage de définir ou d'accepter des modèles de charge complémentaires avec les règles de combinaison associées.

(3) Les charges accidentelles dues aux impacts sont représentées par des charges statiques équivalentes.

5.2.2 Classes de chargement

Les charges sur les passerelles peuvent dépendre de leur emplacement et du passage éventuel de certains véhicules. Ces paramètres sont indépendants les uns des autres et sont envisagés dans les divers articles ci-dessous. En conséquence, il n'y a pas lieu d'établir une classification générale des passerelles.

5.2.2 - C Le modèle de charges uniformément réparties défini en 5.3.2.1 (1) est destiné à couvrir les effets d'une foule continue très dense. Le modèle défini en 5.3.2.1 (2) est destiné à couvrir les effets d'une foule qui n'est dense que par endroits, et non sur la totalité de la passerelle considérée, et devrait être le plus couramment utilisé.

En règle générale, les charges dues à la circulation de cycles sont très inférieures à celles des piétons, et les valeurs données dans la présente section sont basées sur la présence fréquente ou occasionnelle de piétons sur les pistes cyclables.

5.2.3 Application des modèles de charge

(1) Il convient d'utiliser les mêmes modèles pour le trafic de piétons et de deux-roues sur les passerelles, sur les zones de tablier des ponts-routes limitées par des garde-corps et non incluses dans la chaussée telle que définie en 1.4.2 (appelées trottoirs dans la présente Partie) et sur les passages de service des ponts-rails.

(2) Sauf spécification différente, il convient d'utiliser d'autres modèles pour les passages de service situés à l'intérieur des ponts et pour les quais des ponts-rails.

5.2.3 (2) - C Les passages de service fixés à demeure aux ponts peuvent être fixes ou déplaçables, et ils peuvent être destinés à différents usages (simples inspections visuelles et travaux légers d'entretien courant, ou opérations de surveillance et d'entretien nécessitant l'emploi de matériels spéciaux et/ou travaux concernant des canalisations empruntant les ouvrages). Il peut être également prévu que pour certaines de ces opérations il sera fait appel à des moyens de chantier autres que l'usage de ces passages. Il convient donc de spécifier pour chaque projet, en fonction des perspectives retenues, les charges d'exploitation à prendre en compte. Leurs valeurs caractéristiques ne devraient pas être inférieures à 1,5 kN/m², applicable aux emplacements les plus défavorables, ou 3 kN applicables sur une surface carrée de 0,20 m x 0,20 m (charges libres et mutuellement exclusives), valeurs qui couvrent seulement les inspections visuelles et travaux légers d'entretien courant. De même, les charges caractéristiques appliquées sur le hourdis inférieur de tabliers caissons visitables ne devraient pas être inférieures à 2 kN/m².

Il peut en règle générale être considéré que ces diverses charges ne sont cumulables avec aucune autre charge variable ou accidentelle.

(3) Pour chaque application individuelle, il convient d'appliquer les modèles de charges verticales n'importe où sur les surfaces définies en (1), de manière à obtenir l'effet le plus défavorable.

Note : en d'autres termes, ces actions sont considérées comme totalement libres (voir l'ENV 1991-1 : 1.5.3.8 et 4.1-(2)P-(ii)).

5.3 Charges verticales - Valeurs caractéristiques

5.3.1 Généralités

(1) Les charges caractéristiques sont destinées à la détermination des effets des charges de piétons et de deux-roues associés aux vérifications vis-à-vis des états-limites ultimes et à des vérifications particulières d'aptitude au service (voir l'ENV 1991-1 : 9.4.2 et 9.5.2, ainsi que les ENV 1992 à 1995).

(2) Il convient, lorsqu'il y a lieu, de considérer séparément trois modèles. Ils consistent en une charge uniformément répartie, une charge concentrée et des charges représentant des véhicules de service.

(3) Sauf spécification différente pour un projet particulier, il convient d'utiliser les valeurs caractéristiques ci-dessous à la fois pour les situations de projet durables et transitoires.

5.3.2 Modèles de charge

5.3.2.1 Charge uniformément répartie

(1) La densité de la charge uniformément répartie est la suivante :

$$q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2 \quad (5.1)$$

(2) Cependant, pour les passerelles, sauf spécification différente, il convient d'adopter les valeurs suivantes pour les travées de portée individuelle supérieure à 10 m :

$$2,5 \text{ kN/m}^2 \leq q_{fk} = 2,0 + \frac{120}{L_{sj} + 30} \leq 5,0 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{voir figure 5.1}) \quad (5.2)$$

avec :

L_{sj} portée individuelle en [m].

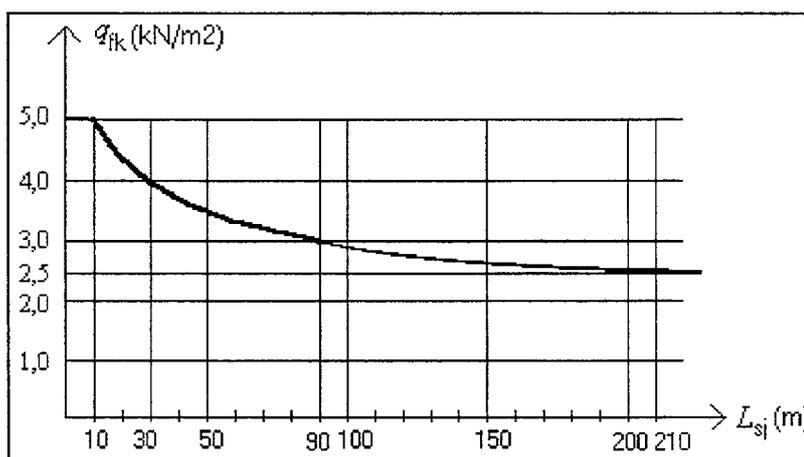


Figure 5.1 : Charge uniformément répartie en fonction de la portée

Note 1 : pour les types spéciaux de passerelles, par exemple les passerelles avec éléments porteurs inclinés, il convient de définir la portée L_{sj} pour le projet considéré. La portée peut être remplacée par la longueur d'application de la charge.

Note 2 : d'autres valeurs de q_{fk} peuvent être spécifiées pourvu qu'elles aient été définies ou acceptées par l'autorité compétente.

5.3.2.1 (2) - C La loi de dégressivité en fonction des portées individuelles a été choisie dans un but de simplification. En effet, fournir une loi de dégressivité en fonction de la longueur chargée, ce qui serait plus logique, obligerait à rechercher quelle serait la longueur chargée la plus défavorable. Rien n'empêche néanmoins de déroger à la loi proposée si on dispose de bases d'évaluation suffisantes.

(3) Pour les ponts-routes avec trottoirs ou pistes cyclables, il n'y a lieu de considérer que la valeur de 5 kN/m² (figure 5.2). Une valeur de combinaison réduite égale à 2,5 kN/m² peut également être prise en compte dans les conditions indiquées en 4.5.1.

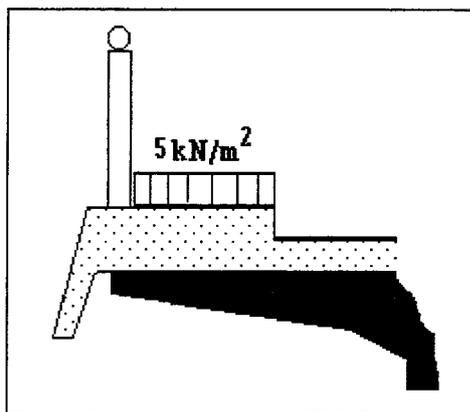


Figure 5.2

5.3.2.2 Charge concentrée

(1) La charge concentrée $Q_{f_{wk}}$ est égale à [10] kN; elle agit sur une surface carrée de [0,10] m de côté. Lorsque, dans une vérification, les effets généraux et locaux peuvent être distingués, elle n'est prise en compte que pour les effets locaux. Si, pour une passerelle, un véhicule de service tel que mentionné en 5.3.2.3 ci-dessous est spécifié, il n'y a pas lieu de prendre en compte $Q_{f_{wk}}$.

5.3.2.3 Véhicule de service

(1)P Dans le cas des passerelles, lorsque c'est spécifié par le maître d'ouvrage, un véhicule de service (ou plusieurs, à considérer séparément) doit être pris en compte.

Note : ce véhicule peut être un véhicule affecté à l'entretien, aux urgences (par exemple une ambulance, un véhicule de pompiers) ou à d'autres usages. Il appartient au maître d'ouvrage (ou à l'autorité compétente) de définir les caractéristiques du véhicule (poids et espacement des essieux, surface de contact des roues), la majoration dynamique et toutes les autres conditions de chargement appropriées. En l'absence d'information et si aucun obstacle permanent n'empêche un véhicule de parvenir sur le tablier de l'ouvrage, il est suggéré que le véhicule défini en 5.6.3(3) représente le véhicule de service (charge caractéristique); dans ce cas, il n'est pas nécessaire d'appliquer la clause 5.6.3, c'est-à-dire de considérer le même véhicule comme accidentel.

5.3.2.3 - A Les caractéristiques à donner au véhicule de service relèvent du choix du maître d'ouvrage ou doivent être soumises à son acceptation. La décision doit être coordonnée avec les règles imposées à l'admission de véhicules sur la passerelle considérée et avec une signalisation appropriée.

5.3.2.3 - C La prise en compte d'un véhicule de service est sans objet si des dispositions matérielles à caractère permanent et permettant des garanties de bonne durabilité (par exemple, présence d'escaliers) empêchent l'emprunt de la passerelle par tout véhicule.

5.4 Forces horizontales - Valeurs caractéristiques

(1) Dans le seul cas des passerelles, la valeur caractéristique de la force horizontale ($Q_{f_{hk}}$) agit le long de l'axe du tablier de l'ouvrage, au niveau de son revêtement; elle est égale à la plus grande des deux valeurs suivantes :

- [10] pour cent de la charge totale correspondant à la charge uniformément répartie (5.3.2.1(1) et (2)),
- [60] pour cent du poids total du véhicule de service, s'il y a lieu (5.3.2.3(1)P).

(2) La force horizontale est considérée comme agissant simultanément avec la charge verticale correspondante et en aucun cas avec la charge concentrée $Q_{f_{wk}}$.

Note: cette force est normalement suffisante pour assurer la stabilité horizontale longitudinale des passerelles. Elle n'assure pas la stabilité horizontale transversale, qui doit être garantie par la prise en considération d'autres actions ou par des dispositions appropriées du projet.

5.4 - C Quoiqu'évaluées comme forces de freinage, les forces horizontales spécifiées dans ce paragraphe sont essentiellement destinées à assurer la stabilité longitudinale de la structure.

5.5 Evaluation des charges de trafic sur les passerelles

(1) L'évaluation des charges de trafic sur les passerelles doit être effectuée suivant les dispositions des clauses 5.3.1 et 5.4 pour ce qui concerne les valeurs caractéristiques et, pour les autres valeurs représentatives, suivant l'annexe D.

Note: pour les composantes individuelles de l'action du trafic, les autres valeurs représentatives sont définies à l'annexe D.

5.6 Actions accidentelles sur les passerelles

5.6 - A Les décisions relatives à la prise en compte des actions accidentelles relèvent de la maîtrise de l'ouvrage, sous réserve de celles de l'autorité compétente. Les divers moyens énumérés au paragraphe 2.1 (4)P de l'EC1.1 DAN peuvent être utilisés pour parvenir à des solutions raisonnables. C'est sous cette réserve, et sous réserve des conclusions d'une analyse du risque, que les valeurs portées entre crochets en 5.6.2.1 et 5.6.3 (3) sont validées sans modification pour l'application expérimentale de cet Eurocode en France.

5.6 - C - Sereporter par ailleurs en 4.7.1 - C.

5.6.1 Généralités

(1) De telles actions ont pour cause :

- un trafic routier sous l'ouvrage (par exemple collision) ou
- la présence accidentelle d'un camion sur l'ouvrage.

Note: il convient, lorsqu'il y a lieu, de prendre en compte d'autres forces d'impact (voir 2.3), spécifiées ou acceptées par l'autorité compétente.

5.6.2 Forces d'impact des véhicules routiers sous l'ouvrage

Note 1 : les passerelles (piles et tabliers) sont généralement beaucoup plus sensibles aux forces d'impact que les ponts-routes. Il peut être irréaliste de les calculer pour la même charge d'impact. La manière la plus sûre de tenir compte des impacts consiste généralement à protéger les passerelles :

- en installant des barrières ou glissières à des distances appropriées des piles,
- en donnant aux ouvrages un tirant d'air plus important que celui des ponts-routes ou des ponts-rails voisins franchissant la même route, en l'absence d'accès intermédiaire à cette route.

Il appartient à l'autorité compétente de définir ou d'accepter les mesures à adopter.

Note 2 : voir annexe D, paragraphe D.2.1.2.

5.6.2.1 Forces d'impact sur les piles

(1) Sauf spécification différente, de même que pour les ponts-routes, en l'absence d'une analyse de risque appropriée, la force d'impact des véhicules routiers contre des piles ou des éléments porteurs d'un pont-cadre ouvert ou fermé est égale à [1000] kN dans la direction du mouvement du véhicule, ou à [500] kN perpendiculairement à cette direction; elle agit à 1,25 m au-dessus du niveau du terrain adjacent. Si c'est prescrit, il convient de spécifier les mesures de protection complémentaires ou de substitution à prendre entre la chaussée et les piles.

5.6.2.2 Forces d'impact sur les tabliers

(1) Il convient, lorsqu'il y a lieu, de prévoir dans le projet un tirant d'air vertical adéquat entre la surface du sol et l'intrados du tablier à l'aplomb. Il convient aussi d'envisager la protection des tabliers contre les impacts ou de les calculer pour qu'ils résistent aux forces d'impact.

Note : il convient d'envisager la possibilité de collision de véhicules ayant une hauteur prohibée.

5.6.3 Présence accidentelle de véhicules sur l'ouvrage

(1) P Si aucun obstacle permanent n'empêche un véhicule de parvenir sur le tablier de l'ouvrage, un chargement accidentel doit être pris en compte.

(2) Sauf spécification différente, aucune action variable n'est supposée agir simultanément avec l'action accidentelle définie ci-dessous.

(3) Sauf spécification différente, le chargement accidentel à utiliser consiste en un groupe de deux essieux de 80 et 40 kN, distants de 3 m comme indiqué par la figure 5.3, avec un entraxe (entre centres des roues) de 1,3 m et des surfaces de contact carrées de 0,20 m de côté au niveau du revêtement. La force de freinage associée à ce groupe de charges est de [60]% de la charge verticale.

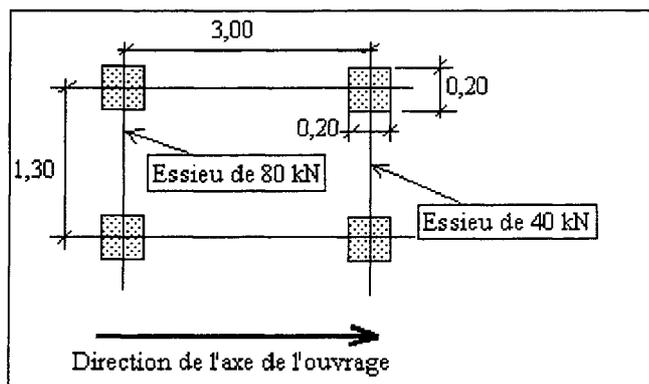


Figure 5.3 : Chargement accidentel

Note 1 : voir la Note du paragraphe 5.3.2.3(1)P.

Note 2 : il appartient à l'autorité compétente de définir ou d'accepter d'autres caractéristiques du chargement accidentel, le cas échéant.

5.7 Modèles dynamiques de charges dues aux piétons

(1) Ces modèles sont ceux à utiliser, le cas échéant, lors du calcul des bâtiments.

Note : les passerelles peuvent être mises en vibration par les usagers. Il convient de choisir les modèles appropriés pour diverses situations (piétons marchant, courant et sautant). La définition de tels modèles est envisagée par l'ENV 1991-1 et l'ENV 1991-2. Entre temps, on peut les prendre dans les règles nationales ou dans la documentation technique.

5.7 - C Lors de la publication de la présente norme expérimentale, aucun modèle dynamique n'est défini dans les Eurocodes. Il a été envisagé de définir de tels modèles dans les EC2.2, 3.2 et 5.2. Le cas échéant, après leur publication, se reporter aux ECn - DAN correspondants.

5.8 Actions sur les garde-corps

Note : voir Note en 4.8.

(1)P Pour les passerelles, les garde-corps doivent être calculés en fonction de la force linéaire définie en 4.8.1(1).

5.9 Modèles de charge sur les remblais

(1) Sauf spécification différente pour le projet considéré, la surface située en dehors de la chaussée, derrière les culées, les murs en aile, les murs en retour et les autres parties de l'ouvrage en contact avec la terre, est affectée d'une charge uniformément répartie de grandeur égale à 5 kN/m².

Note : cette charge ne couvre pas les effets des véhicules lourds de chantier ni d'autres camions habituellement utilisés pour la mise en place des remblais.

Section 6 Actions du trafic ferroviaire et autres actions spécifiques sur les ponts-rails

6 - C Les règles variantes mentionnées en 1.3 (5)P - A, publiées dans le livret 2.01 du CPC de la SNCF, portent au stade actuel essentiellement sur les points suivants.

6.2.1.3 - A La rupture de caténaire n'est pas retenue dans le livret.

6.3.2 (3) - A Le coefficient α est pris égal à 1.

6.3.5 (1) (2) (3) - I Ce paragraphe est remplacé par le paragraphe 1.3.1.7 du livret.

6.3.5.4 - I La définition des charges sur remblais est à remplacer par celle de l'article 1.3.1.6 du livret.

6.3.6 - I Ce paragraphe est à remplacer par les articles 1.4.1.1 et 1.4.1.2 (accotements) du livret.

6.4.3.1 (1) - I Les limites sont données sous forme de flèches sous poids permanent, et non de fréquences (voir livret, article 1.3.2.2.1).

De plus, la limite de flèche minimale (fréquence maximale) est arrêtée pour une longueur de 25 m.

6.4.3.2 - A Le livret retient en principe Φ_2 en faisant l'hypothèse d'un bon entretien de la voie. Dans le cas contraire, les prescriptions particulières peuvent imposer Φ_3 .

6.4.3.3 - I Le cas 5.4 du tableau des longueurs déterminantes est supprimé.

6.4.4 - A Il convient de se référer à l'article 1.3.2.3.2 du livret et non à l'annexe H de l'EC1-3.

6.5.4.2 (2) - C La limitation des longueurs dilatables figure à l'article 1.8.1.2.1 du livret.

6.5.4.3 - C1 La classification (a), (b), (c), définie en 6.5.4.1, est remplacée par celle du tableau I-8 (article 1.4.3.2) du livret ; les valeurs numériques restent les mêmes.

Dans les cases non remplies, les valeurs sont à définir dans les documents particuliers des marchés (par exemple : CPS pour la SNCF).

6.5.4.3 - C2 même commentaire qu'en 6-5-4-2 (2) ci-avant

6.5.4.4 - C Même classification que dans le 1^{er} commentaire du 6.5.4.3 ci-avant ; les valeurs numériques restent les mêmes.

6.5.4.5 - C Les prescriptions particulières des marchés imposent, le cas échéant, la prise en compte de ces actions et donnent alors les indications nécessaires.

6.7.1.3 - C Pour le moment, le livret ne définit pas de telles actions. Il existe cependant un projet de fiche (UIC 7J20) de l'Union Internationale des Chemins de Fer.

6.7.2 - A -Même amendement qu'en 6-2-1-3 ci-avant

6.8 - I Le tableau est à remplacer par le tableau I-7 de l'article 1.3.4.2 du livret.

6.8.1 et 6.8.2 - C1 Dans le livret, la notion de groupe de charges a été prolongée de manière à prendre en compte le nombre de voies chargées (article 1.3.4.2 et tableau I-7 du livret).

6.8.1 et 6.8.2 - C2 En ce qui concerne les groupes de charges relatifs à une voie chargée :

- 2 groupes ont été réunis ;
- 1 groupe a été ajouté pour SW2 ;
- des coefficients ont été simplifiés (pris égaux à 0 ou 1).

Ainsi, seul un groupe (relatif aux longerons) a un coefficient non nul pour l'effort de lacet et, par ailleurs, la notion de composante dominante n'apparaît plus, plusieurs coefficients pouvant avoir la valeur 1 (voir tableau I-7 du livret).

6.8.3 - A Les valeurs représentatives des groupes résultent de l'application au groupe pris dans son ensemble d'un coefficient ψ :

* $\psi'_1 = 1$ la notion de valeur non-fréquent n'est pas retenue ;

* $\psi_1 = 1$ voir tableau I-9 de l'article 1-7-2-1, du livret.

6.8.4 - A Actions de circulation transitoires = durables en principe (voir annexe J).

6.9 - C Des mélanges de trafic spéciaux peuvent être effectivement définis pour les lignes à trafic spécialisé (voir pour la SNCF, les documents relatifs aux lignes nouvelles TGV).

6.1 Domaine d'application

(1)P Cette section s'applique au trafic ferroviaire des grandes lignes du réseau européen, sur voies à écartement standard ou à grand écartement.

(2)P Cette section ne s'applique pas pour les actions concernant :

- (a) les chemins de fer à voie étroite
- (b) les tramways et autres voies ferrées légères
- (c) les chemins de fer historiques
- (d) les chemins de fer à crémaillère
- (e) les funiculaires

Note 1 : les charges et valeurs caractéristiques des actions de ces types de chemins de fer sont définies par l'autorité compétente.

Note 2 : les modèles de charge définis par la présente section ne décrivent pas des charges réelles. Ils ont été sélectionnés afin que leurs effets, les majorations dynamiques étant prises en compte séparément, représentent ceux du trafic réel. Lorsqu'il y a lieu de considérer un trafic échappant au domaine d'application des modèles de charge prescrits dans la présente Partie, il appartient à l'autorité compétente de définir ou d'approuver des modèles de charge alternatifs, ainsi que les règles de combinaisons correspondantes.

(3) Des exigences concernant les limites de déformation des structures supportant un trafic ferroviaire sont spécifiées, en vue de préserver la sécurité du trafic ferroviaire et d'assurer le confort des voyageurs (voir annexe G).

(4) Deux combinaisons normalisées de trafic sont données comme base de calcul de la durée de vie des structures vis-à-vis de la fatigue (voir annexe F).

(5) Le poids propre des éléments non structuraux comprend le poids d'éléments tels que, par exemple, les écrans anti-bruit et barrières de sécurité, les signaux, les canalisations et les câbles (excepté les forces dues à la tension des caténaires, leurs supports, etc.).

6.2 Représentation des actions

6.2.1 Nature des charges de trafic ferroviaire

(1) Des règles générales sont données pour le calcul des effets dynamiques associés, des forces centrifuges, des forces dues à l'effet de lacet, des forces d'accélération et de freinage et des effets aérodynamiques dus au passage du trafic ferroviaire (effets de souffle).

(2) Les actions dues aux circulations ferroviaires sont données pour :

- les charges verticales: modèle de charge 71, modèles de charge SW, train à vide
- les effets dynamiques
- les forces centrifuges
- les forces dues à l'effet de lacet
- les forces d'accélération et de freinage
- les effets aérodynamiques dus au passage des trains (effets de souffle).

(3) Les actions dues à des situations accidentelles sont données pour :

- l'effet du déraillement d'un train
- l'effet d'une rupture d'équipement caténaire
- une action accidentelle provenant du trafic routier

6.3 Charges verticales - Valeurs caractéristiques (effets statiques)

6.3.1 Généralités

(1) Les actions sont définies au moyen de modèles de charge. Deux modèles de chargements ferroviaires sont fournis; l'un pour représenter le trafic normal sur les grandes lignes (modèle de charge 71) et l'autre pour représenter les charges anormalement lourdes (modèles de charge SW).

(2) Des dispositions sont prévues pour moduler le chargement spécifié afin de tenir compte des différences de nature, de volume et de charge maximale du trafic sur différentes lignes ferroviaires, ainsi que des différentes qualités des voies.

(3)P Excentricité des charges verticales (modèle de charge 71 seulement).

L'effet d'un déplacement latéral des charges verticales doit être pris en compte en supposant que le rapport des charges de roue d'un même essieu puisse être égal à 1,25:1,00. L'excentricité résultante e apparaît sur la figure 6.1.

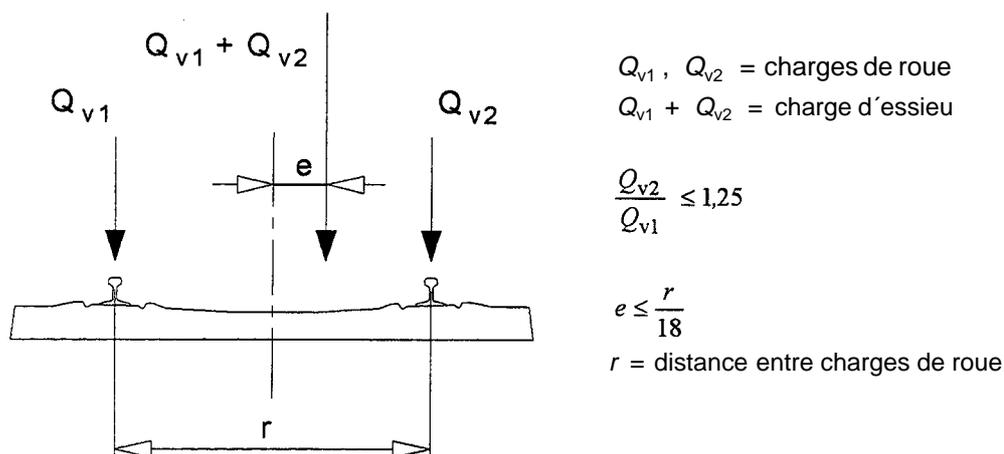


Figure 6.1 : Excentricité des charges verticales

6.3.2 Modèle de charge 71

(1) Le modèle de charge 71 représente l'effet statique d'un trafic ferroviaire normal. Il représente la charge verticale sur la voie.

(2)P La disposition des charges et les valeurs caractéristiques des charges verticales doivent être celles de la figure 6.2.

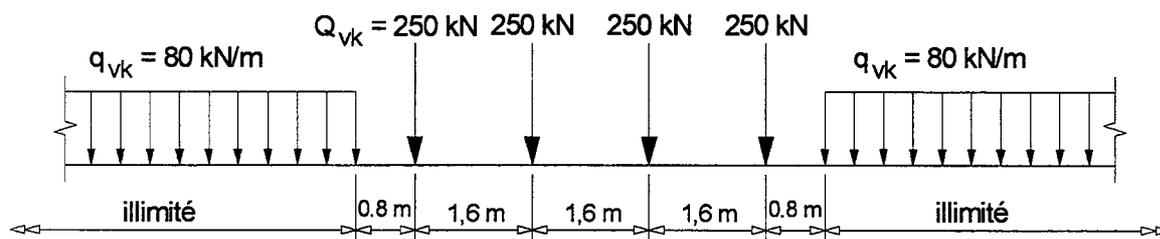


Figure 6.2 : Modèle de charge 71 et valeurs caractéristiques des charges verticales

(3)P Les valeurs caractéristiques de la figure 6.2 doivent être multipliées par un coefficient α , sur les lignes où circule un trafic ferroviaire plus lourd ou plus léger que le trafic ferroviaire normal.

Lorsqu'elles sont multipliées par le coefficient α , les charges sont appelées "charges verticales classifiées". Ce coefficient α doit être choisi parmi les valeurs suivantes :

0,75; 0,83; 0,91; 1,00; 1,10; 1,21; 1,33

Lorsqu'aucun coefficient n'est spécifié, il doit être pris égal à 1,00.

Lorsqu'un coefficient α est spécifié, les actions énumérées ci-dessous doivent être multipliées par ce même coefficient α :

- modèle de charge SW/0 pour les ponts à travées continues suivant 6.8.1(3)P,
- forces centrifuges suivant 6.5.1,
- forces d'accélération et de freinage suivant 6.5.3,
- actions accidentelles suivant 6.7.1.

Note : Il appartient à l'autorité compétente de spécifier le coefficient α .

6.3.3 Modèles de charge SW

(1) Les modèles de charge SW représentent l'effet statique des trafics ferroviaires lourds.

(2)P La disposition des charges doit être celle indiquée par la figure 6.3 et les valeurs caractéristiques des charges verticales doivent être conformes aux indications du tableau 6.1.

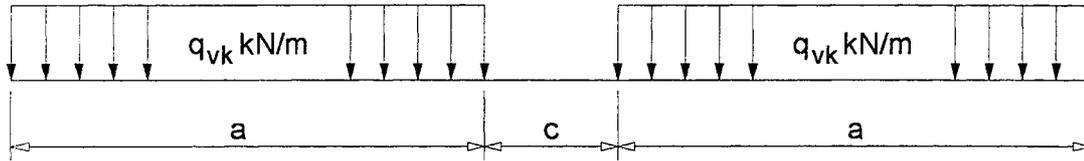


Figure 6.3 : Modèles de charge SW

Tableau 6.1 : Valeurs caractéristiques des charges verticales pour les modèles de charge SW

Classification des charges	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

(3)P Les lignes ou tronçons de lignes sur lesquels un trafic ferroviaire lourd peut s'effectuer doivent être identifiées.

Note : cette identification relève de l'autorité compétente.

6.3.4 Train à vide

Pour certaines vérifications spécifiques (voir G.2.1.1(4)P), un modèle de charge particulier, appelé "train à vide", est utilisé.

Cette action est une action verticale uniformément répartie dont la valeur nominale est de 12,5 kN/m.

6.3.5 Répartition des charges d'essieu par les rails, les traverses et le ballast

(1) Les exigences suivantes s'appliquent au modèle de charge 71 et aux modèles de charge SW.

6.3.5.1 Répartition longitudinale d'une charge de roue par le rail

(1) Une charge de roue peut être répartie sur trois supports de rail comme l'indique la figure 6.4 ci-dessous :

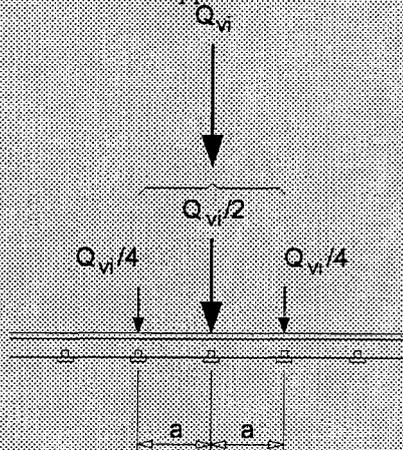


Figure 6.4 : Répartition longitudinale d'une charge de roue par le rail

Q_{vr} charge de roue
 a distance entre supports de rail

6.3.5.2 Répartition longitudinale des charges par les traverses et le ballast

(1) En règle générale, les charges d'essieu du modèle de charge 71 peuvent être uniformément réparties dans le sens longitudinal.

(2)P Cependant, pour le calcul des éléments structuraux tels que les toles de platelages et les dalles minces en béton, la répartition longitudinale de la charge sous les traverses doit être prise en compte comme l'indique la figure 6.5, dans laquelle le plan de référence est défini comme l'arase supérieure du tablier.

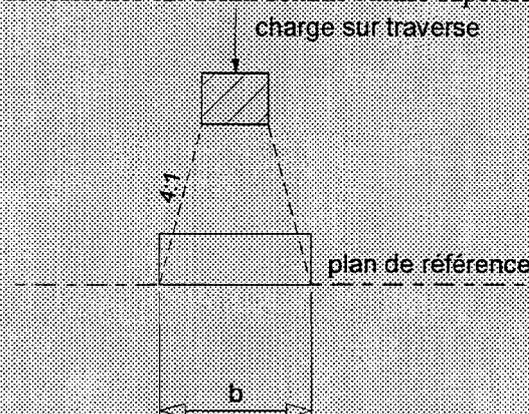


Figure 6.5 : Répartition longitudinale des charges par les traverses et le ballast

6.3.5.3 Répartition transversale des charges par les traverses et le ballast

(1) Pour les ponts avec voie ballastée sans dévers, les charges peuvent être réparties transversalement selon la figure 6.6.

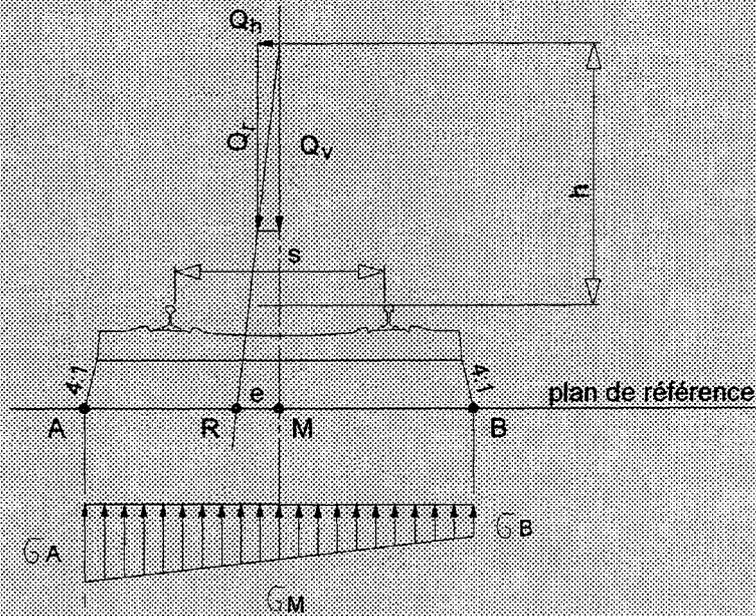


Figure 6.6 : Répartition transversale des charges par les traverses et le ballast, voie sans dévers

(2)P Lorsque l'on utilise des traverses monobloc avec un ballast compacté uniquement au droit des rails ou lorsque l'on utilise des traverses bi-bloc, il y a lieu de prendre en compte la répartition transversale des charges par les traverses et le ballast comme l'indique la figure 6.7.

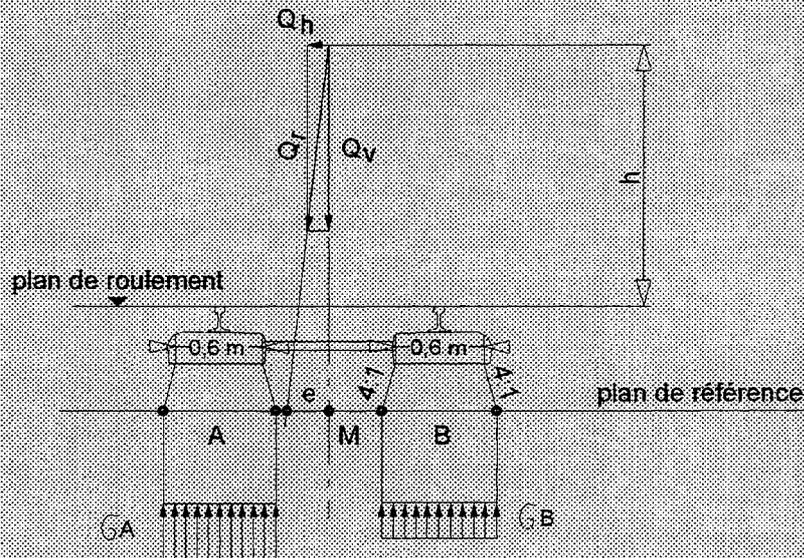


Figure 6.7 : Répartition transversale des charges par les traverses et le ballast, voie sans dévers

(3) Sur les ponts à voie ballastée en dévers, les charges peuvent être réparties transversalement comme l'indique la figure 6.8. Le calcul des charges concentrées sous les rails peut être mené comme en 6.3.5.3(2)P.

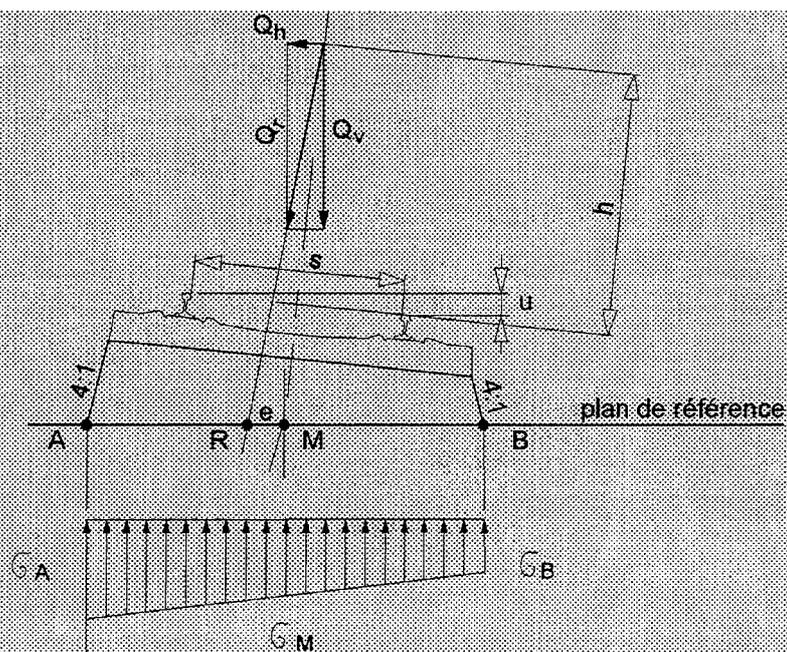


Figure 6.8 : Répartition transversale des charges par les traverses et le ballast, voies en dévers

6.3.5.4 Chargement vertical équivalent pour les remblais

(1) En l'absence de calculs plus précis, le chargement vertical équivalent pour les remblais sous voie peut être considéré comme uniformément réparti sur une largeur de 3,00 m et à un niveau de 0,70 m sous la surface de roulement de la voie.

(2) Aucun effet dynamique n'est à appliquer à la charge uniformément répartie ci-dessus.

6.3.6 Chargement des passages de service

6.3.6.1 Passages de service non accessibles au public

(1) Les passages de service non accessibles au public ne sont utilisés que par les personnes autorisées.

(2)P Les charges des piétons et des deux-roues doivent être représentées par une charge uniformément répartie de valeur caractéristique $q_{fk} = \{5\}$ kN/m². Il convient d'appliquer cette charge sur la longueur et la largeur du passage de service qui conduisent à l'effet le plus défavorable.

6.3.6.2 Passages de service accessibles au public

(1) Le chargement des passages de service accessibles au public doit être effectué conformément à la section 5.

6.4 Effets dynamiques

6.4.1 Introduction

(1) Les effets des actions et les déformations statiques d'un pont dus aux circulations sont augmentés ou diminués par les effets suivants :

- la rapidité de mise en charge due à la vitesse du trafic sur l'ouvrage et les effets d'inertie de l'ouvrage qui ne sont pas pris en compte dans les calculs statiques,
- les variations des charges de roue résultant des irrégularités des voies ou des roues,
- le passage de charges successives espacées de façon quasi régulière qui peut faire vibrer la structure et, dans certains cas, créer une résonance (lorsque la fréquence d'excitation correspond à la fréquence propre de la structure, il peut se faire que les vibrations induites par les essieux successifs parcourant l'ouvrage deviennent excessives).

(2)P Pour les calculs de structure (contraintes, flèches, etc.), ces effets doivent être pris en compte.

6.4.2 Facteurs influençant le comportement dynamique

(1) Les principaux facteurs influençant le plus le comportement dynamique sont indiqués ci-après :

- la fréquence propre de la structure,
- l'espacement des essieux,
- la vitesse du trafic sur le pont,
- l'amortissement de la structure,
- des appuis régulièrement espacés du hourdis et de la construction (entretoises, traverses, etc.),
- les défauts de roues (méplats, etc.),
- les défauts verticaux de la voie.

Ces facteurs sont pris en compte comme indiqué en 6.4.3 et 6.4.4 ci-après.

6.4.3 Coefficient dynamique Φ (Φ_2 , Φ_3)

6.4.3.1 Domaine d'application

(1)P Le coefficient dynamique tient compte de l'amplification dynamique des contraintes et de l'effet des vibrations de la structure mais pas des effets de résonance ni des vibrations excessives du tablier.

Le coefficient dynamique s'applique seulement pour des vitesses $V \leq [220]$ km/h et lorsque la fréquence propre de la structure est comprise dans les limites indiquées à la figure 6.9.

La limite supérieure de n_0 en [Hz] est prise égale à :

$$n_0 = 94,76 \times L^{-0,748}$$

La limite inférieure de n_0 est prise égale à :

$$n_0 = 80/L$$

pour $4 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$

$$n_0 = 23,58 \times L^{-0,592}$$

pour $20 \text{ m} < L \leq 100 \text{ m}$

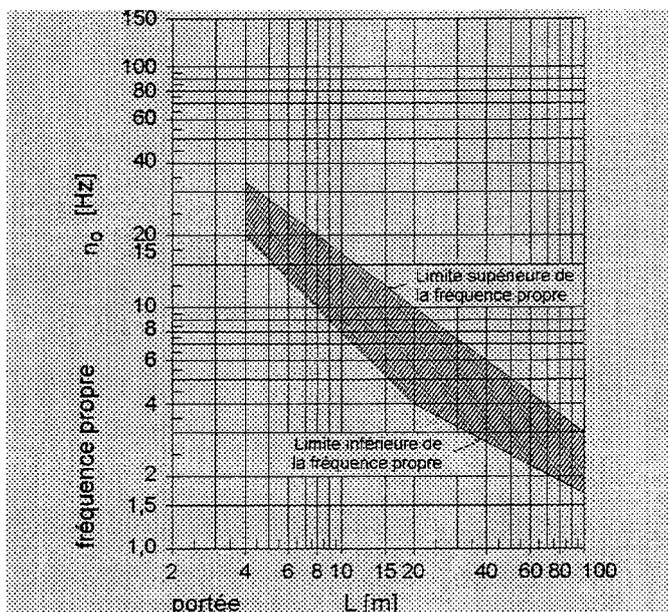


Figure 6.9 : Limites des fréquences propres n_0 en [Hz] en fonction de la portée L [en m]

(2) Pour un pont, les fréquences propres d'un élément sont celles correspondant à la déformée sous actions permanentes. Pour une structure sur appuis simples soumise à la flexion, la fréquence propre peut être obtenue par la formule suivante:

$$n_0 \text{ [Hz]} = \frac{17,75}{\sqrt{\delta_0}} \quad (6.1)$$

avec :

δ_0 flèche à mi-portée résultant des actions permanentes, [en mm]

Note : Pour les ponts en béton, δ_0 se calcule à l'aide d'un module instantané, suivant la durée de chargement correspondant au passage du train.

6.4.3.2 Coefficient dynamique Φ

(1)P Le coefficient dynamique Φ qui amplifie les contraintes statiques et les flèches dues au modèle de charge 71 est pris égal à Φ_2 ou Φ_3 , suivant les cas, comme indiqué ci-après :

(a) pour une voie soigneusement entretenue :

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,82 \quad (6.2)$$

avec: $1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$

(b) pour une voie normalement entretenue :

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad (6.3)$$

avec: $1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,0$

et avec :

L_Φ (longueur associée à Φ) est la longueur "déterminante" [en m] définie au tableau 6.2

Note : les coefficients dynamiques ont été établis pour des poutres sur appuis simples. La longueur L_Φ permet à ces coefficients d'être utilisés pour d'autres éléments structuraux avec d'autres conditions d'appui.

(2)P Il convient de spécifier le coefficient dynamique à utiliser. Si aucun coefficient n'est spécifié, Φ_3 doit être adopté.

Note : il appartient à l'autorité compétente de spécifier le coefficient dynamique.

(3)P Ce coefficient dynamique doit être aussi utilisé pour les modèles de charge SW.

6.4.3.3 Longueurs déterminantes L_Φ

(1)P Les longueurs déterminantes L_Φ à utiliser sont données par le tableau 6.2 ci-dessous :

(2) Lorsque dans un élément structural, la contrainte résultante dépend de plusieurs termes, chacun d'entre eux se rapportant à une composante structurale distincte, il convient de calculer chaque terme en utilisant la longueur déterminante appropriée.

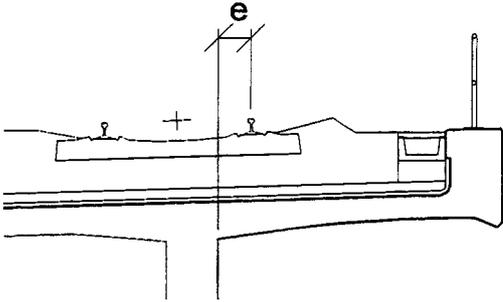
Tableau 6.2 : Longueurs déterminantes L_{Φ}

Cas	Elément structural	Longueur déterminante L_{Φ}
Tablier en acier en caisson avec lit de ballast (dalle orthotrope) (pour contraintes locales)		
1	Tablier avec nervures longitudinales et transversales	
	1.1 Tole de platelage (pour les deux directions)	3 fois l'espacement des entretoises
	1.2 Nervures longitudinales (y compris les petits encorbellements jusqu'à 0,5 m) (*)	3 fois l'espacement des entretoises
2	1.3 Entretoises courantes et d'extrémité	2 fois la longueur des entretoises
	Tablier avec entretoises seulement	
	2.1 Tole de platelage (pour les deux directions)	2 fois l'espacement des entretoises + 3 m
	2.2 Entretoises courantes	2 fois la longueur des entretoises
	2.3 Entretoises d'extrémité	Longueur des entretoises
Tablier en acier à poutres, à pose de voie directe(**) (pour contraintes locales)		
3	3.1 Longerons	
	- comme éléments d'un système de poutres croisées	3 fois l'espacement des entretoises
	- comme poutres simplement appuyées	L'espacement des entretoises + 3 m
	3.2 Porte-à-faux de longerons, entretoises d'extrémité	$\Phi_3 = 2,0$ sauf spécification différente
	3.3 Entretoises courantes	2 fois la longueur des entretoises

(*) En général, tous les encorbellements dépassant 0,50 m et supportant des actions ferroviaires nécessitent une étude particulière.

(**) Il est recommandé d'appliquer Φ_3 pour les tabliers à pose de voie directe.

Tableau 6.2 (suite)

Cas	Élément structural	Longueur déterminante L_{Φ}
Tablier en béton avec lit de ballast (pour contraintes locales et transversales)		
4	4.1 Hourdis des poutres-caissons ou membrure supérieure des poutres principales - portées perpendiculaires aux poutres maîtresses - portées dans le sens longitudinal. - encorbellements transversaux supportant des charges ferroviaires	3 fois la portée du hourdis 3 fois la portée du hourdis ou longueur déterminante des poutres principales la plus faible de ces deux valeurs :  - $e \leq 0,5 \text{ m}$: 3 fois la distance entre les âmes - $e > 0,5 \text{ m}$: voir (*)
	4.2 Hourdis continu sur entretoises (dans le sens des poutres principales)	2 fois l'espacement des entretoises
	4.3 Dalle de pont à poutres latérales : - portée perpendiculaire aux poutres maîtresses, - portée dans le sens longitudinal	2 fois la portée de la dalle 2 fois la portée de la dalle ou la longueur déterminante des poutres principales, la plus faible de ces deux valeurs.
	4.4 Dalle à poutrelles métalliques enrobées, sens transversal	2 fois la longueur déterminante dans le sens longitudinal
	4.5 Encorbellements longitudinaux de hourdis	- $e \leq 0,5 \text{ m}$: $\Phi_2 = 1,67$ - $e > 0,5 \text{ m}$: voir (*)

(*) En général, tous les encorbellements dépassant 0,50 m et supportant des actions ferroviaires nécessitent une étude particulière. Les encorbellements doivent être calculés en considérant l'accélération du pont. Une analyse dynamique complète doit être effectuée avec les caractéristiques des véhicules modélisées avec précision.

Tableau 6.2 (suite)

Cas	Élément structural	Longueur déterminante L_{Φ}								
Poutres principales										
5	5.1 Poutres et dalles sur appuis simples (y compris poutrelles métalliques enrobées)	Portée dans la direction des poutres principales								
	5.2 Poutres et dalles continues sur n travées avec $L_m = 1/n (L_1 + L_2 + \dots + L_n)$	$L_{\Phi} = k \times L_m$ mais pas inférieur à $\max L_i$ ($i = 1, \dots, n$) <table style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">$n = 2$</td> <td style="padding: 0 10px;">3</td> <td style="padding: 0 10px;">4</td> <td style="padding: 0 10px;">≥ 5</td> </tr> <tr> <td style="border-top: 1px solid black; padding: 0 10px;">$k = 1,2$</td> <td style="border-top: 1px solid black; padding: 0 10px;">$1,3$</td> <td style="border-top: 1px solid black; padding: 0 10px;">$1,4$</td> <td style="border-top: 1px solid black; padding: 0 10px;">$1,5$</td> </tr> </table>	$n = 2$	3	4	≥ 5	$k = 1,2$	$1,3$	$1,4$	$1,5$
	$n = 2$	3	4	≥ 5						
	$k = 1,2$	$1,3$	$1,4$	$1,5$						
	5.3 Ponts-portiques - à travée simple	les considérer comme une poutre continue à trois travées (utiliser 5.2, avec les longueurs verticales et horizontales des éléments du portique)								
- à travées multiples	les considérer comme une poutre continue à travées multiples (utiliser 5.2, avec longueurs des éléments verticaux d'extrémité et des éléments horizontaux)									
5.4 Traverses et autres éléments de cadres fermés pour une ou plusieurs voies (passage inférieur: hauteur libre < 3 m, ouverture libre < 6 m)	$\Phi_2 = 1,10$, $\Phi_3 = 1,15$									
5.5 Structure en arc, poutres de rigidité de ponts bow-string	demi-portée									
5.6 Voûtes, séries de voûtes sous remblais	deux fois l'ouverture libre									
5.7 Suspentes (reliées aux poutres de rigidité)	4 fois l'espacement longitudinal des suspentes									
5.8 Structures supportant plus d'une voie	Le cas échéant, si c'est justifié, la majoration dynamique peut être réduite.									
Note : la réduction de majoration dynamique relève de l'autorité compétente.										
Appuis structuraux										
6	Poteaux, chevêtres, appareils d'appui, articulations, ancrages ainsi que pour le calcul des pressions de contact sous les appareils d'appui	longueur déterminante des éléments supportés								

6.4.3.4 Effets dynamiques réduits

(1) Dans le cas des ponts voûtés et des ponts en béton de tous types avec une couverture supérieure à 1,00 m, $\Phi_{2,3}$ peuvent être réduits comme suit :

$$red \Phi_{2,3} = \Phi_{2,3} - \frac{h - 1,00}{10} \geq 1,0 \quad (6.4)$$

avec :

h en [m] = épaisseur de couverture incluant le ballast jusqu'à l'arase supérieure de la traverse (pour les ponts voûtés, jusqu'au sommet de l'extrados).

(2) Les calculs des poteaux présentant un élancement (longueur de flambement/rayon de giration) < 30, des culées, des fondations, des murs de soutènement et des pressions du sol peuvent être effectués sans tenir compte des effets dynamiques.

6.4.4 Effets dynamiques lorsqu'il existe un risque de résonance ou de vibration excessive de la structure

(1)P Lorsque les caractéristiques de la structure sont telles que celle-ci se trouve hors des limites spécifiées par la figure 6.9 ou si la vitesse du trafic est supérieure à [220] km/h, il existe un risque d'apparition de résonance ou de vibration excessive du tablier (avec un dépassement des limites autorisées d'accélération, de rotation d'extrémité de la structure, de torsion du tablier, etc.).

Ces effets dynamiques ne sont pas couverts par les coefficients dynamiques spécifiés en 6.4.3.2(1)P et des calculs complémentaires détaillés doivent être effectués.

Note : des indications concernant ces calculs sont données à l'annexe H.

6.5 Forces horizontales - Valeurs caractéristiques

6.5.1 Forces centrifuges

(1)P Lorsque la voie d'un pont est courbe sur la totalité ou sur une partie de sa longueur, la force centrifuge et le dévers de la voie doivent être pris en compte.

(2)P Les forces centrifuges doivent être considérées comme agissant vers l'extérieur suivant une direction horizontale, à une hauteur de 1,80 m au-dessus de la surface de roulement (voir figure 1.1).

(3)P Les calculs doivent être élaborés en considérant la vitesse maximale compatible avec le tracé de la ligne. Dans le cas des modèles de charge SW, une vitesse de 80 km/h doit être considérée.

(4)P La valeur caractéristique de la force centrifuge doit être déterminée selon la formule suivante:

$$\begin{aligned} Q_{tk} &= \frac{v^2}{g \times r} (f \times Q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f \times Q_{vk}) \\ q_{tk} &= \frac{v^2}{g \times r} (f \times q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f \times q_{vk}) \end{aligned} \quad (6.5)$$

avec :

Q_{tk}, q_{tk}	valeurs caractéristiques des forces centrifuges, en [kN, kN/m]
Q_{vk}, q_{vk}	valeurs caractéristiques des charges verticales spécifiées en 6.3
f	coefficient de réduction (voir ci-dessous)
v	vitesse maximale spécifiée en [m/s]
V	vitesse maximale spécifiée en [km/h]
g	accélération de la pesanteur [9,81 m/s ²]
r	rayon de courbure en [m]

Dans le cas d'une courbe à rayon de courbure variable, des valeurs moyennes appropriées peuvent être affectées à r .

(5)P La force centrifuge doit toujours être combinée avec la charge verticale. La force centrifuge n'est pas affectée des coefficients dynamiques Φ_2 ou Φ_3 .

(6)P Pour le modèle de charge 71 et des vitesses projetées supérieures à 120 km/h, deux cas doivent être considérés :

(a) Le modèle de charge 71 avec son coefficient dynamique et la force centrifuge correspondant à $V = 120$ km/h selon l'équation (6.5), avec $f = 1$.

(b) Un modèle de charge 71 réduit ($f \times Q_{vk}, f \times q_{vk}$) et la force centrifuge selon l'équation 6.5 pour la vitesse maximale V spécifiée, avec la valeur suivante du coefficient réducteur f :

$$f = \left[1 - \frac{V - 120}{1000} \left(\frac{814}{V} + 1,75 \right) \left(1 - \sqrt{\frac{2,88}{L_f}} \right) \right] \quad (6.6)$$

avec :

L_f longueur d'influence en (m) de la partie chargée de la voie courbe du pont, la plus défavorable pour le calcul des éléments structuraux considérés

V vitesse maximale spécifiée

$f = 1$ pour $V \leq 120$ km/h ou $L_f \leq 2,88$ m

$f < 1$ pour 120 km/h $< V \leq 300$ km/h)
 (voir tableau 6.3 ou figure 6.10)) et $L_f > 2,88$ m

$f(V) = f(300)$ pour $V > 300$ km/h)

Tableau 6.3 : Coefficients f pour le modèle de charge 71

L_f [m]	Vitesse maximale sur la ligne en [km/h]				
	≤ 120	160	200	250	≥ 300
$\leq 2,88$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98
4	1,00	0,96	0,93	0,90	0,88
5	1,00	0,93	0,89	0,84	0,81
6	1,00	0,92	0,86	0,80	0,75
7	1,00	0,90	0,83	0,77	0,71
8	1,00	0,89	0,81	0,74	0,68
9	1,00	0,88	0,80	0,72	0,65
10	1,00	0,87	0,78	0,70	0,63
12	1,00	0,86	0,76	0,67	0,59
15	1,00	0,85	0,74	0,63	0,55
20	1,00	0,83	0,71	0,60	0,50
30	1,00	0,81	0,68	0,55	0,45
40	1,00	0,80	0,66	0,52	0,41
50	1,00	0,79	0,65	0,50	0,39
60	1,00	0,79	0,64	0,49	0,37
70	1,00	0,78	0,63	0,48	0,36
80	1,00	0,78	0,62	0,47	0,35
90	1,00	0,78	0,62	0,47	0,34
100	1,00	0,77	0,61	0,46	0,33
≥ 150	1,00	0,76	0,60	0,44	0,31

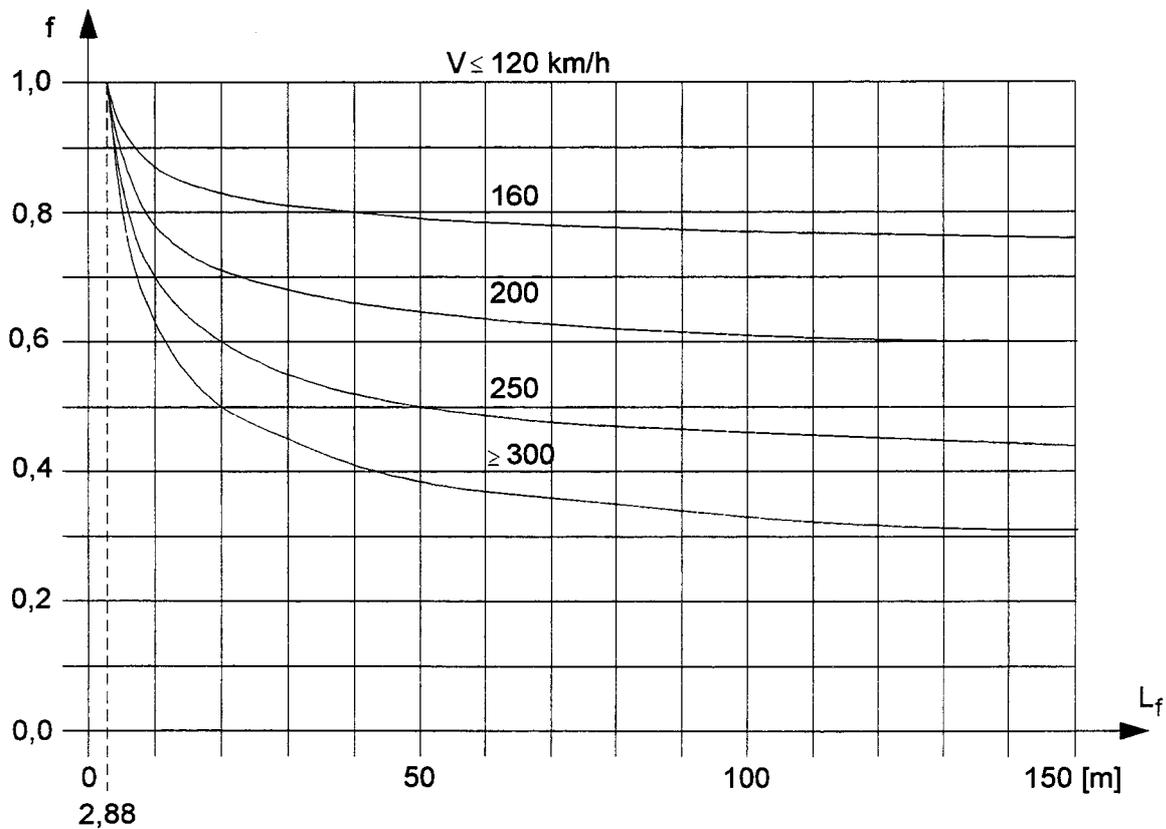


Figure 6.10 : Coefficients f pour le modèle de charge 71

(7)P De plus, pour les ponts situés dans une courbe, le cas de charge spécifié en 6.3.2, et en 6.3.3 si ce dernier paragraphe est applicable, doit être considéré également sans force centrifuge ($V = 0$).

(8)P Les forces centrifuges doivent être déterminées à partir de l'équation (6.5) à l'aide des charges verticales classifiées (voir 6.3.2(3)P) avec :

$\alpha \times$ modèle de charge 71 quand $\alpha < 1$

ou

$1,0 \times$ modèle de charge 71 quand $\alpha \geq 1$.

Les forces centrifuges dépendent de la vitesse maximale spécifiée pour la ligne ferroviaire considérée et sont affectées du coefficient de réduction f donné par l'équation (6.6).

6.5.2 Effort de lacet

(1)P L'effort de lacet doit être considéré comme une force concentrée agissant horizontalement, au niveau supérieur des rails, perpendiculairement à l'axe de la voie. Il doit être appliqué aussi bien sur les voies en alignement que sur les voies en courbe.

(2)P La valeur caractéristique de l'effort de lacet doit être prise égale à $Q_{sk} = 100$ kN. Elle ne doit pas être multipliée par le coefficient α (voir 6.3.2(3)P) ni par le coefficient f (voir 6.5.1(6)P).

(3)P L'effort de lacet doit toujours être combiné avec une charge verticale.

6.5.3 Actions dues à l'accélération et au freinage

(1)P Les forces d'accélération et de freinage agissent au niveau supérieur des rails, dans le sens longitudinal de la voie. Elles doivent être considérées comme uniformément réparties sur la longueur d'influence L_f de la sollicitation de l'élément structural considéré.

(2)P Leurs valeurs caractéristiques sont les suivantes :

Force d'accélération : $Q_{Iak} = 33 \text{ [kN / m]} L \text{ [m]} \leq 1000 \text{ [kN]}$ (6.7)
 pour le modèle de charge 71
 et les modèles de charge SW

Force de freinage : $Q_{Ibk} = 20 \text{ [kN / m]} L \text{ [m]} \leq 6000 \text{ [kN]}$ (6.8)
 pour les modèles de charge 71 et SW/0

$Q_{Ibk} = 35 \text{ [kN / m]} L \text{ [m]}$ (6.9)
 pour le modèle de charge SW/2

Note : pour les modèles de charge SW/0 et SW/2, seules les parties de la structure chargées comme l'indiquent la figure 6.3 et le tableau 6.1 doivent être prises en compte.

3) Ces valeurs caractéristiques sont applicables à tous les types de voies, c'est-à-dire aussi bien pour les longs rails soudés que pour les rails éclissés, avec ou sans dispositifs de dilatation.

(4) Pour les lignes à trafic spécialisé (par exemple celles réservées au trafic voyageurs à grande vitesse), on peut considérer des forces d'accélération et de freinage égales à 25 % de la somme des charges d'essieux (trains réels) exercées sur la longueur d'influence de la sollicitation de l'élément structural considéré, avec une valeur maximale de 1000 kN pour Q_{lak} et de 6000 kN pour Q_{lbk} .

(5)P Les forces d'accélération et de freinage doivent être combinées avec les charges verticales correspondantes.

(6) Lorsque la voie est continue à l'une ou aux deux extrémités du pont, seule une partie de la force d'accélération ou de freinage est transmise aux appuis par le tablier, le reste de la force étant transmis par la voie à la plate-forme à l'arrière des culées. La proportion de force transmise par le tablier aux appuis est indiquée en 6.5.4.4

6.5.4 Application des actions longitudinales

6.5.4.1 Généralités et principes

(1) Lorsque les rails sont continus à la transition pont-remblai à l'une ou aux deux extrémités de l'ouvrage, une partie des actions longitudinales dues à l'accélération ou au freinage est reprise par la (ou les) plate(s)-forme(s) contigüe(s) à la (aux) culée(s) là où les rails sont continus, le reste de ces actions étant transmis aux appuis du pont. De même, lorsque les rails sont continus et empêchent le libre mouvement du tablier, les variations thermiques entre les rails et le tablier ou bien le mouvement du tablier induisent une action longitudinale sur les appuis du pont.

(2)P Les actions longitudinales de l'alinéa 6.5.4.1(1) doivent également être prises en compte dans le calcul des appareils d'appui, des appuis et des fondations du pont. De la même manière, les actions longitudinales doivent être prises en considération lors du calcul de la superstructure.

(3)P Les cas suivants doivent être considérés lors du calcul des actions longitudinales :

- accélération et freinage des trains
- effets thermiques
- déformation de la structure due aux actions verticales
- retrait et fluage des structures en béton.

(4)P Lorsque la voie est équipée d'un dispositif de dilatation à chaque extrémité de la structure, toutes les actions longitudinales doivent être reprises par les appareils d'appuis (ainsi que par les appuis et les fondations).

(5) Les structures portant des rails peuvent généralement être classées comme suit :

- (a) structures constituées d'une travée simple ou de travées continues avec un appui fixe à une extrémité,
- (b) structures à travées continues dont l'appui fixe n'est pas disposé à une extrémité,
- (c) structures constituées d'une succession de travées simples, chacune comportant un appui fixe à une extrémité.

(6)P Les valeurs des actions longitudinales transmises à la structure doivent être calculées en tenant compte de la résistance de la voie au déplacement longitudinal et de la rigidité de la structure, à l'aide d'un modèle semblable à celui de la figure 6.11. Les valeurs à utiliser pour la résistance de la voie et pour les forces supplémentaires dans le rail doivent être spécifiées, de même que le déplacement relatif maximal admissible entre les rails et le tablier.

Note : les différentes valeurs à utiliser doivent être spécifiées par l'autorité compétente.

(7) La rigidité de la structure est la résistance totale du tablier au déplacement longitudinal qui peut être mobilisée par l'infrastructure au niveau des appareils d'appui. Elle doit tenir compte de la déformation de flexion et de la translation des appuis au droit de chaque appareil, ainsi que de la rotation des fondations.

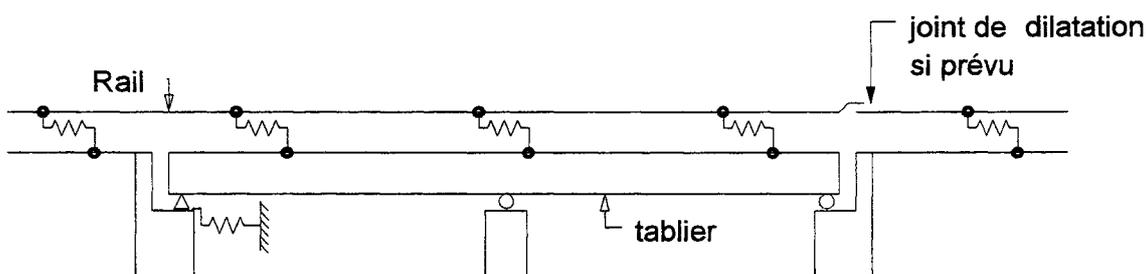


Figure 6.11 : Modèle pour les structures définies en (5)(a)

6.5.4.2 Evaluation des actions longitudinales

(1)P Pour les classes de structures définies en 6.5.4.1(5)(a) et 6.5.4.1(5)(b), l'évaluation des actions transmises à la structure doit être élaborée à partir :

- des coefficients du tableau 6.4 pour l'accélération et le freinage,
- des équations 6.10, 6.11 et 6.12 pour les effets thermiques,

lorsque les conditions spécifiées en 6.5.4.2(2)P sont remplies.

Pour la classe de structures définie en (5)(c), il est nécessaire de faire un calcul particulier des forces longitudinales tel que décrit en 6.5.4.1(6)P.

(2)P Les conditions spécifiées sont les suivantes :

(a) Si la voie est continue (c'est-à-dire sans dispositif de dilatation), la longueur de dilatation de la structure doit être limitée comme suit :

- 60 m pour les structures métalliques supportant une voie ballastée,
- 90 m pour les structures en béton ou mixtes supportant une voie ballastée.

La longueur de dilatation (L_T) est la distance entre le centre thermique et l'extrémité opposée du tablier (pour les structures de classe (5)(a), il s'agit en général de la longueur totale de la structure, le centre thermique étant proche de l'appui fixe).

(b) Sauf spécification différente, la valeur minimale de la rigidité de la voie à prendre en compte est de 12 kN/m pour une voie non chargée et de 25 kN/m pour une voie chargée.

Note : cette rigidité de voie concerne une voie constituée de rails UIC 54 ou UIC 60. L'autorité compétente peut donner d'autres spécifications.

(c) Les variations de température par rapport à une température initiale de 10°C n'excèdent pas $\pm 35^\circ\text{C}$ pour le tablier et $\pm 50^\circ\text{C}$ pour les rails; la différence de température entre le tablier et les rails n'excède pas $\pm 20^\circ\text{C}$.

(d) Le déplacement du tablier doit être limité à 5 mm sous les actions d'accélération ou de freinage multipliées par les coefficients du tableau 6.4. Lorsque la voie est équipée d'un dispositif de dilatation à chaque extrémité du pont, le déplacement doit être limité à 30 mm.

6.5.4.3 Actions longitudinales dues aux variations de température

Note : Ces actions ne sont pas des "actions de trafic"; elles seront développées dans la Partie 2.5 de l'ENV 1991; elles ont été introduites dans le présent article dans un but de simplification.

(1)P Pour les ponts portant une voie ballastée continue aux deux extrémités du tablier et ayant un appui fixe à l'une des extrémités, la valeur caractéristique de l'action longitudinale à prendre en compte au niveau des appareils d'appui est :

$$F_{Tk} = \pm 8 L_T \quad \text{en [kN] par voie} \quad (6.10)$$

pour les structures de classe (5)(a)

avec :

L_T longueur de dilatation en m définie en 6.5.4.2(2)P(a).

Pour les ponts portant une voie ballastée continue aux deux extrémités du tablier et ayant un appui fixe non situé à une extrémité, la valeur caractéristique de l'action longitudinale à prendre en compte au niveau des appareils d'appui est :

$$F_{Tk} = \pm 8 (L_2 - L_1) \quad \text{en [kN] par voie} \quad (6.11)$$

pour les structures de classe (5)(b)

avec :

L_1 et L_2 suivant la figure 6.12.

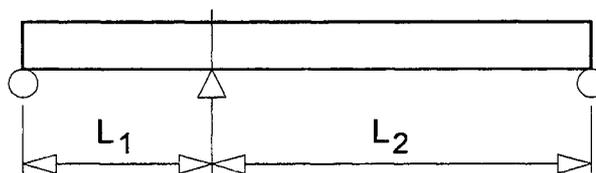


Figure 6.12 : Tablier avec appareil d'appui fixe non situé à une extrémité

(2)P Pour les ponts portant une voie ballastée équipée d'un dispositif de dilatation à l'extrémité du tablier libre de se déplacer et continue au droit de l'appui fixe situé à l'autre extrémité (structures de classe (5)(a)), la valeur caractéristique de l'action longitudinale à prendre en compte au niveau des appareils d'appui est :

$$F_{Tk} = \pm (400 + 5 L_\gamma) \text{ en [kN] par voie} \quad (6.12)$$

Cette force est limitée à 1100 kN par voie.

(3) Pour tout pont sur lequel la voie est équipée de dispositifs de dilatation aux deux extrémités du tablier :

$$F_{Tk} = 0 \quad (6.13)$$

6.5.4.4 Actions longitudinales dues à l'accélération et au freinage

(1)P Pour les ponts portant une voie ballastée, continue ou bien équipée d'un dispositif de dilatation à l'une des extrémités, l'action caractéristique d'accélération/freinage transmise par le tablier aux appareils d'appui (F_{bk}) est l'action totale appliquée aux rails du pont (Q_{lak} ou Q_{lbk}), multipliée par le coefficient du tableau 6.4.

Tableau 6.4 : Coefficients pour les actions d'accélération/freinage reprises par la structure (structures de classes (5)(a) et (5)(b))

Longueur totale de la structure [m]	Voie continue	Dispositif de dilatation à une extrémité
	Voie simple ou double	Voie simple ou double
30	0,5	
60	0,5	0,6
90	0,6	0,65
120	0,7	0,70
150	0,75	0,75
180		0,80
210		0,85
240		0,90
270		0,90
300		0,90

(2) Pour les ponts portant une voie équipée d'un dispositif de dilatation aux deux extrémités du tablier:

$$F_{bk} = Q_{lak}, Q_{lbk} \quad (6.14)$$

6.5.4.5 Actions longitudinales dues à la déformation de la structure

(1)P Les ponts pour lesquels ces actions sont à calculer doivent être spécifiés. Les effets du trafic doivent être considérés individuellement au droit de chaque appui et un calcul particulier doit être effectué pour chaque structure.

Note : les ponts concernés doivent être spécifiés en accord avec l'autorité compétente.

6.6 Effets de souffle dus au passage des circulations (effets aérodynamiques)

6.6.1 Généralités

(1) Le passage des circulations ferroviaires soumet toute structure située près de la voie à une onde de pression/dépression (voir figures 6.13 et 6.14).

L'intensité de cette action dépend principalement des paramètres suivants :

- (a) le carré de la vitesse du train,
- (b) la forme aérodynamique du train,
- (c) la forme de la structure,
- (d) la position, en particulier la distance entre la structure et la voie.

(2) Lors des vérifications aux états-limites ultimes et à la fatigue, les actions peuvent être approchées par des charges équivalentes en tête et en queue du train.

(3) Les charges équivalentes sont considérées comme les valeurs caractéristiques des actions.

6.6.2 Surfaces verticales simples parallèles à la voie (par exemple, écrans anti-bruit)

(1)P Les valeurs caractéristiques des actions, $\pm q_{1k}$, sont données par la figure 6.13.

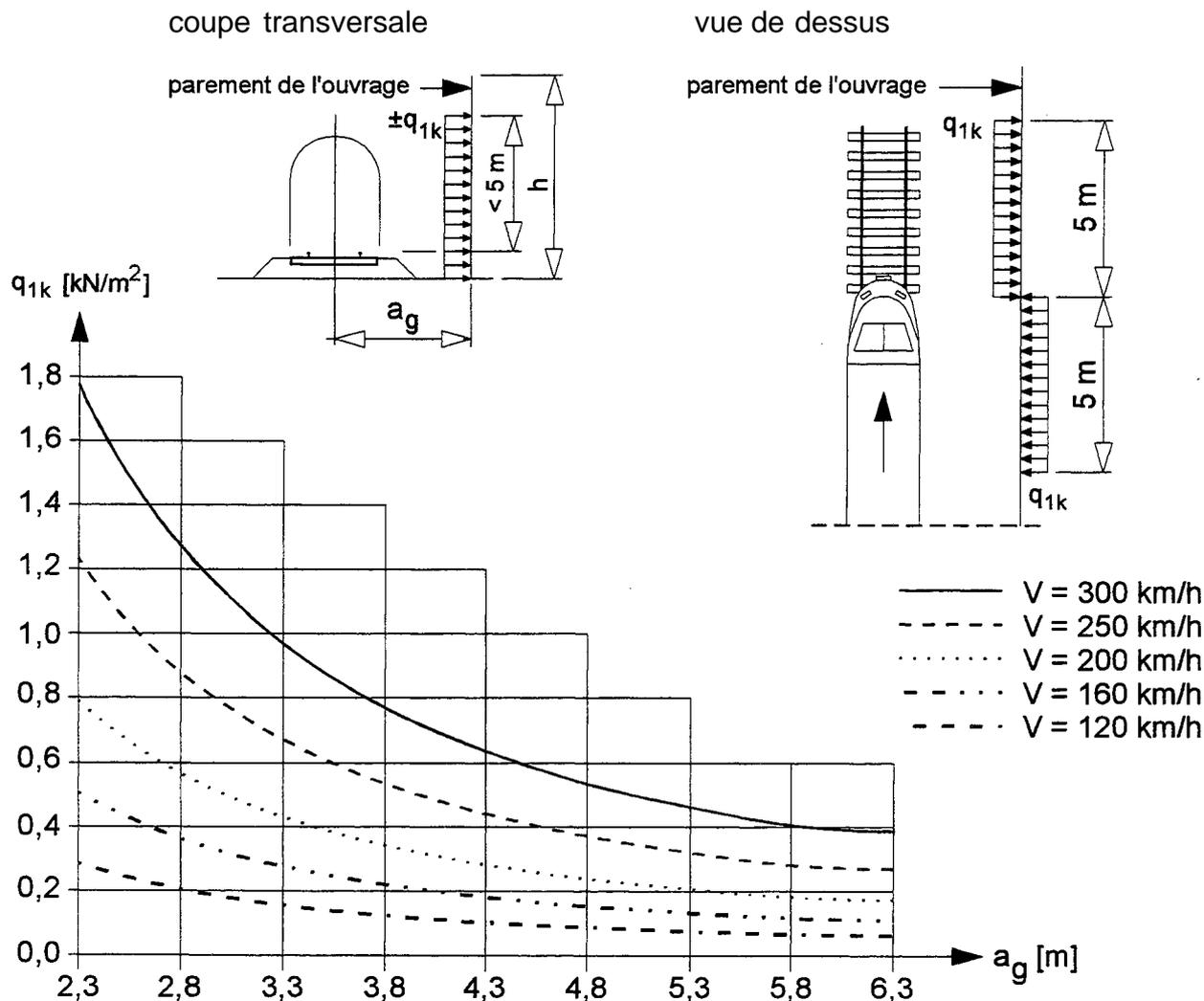


Figure 6.13 : Valeurs caractéristiques des actions q_{1k} pour des surfaces verticales simples parallèles à la voie

(2) Les valeurs caractéristiques s'appliquent aux trains dont la forme aérodynamique est défavorable; elles peuvent être réduites par :

- un coefficient $k_1 = 0,85$ pour les trains dont les voitures ont des surfaces extérieures lisses,
- un coefficient $k_1 = 0,6$ pour les trains dont les voitures ont une forme profilée (par exemple les ETR, ICE, TGV).

(3)P Si la hauteur d'un élément structural (ou d'une partie de son aire d'influence) est inférieure ou égale à 1,00 m ou si sa largeur est inférieure ou égale à 2,50 m, les actions q_{1k} doivent être multipliées par un coefficient $k_2 = 1,3$.

6.6.3 Surfaces horizontales simples au-dessus de la voie (par exemple auvent de protection caténaire)

(1)P Les valeurs caractéristiques des actions, $\pm q_{2k}$, sont données sur la figure 6.14.

(2)P La largeur chargée, pour l'élément structural considéré, s'étend jusqu'à 10 m de part et d'autre de l'axe de la voie.

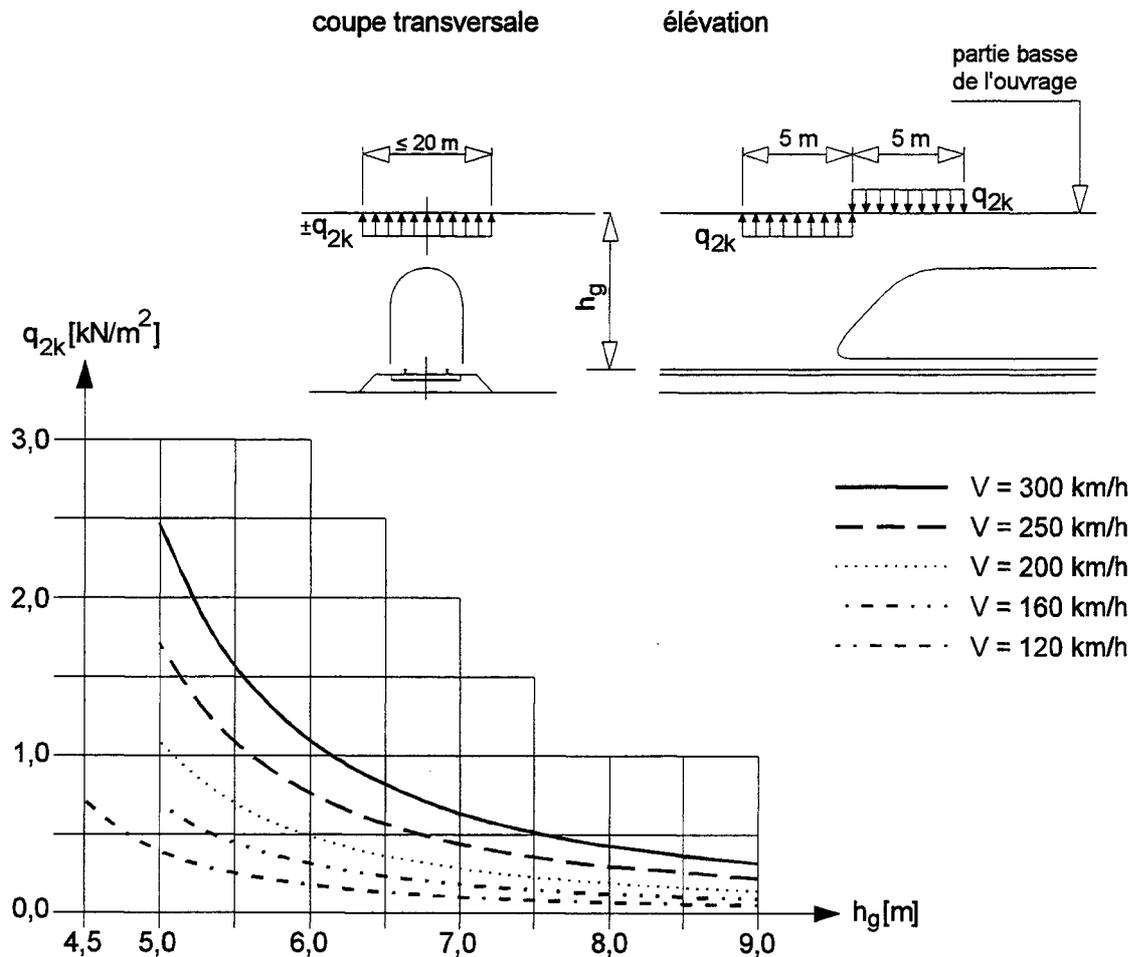


Figure 6.14 : Valeurs caractéristiques des actions q_{2k} pour des surfaces horizontales simples au-dessus de la voie

(3)P Pour les trains qui se croisent, les actions doivent s'additionner. Deux voies seulement sont à prendre en compte.

(4) Les actions q_{2k} peuvent être réduites par application du coefficient k_1 défini en 6.6.2.

(5) Les actions s'exerçant sur les bandes latérales d'ouvrages enjambant la voie peuvent être réduites par un coefficient de 0,75 sur une largeur maximale de 1,50 m.

6.6.4 Surfaces horizontales simples contiguës à la voie (par exemple les abris de quais)

(1)P Les valeurs caractéristiques des actions, $\pm q_{3k}$, sont données par la figure 6.15 ; elles s'appliquent indépendamment de la forme aérodynamique du train.

(2)P q_{3k} doit être déterminé en tout point des surfaces à calculer en fonction de la distance a_g à la voie la plus proche. S'il existe des voies de part et d'autre de l'élément structural considéré, les actions s'additionnent.

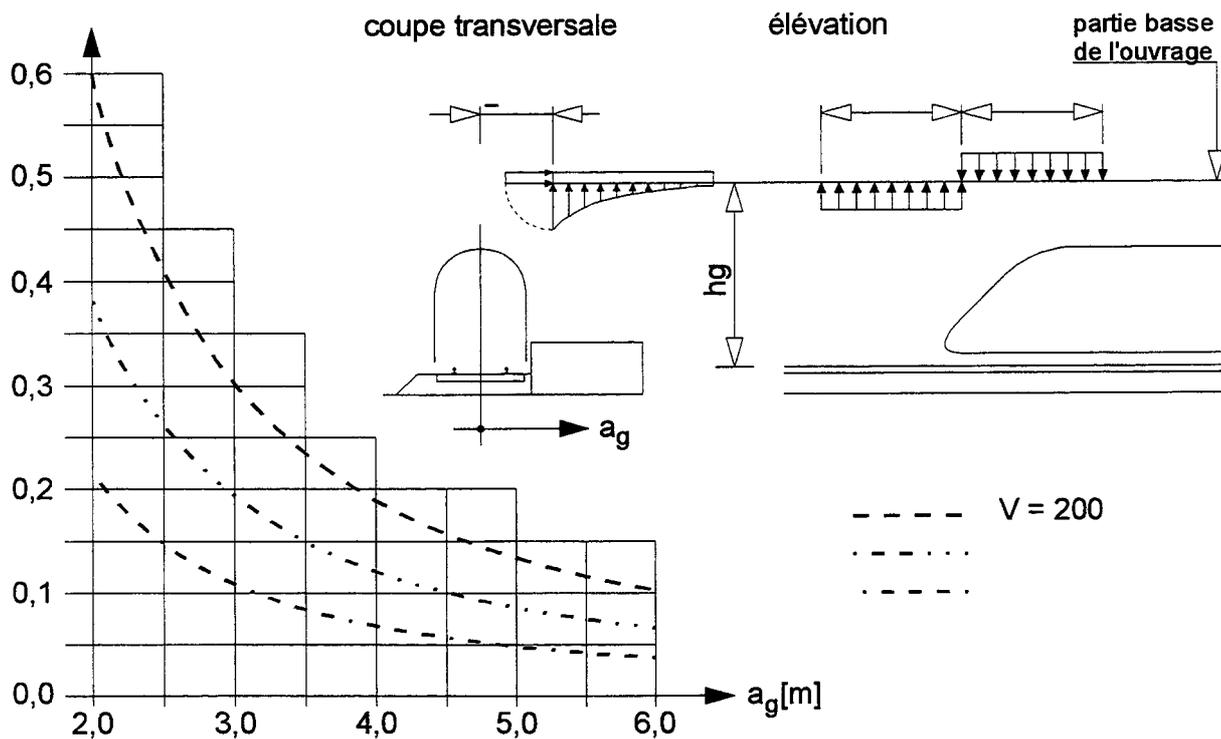
(3) Si la distance h_g excède 3,80 m, l'action q_{3k} peut être réduite par un coefficient k_3 tel que:

$$k_3 = \frac{(7,5 - h_g)}{3,7} \text{ pour } 3,8 \text{ m} < h_g < 7,5 \text{ m} \quad (6.16)$$

$$k_3 = 0 \text{ pour } h_g \geq 7,5 \text{ m} \quad (6.17)$$

avec :

h_g distance entre le niveau supérieur du rail et la sous-face de la structure



6.6.5 Structures à surfaces multiples le long de la voie, comprenant des surfaces verticales et horizontales ou inclinées (par exemple écrans anti-bruit inclinés, abris de quais avec parties cloisonnées)

(1)P Les valeurs caractéristiques des actions, $\pm q_{4k}$, données par la figure 6.16, doivent être appliquées perpendiculairement aux surfaces considérées. Les actions sont à calculer à partir des courbes de la figure 6.13, en adoptant une distance fictive à la voie de :

$$a'_g = 0,6 \min a_g + 0,4 \max a_g \leq 6 \text{ m} \quad (6.18)$$

avec :

$\min a_g$ et $\max a_g$ comme défini à la figure 6.16

(2)P Si $\max a_g > 6 \text{ m}$ la valeur $\max a_g = 6 \text{ m}$ doit être utilisée.

(3)P Les coefficients k_1 et k_2 du paragraphe 6.6.2 s'appliquent.

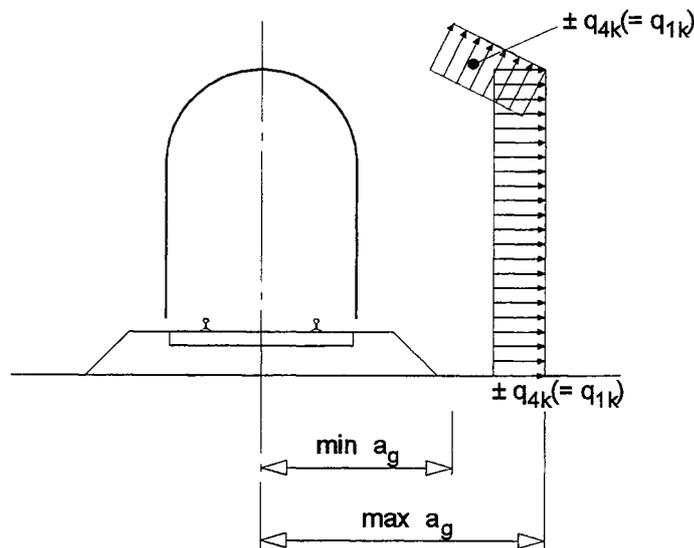


Figure 6.16 : Définition des distances $\min a_g$ et $\max a_g$ à partir de l'axe de la voie

6.6.6 Surfaces enveloppant le gabarit des voies sur une longueur limitée (15 - 20 m) (surface comportant une partie horizontale au-dessus des voies et au moins un écran vertical, par exemple échafaudage, construction provisoire)

(1)P Toutes les actions sont à prendre en compte, indépendamment de la forme aérodynamique du train :

- sur la hauteur totale des surfaces verticales :

$$\pm k_4 q_{1k} \quad (6.19)$$

avec :

q_{1k} déterminé suivant 6.6.2

$$k_4 = 2$$

- sur les surfaces horizontales :

$$\pm k_5 q_{2k} \quad (6.20)$$

avec :

q_{2k} déterminé suivant 6.6.3

$k_5 = 2,5$ si la surface n'enveloppe qu'une seule voie

$k_5 = 3,5$ si la surface enveloppe deux voies

6.7 Actions accidentelles

6.7.1 Actions accidentelles dues au trafic ferroviaire

6.7.1.1 Déraillement sur ou sous les ponts

(1)P Les structures ferroviaires doivent être conçues de manière qu'un éventuel déraillement ne provoque qu'un minimum de dommages aux ponts. En particulier, le renversement ou l'effondrement de la structure dans son ensemble doivent être évités.

6.7.1.2 Déraillement sur les ponts : exigences structurales et charges équivalentes

(1)P Deux situations de projet doivent être considérées :

Situation de projet I : déraillement de locomotive ou de wagons lourds, les véhicules dérailés demeurant dans l'emprise des voies sur le tablier du pont.

Situation de projet II : déraillement de locomotive ou de wagons lourds, les véhicules dérailés demeurant dans l'emprise des voies sans tomber du pont, mais restant en équilibre sur son bord.

(2)P Pour la détermination des exigences et des charges équivalentes de la situation de projet I, il y a lieu d'éviter l'effondrement de la majeure partie de la structure. Les dommages localisés sont cependant admis. Les parties de structure concernées doivent être calculées à l'état-limite ultime en fonction des charges équivalentes suivantes :

Deux charges linéaires verticales affectées d'une valeur de calcul $q_{A1d} = 50 \text{ kN/m}$ chacune sur une longueur de 6,40 m, parallèlement à la voie et à 1,40 m l'une de l'autre, dans la position la plus défavorable à l'intérieur d'une surface dont la largeur vaut 1,5 fois l'écartement des rails de part et d'autre de l'axe de la voie ;
max. 1,5s ou moins si au contact du bord relevé de dalle

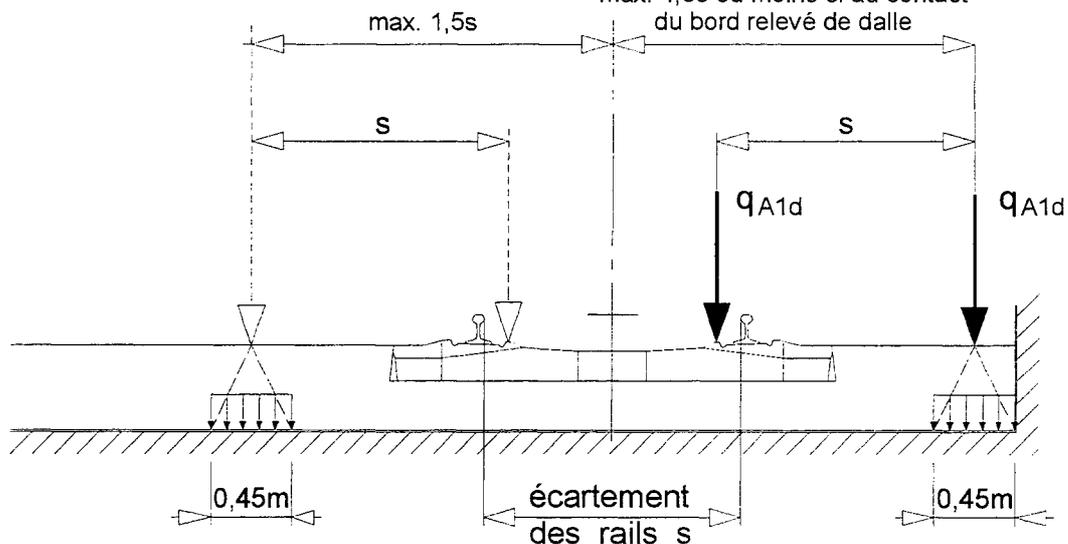


Figure 6.17 : Situation de projet I - Charge équivalente q_{A1d}

Les autres actions variables ne doivent pas être prises en compte dans ce calcul.

(3)P Pour la détermination des exigences et des charges équivalentes de la situation de projet II, le pont ne doit ni se renverser ni s'effondrer. Pour la détermination de la stabilité globale, la charge équivalente doit être considérée comme une charge linéaire verticale d'une valeur de calcul $q_{A2d} = 80 \text{ kN/m}$, sur une longueur totale de 20,0 m, éloignée de l'axe de la voie d'une distance maximale de 1,5 fois l'écartement de la voie ou s'exerçant sur le bord de la structure considérée.

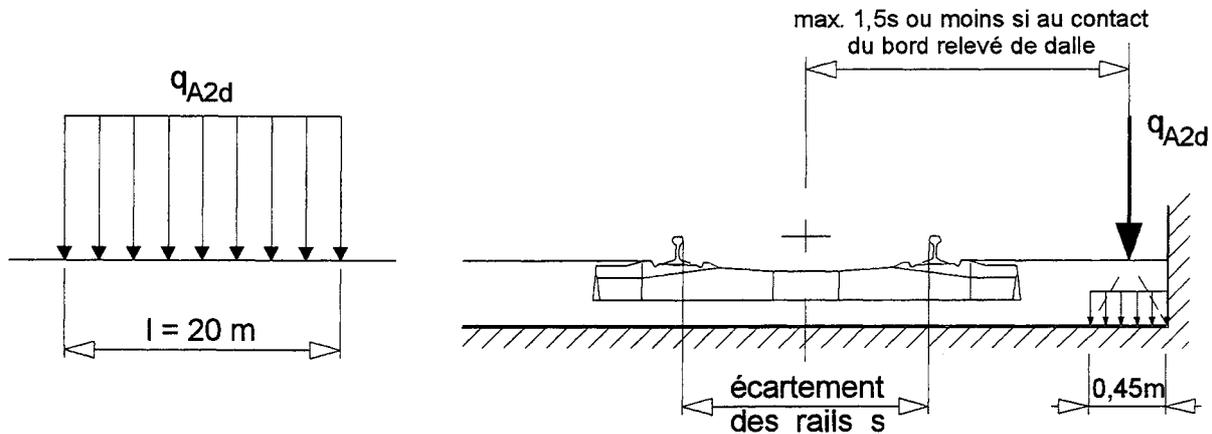


Figure 6.18 : Situation de projet II - Charge équivalente q_{A2d}

Note: la charge équivalente décrite ci-dessus ne doit être prise en compte que pour la détermination de la résistance à la rupture ou de la stabilité globale de la structure. Les poutres de rive, les consoles, etc. ne nécessitent pas un calcul vis-à-vis de cette charge.

(4)P Les situations de projet I et II doivent être examinées séparément. La combinaison de ces charges ne doit pas être considérée.

(5)P Pour les éléments structuraux situés au-dessus du niveau des rails, des mesures doivent être agréées pour éviter tout dommage.

Note: il appartient à l'autorité compétente d'approuver ces mesures.

6.7.1.3 Déraillement sous les structures

(1)P Lors d'un déraillement, il existe un risque de collision entre les véhicules déraillés et les structures contigües à la voie. Les exigences correspondant à la charge d'impact et les autres exigences de calcul doivent être spécifiées.

Note: ces exigences doivent être spécifiées en accord avec l'autorité compétente.

6.7.2 Action accidentelle due à la rupture d'équipement caténaire

(1)P La force exercée sur la structure à la suite de la rupture d'un caténaire doit être considérée comme une force statique agissant dans la direction de la partie de caténaire intacte. Cette force accidentelle doit être prise en compte avec une valeur de calcul de 20 kN.

Il doit être admis que pour :

1 voie :	1 caténaire et son fil de contact
2 à 6 voies :	2 caténaires et leurs fils de contact
plus de 6 voies :	3 caténaires et leurs fils de contact

peuvent se rompre simultanément.

(2)P Les fils que l'on considère rompus doivent être ceux qui aboutissent aux sollicitations les plus défavorables.

6.7.3 Actions accidentelles dues au trafic routier

(1)P Les actions accidentelles dues aux véhicules routiers sont définies en 4.7.2.

(2)P En ce qui concerne les impacts sur les tabliers, il faut considérer que les ponts-rails sont dans de nombreux cas bien plus sensibles aux chocs que les ponts routiers.

Note : la force d'impact spécifiée pour les véhicules, son rapport avec la hauteur libre, les autres formes de protection sont prises comme définies ou approuvées par l'autorité compétente.

6.8 Evaluation des charges de trafic sur les ponts-rails

6.8.1 Généralités

(1)P Chaque structure doit être calculée pour le plus grand nombre de voies géométriquement et structuralement possible dans la position la moins favorable, indépendamment de la position des voies existantes.

Note : l'espacement minimal entre les axes des voies doit être spécifié par l'autorité compétente.

(2)P Toutes les sollicitations doivent être déterminées en plaçant les charges et les forces dans les positions les plus défavorables. Les actions dont l'effet est favorable doivent être négligées (sauf pour ce qui concerne les modèles de charge SW, pour lesquels les actions produisant un effet favorable peuvent être prises en compte).

(3)P Tous les ponts à poutres continues calculés pour le modèle de charge 71 doivent être également vérifiés pour le modèle de charge SW/0. Le coefficient α est appliqué au modèle de charge SW/0 et au modèle de charge 71.

(4)P Pour les structures supportant une voie, deux voies ou davantage, toutes les actions concernées doivent être appliquées en tenant compte des indications du tableau 6.5.

Tableau 6.5 : Charges à prendre en compte sur les ponts en fonction du nombre de voies portées

Nombre de voies sur le pont	Voie chargée	Charges normales		Charges lourdes lorsque spécifiées
		Cas a ¹⁾	Cas b ¹⁾	
		1	Une	
2	L'une des voies	$1,0(LM71^*+SW/0)$		$1,0 SW/2$
	L'autre	$1,0(LM71^*+SW/0)$		$1,0(LM71^*+SW/0)$
≥3	Une voie quelconque	$1,0(LM71^*+SW/0)$	$0,75(LM71^*+SW/0)$	$1,0 SW/2$
	Une autre voie	$1,0(LM71^*+SW/0)$	$0,75(LM71^*+SW/0)$	$1,0(LM71^*+SW/0)$
	Toutes les autres		$0,75(LM71^*+SW/0)$	

1) Pour les structures supportant plus de deux voies, il faut considérer le plus défavorable des deux cas a) et b).

Note : $LM71^*+SW/0$ signifie le modèle de charge 71 et, le cas échéant, $SW/0$ pour les ponts continus.

(5)P Pour la vérification des déformations et des vibrations, le chargement vertical à appliquer est le suivant :

- le modèle de charge 71 augmenté du coefficient dynamique Φ pour la détermination des déformations

et

- le trafic ferroviaire réel majoré du coefficient dynamique approprié pour la détermination du comportement dynamique en cas de résonance ou de vibrations excessives du tablier.

Note : voir l'annexe H pour l'évaluation du coefficient dynamique.

(6)P Pour les tabliers des ponts à double voie, les vérifications des limites de flèche et de vibration doivent être effectuées avec une seule voie chargée.

6.8.2 Groupes de charges - Valeurs caractéristiques de l'action à composantes multiples

(1) Sauf spécification différente, la simultanéité des systèmes de chargement définis en 6.3, 6.4, 6.5 et 6.7 est prise en compte par les groupes de charges définis par le tableau 6.6. Il convient de considérer séparément chacun de ces groupes de charges comme définissant une action caractéristique pour une combinaison avec des charges autres que celles du trafic.

Tableau 6.6 : Détermination des groupes de charges de trafic (valeurs caractéristiques de l'action à composantes multiples)

Note : les coefficients de ce tableau sont à appliquer aux valeurs caractéristiques des différentes actions considérées dans chaque groupe. Toutes les valeurs proposées pour ces coefficients doivent être considérées comme des valeurs encadrées.

Type de charge		Forces verticales		Forces horizontales			Remarques
Référence		6.3.2/ 6.3.3	6.3.4	6.5.3	6.5.1	6.5.2	
Systèmes de charges		Modèles de charges 71 ⁽³⁾ et SW/O lorsque spécifiée	Train non chargé ⁽³⁾	Accélération et freinage	Force centrifuge	Force due à l'effet de lacet	
	gr 11	[1,0]		[0,5] ⁽¹⁾	[1,0] ⁽¹⁾	[1,0] ⁽¹⁾	Maximum vertical et latéral
	gr 12		[1,0]	[0]	[1,0] ⁽¹⁾	[0,5] ⁽¹⁾	Stabilité latérale
Groupes de charges ⁽⁴⁾	gr 13	[1,0] [0,7] ⁽²⁾		[1,0] ⁽³⁾	[0,5] ⁽¹⁾	[0,5] ⁽¹⁾	Maximum longitudinal
	gr 14	[1,0]		[0,5] ⁽¹⁾	[1,0] ⁽³⁾	[0,5] ⁽¹⁾	Maximum latéral
	gr 15	[0,5]		[0,5] ⁽¹⁾	[0,5] ⁽¹⁾	[1,0]	Effets latéraux locaux

Composante d'action dominante

- (1) Ces valeurs non dominantes peuvent être nulles si l'effet correspondant est favorable.
- (2) En cas d'effet favorable, cette valeur non dominante ne peut être nulle. Une valeur de 0,7 est proposée en combinaison avec l'action dominante d'accélération et de freinage.
- (3) Incluant tous les coefficients appropriés (Φ, f, \dots).
- (4) La simultanéité de deux ou trois valeurs caractéristiques, bien que peu probable, a été proposée par mesure de simplification pour les groupes 11, 12, 13 et 14, puisqu'aucune conséquence significative n'en résulte pour le calcul.
- (5) [0,8] si trois voies ou plus sont chargées simultanément.

6.8.3 Autres valeurs représentatives de l'action à composantes multiples

6.8.3.1 Valeurs non-fréquentes de l'action à composantes multiples

(1) La même règle qu'en 6.8.2(1) s'applique en affectant, pour chaque groupe, les coefficients du tableau 6.6 aux valeurs non-fréquentes des actions correspondantes considérées dans chaque groupe.

Note : l'autorité compétente peut établir des spécifications différentes.

6.8.3.2 Valeurs fréquentes de l'action à composantes multiples

(1) La même règle qu'en 6.8.3.1(1) s'applique en remplaçant les valeurs non-fréquentes par les valeurs fréquentes.

Note : l'autorité compétente peut établir des spécifications différentes.

6.8.3.3 Valeurs quasi-permanentes de l'action à composantes multiples

(1) Les actions quasi-permanentes de trafic sont prises égales à zéro.

Note : l'autorité compétente peut établir des spécifications différentes.

6.8.4 Charges de trafic en situation transitoire

(1)P Les charges de trafic en situation de calcul transitoire doivent être définies par le maître d'ouvrage en accord avec le concepteur.

Note : des indications figurent à l'annexe J.

6.9 Modèles de charges de fatigue

(1)P Une évaluation des dommages dus à la fatigue doit être effectuée pour tous les éléments structuraux qui sont soumis à des variations de contraintes.

(2)P Pour un trafic normal fondé sur les valeurs caractéristiques du modèle de charge 71, incluant le facteur dynamique Φ , l'évaluation de la fatigue doit être effectuée à partir de combinaisons de trafics, "trafic usuel" et "trafic avec essieux de 250 kN", selon que la structure supporte un trafic mixte ou principalement un trafic lourd de marchandises.

L'annexe F donne des détails sur les trains de service et les combinaisons de trafics considérées ainsi que sur la majoration dynamique à appliquer.

(3) Chacune des combinaisons est élaborée à partir d'un tonnage annuel de trafic de 25×10^6 tonnes parcourant le pont sur chaque voie.

(4)P Pour les structures à voies multiples, le chargement de fatigue doit être appliqué à un maximum de deux voies dans les positions les plus défavorables.

(5)P Les dommages dus à la fatigue doivent être évalués sur une durée de vie de l'ouvrage de 100 ans.

(6) Il est également possible de procéder aux vérifications à la fatigue à partir d'une combinaison de trafic et d'une durée de vie de la structure particulières.

Note : il appartient à l'autorité compétente de spécifier la nature du trafic et la durée de vie particulières de la structure.

Annexe A (normative)

Modèles de véhicules spéciaux pour ponts-routes

A - C Il n'y a pas d'équivalence stricte entre les véhicules spéciaux du modèle 3 de l'Eurocode et les convois exceptionnels définis par la circulaire du 20 Juillet 1983 de la Direction des Routes. Cependant, sur la base de calculs effectués pour des portées allant de 20 à 150 m, il a été vérifié que :

- les effets généraux du convoi C2 de la circulaire (PTR = 120 t.)² sont couverts par ceux du modèle EC de 1 500 kN comportant 10 essieux de 150 kN ;
- les effets généraux du convoi D.3F.1 de la circulaire (PTC = 250 t.) sont couverts par ceux du modèle EC de 3 000 kN avec lignes d'essieux de 240 kN ;
- les effets généraux des convois de type E de la circulaire ne sont pas couverts par ceux du modèle EC de 3 600 kN.

Note : les véhicules spéciaux considérés pour le calcul des ponts ne sont destinés à être utilisés que dans des cas particuliers.

(1) Les véhicules spéciaux définis dans la présente annexe sont destinés à produire des effets de charge identiques à ceux résultant des véhicules non conformes aux règlements nationaux relatifs aux limitations de poids, et éventuellement de dimensions, des véhicules normaux.

(2) Les classes conventionnelles de véhicules spéciaux, correspondant à des charges anormales courantes, sont définies par le tableau A.1.

² Compte tenu du fait que les charges dues aux convois exceptionnels de la circulaire DR doivent être multipliées par un coefficient égal 1,1 pour les transformer en charges " caractéristiques ".

Tableau A. 1 : Classes de véhicules spéciaux

Poids total	Composition	Notation
600 kN	4 lignes d'essieux de 150 kN	600/150
900 kN	6 lignes d'essieux de 150 kN	900/150
1200 kN	8 lignes d'essieux de 150 kN ou 6 lignes d'essieux de 200 kN	1200/150 1200/200
1500 kN	10 lignes d'essieux de 150 kN ou 7 lignes d'essieux de 200 kN + 1 ligne d'essieux de 100 kN	1500/150 1500/200
1800 kN	12 lignes d'essieux de 150 kN ou 9 lignes d'essieux de 200 kN	1800/150 1800/200
2400 kN	12 lignes d'essieux de 200 kN ou 10 lignes d'essieux de 240 kN ou 6 lignes d'essieux de 200 kN (espacement 12m) + 6 lignes d'essieux de 200 kN	2400/200 2400/240 2400/200/200
3000 kN	15 lignes d'essieux de 200 kN ou 12 lignes d'essieux de 240 kN + 1 ligne d'essieux de 120 kN ou 8 lignes d'essieux de 200 kN (espacement 12 m) + 7 lignes d'essieux de 200 kN	3000/200 3000/240 3000/200/200
3600 kN	18 lignes d'essieux de 200 kN ou 15 lignes d'essieux de 240 kN ou 9 lignes d'essieux de 200 kN (espacement 12 m) + 9 lignes d'essieux de 200 kN	3600/200 3600/240 3600/200/200

(3) Les définitions et dispositions des essieux sont indiquées au tableau A.2, dans lequel n représente le nombre d'essieux et le poids de chaque essieu dans chaque groupe et e l'espacement des essieux dans chaque groupe et entre groupes.

(4) Les largeurs des véhicules sont prises égales à 3,00 m pour les charges d'essieux de 150 et 200 kN et à 4,50 m pour les charges d'essieux de 240 kN.

Tableau A.2 : Description des véhicules spéciaux

Poids total	Lignes d'essieux de 150 kN	Lignes d'essieux de 200 kN	Lignes d'essieux de 240 kN
600 kN	n = 4x150 e = 1,50 m		
900 kN	n = 6x150 e = 1,50 m		
1200 kN	n = 8x150 e = 1,50 m	n = 6x200 e = 1,50 m	
1500 kN	n = 10x150 e = 1,50 m	n = 1x100 + 7x200 e = 1,50 m	
1800 kN	n = 12x150 e = 1,50 m	n = 9x200 e = 1,50 m	
2400 kN		n = 12x200 e = 1,50 m n = 6x200 + 6x200 e = 5x1,5+12+5x1,5	n = 10x240 e = 1,50 m
3000 kN		n = 15x200 e = 1,50 m n = 8x200 + 7x200 e = 7x1,5+12+6x1,5	n = 1x120 + 12x240 e = 1,50 m
3600 kN		n = 18x200 e = 1,50 m	n = 15 x 240 e = 1,50 m n = 8x240 + 7x240 e = 7x1,5+12+6x1,5

(5) Pour les vérifications locales, on suppose que les charges de chaque ligne d'essieux sont réparties de la manière suivante :

- Pour les lignes d'essieux de 150 et 200 kN, sur deux surfaces rectangulaires de 1,20 m et 0,15 m de côtés, disposées comme l'indique la figure A.1-a)
- Pour les lignes d'essieux de 240 kN, sur trois surfaces rectangulaires de 1,20 m et 0,15m de côtés, disposées commel'indique la figure A.1-b)

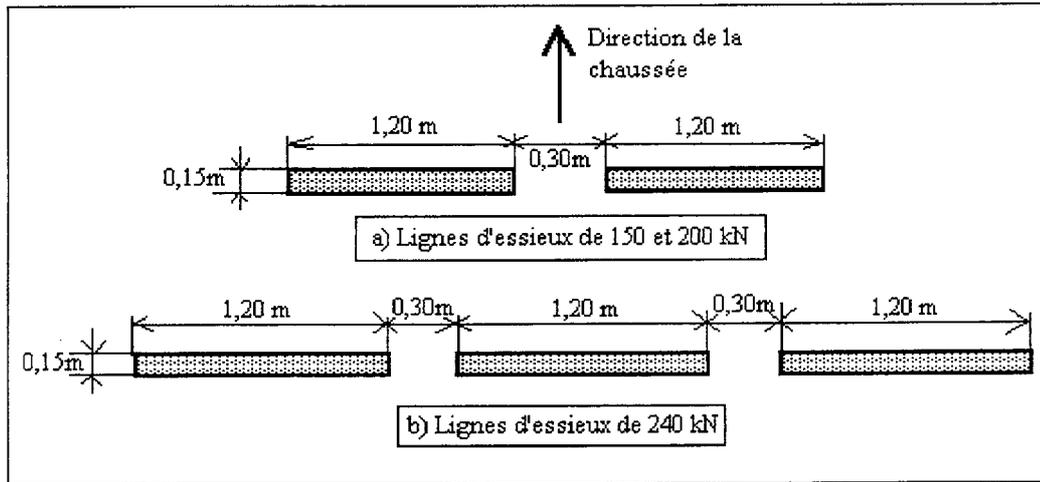


Figure A.1 : Disposition des lignes d'essieux

Annexe B (normative)

Evaluation de la durée de vie vis-à-vis de la fatigue - Méthode fondée sur enregistrements du trafic

(1) Un historique des contraintes est effectué à partir des données d'un trafic réel représentatif enregistrées et fournies ou acceptées par le maître d'ouvrage, multipliées par un coefficient de majoration dynamique φ_{fat} . Ce coefficient dynamique prend en compte le comportement dynamique du pont et dépend de la rugosité prévue du revêtement ainsi que de toute majoration dynamique éventuellement incluse dans les enregistrements. Il convient de multiplier les charges d'essieu enregistrées par :

- $\varphi_{fat} = 1,2$ pour les surfaces de bonne rugosité
- $\varphi_{fat} = 1,4$ pour les surfaces de rugosité moyenne.

De plus, lorsqu'on considère une zone située à une distance inférieure à 6,00 m d'un joint de chaussée, il convient de multiplier la charge par le coefficient de majoration dynamique complémentaire $\Delta\varphi_{fat}$ obtenu par la figure 4.9, tout en veillant à ce qu'il n'excède pas la valeur $1,6/\varphi_{fat}$.

Note : la classification des états de rugosité de surface peut être effectuée suivant la proposition ISO/TC 108. La définition de la rugosité est donnée en termes de densité spectrale de puissance Φ du profil de rugosité en fonction de la fréquence cyclique Ω le long de la ligne de mesure. Les valeurs limites des différentes classes sont données par le tableau B.1.

Qualité du revêtement $\Phi(\Omega_0)$ [cm ³] pour $\Omega_0 = 1$ [m ⁻¹]			
	Limite inférieure	Valeur moyenne	Limite supérieure
Très bonne	0,5	1	< 2
Bonne	2	4	< 8
Moyenne	8	16	< 32
Médiocre	32	64	< 128
Très médiocre	128	256	< 516

Tableau B.1

La densité spectrale $\Phi(\Omega)$ est donnée par l'équation :

$$\Phi(\Omega) = \Phi(\Omega_0) \left(\frac{\Omega}{\Omega_0} \right)^{-2} \tag{B.1}$$

Les informations suivantes sont données pour une estimation grossière et rapide de la qualité de rugosité :

- les revêtements récents de chaussée, tels par exemple les enrobés d'asphalte ou de béton, peuvent être considérés comme possédant une bonne ou même une très bonne qualité ;
- les anciens revêtements de chaussée non entretenus peuvent être classés dans la catégorie de rugosité moyenne ;
- les revêtements de chaussée qui consistent en pavés ou matériaux similaires peuvent être classés dans les catégories "moyenne" ou mauvaise ("médiocre", "très médiocre").

B (1) - C Certains Laboratoires Régionaux des Ponts et Chaussées, notamment celui de Trappes, disposent de moyens d'enregistrement de trafics réels en nombres et en poids. Ces mesures nécessitent d'être interprétées et complétées à l'aide d'informations complémentaires, pour en déduire les historiques prévisionnels de charges sur les ouvrages à construire, qui constituent la base de calcul des historiques de contraintes.

(2) Sauf spécification différente, les surfaces de contact des roues et les distances transversales entre roues sont réputées, lorsqu'il y a lieu, telles que décrites en 4.6.5.

(3) Si les mesures de trafic ne sont effectuées que sur une seule voie, des évaluations doivent être faites pour ce qui concerne le trafic des autres voies. Ces évaluations peuvent être fondées sur des enregistrements d'un type de trafic semblable, effectués en d'autres lieux.

(4) Il convient que l'historique des contraintes prenne en compte la présence simultanée des véhicules enregistrés sur une voie quelconque du pont. Il convient de développer la procédure correspondante lorsque des enregistrements des chargements individuels de véhicules sont utilisés comme base d'évaluation.

(5) Il convient d'établir le décompte des nombres de cycles au moyen de la méthode de la goutte d'eau ou de celle du réservoir, afin d'obtenir l'histogramme des variations de contrainte.

(6) Si la durée des mesures est inférieure à une semaine entière, les enregistrements et l'évaluation des dommages résultant de la fatigue peuvent être ajustés en prenant en compte les variations de flux et de compositions de trafic observées au cours d'une semaine normale. Il convient aussi d'appliquer un coefficient d'ajustement pour tenir compte de toute évolution ultérieure du trafic.

Note : il appartient à l'autorité compétente de spécifier ou d'accepter le coefficient d'ajustement.

(7) Il convient de multiplier les dommages de fatigue cumulés calculés à partir des enregistrements, par le rapport entre la durée de vie de projet et la durée correspondant à l'histogramme.

B (7) - C Pour la durée d'utilisation de projet, se reporter à 4.6.1 (4).

Annexe C (normative)

Bases de calcul - Articles complémentaires à l'ENV 1991-1 pour les ponts-routes

Note : cette annexe est destinée à être ultérieurement incorporée à l'ENV 1991-1 "Bases de calcul".

C1 - Généralités

C1 - A Pendant le premier stade d'application expérimentale, défini en AP.4 a) de la présente norme expérimentale, seuls trouvent application, dans cette annexe :

- les paragraphes C2.1.1 (4)P et (5) ;
- le paragraphe C2.1.2 ;
- dans le paragraphe C 2.3 (1), les valeurs indiquées des coefficients partiels γ_F applicables aux actions autres que celles de la précontrainte ;
- dans les paragraphes C2.4, les valeurs indiquées de ψ_1 et ψ_2 applicables aux charges de trafic.

Tout ceci s'entend quel que soit le mode de construction, étant entendu que dans le cas des ponts métalliques et des ponts en ossature mixte, les combinaisons de calcul à utiliser sont celles qui résultent des règles BAEL et BPEL 91 adaptées en ce qui concerne les valeurs des coefficients γ_F et ψ , et non celles figurant dans le Fascicule 61 V du C.P.C. ni celles de la circulaire 81-63 relative aux ponts-mixtes (voir à ce sujet les paragraphes (18) et (19) c) de l'avant-propos de l'EC1.3-DAN). A ce stade, pour les vérifications vis-à-vis des états-limites de service, il est fait usage des combinaisons caractéristiques, fréquentes et quasi-permanentes (avec tous les γ_F égaux à 1), à l'exclusion des combinaisons non-fréquentes.

Cette situation restera inchangée lorsque seront utilisées, après publication, les parties 2-1, 2-5 et 2-6 de l'EC1 et qu'il sera fait, pour des ponts-routes, usage de la partie 1-3 avec le présent DAN. Il en sera de même, le cas échéant, s'il est fait usage, pour des ponts-routes, de la partie 2 de l'EC8, sous réserve de ce qui sera spécifié dans le DAN correspondant.

En revanche, lorsque pendant le stade suivant d'application expérimentale il sera fait application conjointe du présent Eurocode avec un Eurocode de projet, il conviendra de se référer au DAN de cet Eurocode, qui contiendra en annexe de nouvelles clauses pour l'application nationale de la présente annexe, en remplacement du présent paragraphe.

En ce qui concerne les coefficients ψ applicables aux charges de trafic et les coefficients ψ_0 applicables aux autres charges, il n'est pas exclu qu'ils soient modulés en fonction de la classe de trafic retenue (voir 4.3.2.6). Toutefois on ne dispose pas encore de bases suffisantes pour une telle modulation.

C1 - C Il n'est pas envisagé que la publication des Parties 2-3, 2-4 et 2-7 de l'EC1 et de l'EC7 donne lieu, pour les ponts-routes, à une application expérimentale au cours du premier stade. Il est néanmoins dès à présent rappelé que le DAN de l'EC1.1 ramène à 0,2 au lieu de 0,5 la valeur de ψ_1 pour l'action du vent.

(1) La présente annexe donne des règles concernant les coefficients partiels appliqués aux actions (coefficients γ) et les combinaisons de charges de trafic sur les ponts-routes avec actions permanentes, vent quasi-statique, actions de la neige et de la température, ainsi que les coefficients ψ correspondants. Si d'autres actions doivent être considérées (par exemple tassement dû à des galeries de mine, instabilité due au vent, présence d'eau, de débris flottants et pression de la glace pour les vérifications concernant les fondations), il convient de compléter les combinaisons afin de les prendre en compte. Il convient aussi de les compléter et de les adapter pour les phases de construction (voir les Eurocodes de projet correspondants) et pour certaines catégories particulières de ponts-routes (par exemple les ponts mobiles et les ponts couverts).

C2 - Etats-limites ultimes (fatigue exclue)

C2.1 Simultanéité des modèles de charge avec d'autres actions

C2.1.1 Modèles d'actions variables

(1)P Lorsqu'il y a lieu, le trafic routier, le trafic de piétons (ou de deux-roues) et les actions de foule doivent être considérés par les groupes de charges définis en 4.5. Ces groupes sont différents selon les valeurs représentatives et les situations de projet considérées.

Pour toute combinaison de charges de trafic avec des actions spécifiées dans d'autres Parties de l'ENV 1991, chacun de ces groupes doit être considéré comme une action individuelle.

(2) L'action caractéristique du vent sur les ponts-routes peut être évaluée selon l'ENV 1991-2-4 soit comme la force caractéristique F_{wk} , soit comme la force nominale F_{wn} .

Note : le choix d'une valeur de F_{wn} suffisamment élevée (encadrée dans l'ENV 1991-2-4) peut permettre de simplifier les calculs en considérant que les actions significatives du vent et du trafic ne sont pas simultanées.

Lorsque les combinaisons d'actions de trafic routier et d'actions du vent sont prises en compte, il y a lieu de considérer également la force maximale du vent compatible avec le trafic routier. Cette force, F_{w}^* , correspond à une vitesse de vent égale à [23] m/s au niveau du tablier.

(3) Pour les combinaisons des actions du vent et du trafic, il convient d'augmenter l'aire de référence $A_{ref,x}$ définie dans l'ENV 1991-2-4 en ajoutant [2,00] m à l'épaisseur du tablier depuis le niveau de la chaussée, sans ajouter celles des garde-corps, barrières ou glissières, écrans anti-bruit, etc... définis dans l'ENV 1991-2-4. Il convient de considérer la pression du vent sur les véhicules sur la longueur défavorable, indépendamment de la longueur d'application des charges verticales.

C2.1.1 (3) - C Des situations diverses peuvent nécessiter de considérer des dispositions différentes des charges. Dans tous les cas, il n'y a pas de relation précise entre la grandeur des charges verticales et les aires des véhicules exposés au vent.

(4)P Les forces et déformations entravées résultant des actions permanentes et variables sur les ponts, spécifiées dans d'autres Parties de l'ENV 1991, doivent être combinées avec les charges de trafic chaque fois qu'il y a lieu.

(5) Sauf spécification différente, il n'y a pas lieu de combiner le modèle de charge 2 (défini en 4.3.3) et la charge concentrée $Q_{t_{wk}}$ sur les trottoirs (définie en 5.3.2(4)) avec une quelconque autre charge variable ne provenant pas du trafic.

(6) Sauf spécification différente et à l'exception des ponts couverts, il n'y a lieu de combiner ni la neige ni le vent avec :

- les véhicules spéciaux (modèle de charge 3, voir 4.3.4) ou le groupe de charges associé gr5 (voir 4.5.1),
- le chargement de foule sur les ponts-routes (modèle de charge 4, défini en 4.3.5) ou le groupe de charges associé gr4 (voir 4.5.1),
- les forces de freinage et d'accélération sur les ponts-routes (voir 4.4.1) ou les forces centrifuges (voir 4.4.2) ou le groupe de charges associé gr2 (voir 4.5.1),
- les charges sur trottoirs et pistes cyclables ou le groupe de charges associé gr3 (voir 4.5.1).

(7) Il n'y a pas lieu de combiner les charges de neige avec le système principal de chargement (modèle de charge 1) ni avec le groupe de charges associé gr1.

Note : par conséquent, les charges de neige ne figurent pas dans les tableaux ci-après. Cependant, il faut parfois les considérer durant certaines situations transitoires.

(8) Il n'y a lieu de combiner aucune action de vent supérieure à la plus faible des valeurs F_w^* et $\psi_0 F_{wk}$ (ou $\psi_0 F_{wn}$) avec le système de chargement principal (modèle de charge 1) ni avec le groupe de charges associé gr1.

(9) Pour les ponts-routes, sauf spécification différente, il n'y a pas lieu de considérer les actions du vent et les actions thermiques comme des actions simultanées.

C2.1.2 Modèles incluant des actions accidentelles

(1) Lorsqu'une action accidentelle doit être prise en compte, il n'y a pas lieu de considérer que d'autres actions accidentelles, ni les actions du vent ni celles de la neige, puissent s'exercer simultanément.

(2) La simultanéité des actions accidentelles avec les actions variables de trafic est définie ci-dessous, et dans le texte là où les actions accidentelles individuelles correspondantes sont définies.

(3) Sauf spécification différente, lorsque les impacts provenant de la circulation sous le pont sont pris en compte (forces définies en 4.7.2, 5.6.2 et 6.7.1.3(1)P), il convient d'introduire dans les combinaisons, comme actions d'accompagnement, les charges fréquentes dues à la circulation sur les ponts.

(4) Sauf spécification différente, lorsque les actions accidentelles provenant de la circulation sur le pont sont prises en compte (charges définies en 4.7.3 et 5.6.3), il convient de négliger toutes les actions d'accompagnement de trafic routier.

Note : lorsque d'autres actions accidentelles sont considérées sur les ponts, les règles de simultanéité avec les actions de trafic doivent être spécifiées.

C2.2 Combinaisons d'actions

(1)P Pour chaque cas de charge critique, les valeurs de calcul des effets des actions doivent être déterminés en combinant les valeurs des actions qui s'exercent simultanément. L'ENV 1991-1, 9.4.2 s'applique.

C2.3 Coefficients partiels pour les ponts-routes (fatigue exclue)

(1) Dans le cas des vérifications pour lesquelles la résistance du matériau de la structure ou du terrain a une importance prédominante, les coefficients partiels appliqués aux actions pour les états-limites ultimes dans les situations de projet durables, transitoires et accidentelles sont donnés par le tableau C.1.

Note : pour le calcul des ponts, le tableau C.1 et les notes suivantes couvrent les cas B et C spécifiés pour les bâtiments dans le tableau 9.2 de l'ENV 1991-1. Pour le cas A, voir (2) ci-dessous.

Tableau C.1 : Coefficients partiels sur les actions : Etats-limites ultimes pour les ponts-routes

Action	Symbole	Situation	
		P/T	A
Actions permanentes : poids propre des éléments structuraux et non structuraux, actions permanentes dues au sol, à l'eau souterraine et à l'eau de ruissellement ¹⁾ défavorables	γ_{Gsup}	[1,35] ^{2),3),4)}	[1,00]
	γ_{Ginf}	[1,00] ^{2),3),4)}	[1,00]
Précontrainte	γ_P	[1,00] ⁵⁾	[1,00]
Tassement	γ_{Gset}	[1,00] ⁶⁾	
Actions de trafic ⁷⁾ défavorables	γ_Q	[1,35]	[1,00]
		[0]	[0]
Autres actions variables défavorables	γ_Q	[1,50]	[1,00]
		[0]	[0]
Actions accidentelles	γ_A		[1,00]

P - Situation durable T - Situation transitoire A - Situation accidentelle

1) Au lieu d'utiliser γ_G (1,35) et le γ_Q habituel des actions de poussée latérale des terres, les propriétés de calcul du terrain peuvent être introduites conformément à l'ENV 1997. Un coefficient de modèle γ_{Sd} est appliqué.

2) Dans cette vérification, les valeurs caractéristiques de toutes les actions permanentes d'une même origine sont multipliées par [1,35] si l'effet résultant total est défavorable et par [1,00] si l'effet résultant total est favorable. Voir également la Note de l'ENV 1991-1, alinéa 9.4.2(3a).

3) Sauf spécification différente, les coefficients s'appliquent aux valeurs caractéristiques appropriées définies dans la Partie 2.1 (en particulier pour le poids du revêtement de chaussée).

4) Dans les cas où l'état-limite est sensible aux variations des actions permanentes dans l'espace, il convient de choisir les valeurs caractéristiques supérieure et inférieure de ces actions en conformité avec le paragraphe 4.2(3)P de l'ENV 1991-1.

5) Sauf spécification différente. Pour la précontrainte par câbles, ce coefficient s'applique aux valeurs caractéristiques appropriées définies dans l'Eurocode de projet correspondant. Lorsque la précontrainte est produite par des déformations imposées à la structure, il convient que les coefficients applicables à G et aux déformations imposées soient tels que définis par l'Eurocode de projet correspondant.

6) Applicable seulement lorsque les tassements sont estimés au mieux (voir les Eurocodes de projet).

7) Les composantes des actions de trafic sont introduites dans les combinaisons comme actions individuelles, par le groupe de charges correspondant γ_i , les composantes favorables de ces groupes étant négligées.

(2) Pour les vérifications vis-à-vis d'une perte d'équilibre statique et dans d'autres cas où les variabilités des résistances du matériau composant la structure et celles du terrain ont une importance relativement secondaire, il convient de considérer comme actions individuelles les fractions favorables et défavorables des actions permanentes et, sauf spécification différente (voir en particulier l'Eurocode de projet correspondant), il y a lieu d'associer respectivement les fractions défavorables et favorables avec $\gamma_{G\ sup} = [1,05]$ et $\gamma_{G\ inf} = [0,95]$. Les autres coefficients partiels appliqués aux actions (spécialement aux actions variables) sont ceux du paragraphe (1).

Note : voir l'Eurocode de projet correspondant.

C 2.3 (2) - A Les valeurs indiquées ci-dessus de $\gamma_{G\ sup}$ et $\gamma_{G\ inf}$ sont données pour des situations de projet durables et transitoires. Dans le cas des situations accidentelles, tous les coefficients γ_F sont égaux à 1,00.

C.2.3 (2) - C Certaines adaptations des valeurs de $\gamma_{G\ sup}$ et $\gamma_{G\ inf}$ données en 2.3 (2) peuvent être envisagées en fonction de la corrélation éventuelle des charges permanentes déstabilisantes et stabilisantes, et des ontrôles effectués.

C2.4 Coefficients ψ pour les ponts-routes

(1) Sauf spécification différente (par exemple dans la Partie concernée de l'ENV 1991 consacrée aux actions spécifiques), les coefficients ψ pour ponts-routes sont ceux du tableau C.2. Pour les actions de trafic, ils s'appliquent, lorsqu'il y a lieu, aussi bien aux groupes de charges définis à l'article 4.5 qu'aux composantes dominantes des groupes lorsque celles-ci sont considérées séparément.

Tableau C.2: Coefficients ψ pour les ponts-routes

Action	Symbole		ψ_0	ψ'_1 ¹⁾	ψ_1	ψ_2
Charges de Trafic (voir 4.4.1)	gr1 (LM1) ²⁾	TS UDL ³⁾	[0,75] [0,40]	[0,80] [0,80]	[0,75] [0,40]	[0] [0] ²⁾
	gr2 (Forces horizontales)	Essieu unique (LM2)	[0]	[0,80]	[0,75]	[0]
	gr3 (Charges dues aux piétons)		[0]	[0]	[0]	[0]
	gr4 (LM4)		[0]	[0,80]	[0]	[0]
	gr5 (LM3)		[0]	1,00	[0]	[0]
Forces horizontales			[0]	[0]	[0]	[0]
Pression du vent ⁴⁾	F_{Wk} ou F_{Wn}		[0,3]	[0,6]	[0,5]	[0]
	F_W^*		[1,0]			
Effet de la température (voir 1.5.1)	T_k		[0] ⁵⁾	[0,8]	[0,6]	[0,5]

1) ψ'_1 est un coefficient ψ destiné à définir les charges non-fréquentes (voir 2.2).

2) Les valeurs encadrées de ψ'_1 , ψ_1 et ψ_2 relatives à gr1 s'appliquent à des routes dont le trafic correspond à des coefficients d'ajustement α_{Qi} , α_{qj} , α_{qr} et β_Q égaux à 1. Celles relatives à la charge uniformément répartie correspondent aux trafics rencontrés le plus souvent, pouvant comporter occasionnellement une grande quantité de camions. D'autres valeurs des coefficients ψ'_1 et ψ_1 , ou de certains d'entre eux, peuvent être spécifiées pour d'autres classes de routes ou de trafic prévu, en relation avec le choix des coefficients α correspondants.

Une valeur de ψ_2 différente de zéro peut être spécifiée, seulement pour la charge répartie UDL du modèle de charge 1, dans le cas des ponts soumis à un trafic important et continu.

3) Les coefficients pour charge répartie s'appliquent non seulement à la fraction répartie du modèle de charge 1, mais aussi à la charge réduite due aux piétons figurant dans le tableau 4.4.

4) Lorsque l'action du vent est traitée en tant qu'action dominante (c'est-à-dire représentée par F_{Wk} ou F_{Wn}), il convient de donner au coefficient ψ_0 correspondant à gr1 une valeur nulle et de ne pas tenir compte de l'épaisseur supplémentaire prescrite en C2.1.1(3). Lorsque l'action du trafic est traitée en tant qu'action dominante, il convient d'attribuer à l'action du vent $\psi_0 F_{Wk}$ ou $\psi_0 F_{Wn}$ une valeur n'excédant pas F_W^* (voir C2.1.1(7)); sa valeur représentative est calculée en prenant en compte l'épaisseur supplémentaire prescrite en C2.1.1(3).

5) Sauf spécification différente (par exemple dans le cas de matériaux fragiles à basse température - voir l'Eurocode de projet concerné). Cependant, pour les états-limites de service, voir C3.4(1).

C2.4 (1) - I La valeur encadrée de ψ_1 pour la pression du vent F_{Wk} ou F_{Wn} est ramenée à 0,2 (au lieu de 0,5).

C3 - Etats-limites de service

C3.1 Simultanéité des modèles de charge avec d'autres actions

(1) Les règles données en C2.1.1 concernant la simultanéité sont applicables.

C3.2 Combinaisons d'actions

(1) Pour les situations de projet durables et transitoires, il convient d'utiliser les différentes combinaisons de l'ENV 1991-1, 9.5.2.

(2) De plus, si l'Eurocode de projet le prescrit, il y a lieu de considérer la combinaison non-fréquenté suivante :

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} \text{ "+" } P_k \text{ "+" } \psi'_{1k} Q_{k1} \text{ "+" } \sum_{i > 1} \psi_{1i} Q_{ki} \quad (\text{C.1})$$

C3.3 Coefficients partiels

(1) Pour les ponts-routes, sauf spécification différente, il convient de donner la valeur [1,0] aux coefficients partiels appliqués aux actions pour les états-limites de service, en situations durables et transitoires.

C3.4 Coefficients ψ pour les ponts-routes

(1) Les valeurs des coefficients ψ sont données dans le tableau C.2, excepté la valeur de ψ_0 applicable aux effets thermiques, qui est égale à [0,6].

C4 - Fatigue

(1) Les règles de vérification à la fatigue dépendent du modèle de charge de fatigue à utiliser: elles sont spécifiées dans les Eurocodes de projet.

Annexe D (normative)

Bases de calcul - Articles complémentaires à l'ENV 1991-1 pour les passerelles

Note : cette annexe est destinée à être ultérieurement incorporée à l'ENV 1991-1 "Bases de calcul".

D1 - Généralités

D1 - A1 Pendant le premier stade d'application expérimentale, défini en AP (4)a, de la présente norme expérimentale, seules sont applicables, dans la présente annexe :

- le paragraphe D1 (2)P ;
- les paragraphes D2.1.1 (1) et (3) ;
- le paragraphe 2.1.2 ;
- le paragraphe D2.3, sous réserve du contenu du présent DAN concernant l'annexe C ;
- dans le paragraphe D2.4, les valeurs indiquées de ψ_1 et ψ_2 applicables aux charges de trafic. Ces valeurs sont validées pour l'application expérimentale du présent Eurocode.

Tout ceci s'entend quel que soit le mode de construction, étant entendu que dans le cas des ponts métalliques et des ponts en ossature mixte, les combinaisons de calcul à utiliser sont celles qui résultent des règles BAEL et BPEL 91 adaptées en ce qui concerne les valeurs des coefficients γ_F et ψ , et non celles figurant dans le Fascicule 61 V du C.P.C. ni celles de la circulaire 81-63 relative aux ponts-mixtes (voir à ce sujet les articles (18) et (19) c) de l'Avant-propos de l'EC1.3-DAN). A ce stade, pour les vérifications vis-à-vis des états-limites de service, il est fait usage des combinaisons caractéristiques, fréquentes et quasi-permanentes (avec tous les γ_F égaux à 1), à l'exclusion des combinaisons non-fréquentes.

Cette situation restera inchangée lorsque seront publiées les parties 2-1, 2-5 et 2-6 de l'EC1 et qu'il sera fait, pour des passerelles, usage de cette partie avec le DAN correspondant, pour l'évaluation des charges correspondantes. Il en sera de même, le cas échéant, s'il est fait usage, pour des passerelles, de la partie 2 de l'EC8, sous réserve de ce qui sera spécifié dans le DAN correspondant.

En revanche, lorsque pendant le stade suivant d'application expérimentale il sera fait application conjointe du présent Eurocode avec un Eurocode de projet, il conviendra de se référer au DAN de cet Eurocode, qui contiendra en annexe de nouvelles clauses pour l'application nationale de la présente annexe, en remplacement du présent paragraphe.

D1 -A2 L'application expérimentale du présent Eurocode pour l'établissement de projets de passerelles est, au premier stade, limitée aux passerelles de la première catégorie définie en D1 (2).

C L'application expérimentale du présent Eurocode pour les passerelles de la deuxième catégorie poserait de multiples problèmes complémentaires relatifs aux combinaisons d'actions et aux coefficients de sécurité. Ces problèmes ne font d'ailleurs actuellement en France l'objet d'aucune codification.

(1) La présente annexe donne des règles concernant les coefficients partiels appliqués aux actions (coefficients γ) et les combinaisons de charges dues aux piétons et aux deux-roues sur les passerelles avec actions permanentes, vent quasi-statique, actions de la neige et de la température, ainsi que les coefficients ψ correspondants. Si d'autres actions doivent être considérées (par exemple tassement dû à des galeries de mine, instabilité due au vent, présence d'eau, de débris flottants et pression de la glace pour les vérifications concernant les fondations), il convient de compléter les combinaisons afin de les prendre en compte. Il convient aussi de compléter et d'adapter la présente annexe pour les phases d'exécution (voir les Eurocodes de projet correspondants) et pour certaines catégories particulières de passerelles (par exemple les passerelles mobiles).

(2)P Les passerelles sont classées comme suit en deux catégories :

- celles dont le trafic de piétons et de deux-roues n'est pas protégé, ou pas entièrement protégé, de tous les types d'intempéries, et
- celles dont le trafic est entièrement protégé.

D2 - Etats-limites ultimes

D2.1 Simultanéité des modèles de charge

D2.1.1 Modèles d'actions variables

(1) Lorsqu'il y a lieu, les charges verticales et les forces horizontales dues au trafic doivent être considérées comme simultanées conformément aux articles 5.3 et 5.4 et prises en compte comme groupes de charges. Les valeurs caractéristiques de ces charges sont données dans le tableau D.1. Pour d'autres valeurs représentatives, elles sont modifiées et généralement simplifiées, par l'introduction des coefficients ψ correspondants.

Tableau D.1 : Définition des groupes de charges (Valeurs caractéristiques)

Type de charge		Forces verticales		Forces horizontales
Système de charge		Charge uniformément répartie	Véhicule de service	
Groupes de charges	gr1	F_k	0	F_k
	gr2	0	F_k	F_k

Pour toute combinaison de charges de trafic avec des actions spécifiées dans d'autres Parties de l'ENV 1991, il convient de considérer le groupe ainsi formé comme une action unique.

L'action caractéristique du vent sur les passerelles peut être évaluée dans l'ENV 1991-2-4 soit comme la force caractéristique F_{wk} , soit comme une force nominale F_{wn} .

(2)P Les forces et déformations entravées résultant des actions permanentes et variables sur les ponts spécifiées dans d'autres Parties de l'ENV 1991 doivent être combinées avec les charges de trafic chaque fois qu'il y a lieu.

(3) Il n'y a lieu de combiner la charge concentrée Q_{fwb} (voir 5.3.2(4)) avec aucune autre charge variable ne provenant pas du trafic.

(4) Pour les passerelles, il n'y a pas lieu de considérer que les actions du vent et les actions thermiques sont simultanées.

(5) Pour la première catégorie de passerelles définie en D1.(2)P, sauf spécification différente, le trafic peut être considéré comme incompatible avec un vent et/ou une neige significatifs.

(6) Pour la seconde catégorie de passerelles définie en D1.(2)P, sauf spécification différente (voir l'ENV 1991-1), les combinaisons fondamentales sont les mêmes que pour les bâtiments, les charges d'exploitation étant remplacées par le groupe de charges correspondant, les coefficients partiels appliqués aux actions et les coefficients ψ_0 étant appliqués conformément aux Eurocodes de projet, et les autres coefficients ψ pour les actions de trafic étant conformes à D.2.4.

Note: ceci implique en principe un minimum de quatre combinaisons, chacune d'elles incluant quatre actions variables avec une série de cas de charge. Il est recommandé d'examiner les possibilités de simplifications pour les projets particuliers.

D2.1.2 Modèles incluant des actions accidentelles

(1) Lorsqu'une action accidentelle doit être prise en compte, il n'y a pas lieu de considérer que d'autres actions accidentelles ni les actions du vent ni celles de neige puissent s'exercer simultanément.

(2) La simultanéité des actions accidentelles avec les actions variables de trafic est définie ci-dessous et dans le texte là où les actions accidentelles individuelles sont définies.

(3) Sauf spécification différente, lorsque les impacts provenant de la circulation sous les ouvrages sont pris en compte (voir 5.6.1 et 5.6.2), il convient d'introduire dans les combinaisons les charges fréquentes dues à la circulation sur ceux-ci en tant qu'actions d'accompagnement.

(4) Sauf spécification différente, lorsque les actions accidentelles provenant de la circulation sur les ouvrages sont prises en compte (charges définies en 5.6.3), il convient de négliger toutes les actions d'accompagnement de trafic.

Note: lorsque d'autres actions accidentelles sur les ponts doivent être prises en compte, les règles de simultanéité avec les actions de trafic doivent être spécifiées.

D2.2 Combinaisons d'actions

(1)P Pour chaque cas de charge critique, les valeurs de calcul des effets des actions doivent être déterminés en combinant les valeurs des actions qui s'exercent simultanément. L'ENV 1991-1, 9.4.2, s'applique.

D2.3 Coefficients partiels pour les passerelles

(1) Les coefficients partiels appliqués aux actions pour les états-limites ultimes dans les situations de calcul durables, transitoires et accidentelles sont les mêmes que ceux spécifiés dans l'annexe C (C.2.3).

D2.4 Coefficients ψ pour les passerelles

(1) Sauf spécification différente (par exemple dans la Partie de l'ENV 1991 consacrée à l'action concernée), les coefficients ψ concernant la première catégorie de passerelles sont ceux du tableau D.2. Pour la seconde catégorie, voir D.2.1.1(6) ci-dessus. Pour les actions de trafic, dans les deux cas, les coefficients s'appliquent aussi bien aux groupes de charges définis dans le tableau D.1 qu'aux composantes dominantes des groupes lorsque celles-ci sont considérées séparément.

Tableau D.2 : Coefficients ψ pour les passerelles

Action	Symbole	ψ_0	ψ'_1 ¹⁾	ψ_1	ψ_2
Charges de Trafic	$gr1$	[0,40]	[0,80]	[0,40]	[0]
	Q_{fwk}	0	[0]	[0]	0
	$gr2$	[0]	[1,00]	[0]	[0]
Pression du vent	F_{wk} ou F_{wn}	[0] ²⁾	[0,6]	[0,5]	[0]
Effet de la température	T_k	[0] ³⁾	[0,8]	[0,6]	[0,5]

1) ψ'_1 est un coefficient ψ destiné à définir les charges non-fréquentes (voir 2.2).

2) Si une action dominante autre que celles du trafic ou de la température doit être prise en compte, cette valeur peut devoir être remplacée par 0,3.

3) Sauf spécification différente (par exemple dans le cas de matériaux fragiles à basse température - voir l'Eurocode de projet concerné). Cependant, pour les état-limites de service, voir D3.4.

D2.4 (1) - I La valeur encadrée de ψ_1 pour la pression du vent F_{wk} ou F_{wn} est ramenée à 0,2 (au lieu de 0,5 indiqué dans le tableau).

D3 - Etats-limites de service

D3.1 Simultanéité des modèles de charge sur les passerelles

(1) Les règles données en D2.1.1 concernant la simultanéité sont applicables.

D3.2 Combinaisons d'actions

(1) Pour les situations de projet durables et transitoires, il convient d'utiliser les différentes combinaisons de l'ENV 1991-1, 9.5.2.

(2) De plus, si l'Eurocode de projet le prescrit, il y a lieu de considérer la combinaison non-fréquent suivante :

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} \text{ "+" } P_k \text{ "+" } \psi'_1 Q_{k1} \text{ "+" } \sum_{i > 1} \psi_{1i} Q_{ki} \quad (D.1)$$

D3.3 Coefficients partiels

(1) Pour les passerelles, sauf spécification différente, il convient de donner la valeur [1,0] aux coefficients partiels appliqués aux actions pour les états-limites de service, en situations durables et transitoires.

D3.4 Coefficients ψ pour les passerelles

(1) Les valeurs des coefficients ψ sont données dans le tableau D.2, excepté la valeur de ψ_0 applicable aux effets thermiques sur les passerelles de la première catégorie, qui est égale à [0,6].

Annexe E (normative)

Coefficients dynamiques $1 + \varphi$ pour les trains réels

E - C Les règles variantes mentionnées en 1.3.5)PA, publiées dans le livret 2.01 du CPC de la SNCF, portent au stade actuel essentiellement sur les points suivants.

I - Les formules indiquées ne sont pas applicables.

Pour les trains réels, dans le livret, elles ne sont à considérer que si l'une des deux conditions de validité du coefficient Φ_2 (ou les deux) n'est pas remplie.

- Si $V \geq 220$ km/h, il y a lieu de faire des calculs élaborés (voir H - C).
- Le cas des conditions de flèche sous poids permanent ne devrait pas être rencontré en général, le dimensionnement devant être fait de façon à ce que ces conditions soient respectées. Sinon, il y a lieu également de faire des calculs élaborés (voir H - C).

C Les formules indiquées ont servi de base à la limitation des fréquences en flèches sous poids permanent.

(1)P Pour prendre en compte les effets dynamiques résultant de la vitesse des trains réels en circulation, les sollicitations calculées à partir des charges statiques spécifiées doivent être multipliées par un coefficient correspondant à la plus grande vitesse à laquelle les véhicules peuvent circuler.

(2) Ces coefficients dynamiques sont également utilisés pour les calculs des dommages résultant de la fatigue.

(3)P La charge statique due à un train circulant à la vitesse v [m/s] doit être multipliée

par : $1 + \varphi = 1 + \varphi' + \varphi''$ (E.1)

ou par : $1 + \varphi = 1 + \varphi' + 0,5\varphi''$ (E.2)

Sauf spécification différente, l'équation (E.2) doit être utilisée avec :

$$\varphi' = \frac{K}{1 - K + K^4} \quad (E.3)$$

avec $K = \frac{v}{2 L_{\Phi} \times n_0}$ (E.4)

et :

$$\varphi'' = \frac{\alpha}{100} \left[56e^{-\left(\frac{L_{\Phi}}{10}\right)^2} + 50\left(\frac{L_{\Phi}n_0}{80} - 1\right)e^{-\left(\frac{L_{\Phi}}{20}\right)^2} \right] \quad (E.5)$$

avec : $\alpha = \frac{v}{22}$ si $v \leq 22$ m/s

ou : $\alpha = 1$ si $v > 22$ m/s

expressions dans lesquelles

v est la vitesse en [m/s]

n_0 est la fréquence propre du pont non chargé, en [Hz]

L_{Φ} est la longueur déterminante en [m]

α est un coefficient fonction de la vitesse

(4)P Le calcul doit être effectué pour les valeurs limites supérieure et inférieure de n_0 , à moins qu'il ne s'agisse d'un pont particulier de fréquence connue.

La limite supérieure de n_0 est donnée par l'équation suivante :

$$n_0 = 94,76 L_\Phi^{-0,748} \quad (\text{E.6})$$

et sa limite inférieure par l'équation :

$$n_0 = \frac{80}{L_\Phi} \quad \text{pour } 4 \text{ m} \leq L_\Phi \leq 20 \text{ m} \quad (\text{E.7})$$

$$n_0 = 23,58 L_\Phi^{-0,592} \quad \text{pour } 20 \text{ m} < L_\Phi \leq 100 \text{ m} \quad (\text{E.8})$$

Annexe F (normative)

Bases d'évaluation de la fatigue pour les structures ferroviaires

F - C - Les règles variantes mentionnées en 1.3 5)PA, publiées dans le livret 2.01 du CPC de la SNCF, portent au stade actuel essentiellement sur les points du DAN de la présente annexe.

A - Dans la norme française expérimentale, l'action ferroviaire servant à la vérification de la fatigue est une action de trafic définie à partir du schéma de charges UIC 71 et des coefficients λ .

Ces coefficients λ déterminés à partir des trains-type de F.3 dépendent des matériaux (pour la SNCF par exemple, ils figurent dans les chapitres 2 "Béton" et 3 "Métal", du livret 2.01).

La vérification de fatigue (E.L. de fatigue) est menée de façon générale à partir de l'E.L. défini en EC1-1, mais dans les cas courants on aboutit à la formule donnée en F.2.

I - Les formules de F.1 pour le coefficient dynamique ne sont pas applicables. Le coefficient dynamique est le coefficient Φ_2 .

F1- Hypothèses sur les actions relatives à la fatigue

Les coefficients dynamiques Φ_2 et Φ_3 qui sont appliqués au modèle de charge statique 71, lorsque l'article 6.4.3 s'applique, représentent le cas de chargement extrême à considérer lors de l'élaboration des dispositions constructives des éléments de ponts. Ces coefficients conduiraient à des dispositions inutilement onéreuses s'ils étaient appliqués aux trains de service employés pour évaluer les dommages résultant de la fatigue. Pour tenir compte de l'effet moyen sur une durée de vie de la structure supposée égale à 100 ans, l'amplification dynamique correspondant à chaque train de service est réduite à :

$$1 + \frac{1}{2} \left(\varphi' + \frac{1}{2} \varphi'' \right) \tag{F.1}$$

expression dans laquelle φ' et φ'' sont définis ci-après dans les équations (F.2) et (F.3). (Ces équations sont des formes simplifiées des équations (E.3) et (E.5) et sont suffisamment précises pour servir au calcul des dommages résultant de la fatigue) :

$$\varphi' = \frac{K}{1 - K + K^4} \tag{F.2}$$

avec

$$K = \frac{v}{160} \quad \text{pour } L \leq 20 \text{ m}$$

$$K = \frac{v}{47,16 L^{0,408}} \quad \text{pour } L > 20 \text{ m}$$

et

$$\varphi'' = 0,56 e^{-\left(\frac{L^2}{100}\right)} \tag{F.3}$$

avec :

v vitesse en [m/s]

L_{Φ} longueur déterminante L_{Φ} en [m], conformément à l'article 6.4.3

F2 - Méthode générale de calcul

(1)P Le calcul, qui consiste généralement à calculer une variation de contraintes, doit être effectué conformément aux ENV 1992, ENV 1993 et ENV 1994.

(2)P Par exemple, dans le cas des ponts métalliques, la vérification de la sécurité doit être effectuée en s'assurant que la condition suivante est satisfaite :

$$\gamma_{Ff} \lambda \Phi_2 \Delta\sigma_{71} \leq \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}} \quad (F.4)$$

avec :

γ_{Ff} coefficient partiel de sécurité pour la charge de fatigue, $\gamma_{Ff} = 1,00$

λ coefficient prenant en compte le trafic circulant sur l'ouvrage et la portée de l'élément

Φ_2 coefficient dynamique (voir 6.4)

$\Delta\sigma_{71}$ variation de contraintes due au modèle de charge 71 disposé dans la position la plus défavorable pour l'élément considéré

$\Delta\sigma_C$ valeur de référence de la résistance à la fatigue (voir l'ENV 1993)

γ_{Mf} coefficient partiel de sécurité pour la résistance à la fatigue (voir l'ENV 1993)

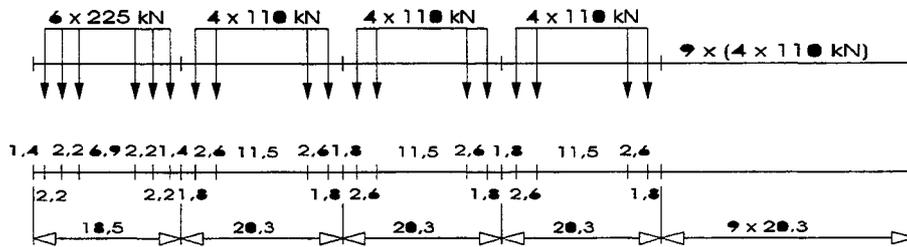
F3 - Trains-types pour la fatigue

L'évaluation de la fatigue doit être effectuée à partir de combinaisons de trafics, "trafic usuel" ou "trafic avec essieux de 250 kN", suivant que l'ouvrage supporte un mélange de trafics standard ou un trafic surtout constitué de trains de marchandises lourds.

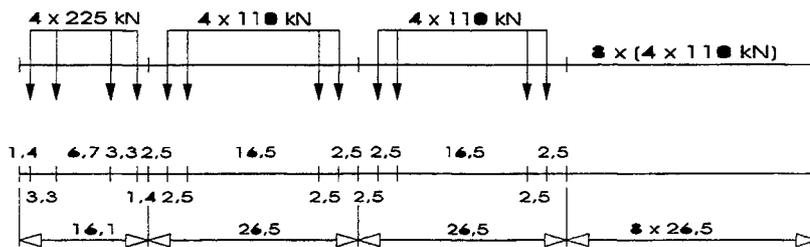
Les détails relatifs aux trains de service et aux combinaisons de trafics à prendre en compte sont donnés ci-dessous.

(1) Trafic standard avec essieux ≤ 225 kN

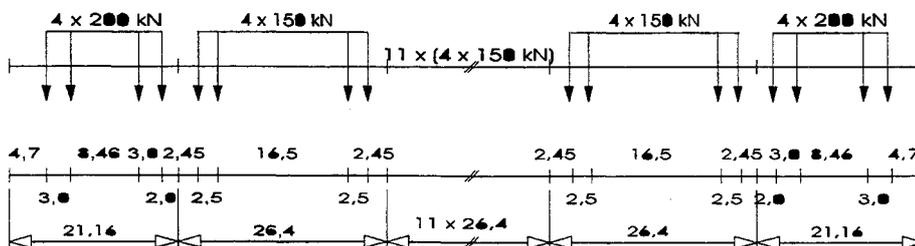
Type 1 Train voyageur tracté par une locomotive
 $\Sigma Q = 6630$ kN $V = 200$ km/h $L = 262,10$ m $q = 25,3$ kN/m'



Type 2 Train voyageur tracté par une locomotive
 $\Sigma Q = 5300$ kN $V = 160$ km/h $L = 281,10$ m $q = 18,9$ kN/m'

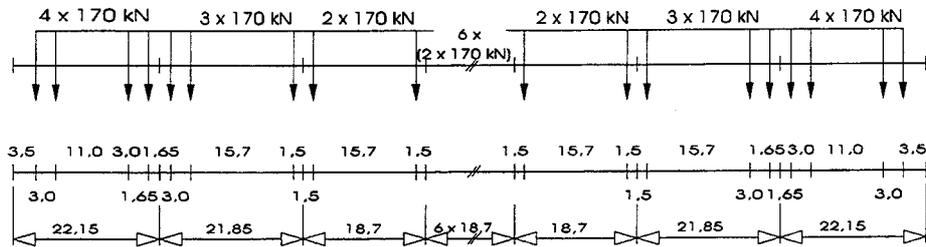


Type 3 Train automoteur à grande vitesse
 $\Sigma Q = 9400$ kN $V = 250$ km/h $L = 385,52$ m $q = 24,4$ kN/m'



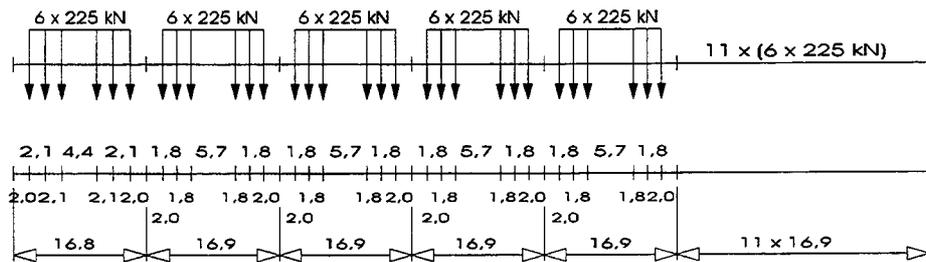
Type 4

Train automoteur à grande vitesse
 $\Sigma Q = 5100 \text{ kN}$ $V = 250 \text{ km/h}$ $L = 237,60 \text{ m}$ $q = 21,5 \text{ kN/m}$



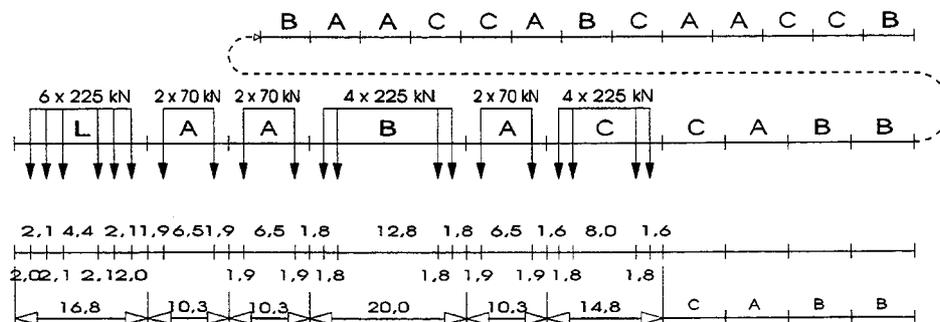
Type 5

Train marchandises tracté par une locomotive
 $\Sigma Q = 21600 \text{ kN}$ $V = 80 \text{ km/h}$ $L = 270,30 \text{ m}$ $q = 80,0 \text{ kN/m}$

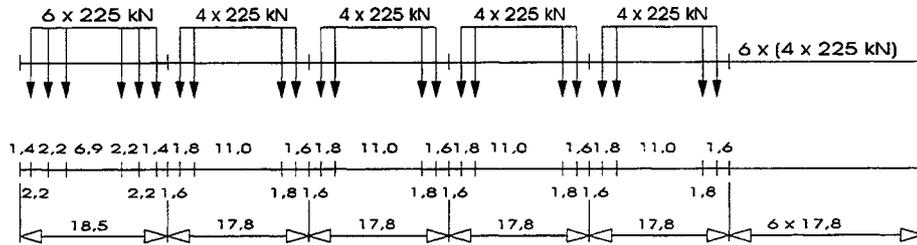


Type 6

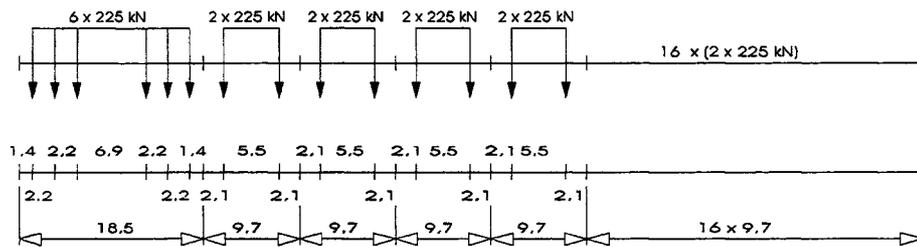
Train marchandises tracté par une locomotive
 $\Sigma Q = 14310 \text{ kN}$ $V = 100 \text{ km/h}$ $L = 333,10 \text{ m}$ $q = 43,0 \text{ kN/m}$



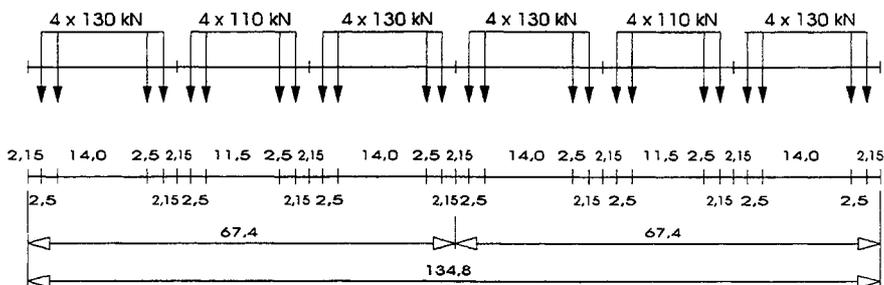
Type 7 Train marchandises tracté par une locomotive
 $\Sigma Q = 10350 \text{ kN}$ $V = 120 \text{ km/h}$ $L = 196,50 \text{ m}$ $q = 52,7 \text{ kN/m'}$



Type 8 Train marchandises tracté par une locomotive
 $\Sigma Q = 10350 \text{ kN}$ $V = 100 \text{ km/h}$ $L = 212,50 \text{ m}$ $q = 48,7 \text{ kN/m'}$

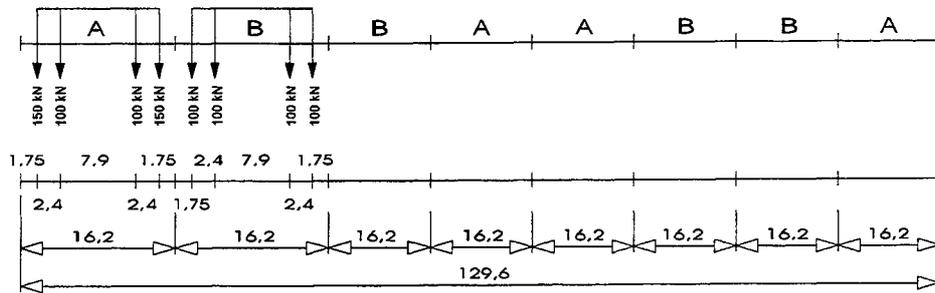


Type 9 Train suburbain à unités multiples
 $\Sigma Q = 2960 \text{ kN}$ $V = 120 \text{ km/h}$ $L = 134,80 \text{ m}$ $m q = 22,0 \text{ kN/m'}$



Type 10

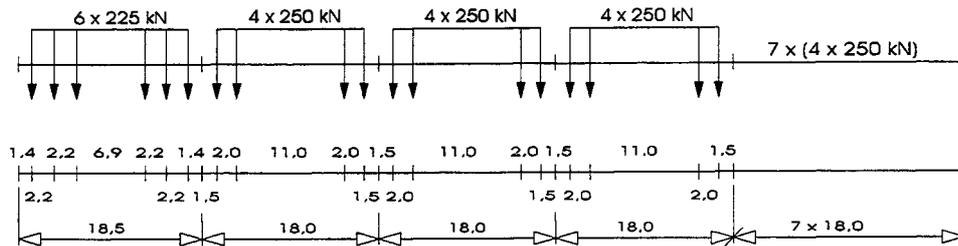
Train métropolitain
 $\Sigma Q = 3600 \text{ kN}$ $V = 120 \text{ km/h}$ $L = 129,60 \text{ m}$ $q = 27,8 \text{ kN/m'}$



Trafic lourd avec essieux de 250 kN

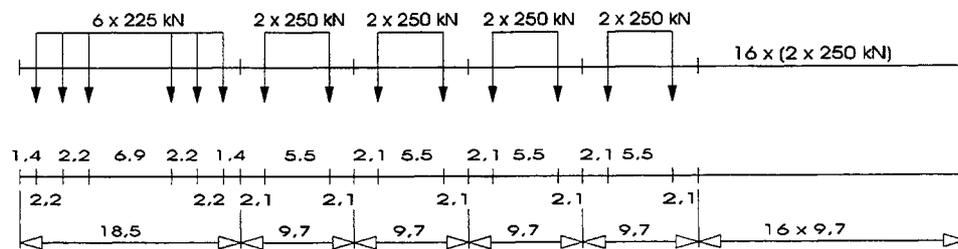
Type 11

Train marchandises tracté par une locomotive
 $\Sigma Q = 11350 \text{ kN}$ $V = 120 \text{ km/h}$ $L = 198,50 \text{ m}$ $q = 57,2 \text{ kN/m'}$



Type 12

Train marchandises tracté par une locomotive
 $\Sigma Q = 11350 \text{ kN}$ $V = 100 \text{ km/h}$ $L = 212,50 \text{ m}$ $q = 53,4 \text{ kN/m'}$



(3) Combinaisons de trafic :

Tableau F.1 : Combinaison de trafics usuels à essieux $\leq 22,5$ t (225 kN)

Train-type	Nombre de trains par jour	Poids/train [t]	Volume de trafic [10 ⁶ t/an]
1	12	663	2,90
2	12	530	2,32
3	5	940	1,72
4	5	510	0,93
5	7	2160	5,52
6	12	1431	6,27
7	8	1035	3,02
8	6	1035	2,27
	67		24,95

Tableau F.2 : Combinaison de trafics lourds à essieux de 25 t (250 kN)

Train-type	Nombre de trains par jour	Poids/train [t]	Volume de trafic [10 ⁶ t/an]
5	6	2160	4,73
6	13	1431	6,79
11	16	1135	6,63
12	16	1135	6,63
	51		24,78

Annexe G (normative)

Bases de calcul - Articles complémentaires à l'ENV 1991-1 pour les ponts-rails comprenant des critères d'aptitude au service

G - C Les règles variantes mentionnées en 1.3 5)PA, publiées dans le livret 2.01 du CPC de la SNCF, portent au stade actuel essentiellement sur les points suivants.

G1 - C Ce paragraphe correspond à l'article 1-7 du livret.

G2 - A Les tableaux des valeurs encadrées des coefficients γ et ψ sont remplacés par les tableaux I-9 et I-1 figurant dans l'article 1-7 du livret (certaines valeurs encadrées peuvent individuellement être conservées).

G.2.3 - C Pour les coefficients γ , on a repris comme base le tableau figurant dans les premières versions de l'EC1-3-6 avec les 3 cas A, B, C, et correspondant au cas des bâtiments dans l'EC1-1. Cependant, le cas de la rupture de sol classique a été joint à celui de la rupture structurale et, seul, le cas de la stabilité d'ensemble des sols subsiste dans le cas C.

Par ailleurs, les actions de circulation comprennent également le train à vide.

Il faut noter également que pour l'équilibre statique, on est plus sévère lorsque la sécurité des personnes est en jeu.

G.2.4 Tableau G2 - I1 Les actions aérodynamiques ne sont pas, dans le livret, des actions de circulation, mais sont à ranger dans les autres actions d'exploitation, tout comme les charges sur accotements et quais.

G.2.4 Tableau G2 C Pour les coefficients ψ , voir 6-8-3 - A ci-avant. Un tableau général est donné dans le livret pour les coefficients de dimensionnement : $\gamma \psi$: tableau I-11 de l'article 1-7-2-3.

Note : cette annexe est destinée à être ultérieurement incorporée à l'ENV 1991-1 "Bases de calcul".

G1 - Généralités

(1) La présente annexe donne des règles concernant les coefficients partiels appliqués aux actions (coefficients γ) et les combinaisons de charges de trafic sur les ponts-rails avec les actions permanentes, le vent quasi-statique, les actions de la neige et de la température ainsi que les coefficients ψ correspondants. Si d'autres actions doivent être considérées (par exemple tassements dus à des galeries de mine, instabilité due au vent, présence d'eau, de débris flottants et pression de la glace pour les vérifications concernant les fondations), il convient de compléter les combinaisons afin de les prendre en compte. Il convient aussi de les compléter et de les adapter pour les phases de construction (voir les Eurocodes de projet correspondants) et pour certaines catégories particulières de ponts-rails (par exemple les ponts mobiles, tabliers auxiliaires, ponts couverts, etc.).

G2 - Etats-limites ultimes (fatigue exclue)

G2.1 Simultanéité des modèles de charge avec d'autres actions

G2.1.1 Modèles d'actions variables

(1)P La simultanéité des actions variables de trafic doit être prise en compte conformément à l'article 6.8. Les règles diffèrent suivant les valeurs représentatives et les situations de calcul considérées.

Pour toute combinaison de charges variables de trafic avec d'autres actions spécifiées dans d'autres Parties de l'ENV 1991, tout groupe de charges défini au paragraphe 6.8.2 et au tableau 6.6 doit être considéré comme une action variable.

(2) L'action caractéristique du vent sur les ponts-rails peut être évaluée selon l'ENV 1991-2-4 soit comme une force caractéristique F_{Wk} , soit comme une force nominale F_{Wn} .

Note: le choix d'une valeur de F_{Wn} suffisamment élevée (encadrée dans l'ENV 1991-2-4, alinéa 6.9.11.2(1)) peut permettre de simplifier les calculs en considérant que les actions significatives du vent et du trafic ne sont pas simultanées.

Lorsque les combinaisons d'actions de trafic ferroviaire et d'actions du vent sont prises en compte, il y a lieu de considérer également la force maximale du vent compatible avec le trafic ferroviaire. Cette force, F_W^{**} , est associée à une vitesse de vent au niveau du tablier.

Note: la vitesse du vent à prendre en compte est donnée par l'autorité compétente.

(3) Pour les combinaisons de vent et d'actions de trafic, il convient d'augmenter l'aire de référence $A_{ref,x}$ définie dans l'ENV 1991-2-4 en ajoutant 4,00 m à l'épaisseur du tablier depuis le niveau de la surface de roulement, sans ajouter celles des garde-corps, écrans anti-bruit, etc.

Pour le calcul de la charge de vent, il y a lieu de considérer que les structures conçues pour le trafic ferroviaire sont supposées porter un train de longueur illimitée et de 4,00 m de hauteur.

(4)P Lorsque le trafic et le vent agissent simultanément, les combinaisons à prendre en compte sont les suivantes:

- les charges ferroviaires verticales incluant le coefficient dynamique, avec les forces du vent. Ces deux actions peuvent agir comme action dominante, une à la fois.
- une charge verticale de 12,5 kN/m, uniformément répartie, appelée "train non chargé", sans coefficient dynamique, pour vérifier la stabilité globale avec les forces du vent. L'action doit être disposée de manière à produire l'effet le plus défavorable sur l'élément structural considéré.

(5)P Les forces et déformations entravées résultant des actions permanentes et variables, spécifiées dans d'autres Parties de l'ENV 1991, et concernant les ponts, doivent être combinées avec les charges de trafic chaque fois qu'il y a lieu.

(6) Sauf spécification différente (et sauf pour les ponts couverts), il n'y a pas lieu d'inclure l'action de la neige dans une quelconque combinaison, ni dans le cas des situations de calcul durables ni dans le cas des situations transitoires après l'achèvement du pont.

(7) Sauf spécification différente, il n'y a pas lieu de prendre en compte l'action du vent avec :

- les groupes de charges gr13, gr14 et gr15
- les véhicules spéciaux (modèle de charge SW/2, voir 6.3.3).

(8) Il n'y a lieu de combiner aucune action de vent supérieure à la plus faible des valeurs F_W^{**} et $\psi_0 F_{Wk}$ (ou $\psi_0 F_{Wn}$) avec les actions de trafic.

(9)P Les actions dues aux effets aérodynamiques du trafic ferroviaire (voir 6.6) et les actions dues au vent (voir l'ENV 1991-2.4) doivent être combinées.

Chaque action doit être considérée individuellement comme une action variable dominante, l'autre action avec sa valeur de combinaison.

(10)P Si l'élément structural n'est pas directement exposé au vent, l'action q_{ik} due aux effets aérodynamiques doit être déterminée pour les vitesses des trains, augmentées de la vitesse du vent frontale.

G2.1.2 Modèles incluant des actions accidentelles

(1) Lorsqu'une action accidentelle doit être prise en compte, il n'y a pas lieu de considérer que d'autres actions accidentelles, ni les actions du vent ni celles de la neige puissent s'exercer simultanément.

(2) La simultanéité des actions accidentelles avec les actions variables de trafic est définie ci-dessous et dans le texte, là où les actions accidentelles individuelles correspondantes sont définies.

(3) Sauf spécification différente, lorsque des impacts provenant de la circulation sous le pont sont pris en compte (forces définies en 4.7.2, et 6.7.1.3(1)P), il convient de prendre en compte les charges de trafic circulant sur les ponts comme action d'accompagnement et de les considérer avec leur valeur fréquente.

(4) Lorsque des actions accidentelles dues à la circulation sur le pont sont considérées (charges définies en 6.7.1), il appartient au maître d'ouvrage de définir, pour les projets particuliers, les combinaisons à prendre en compte dans de telles situations.

Note : lorsque d'autres actions accidentelles doivent être considérées sur les ponts, les règles de simultanéité avec les actions de trafic doivent être spécifiées.

G2.2 Combinaisons d'actions

(1)P Pour chaque cas de charge critique, les valeurs de calcul des effets des actions doivent être déterminées en combinant les valeurs des actions qui s'exercent simultanément. L'ENV 1991-1, 9.4.2 s'applique.

G2.3 Coefficients partiels pour les ponts-rails (fatigue exclue)

(1) Dans le cas des vérifications pour lesquelles la résistance du matériau de la structure ou du terrain a une importance prédominante, les coefficients partiels appliqués aux actions pour les états-limites ultimes dans les situations de projet durables, transitoires et accidentelles sont donnés par le tableau G.1.

Note : pour le calcul des ponts, le tableau G.1 et les notes suivantes couvrent les cas B et C spécifiés pour les bâtiments dans le tableau 9.2 de l'ENV 1991-1. Pour le cas A, voir (2) ci-dessous.

**Tableau G.1 : Coefficients partiels sur les actions -
 Etats-limites ultimes pour les ponts-rails**

Action	Symbole	Situation	
		P/T	A
Actions permanentes : poids propre des éléments structuraux et non structuraux, actions permanentes dues au sol, à l'eau souterraine et à l'eau de ruissellement ¹⁾ défavorables	γ_{Gsup}	[1,35] ^{2),3),4)}	[1,00]
	γ_{Ginf}	[1,00] ^{2),3),4)}	[1,00]
Précontrainte	γ_P	[1,00] ⁵⁾	[1,00]
Tassement	γ_{Gset}	[1,00] ⁶⁾	
Actions de trafic ⁷⁾ défavorables	γ_Q	[1,45] ⁸⁾	[1,00]
		[0]	[0]
Autres actions variables défavorables	γ_Q	[1,50]	[1,00]
		[0]	[0]
Actions accidentelles	γ_A		[1,00]

P - Situation durable

T - Situation transitoire

A - Situation accidentelle

1) Au lieu d'utiliser γ_G (1,35) et le γ_Q habituel des actions de poussée latérale des terres, les propriétés de calcul du terrain peuvent être introduites conformément à l'ENV 1997. Un coefficient de modèle γ_{sd} est appliqué.

2) Dans cette vérification, les valeurs caractéristiques de toutes les actions permanentes d'une même origine sont multipliées par [1,35] si l'effet résultant total est défavorable et par [1,00] si l'effet résultant total est favorable. Voir également la Note de l'ENV 1991-1, alinéa 9.4.2(3a).

3) Sauf spécification différente, les coefficients s'appliquent aux valeurs caractéristiques appropriées définies dans la Partie 2.1.

4) Dans les cas où l'état-limite est sensible aux variations des actions permanentes dans l'espace, il convient de choisir les valeurs caractéristiques supérieure et inférieure de ces actions en conformité avec le paragraphe 4.2(3)P de l'ENV 1991-1.

5) Sauf spécification différente. Pour la précontrainte par câbles, ce coefficient s'applique aux valeurs caractéristiques appropriées définies dans l'Eurocode de projet correspondant. Lorsque la précontrainte est produite par des déformations imposées à la structure, il convient que les coefficients applicables à G et aux déformations imposées soient tels que définis par l'Eurocode de projet correspondant.

6) Applicable seulement lorsque les tassements sont estimés au mieux (voir les Eurocodes de projet).

7) Les composantes des actions de trafic sont introduites dans les combinaisons comme actions individuelles, par le groupe de charges correspondant gri.

8) [1,20] pour le modèle de charge SW/2.

(2) Pour les vérifications vis-à-vis d'une perte d'équilibre statique et dans d'autres cas où les variabilités des résistances du matériau composant la structure et celles du terrain ont une importance relativement secondaire, il convient de considérer comme actions individuelles les fractions favorables et défavorables des actions permanentes et, sauf spécification différente, il y a lieu d'associer respectivement les fractions défavorables et favorables avec $\gamma_{G\ sup} = [1,05]$ et $\gamma_{G\ inf} = [0,95]$. Les autres coefficients partiels appliqués aux actions sont ceux du paragraphe (1).

Note : voir les Eurocodes de projet correspondants.

G2.4 Coefficients Ψ pour les ponts-rails

(1) Sauf spécification différente (par exemple dans la Partie concernée de l'ENV 1991 consacrée aux actions spécifiques ou dans les Eurocodes de projet), les coefficients Ψ des ponts-rails sont ceux du tableau G.2. Pour les actions de trafic, ils s'appliquent, lorsqu'il y a lieu, aussi bien aux groupes de charges définis en 6.8.2 qu'aux composantes dominantes des groupes lorsque celles-ci sont considérées séparément.

Tableau G.2 : Coefficients Ψ pour les ponts-rails

Actions		Ψ_0	Ψ_1'	Ψ_1	Ψ_2
Actions de trafic individuelles	LM 71	[0,80]	[1,00]	1)	[0] ⁴⁾
	SW/0	[0,80]	[1,00]	[0,80]	[0]
	SW/2	[0]	[1,00]	[0,80]	[0]
	Train non chargé	[1,00]	-	-	-
	Accélération et freinage Forces centrifuges Forces d'interaction due à la déformation sous charges verticales de trafic	Mêmes valeurs que les coefficients Ψ adoptés pour les charges verticales associées			
	Forces dues à l'effet de lacet	[1,00]	[1,00]	[0,80]	[0]
	Charges sur passages de service interdits au public	[0,80]	[0,80]	[0,50]	[0]
	Chargement sur remblais	[0,80]	[1,00]	1)	[0]
	Effets aérodynamiques	[0,80]	[1,00]	[0,80]	[0]
Groupes de charges	g_{r11}	[0,80]	[1,00]	1)	[0]
	g_{r12}	[1,00]	-	-	-
	g_{r13}	[0,80]	[1,00]	1)	[0]
	g_{r14}	[0,80]	[1,00]	1)	[0]
	g_{r15}	[0,80]	[1,00]	1)	[0]
Pression du vent²⁾	F_{Wk} ou F_{Wn}	[0,60]	[0,60]	[0,50]	[0]
	F_W^{**}	[1,00]	-	-	-
Effet de la température	T_k ³⁾	[0,6]	[0,80]	[0,60]	[0,50] ³⁾

1) [0,8] si une voie chargée
 [0,6] si deux voies chargées
 [0,4] si trois voies ou plus sont chargées simultanément

2) Lorsque l'action du vent doit être prise en compte avec le trafic, l'action du vent $\Psi_0 F_{Wk}$ ou $\Psi_0 F_{Wn}$ ne doit pas être prise en compte avec une valeur supérieure à F_W^{**} (voir l'ENV 1991-2.4).

3) (Voir l'ENV 1991-2.5)

4) Si la déformation est considérée, voir 6.8.1(5)P et G.3.1

G.2.4(1) - I2 La valeur encadrée de ψ_1 pour la pression du vent F_{Wk} ou F_{Wn} est ramenée à 0,2 (au lieu de 0,5).

G3 - Etats-limites de service

G3.1 Critères de performance relatifs aux déformations et vibrations

G3.1.1 Généralités

(1) L'article G.3.1 précise les limites de déformation à considérer lors du calcul de nouveaux ponts. Les déformations excessives des ponts peuvent mettre le trafic en péril en créant des modifications inadmissibles dans la géométrie de la voie et des vibrations de structure excessives. Ces effets peuvent modifier les sollicitations du pont et créer des conditions affectant le confort des passagers.

(2)P Il est nécessaire d'effectuer des vérifications vis-à-vis des déformations des ponts pour les points suivants :

- pour des raisons de sécurité (pour contrôler la stabilité et la continuité de la voie et pour s'assurer que le contact rail/roue est maintenu) :
 - accélérations verticales du tablier,
 - torsion du tablier,
 - rotations aux extrémités du tablier,
 - variation d'angle horizontal,
- pour le confort des passagers :
 - flèches verticales du tablier.

(3)P Il est également nécessaire de s'assurer que toutes les déformations restent inférieures aux limites élastiques des matériaux utilisés.

(4) Les limites données dans l'article G.3.1 tiennent compte du fait que certains effets des actions sont compensés par les mesures d'entretien de la voie (par exemple: tassement des fondations, effet du fluage, etc.).

(5) Les projeteurs devront prêter une attention particulière aux tabliers auxiliaires, du fait de la flexibilité et de l'élasticité de ce type de structure.

Note : l'autorité compétente peut établir des spécifications particulières pour ces tabliers auxiliaires. suivant leurs conditions d'utilisation (exemple : les ponts biais).

G3.1.2 Etats-limites de sécurité des circulations

G3.1.2.1 Accélération verticale du tablier

(1)P Ces vérifications sont exigées pour les vitesses supérieures à $V > [220]$ km/h ou lorsque la fréquence propre de l'ouvrage n'est pas comprise dans les limites indiquées par la figure 6.9.

Note : elles doivent être effectuées pour le trafic réel tel que défini dans l'annexe H.

(2) Pour les tabliers à voie ballastée, sauf indication différente, il convient de retenir la valeur limite de 0,35 g pour les vibrations de fréquence inférieure à 20 Hz.

Note : l'autorité compétente peut spécifier une valeur limite différente.

(3) Lorsque $V \leq [220]$ km/h et lorsque la fréquence propre de la structure est comprise dans les limites de la figure 6.9, le risque d'accélération excessive est couvert.

Note : Néanmoins, pour certaines valeurs de la déformation, des accélérations excessives peuvent se produire. En première approche, il est recommandé de satisfaire aux limites de flèche données au tableau G.5.

G3.1.2.2 Torsion du tablier

(1)P La torsion du tablier d'un pont doit être calculée en prenant en compte les valeurs caractéristiques du modèle de charge 71 multipliées par Φ .

(2)P Le gauchissement maximum de la voie mesuré sur une longueur de 3 m ne doit pas excéder les valeurs suivantes :

$V \leq 120$ km/h	$t \leq [4,5]$ mm/3m	(G.1)
$120 < V \leq [220]$ km/h	$t \leq [3,0]$ mm/3m	
$V > [220]$ km/h	$t \leq [1,5]$ mm/3m	

(3)P Pour des vitesses $V > [220]$ km/h, une vérification complémentaire est exigée pour s'assurer que sous le trafic réel, multiplié par le coefficient dynamique correspondant, $t \leq [1,2]$ mm/3m.

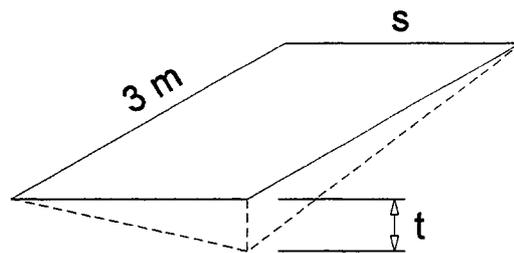


Figure G.1 : Gauchissement admissible de la voie

Note : sauf spécification différente, le gauchissement total résultant d'un quelconque gauchissement susceptible de se produire sur la voie quand le pont n'est pas chargé (comme dans une courbe de raccordement) et de celui dû à la déformation globale du pont, ne doit pas excéder $[7,5]$ mm/3m.

G3.1.2.3 Rotations d'extrémité du tablier (pour des voies ballastées)

(1)P Sous l'action du modèle de charge 71, pris avec sa valeur caractéristique, et affectée du coefficient dynamique Φ et des gradients thermiques, les rotations angulaires maximales aux extrémités du tablier mesurées dans l'axe de la voie ne doivent pas excéder les valeurs suivantes :

a) pour les ponts à voie unique

$$\theta = [6,5 \times 10^{-3}] \text{ radians} \quad \begin{array}{l} \text{à la transition entre le tablier} \\ \text{et le remblai} \end{array} \quad (G.2)$$

$$\theta_1 + \theta_2 = [10 \times 10^{-3}] \text{ radians} \quad \text{entre deux tabliers consécutifs}$$

b) pour les ponts à double voie

$$\theta = [3,5 \times 10^{-3}] \text{ radians} \quad \begin{array}{l} \text{à la transition entre le tablier} \\ \text{et le remblai} \end{array} \quad (G.3)$$

$$\theta_1 + \theta_2 = [5 \times 10^{-3}] \text{ radians} \quad \text{entre deux tabliers consécutifs}$$

(2)P Pour des vitesses $V > [220]$ km/h, la vérification complémentaire suivante est exigée pour des charges de trafic réel, multipliées par le coefficient dynamique correspondant.

$$\theta = \left[\frac{2 \times 10^{-3}}{h_{(m)}} \text{ radians} \right] \quad \begin{array}{l} \text{à la transition entre le tablier} \\ \text{et le remblai} \end{array} \quad (G.4)$$

$$\theta_1 + \theta_2 = \left[\frac{4 \times 10^{-3}}{h_{(m)}} \text{ radians} \right] \quad \text{entre deux tabliers consécutifs}$$

avec :

$h_{(m)}$ distance entre le rail et l'axe d'appui du pont

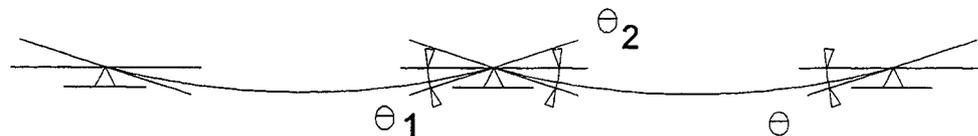


Figure G.2 : Rotations à l'extrémité des tabliers

G3.1.2.4 Déformations horizontales du tablier

(1)P Cette condition doit être vérifiée sous l'ensemble des actions suivantes : le modèle de charge 71 multiplié par le coefficient dynamique Φ , les charges de vent, la force due à l'effet de lacet, les forces centrifuges et l'effet des gradients thermiques entre les deux côtés du pont.

(2)P La déformation horizontale du tablier $\delta_{(m)}$ ne doit pas produire :

- une variation angulaire supérieure aux valeurs du tableau ci-dessous,
- ni un rayon de courbure en plan de valeur inférieure à celles du tableau G.3 suivant.

Tableau G.3 : Variation angulaire maximale et rayon de courbure minimal

Plage de vitesses (km/h)	Variation angulaire maximale	Rayon de courbure minimal	
		Travée unique	Pont à travées multiples
$V \leq [120]$	[0,0035] rd	[1700] m	[3500] m
$[120] < V \leq [220]$	[0,0020] rd	[6000] m	[9500] m
$[220] < V$	[0,0015] rd	[14000] m	[17500] m

(3) Le rayon de courbure est donné par :

$$R = \frac{L^2}{8 \delta_h} \quad (\text{G.5})$$

Note : la déformation horizontale comprend la déformation du tablier du pont et celle des infrastructures (incluant les piles, pieux et fondations).

G3.1.3 Valeurs limites de la flèche verticale maximale vis-à-vis du confort des voyageurs

Note : les valeurs limites des flèches verticales sont provisoires, sous réserve des conclusions des travaux de recherche en cours.

(1) Afin d'assurer le confort des voyageurs, le présent article donne des valeurs limites concernant la flèche verticale maximale des ponts-rails en fonction des longueurs de travée L et de la vitesse du train V . Les valeurs limites des déformations vis-à-vis de la sécurité sont données au paragraphe G3.1.2.

(2) Le confort des voyageurs dépend de l'accélération verticale b_v à l'intérieur de la voiture, durant le voyage. Les niveaux de confort sont classés comme l'indique le tableau G.4 ci-dessous :

Tableau G.4

Niveau de confort	Accélération verticale b_v
Très bon	1,0 m/s ²
Bon	1,3 m/s ²
Acceptable	2,0 m/s ²

Note : l'autorité compétente peut donner, pour ses lignes, le niveau de confort ou les valeurs limites de l'accélération verticale.

(3)P Les flèches verticales doivent être déterminées dans l'axe de la voie en prenant en compte les charges de trafic définies aux alinéas 6.8.1(5)P et 6.8.1(6)P.

(4) Les valeurs limites δ/L de la flèche verticale maximale des figures G.3, G.4 et du tableau G.5 s'appliquent au niveau de confort "très bon" avec $b_v = 1,0 \text{ m/s}^2$. Pour les autres niveaux de confort (c'est-à-dire d'autres accélérations b'_v), ces valeurs limites peuvent être ajustées en les multipliant par l'accélération b'_v (m/s^2).

(5) Les flèches ne doivent pas dépasser $[L/600]$.

(6)P Le rayon vertical de la voie sur la structure chargée ne doit pas être inférieur au rayon vertical minimal retenu pour la ligne.

(7)P Les valeurs limites δ/L s'appliquent au cas de structures sur appuis simples successives (figure G.3 et tableau G.5) ainsi qu'aux structures continues (figure G.4 et tableau G.5 multiplié par un facteur égal à 1,1) de trois travées ou plus. Lorsque la structure comprend moins de travées, les valeurs limites doivent être augmentées par application des facteurs suivants :

- pour une structure à 1 travée, facteur égal à 2,0
- pour une structure à 2 travées, facteur égal à 1,5.

(8)P Les valeurs limites provisoires de la flèche verticale maximale des ponts-rails vis-à-vis du confort des voyageurs sont déterminées à partir des figures G.3 ou G.4 :

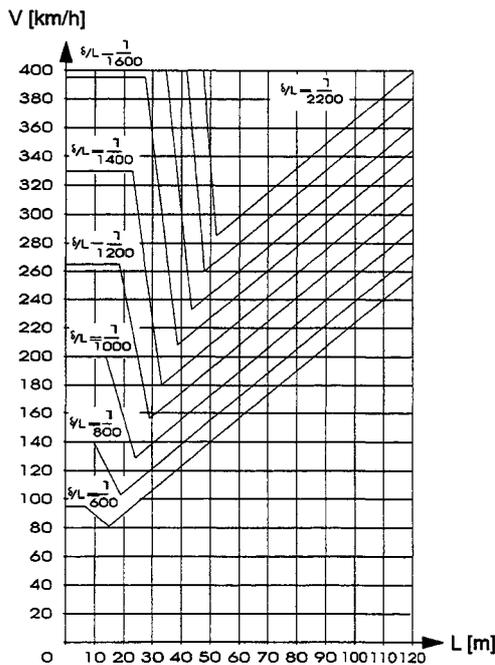


Figure G.3 : Structures à travées sur appuis simples successives comprenant trois travées ou plus

$$n \geq 3; b_v = 1,0 \text{ m/s}^2$$

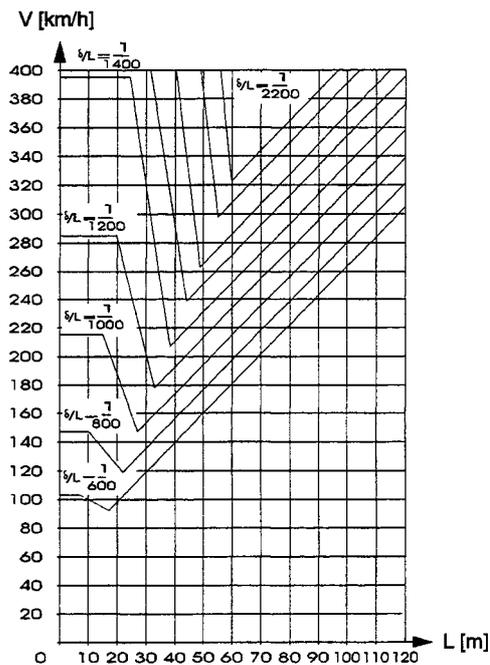


Figure G.4 : Structures à travées continues comprenant trois travées ou plus

$$n \geq 3; b_v = 1,0 \text{ m/s}^2$$

(9) Les valeurs limites peuvent aussi être déterminées à partir du tableau G.5.

Tableau G.5: Valeurs limites δ / L de la flèche verticale maximale pour les structures à travées sur appuis simples successives avec $n \geq 3; b_v = 1,0 \text{ m/s}^2$

Vitesse des trains V [Km/h]	Portée L [m]				
	$L \leq 15 \text{ m}$	$15 < L \leq 30$	$30 < L \leq 50$	$50 < L \leq 90$	$90 < L \leq 120$
$V \leq 120$	[1/800]	[1/900]	[1/800]	[1/600]	[1/600]
$120 < V \leq 160$	[1/900]	[1/1200]	[1/1200]	[1/800]	[1/600]
$160 < V \leq 200$	[1/1000]	[1/1400]	[1/1500]	[1/1300]	[1/600]
$200 < V \leq 280$	[1/1200]	[1/1500]	[1/2100]	[1/2100]	[1/1400]
$280 < V \leq 350$	[1/1500]	[1/1600]	[1/2100]	[1/2400]	[1/2200]

Il convient de multiplier ces valeurs par :

- un facteur égal à 1,1 pour les travées continues
- un facteur égal à 2,0 pour les structures à 1 travée
- un facteur égal à 1,5 pour les structures à 2 travées
- b'_v pour les accélérations $b'_v \neq b_v = 1,0 \text{ m/s}^2$

Note : pour les tabliers auxiliaires, il appartient à l'autorité compétente de spécifier les valeurs limites des flèches verticales. Les valeurs de la figure G.3 peuvent être utilisées comme des valeurs de référence.

G3.2 Simultanéité des modèles de charge avec d'autres actions

(1) Les règles du paragraphe G.2.1.1 concernant la simultanéité sont applicables.

G3.3 Combinaisons d'actions

(1) Pour les situations de calcul durables et transitoires, il convient d'utiliser les différentes combinaisons de l'ENV 1991-1, 9.5.2.

(2) De plus, si l'Eurocode de calcul le prescrit, il y a lieu de considérer la combinaison non-fréquente suivante :

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + \Psi_1' Q_{k1} + \sum_{j > 1} \Psi_{1i} Q_{ki} \quad (\text{G.6})$$

G3.4 Coefficients partiels

(1) Pour les ponts-rails, sauf spécification différente, il convient de donner la valeur [1,0] aux coefficients partiels appliqués aux actions pour les états-limites de service, en situations durables et transitoires.

G3.5 Coefficients ψ pour les ponts-rails

(1) Les valeurs des coefficients ψ sont données dans le tableau G.2.

G4 - Fatigue

(1) Les règles de vérification à la fatigue dépendent du modèle de charge de fatigue à utiliser ; elles sont spécifiées dans les Eurocodes de projet.

Annexe H (informative)

Analyse dynamique en cas de risque de résonance ou de vibrations excessives des structures ferroviaires - Bases de calculs complémentaires

H - C Les règles variantes mentionnées en 1.3.5)PA, publiées dans le livret 2.01 du CPC de la SNCF, portent au stade actuel essentiellement sur les points suivants.

Des indications concernant l'analyse dynamique à mener sont données aux articles 1.3.2.3 pour le coefficient dynamique et 1.8.1.2.2 pour l'accélération du tablier.

Il s'agit en général d'une analyse dynamique complète sous passage de train réel à grande vitesse, et tenant compte des possibilités de résonance :

- soit au moyen d'un logiciel de calculs aux éléments finis ;
- soit au moyen de méthodes analytiques actuellement en cours de développement.

(1)P Les calculs doivent être effectués à partir du trafic réel parcourant la structure. Lorsque celui-ci ne peut être spécifié avec exactitude, les types de trains 3 et 4 de l'annexe F, au minimum, doivent être utilisés avec la vitesse la plus défavorable vis-à-vis de l'effet considéré.

Note : le trafic réel à prendre en compte est spécifié par l'autorité compétente.

(2) Les calculs peuvent être effectués au moyen d'un programme d'analyse dynamique des structures sous l'action des forces en mouvement.

Note : le tablier du pont peut être modélisé comme une poutre (sauf pour les ponts biais).

(3) Lorsque l'analyse de détail des effets dynamiques du trafic n'est pas établie (au moyen d'un programme approprié ou par simulation à partir d'une méthode analytique), le trafic peut être modélisé comme une suite de forces concentrées de même intensité, correspondant au chargement moyen des véhicules espacés d'une distance équivalente d égale à la longueur moyenne des véhicules.

(4)P Les calculs doivent être effectués en fonction de la vitesse maximale aussi bien que pour les vitesses:

$$v_i = n_0 \times \lambda_i \quad (\text{H.1})$$

avec :

n_0 fréquence propre de la structure non chargée

$40 \text{ m/s} \leq v_i \leq 1,2$ vitesse linéaire maximale

λ_i longueur d'onde principale de la fréquence d'excitation, à titre de simplification : $\lambda_i = \frac{d}{i}$

d espacement régulier des essieux

$i = 1, 2, 3$ ou 4 .

(5)P La majoration correspondant aux contraintes ou aux flèches à prendre en compte lors du calcul de la structure doit être déterminée à partir des procédures ci-dessus, quand les effets calculés sont moins favorables que ceux calculés à partir de 6.4.3.

Annexe J (informative)

Modèles pour charges de trafic ferroviaire en situation transitoire

J - C Les règles variantes mentionnées en 1.3.5)PA, publiées dans le livret 2.01 du CPC de la SNCF, portent au stade actuel essentiellement sur les points suivants.

A moins de prescriptions contraires relatives à un projet particulier, il n'y a pas de distinction durable-transitoire.

(1) Sauf spécification différente, lors de vérifications de calcul en situations transitoires résultant de l'entretien de la voie ou du pont, les valeurs caractéristiques du modèle de charge 71 sont prises égales aux valeurs non-fréquentes définies dans le tableau G.2 ; toutes les autres valeurs caractéristiques, non-fréquentes, fréquentes et quasi-permanentes sont les mêmes qu'en situation durable.

Note : l'autorité compétente peut établir d'autres spécifications.