

Les

références

TRANSPORTS EXCEPTIONNELS

Guide sur le franchissement des ouvrages d'art



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



TRANSPORTS

EXCEPTIONNELS

**Guide sur le franchissement
des ouvrages d'art**



Collection « Les références »

Cette collection regroupe l'ensemble des documents de référence portant sur l'état de l'art dans les domaines d'expertise du Cerema (recommandations méthodologiques, règles techniques, savoir-faire...), dans une version stabilisée et validée. Destinée à un public de généralistes et de spécialistes, sa rédaction pédagogique et concrète facilite l'appropriation et l'application des recommandations par le professionnel en situation opérationnelle.

REMERCIEMENTS

Cet ouvrage, œuvre collective du Cerema, a été piloté par Jean-Michel Lacombe (Cerema).

Ont contribué à sa rédaction :

Pascal Duchateau, direction interdépartementale des Routes Atlantique (DIR Atlantique),

Didier Germain, Cerema,

Nicolas Henry, Cerema,

Jean-Michel Lacombe, Cerema,

Éric Lozinguez, Cerema,

Jérôme Michel, Cerema,

Sébastien Neiers, Cerema,

Raphaël Ortiz, DIR Est,

Pierre Paillusseau, Cerema,

Pierre Peyrac, ministère de la Transition écologique, direction générale des Infrastructures, des Transports et des Mobilités (DGITM) / DMR / TEDET,

Fabien Renaudin, Cerema,

Tristan Sauvageon, direction régionale et interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement (DRIEA) / direction des Routes d'Île-de-France (DiRIF) / DIOA,

Jean-Marc Tarrieu, Cerema.

Comment citer cet ouvrage :

Cerema. *Transports exceptionnels.*

Guide sur le franchissement des ouvrages d'art.

Bron : Cerema, 2022.

Collection : Les références.

ISBN : 978-2-37180-558-3 (pdf)

Sont remerciés pour leur relecture :

Gaël Bondonet, Cerema,
Jérôme Cotard, DIR Massif Central,
Jean-David Goutte, Cerema,
Adrien Houel, ministère de la Transition écologique,
DGITM / DMR / FCA4,
Philippe Jandin, Cerema,
Manuel Le Moine, SNCF Réseau,
Renaud Léglise, Cerema,
Pierre Marchand, Cerema,
Thomas Ojardias, Cerema,
Karine Rolas, Cerema,
Catherine Roux, Cerema,
Colonel Soupart, ministère de la Transition écologique,
DGITM / DIT / COMIGETRA,
François Spataro, Cerema,
Bruno Vion, Cerema.

CRÉDIT PHOTO

Couverture : Transports Coudreau (86),
«Passage d'un convoi exceptionnel sur le Pont de Normandie».

AVANT-PROPOS

Compte tenu des importantes évolutions apportées au domaine des transports exceptionnels routiers et de la réglementation correspondante, plus largement développées ci-après au paragraphe 1 du chapitre 1, le présent guide remplace le document du Sétra d'octobre 1982 joint à la lettre-circulaire R/EG 3 du 20 juillet 1983 [1]. Ce document relatif aux conditions de passage des convois exceptionnels sur les ouvrages d'art vis-à-vis de l'aspect structurel est actualisé afin d'être en cohérence notamment avec les évolutions du trafic, l'arrêté du 4 mai 2006 modifié, les Eurocodes et les récentes cartes 72 tonnes, 94 tonnes et 120 tonnes.

Ce guide :

- donne des indications sur les recalculs d'ouvrages existants sous le passage de convois ;
- donne des indications sur le dimensionnement des ouvrages à construire prenant en compte des convois ;
- définit des convois types pour les calculs structurels (convois types des 1^{re}, 2^e et 3^e catégories).

Le document traite uniquement de la problématique du franchissement des ouvrages d'art par des convois exceptionnels.

Les aspects géométriques, y compris les hauteurs libres sous ouvrages, ne sont pas traités.

Les procédures administratives relatives à ce type de transport ne sont pas détaillées. Elles peuvent être consultées sur le site Internet du service public dans la section « professionnels » (<https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises>).

Les convois types « réalistes » définis au chapitre IV pour les ouvrages existants sont utilisables pour établir les cartes TE72, TE94 et TE120 [14] pour les ouvrages existants du réseau.

Cependant, l'utilisation à l'avenir de convois encore plus agressifs, respectant les prescriptions des cartes TE, qui n'existent pas dans le parc actuel, pourrait conduire à modifier les cahiers de prescriptions de passage associés à chacune de ces cartes ou à renforcer des ouvrages.

C'est pourquoi des convois types plus sévères, prenant en compte les configurations les plus agressives compatibles avec les règles définissant ces cartes, sont également proposés pour dimensionner les ouvrages à construire.

Les [x] renvoient à une référence de la bibliographie située en fin d'ouvrage

Sommaire

Avant-propos	5
---------------------	----------

CHAPITRE I

Un contexte réglementaire qui évolue	9
---	----------

1 - Le contexte	10
-----------------	----

2 - Vocabulaire	11
-----------------	----

CHAPITRE II

Corpus réglementaire et technique	13
--	-----------

1 - Principaux textes juridiques et techniques	14
--	----

2 - Code de la route	15
----------------------	----

3 - Arrêté du 4 mai 2006 modifié	15
----------------------------------	----

3.1 - Rappels	15
---------------	----

3.2 - Classement des convois dans les 3 catégories	16
--	----

3.3 - Les cartes de réseau routier	18
------------------------------------	----

4 - Les Eurocodes	19
-------------------	----

4.1 - Eurocode 0 - Annexe A2 et son annexe nationale	19
--	----

4.2 - Eurocode 1-2 et son annexe nationale	19
--	----

4.3 - Guide pour la prise en compte des véhicules spéciaux sur les ponts routiers (annexé à l'annexe nationale de l'Eurocode 1-2)	20
--	----

4.4 - Guide d'emploi des Eurocodes 0 et 1	20
---	----

4.5 - Cas des ouvrages existants	20
----------------------------------	----

CHAPITRE III

Les calculs

21

1 - Valeurs caractéristiques des actions

22

1.1 - Pondération des charges nominales

22

1.2 - Majoration dynamique

22

1.3 - Efforts horizontaux

22

2 - Dimensionnement des ouvrages à construire

23

2.1 - Généralités

23

2.2 - Hypothèses à préciser dans le projet individuel

23

3 - Évaluation des ouvrages existants

25

3.1 - Généralités

25

3.2 - Comparaison de l'agressivité de deux convois

26

3.3 - Comparaison avec un convoi ayant déjà emprunté l'ouvrage

27

3.4 - Comparaison avec un convoi type

28

3.5 - Comparaison des sollicitations

28

3.6 - Calcul complet

29

3.7 - Gradient thermique

31

4 - Cas des murs de soutènement

31

4.1 - Ouvrages à construire

31

4.2 - Ouvrages existants

31

5 - Cas des buses

35

5.1 - Ouvrages à construire

35

5.2 - Ouvrages existants

36

CHAPITRE IV

Convois types 37

1 - Les convois types 38

2 - Convois types civils 39

2.1 - Généralités 39

2.2 - Convois types couvrant les effets des convois de 1^{re} catégorie 41

2.3 - Convois types couvrant les effets des convois de 2^e catégorie de la carte TE72 42

2.4 - Convois types couvrant les effets des convois de 3^e catégorie de la carte TE94 45

2.5 - Convois types couvrant les effets des convois de 3^e catégorie de la carte TE120 47

2.6 - Convois types de classe D 49

2.7 - Convois types de classe E 50

3 - Convois types militaires 51

3.1 - Généralités 51

3.2 - Convois M80 et M120 51

- Hypothèses de calcul 51

- Caractéristiques des convois 51

3.3 - Porte engins blindés Leclerc (PEB Leclerc) 54

Bibliographie 55

Annexes 57

Annexe 1 : Extraits de l'annexe de l'arrêté du 4 mai 2006 58

Annexe 2 : Cas des murs – comparaison convois / charges de dimensionnement 63

Annexe 3 : Autres convois types 65

CHAPITRE 1

Un contexte réglementaire qui évolue

UN CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE QUI ÉVOLUE

1 - LE CONTEXTE

La réglementation française en matière de gestion des transports exceptionnels routiers impose d'assurer :

- la sécurité des usagers et les bonnes conditions d'exploitation de la voie (limites sur l'encombrement et mesures d'accompagnement) ;
- la résistance des chaussées (limites sur les charges par essieu) ;
- la résistance structurale des ouvrages d'art (limites sur les charges par essieu, limites sur les charges maximales totales et limites sur la répartition longitudinale des charges).

Le présent document concerne la résistance des ouvrages d'art. Cette résistance se manifeste au travers de leur aptitude au service (état limite de service) et de leur capacité portante (état limite ultime).

En cohérence avec les autres textes sur le sujet, les objectifs du présent document sont de :

- donner des indications pour le dimensionnement des ouvrages à construire ;
- donner des indications pour l'évaluation des ouvrages existants ;
- définir des convois types pour les calculs structurels.

La circulation des véhicules lourds sous couvert de la réglementation relative aux transports exceptionnels, voire même pour certains véhicules sous couvert du Code de la route [2], est en constante évolution avec une augmentation régulière de la masse des véhicules et de leur nombre.

Avec « l'arrêté interministériel relatif aux transports exceptionnels de marchandises, d'engins ou de véhicules » du 26 novembre 2003 [3] qui a abrogé et synthétisé plusieurs dizaines de textes publiés depuis 1975, les procédures administratives de délivrance des autorisations de circulation ont été clarifiées.

Cet arrêté a été remplacé le 4 mai 2006 par « l'arrêté relatif aux transports exceptionnels de marchandises, d'engins ou de véhicules et ensembles de véhicules comportant plus d'une remorque » [4]. Cet arrêté a lui-même été modifié par différents arrêtés successifs, dont celui du 7 juin 2019 [12] qui modifie l'arrêté de 2006 sur plusieurs points importants et notamment en introduisant trois nouveaux « réseaux routiers à portée nationale ».

Les cartes de ces trois réseaux routiers accessibles aux convois exceptionnels, ainsi que leurs cahiers de prescriptions, sont définis par des arrêtés préfectoraux et disponibles sur le site Internet de la Sécurité routière : <https://www.securite-routiere.gouv.fr> [14]. Ces documents font l'objet de mises à jour régulières.

La publication des annexes nationales des Eurocodes 0 et 1-2 [5], y compris le guide relatif aux convois exceptionnels annexé à l'annexe nationale de l'Eurocode 1-2 [6], a modifié le contexte normatif pour le dimensionnement des ouvrages neufs.

Cependant, il est à noter que :

- pour que ces annexes nationales soient applicables, certaines hypothèses relatives aux convois doivent être précisées au niveau du marché (voir Chapitre III) ;
- à la date de publication du présent document, les Eurocodes concernent les ouvrages à construire et non les ouvrages existants.

Face à ces importantes évolutions du contexte des transports exceptionnels, une refonte du document du Sétra d'octobre 1982 qui était joint à la lettre-circulaire du 20 juillet 1983 [1] est apparue nécessaire pour garantir la sécurité des usagers et la préservation du patrimoine sans entraver le développement économique.

2 - VOCABULAIRE

En cohérence avec l'article 2 de l'arrêté du 4 mai 2006 [4], les définitions suivantes sont retenues dans le présent document :

- **Véhicule isolé**
Véhicule pourvu d'un moteur à propulsion et circulant seul par ses moyens propres.
- **Véhicule d'accompagnement**
Véhicule utilisé pour signaler et guider le convoi à des fins de sécurité vis-à-vis des autres usagers de la route.
- **Ensemble routier**
Ensemble formé par au moins un véhicule à moteur et un ou plusieurs véhicules remorqués (véhicule articulé, train routier, etc.).
- **Convoi (ou convoi exceptionnel)**
Véhicule isolé ou ensemble routier soumis à la réglementation des transports exceptionnels du fait de ses caractéristiques à vide ou en charge.
- **Train de convois**
Circulation organisée de plusieurs convois se déplaçant simultanément dans le cadre d'une même opération.

D'autre part, en cohérence avec l'Eurocode 1-2 ([5] et [6]), le terme suivant est également utilisé :

- **Véhicule spécial**
Il s'agit soit d'un véhicule civil circulant sous couvert de la réglementation relative aux transports exceptionnels, soit d'un véhicule militaire lourd (conformément à l'alinéa 2 du § 4.2.1 de l'Eurocode 1-2 [5]).

Un véhicule spécial est donc un convoi civil ou un convoi militaire.

Note : Ce terme ne doit pas être confondu avec le terme « véhicule ou engin spécial » utilisé à l'article R 433-1 alinéa 1 du Code de la route [2] et défini à l'article R311-1 « engin automoteur ou remorqué servant à l'élévation, au gerbage ou au transport de produits de toute nature, à l'exclusion du transport de personnes autres que le conducteur et éventuellement un convoyeur, et dont la vitesse ne peut excéder par construction 25 km/h ».



CHAPITRE 2

Corpus réglementaire et technique

CORPUS RÉGLEMENTAIRE ET TECHNIQUE

1 - PRINCIPAUX TEXTES JURIDIQUES ET TECHNIQUES

Pour les ouvrages d'art, le corpus réglementaire et technique français en matière de transports exceptionnels est principalement constitué des textes suivants :

- le Code de la route [2] ;
- l'arrêté du 4 mai 2006 [4] (avec ses annexes) modifié par les différents arrêtés successifs, et notamment celui du 7 juin 2019 [12] ;
- les Eurocodes 0 et 1-2 et leurs annexes nationales [5], y compris le guide annexé à l'annexe nationale de l'Eurocode 1-2 [6] ;
- les cartes relatives aux transports exceptionnels (1TE, 2TE48, TE72, TE94, TE120).

À ces documents, il convient d'ajouter le guide d'application des Eurocodes 0 et 1 (*Application aux ponts routes et passerelles* [7]) et le présent document.

Ces divers textes sont complémentaires et forment un ensemble cohérent. Leur contenu, pour ce qui concerne les transports exceptionnels, est résumé ci-dessous et détaillé aux paragraphes suivants.

Tableau 1 : contenu des principaux textes relatifs aux transports exceptionnels

Texte	Contenu
Code de la route [2]	<ul style="list-style-type: none"> • définition d'un transport exceptionnel
Arrêté du 4 mai 2006 [4] (ainsi que ses annexes) modifié par divers arrêtés dont celui du 7 juin 2019	<ul style="list-style-type: none"> • définition des catégories de transport exceptionnel • définitions de limites dues à la résistance des chaussées et de limites dues à la résistance des ouvrages d'art • définition de cartes
Eurocodes 0 et 1-2 et leurs annexes nationales [5], y compris le guide annexé à l'annexe nationale de l'Eurocode 1-2 [6]	<ul style="list-style-type: none"> • règles de calculs adaptées aux conditions de circulation retenues pour les ouvrages neufs (majoration dynamique, effort de freinage, trafic routier concomitant, vitesse, excentrement, etc.)
Le guide d'application des Eurocodes 0 et 1 : calcul des ponts routiers et des passerelles en France [7]	<ul style="list-style-type: none"> • exemples de positionnement de voies réglementaires
Cartes transports exceptionnels	<ul style="list-style-type: none"> • 5 cartes de réseaux
Présent document	<ul style="list-style-type: none"> • indications pour le dimensionnement des ouvrages à construire • indications pour l'évaluation des ouvrages existants • définition de convois types

2 - CODE DE LA ROUTE

Le Code de la route [2] définit la notion de transport exceptionnel à l'article R. 433-1 :

I.- Le transport ou la circulation de marchandises, engins ou véhicules présentant un caractère exceptionnel en raison de leurs dimensions ou de leur masse excédant les limites réglementaires, doit faire l'objet d'une autorisation préalable. Ces dispositions s'appliquent aux catégories de véhicules suivantes :

- ...1° Véhicule à moteur ou remorque transportant ou destiné au transport de charges indivisibles ;*
- ...2° Véhicule, matériel agricole ou forestier ou leur ensemble, machine agricole automotrice, machine ou instrument agricole remorqué dont les dimensions, y compris les outillages portés amovibles, dépassent une longueur de 25 mètres ou une largeur de 4,50 mètres ;*
- ...3° Véhicule à moteur ou remorque à usage forain ;*
- ...4° Ensemble forain dont la longueur est supérieure à 30 mètres ;*
- ...5° Véhicule ou engin spécial ;*
- ...6° Véhicule ou matériel de travaux publics ;*
- ...7° Véhicules qui dépassent les limites fixées aux articles R. 435-2, R. 435-4 et R. 435-5.*

I bis.- Par dérogation aux dispositions du I, la circulation de certains véhicules à moteur ou remorques fait l'objet d'une déclaration préalable. Un récépissé attestant de son dépôt est délivré par l'autorité compétente mentionnée au II de l'article R. 433-2. L'arrêté prévu à l'article R. 433-5 précise les conditions et modalités d'application du présent I bis, notamment les caractéristiques des véhicules ou remorques concernés.

II.- Au sens du présent article on entend par charge indivisible une charge qui ne peut, aux fins de transport par route, être divisée en plusieurs chargements sans frais ou risque de dommages importants et qui ne peut, du fait de ses dimensions ou masse, être transportée par un véhicule dont les dimensions ou la masse respectent elles-mêmes les limites réglementaires.

Il définit les principes de circulation de ce type de transport dans les articles R. 433-2 à R. 433-6.

3 - ARRÊTÉ DU 4 MAI 2006 MODIFIÉ

3.1 - RAPPELS

Cet arrêté [4] est relatif aux transports exceptionnels de marchandises, d'engins ou de véhicules et ensembles de véhicules comportant plus d'une remorque. Il a été modifié par différents arrêtés successifs et notamment l'arrêté du 7 juin 2019 [12] pour prendre en compte les trois cartes de « réseaux routiers à portée nationale » créées par l'arrêté du 5 juillet 2017 modifié [18].

Cet arrêté classe les convois en trois catégories en fonction de leurs caractéristiques géométriques et de leur masse totale. La catégorie du transport est définie par les caractéristiques du convoi (longueur et largeur hors-tout, masse) selon le Tableau 2. La caractéristique la plus forte détermine la catégorie du transport.

Tableau 2 : caractéristiques géométriques et masses totales des véhicules des 1^{re}, 2^e et 3^e catégories

	1 ^{re} catégorie	2 ^e catégorie	3 ^e catégorie
Longueur (en m)	≤ 20	20 < L ≤ 25	> 25
Largeur (en m)	≤ 3	3 < l ≤ 4	> 4
Masse totale (en kg)	≤ 48 000	48 000 < M ≤ 72 000	> 72 000

Les deux premières lignes sont relatives à des considérations liées à la sécurité routière tandis que la troisième concerne les ouvrages d'art.

À ces conditions permettant de définir des classes « administratives » qui sont données dans le corps du texte (chapitre 1^{er} article 3 [4], [12]), s'ajoutent des conditions complémentaires données en annexe III de ce même document (cf. annexe 1 du présent guide).

Ces conditions sont :

- **Des règles de répartition longitudinale fixées par des considérations relatives aux ouvrages d'art**
Répartition longitudinale limite des charges pour les véhicules de masse totale roulante inférieure ou égale à 72 tonnes (charges maximales par mètre de distance linéaire entre les essieux extrêmes).
- **Des considérations relatives aux chaussées et aux ouvrages d'art**
Charges limites par essieu ou groupe d'essieux. Pour les véhicules de masse totale roulante inférieure ou égale à 72 tonnes, les limites relatives au groupe d'essieux données dans cette annexe III découlent à la fois de considérations relatives aux chaussées et aux ouvrages d'art.
- **Des considérations relatives aux chaussées**
Charges limites par groupe d'essieux. Cette règle s'applique à tous les convois.
Pour les véhicules de masse totale roulante supérieure à 72 tonnes, les limites relatives au groupe d'essieux données dans cette annexe III découlent uniquement de considérations relatives aux chaussées.
Il n'est pas indiqué de conditions de répartition longitudinale des charges pour ces véhicules de masse totale roulante supérieure à 72 tonnes (considérations « ouvrages d'art »). **Cela ne veut pas dire que l'aspect « ouvrages d'art » ne doit pas être considéré. Dans ce cas, les ouvrages d'art doivent faire l'objet d'une réflexion au cas par cas pour ce type de véhicule parce qu'aucune règle générale ne peut être donnée.**

3.2 - CLASSEMENT DES CONVOIS DANS LES TROIS CATÉGORIES

L'arrêté de 2006 modifié [4] définit dans son chapitre 1^{er} différentes catégories sur la base de considérations géométriques et de la masse totale, puis rajoute des conditions complémentaires dans son annexe III. Cette annexe prescrit des règles relatives à la répartition longitudinale des charges, aux limites des charges par essieu ou par groupe d'essieux. Elle est rappelée en annexe 1 du présent guide.

La question suivante se pose alors :

Quelle est la catégorie d'un véhicule qui respecte les conditions d'une classe selon le chapitre 1, mais ne respecte pas les conditions additionnelles correspondantes de l'annexe III ?

L'article 15 de l'arrêté [4], reproduit partiellement ci-dessous en italique, donne des indications sur la prise en compte de l'annexe III pour le classement des convois.

L'arrêté [4] modifié indique à l'article 15 (certains mots du texte ci-dessous sont en gras afin de les mettre en évidence) :

Pour les convois dont la masse totale roulante ou les charges par essieu excèdent les limites générales du Code de la route, les charges par essieu et, selon les cas, la répartition longitudinale de la charge doivent respecter les limites maximales fixées à l'annexe III du présent arrêté ou à l'article 17 du présent arrêté dans le cas de transports spécifiques.

*Un convoi de masse totale roulante de 1^{re} ou 2^e catégorie ne satisfaisant pas aux règles de charges concernant la répartition longitudinale de la charge **ne peut** bénéficier d'une autorisation individuelle dans sa catégorie **que sous réserve** d'avoir un accompagnement spécifique conformément aux dispositions de l'article 13 du présent arrêté.*

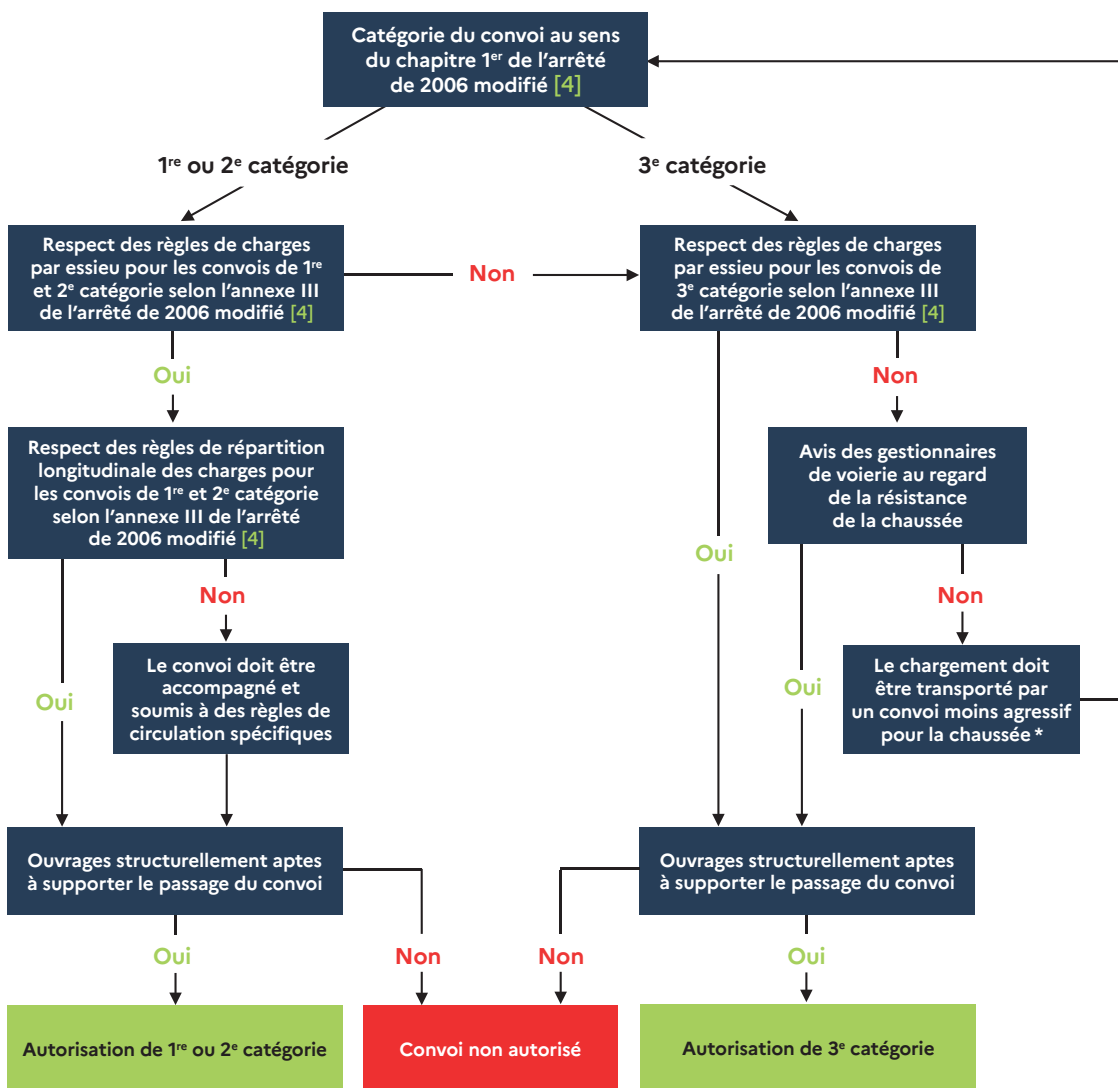
*Un convoi de masse totale roulante de 1^{re} ou 2^e catégorie ne satisfaisant pas aux règles de charges concernant les limites de charge par essieu qui le concerne **ne peut** bénéficier d'une autorisation individuelle au voyage sur un itinéraire précis de 3^e catégorie **que s'il satisfait** aux règles de charges des convois de 3^e catégorie.*

Un convoi ne satisfaisant pas aux règles de charge de la 3^e catégorie n'est autorisé à circuler que sur les voies publiques possédant les qualités de résistance pour supporter les sollicitations qu'il impose à la chaussée, après consultation des gestionnaires de la voirie concernée. En l'absence d'une autorisation de circulation, celui-ci doit être transporté.

On déduit de ces textes les points suivants :

- a - Un convoi de 1^{re} ou 2^e catégorie selon le chapitre 1^{er}, ne vérifiant pas les conditions de l'annexe III relatives à la limite de charges par essieu (ou par groupe d'essieux), ne reste pas dans la catégorie définie selon le chapitre 1^{er}. Il devient un convoi de 3^e catégorie.
- b - Un convoi de 1^{re} ou 2^e catégorie selon le chapitre 1^{er}, ne vérifiant pas les conditions de l'annexe III relatives à la répartition longitudinale des charges (règles imposées par les ouvrages d'art), reste dans la catégorie administrative définie selon le chapitre 1^{er}. **L'autorisation ne doit cependant pas être automatique car de nombreux ouvrages d'art ne sont pas aptes à supporter le passage de ce type de convois.** Si le déplacement du convoi est autorisé (aptitude des ouvrages d'art à le supporter), celui-ci ne pourra se faire que moyennant un accompagnement.

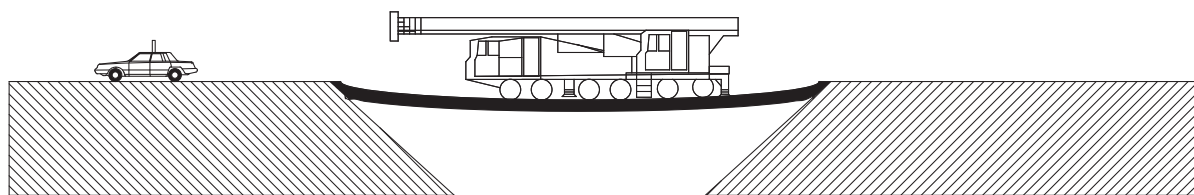
Figure 1 : Organigramme décisionnel



* Cf. article 15 de l'arrêté [4]. Dans ce cas, le nouveau convoi doit faire l'objet d'une nouvelle demande.

Note : Pour les véhicules ne vérifiant pas les règles de répartition longitudinale, l'accompagnement spécifique indiqué dans l'arrêté de 2006 modifié [4] est une condition nécessaire à la délivrance de l'autorisation individuelle et non pas une condition suffisante. En effet, ce n'est pas parce qu'un véhicule est accompagné qu'il devient forcément moins agressif pour un ouvrage. Il suffit pour s'en convaincre d'envisager le cas d'un ouvrage d'une vingtaine de mètres, supportant un convoi de 15 mètres de long (cf. Figure 2). Il est clair que dans ce cas l'accompagnement n'a pas d'influence sur l'effet du convoi pour la structure.

Figure 2 : Un véhicule d'accompagnement n'a pas d'influence sur l'agressivité du convoi pour un ouvrage d'art de petite portée



On en déduit en particulier pour les grues automotrices de 48, 60 et 72 tonnes (4, 5 et 6 essieux) :

a - les grues automotrices de 48 tonnes (4 essieux) sont de 1^{re} catégorie. Elles vérifient en général les conditions de 1^{re} catégorie de l'annexe III, elles y font l'objet d'une condition spécifique. Cependant, il est à noter qu'elles sont nettement plus agressives pour les ouvrages d'art que les autres véhicules de 1^{re} catégorie respectant les conditions de cette annexe.

b - les grues automotrices de 60 et 72 tonnes (5 et 6 essieux) sont de 2^e catégorie. Cependant elles ne vérifient jamais les conditions de 2^e catégorie de l'annexe III. Elles sont nettement plus agressives pour les ouvrages d'art que les véhicules de 2^e catégorie respectant les conditions de cette annexe.

En conclusion, les véhicules des 1^{re} et 2^e catégories ne respectant pas les conditions de l'annexe III (et en particulier les grues de 60 et 72 tonnes), même s'ils restent administrativement dans leur catégorie, peuvent être nettement plus agressifs pour les ouvrages d'art qu'un véhicule satisfaisant aux règles de l'annexe III et nécessitent de ce fait une attention particulière pour déterminer leurs conditions de passage (cf. également § 1 du chapitre III).

3.3 - LES CARTES DE RÉSEAU ROUTIER

On distingue cinq cartes nationales de transports exceptionnels :

- deux cartes nationales appelées 1TE (parfois appelée carte de transports exceptionnels de 1^{re} catégorie) et 2TE48 (parfois appelée carte de transports exceptionnels de 2^e catégorie **dans la limite en masse de la 1^{re} catégorie**). En dépit de son nom trompeur, la carte 2TE48 n'est donc pas à proprement parler une carte de deuxième catégorie, et elle se distingue de la carte 1TE uniquement par des considérations géométriques additionnelles.
- trois **cartes** de « réseaux routiers à portée nationale », appelées TE72, TE94 et TE120, qui ont été initiées par l'arrêté du 5 juillet 2017 [18]. Ces cartes sont définies et mises à jour par arrêtés préfectoraux et disponibles, département par département, sur le site de la Sécurité routière (<https://www.securite-routiere.gouv.fr>).

Note : La distance entre essieux qui était à l'origine de 1,36 m a été portée à 1,35 m. Dans la suite de ce document, il ne sera fait référence qu'à la distance de 1,35 m.

Une cartographie globale de tous les réseaux routiers de transport exceptionnel est disponible sur le site de Géoportail dans les données thématiques « territoires et transports » (<https://www.geoportail.gouv.fr>)

TE72 : Carte du réseau routier à portée nationale accessible aux convois de 2^e ou 3^e catégorie, avec une masse maximale inférieure ou égale à 72 tonnes, une charge maximale à l'essieu le plus chargé inférieure ou égale à 12 tonnes et une interdistance entre essieux supérieure ou égale à 1,35 mètre.

TE94 : Carte du réseau routier à portée nationale accessible aux convois de 2^e ou 3^e catégorie, avec une masse maximale inférieure ou égale à 94 tonnes, une charge maximale à l'essieu le plus chargé inférieure ou égale à 12 tonnes et une interdistance entre essieux supérieure ou égale à 1,35 mètre.

TE120 : Carte du réseau routier à portée nationale accessible aux convois de 2^e ou 3^e catégorie, avec une masse maximale inférieure ou égale à 120 tonnes, une charge maximale à l'essieu le plus chargé inférieure ou égale à 12 tonnes et une interdistance entre essieux supérieure ou égale à 1,35 mètre.

Tableau 3 : Caractéristiques des véhicules des différentes cartes

Carte	Limitation en masse (tonnes)	Règles de charge
1TE	48	Article 15 (annexe III)
2TE48		
TE72	72	Poids par essieu \leq 12 tonnes Distance entre essieux \geq 1,35 m
TE94	94	
TE120	120	

Les cartes TE72, TE94 et TE120 ayant les mêmes règles de charges, poids à l'essieu et espacements des essieux (avec seulement des limitations de tonnage différentes), le réseau TE120 couvre le réseau TE94 qui lui-même couvre le réseau TE72.

Les cartes sont à mettre à jour par les gestionnaires, notamment lorsque l'état d'un ouvrage peut conduire à restreindre l'accessibilité sur un itinéraire en cas de dégradation, ou au contraire, à la rétablir après une réparation.

En ce qui concerne ces trois cartes, il est à noter que :

- les convois types « réalistes » définis au chapitre IV pour les ouvrages existants ont pu être utilisés lors de l'établissement de ces cartes pour les ouvrages du réseau existant.
- les deux règles imposées pour l'établissement des cartes (12 tonnes par essieux avec un entraxe minimum de 1,35 mètre entre deux essieux) ne sont pas suffisantes pour garantir le respect des règles de charge de l'annexe III de l'arrêté du 4 mai 2006 (2^e et 3^e catégorie) qui doivent être également vérifiées.

Cependant, l'utilisation à l'avenir de convois encore plus agressifs, respectant les prescriptions des cartes TE, pourrait conduire à modifier les cahiers de prescriptions de passage associés à chacune de ces cartes ou à renforcer des ouvrages.

C'est pourquoi des règles de calculs plus sévères, prenant en compte les configurations les plus agressives imaginables sont également proposées pour dimensionner les ouvrages à construire.

4 - LES EUROCODES

4.1 - EUROCODE 0 - ANNEXE A2 ET SON ANNEXE NATIONALE

L'annexe nationale de l'annexe A2 de l'Eurocode 0 (NF EN 1990/A1/NA de décembre 2007) [5] définit en son tableau A2.1 (NA) les valeurs du coefficient ψ_1 (coefficient qui définit la valeur fréquente d'une action variable) à retenir pour les véhicules spéciaux (voir ci-après, § 2.2 - g - du chapitre III).

4.2 - EUROCODE 1-2 ET SON ANNEXE NATIONALE

L'Eurocode 1-2 (NF EN 1991-2 de mars 2004) [5] contient une annexe A informative intitulée « modèles de convois pour ponts routiers ». Cette annexe :

- propose des convois types pouvant être utilisés pour le dimensionnement des ponts ;
- propose des règles de calculs adaptées aux conditions de circulation du convoi considéré (majoration dynamique, effort de freinage, trafic concomitant, excentrement).

Cette annexe informative n'a pas été retenue par l'annexe nationale de l'Eurocode 1-2 (NF EN 1991-2/NA de mars 2008) [5] et elle est remplacée :

- pour le premier point, par le présent document qui propose des convois types (voir chapitre IV). Les modèles de convois proposés dans l'annexe A informative de l'Eurocode 1-2 n'ont donc pas à être utilisés.
- pour le second point, par le *Guide pour la prise en compte des véhicules spéciaux sur les ponts routiers* [6]. Ce document est annexé à l'annexe nationale de l'Eurocode 1-2 [5].

4.3 - GUIDE POUR LA PRISE EN COMPTE DES VÉHICULES SPÉCIAUX SUR LES PONTS ROUTIERS (ANNEXÉ À L'ANNEXE NATIONALE DE L'EUROCODE 1-2)

Le *Guide pour la prise en compte des véhicules spéciaux sur les ponts routiers* [6] qui est annexé à l'annexe nationale de l'Eurocode 1-2 :

- définit les règles à prendre en compte en cas d'application simultanée de convois spéciaux mêlés au trafic routier normal sur la chaussée d'un pont routier ;
- propose pour les convois circulant à vitesse normale un coefficient de majoration dynamique et définit des forces horizontales de freinage ;
- propose les règles à prendre en compte pour l'excentrement des convois ;
- indique les combinaisons d'actions à considérer.

Ces règles sont pour la plupart applicables au cas des convois militaires (voir § 3 - du chapitre IV).

Ce guide a comblé un vide de la réglementation française antérieure qui ne donnait pas d'indication quant au trafic routier concomitant à un convoi pour le dimensionnement des ouvrages neufs.

Notons enfin que ce guide précise les convois qui sont automatiquement couverts par le modèle de charge 1 de l'Eurocode 1-2 [5]. Les convois de 1^{re} et 2^e catégorie, au sens de la réglementation française sur les transports exceptionnels :

- vérifiant les règles de répartition longitudinale des charges de cette réglementation (cf. annexe III de l'arrêté du 4 mai 2006 modifié [4]) ;
- circulant à vitesse normale et mêlés au trafic routier ;

sont couverts par le modèle de charge 1 (LM1) pour les ponts des 1^{re} et 2^e classes de trafic.

4.4 - GUIDE D'EMPLOI DES EUROCODES 0 ET 1

Ce guide [7] du Sétra donne notamment des indications sur le positionnement transversal des voies de circulation.

4.5 - CAS DES OUVRAGES EXISTANTS

À la date de rédaction du présent document, il n'existe pas d'Eurocode dédié aux ouvrages existants.

L'Eurocode 1-2 [5] restreint au seul cas des « ponts neufs » son domaine d'emploi (cf. alinéa 2 de son paragraphe 1.1).

Pendant l'Eurocode 1-2 [5], son annexe nationale, et le *Guide pour la prise en compte des véhicules spéciaux sur les ponts routiers* [6] annexé à l'annexe nationale, peuvent également être utilisés pour l'évaluation des ouvrages existants vis-à-vis de la circulation de convois.

Le chapitre III ci-après, donne des indications à ce sujet.

CHAPITRE 3

Les calculs

LES CALCULS

Le présent chapitre précise les éléments de calcul et les démarches permettant de définir ou de vérifier les conditions de passage de convois sur des ouvrages, neufs ou existants. Ces principes s'appliquent également aux études relatives à d'autres véhicules lourds (transports de bois ronds, etc.).

1 - VALEURS CARACTÉRISTIQUES DES ACTIONS

1.1 - PONDÉRATION DES CHARGES NOMINALES

Le *Guide pour la prise en compte des véhicules spéciaux sur les ponts routiers* [6] indique (cf. § 2(2)) que les charges nominales doivent être pondérées par un coefficient (appelé k_{pcn} dans ce guide), en général égal à 1,1 pour obtenir des charges caractéristiques.

Ce coefficient est destiné à couvrir des déséquilibres de charge sur les essieux dus à la non-planéité, aux pentes des chaussées ou aux tolérances de position des colis, ainsi que les incertitudes sur son poids réel. Pour les convois dont le poids et la répartition des charges sont connus avec précision – c'est généralement le cas des convois exceptionnels très lourds – ce coefficient k_{pcn} peut être réduit à 1,05 par exemple.

1.2 - MAJORATION DYNAMIQUE

Le document [6] indique les majorations dynamiques à prendre en compte en fonction de la vitesse des convois.

Le coefficient de majoration dynamique δ suivant doit être pris en compte. Ce coefficient dépend également de la dimension de l'ouvrage :

- circulation à faible vitesse (inférieure ou égale à 5 km/h) : $\delta = 1,0$
- circulation à vitesse normale (de l'ordre de 70 km/h) : δ peut être calculé selon la formule suivante :

$$\delta = 1 + \frac{0,70}{1+0,2 L} \text{ où } L \text{ est la longueur d'influence (m).}$$

Le document [6] donne des indications pour la détermination de la longueur d'influence L .

1.3 - EFFORTS HORIZONTAUX

Le document [6] (cf. § 3(2) et 3(4)) indique les efforts horizontaux à prendre en compte en fonction de la vitesse des convois :

- circulation à faible vitesse (inférieure ou égale à 5 km/h) : pas d'effort horizontal ;
- circulation à vitesse normale (de l'ordre de 70 km/h) : « Il convient de tenir compte d'une force horizontale de freinage. La force de freinage à retenir est égale à 30% du poids total des véhicules spéciaux, deux véhicules spéciaux au maximum étant supposés freiner simultanément ». On ne prend pas en compte de freinage simultané des charges d'accompagnement. Conformément au document [6], une interdistance de 25 mètres est à considérer entre deux véhicules spéciaux, sauf consigne de circulation particulière.

Les efforts d'accélération sont en général couverts par les efforts de freinage. Cependant, il est à noter que si la remorque avec le colis transporté n'a pas encore atteint le tablier, la totalité des efforts d'accélération (essieux moteurs) peut s'appliquer à l'ouvrage alors même que la charge verticale concomitante reste faible, ce qui peut être défavorable vis-à-vis de certaines justifications notamment celles concernant les appuis et appareils d'appuis.

Dans le cas de convois très lourds (supérieurs à 400 tonnes) circulant à faible vitesse et/ou d'ouvrages présentant une pente longitudinale très forte, les efforts moteurs peuvent être très importants et demander une attention particulière. Dans ces cas spécifiques, il convient également d'éviter tout freinage d'urgence sur ouvrage, en imposant par exemple une vitesse extrêmement réduite (inférieure ou égale à 5 km/h).

2 - DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES À CONSTRUIRE

2.1 - GÉNÉRALITÉS

La prise en compte éventuelle de convois pour le dimensionnement des ponts routiers à construire est spécifiée pour chaque étude par le projet individuel conformément à l'alinéa 2 du paragraphe 4.2.1 de l'EN 1991-2 [5].

Avec les Eurocodes, les effets des convois de 1^{re} et 2^e catégories, au sens de l'arrêté du 4 mai 2006 modifié [4],

- de masse inférieure ou égale à 48 tonnes ;
- de masse inférieure ou égale à 72 tonnes vérifiant les règles de répartition longitudinale des charges de cette réglementation ;
- circulant à vitesse normale et mêlés au trafic routier ;

sont automatiquement couverts par les effets du modèle de charge 1 (LM1) pour les ponts des 1^{re} et 2^e classes de trafic.

Il en résulte donc qu'il faut spécifier les autres véhicules à prendre en compte pour le dimensionnement d'un ouvrage à construire, si le projet le prévoit :

- les véhicules de 2^e catégorie ne satisfaisant pas aux règles de répartition longitudinale des charges de l'annexe III de l'arrêté du 4 mai 2006 modifié [4] et en particulier les convois types des cartes TE72 ;
- les véhicules de 3^e catégorie ;
- les convois militaires.

2.2 - HYPOTHÈSES À PRÉCISER DANS LE PROJET INDIVIDUEL

Dans le cas où des convois devraient être pris en compte pour la conception de l'ouvrage, les calculs sont menés conformément au *Guide pour la prise en compte des véhicules spéciaux sur les ponts routiers* [6] annexé à l'annexe nationale de l'Eurocode 1-2 [5]. Le guide d'emploi des Eurocodes 0 et 1 [7] du Sétra donne des indications quant au positionnement des voies.

Afin de pouvoir appliquer le document [6], les hypothèses suivantes doivent être définies au marché (cf. le guide d'application des Eurocodes par le maître d'ouvrage [11]).

CONVOIS À CONSIDÉRER

Le marché doit évidemment préciser les convois civils à retenir. Il peut s'agir :

- de convois types ;
- de convois particuliers connus susceptibles d'emprunter l'ouvrage.

De même, le projet peut indiquer des convois militaires à prendre en compte, par exemple le porte-engins blindés (PEB) Leclerc [9], les convois militaires M80 ou M120 (cf. chapitre IV) définis dans le document [7], etc.

Pondération des charges nominales :

Il convient de pondérer les charges nominales par un coefficient k_{pcn} , pour obtenir des charges caractéristiques.

Le marché doit préciser ce coefficient.

En l'absence d'indication du marché sur ce point, il conviendra de retenir $k_{pcn} = 1,1$.

CONDITIONS DE CIRCULATION DES CONVOIS

Le marché doit préciser les conditions de circulation à considérer.

a - Trafic concomitant

Il convient de préciser si le convoi circule seul sur l'ouvrage ou s'il est mêlé au trafic courant et dans ce dernier cas, la classe de trafic de l'ouvrage.

b - Nombre de convois simultanément sur l'ouvrage

En l'absence d'indication du marché sur ce point, il conviendra de ne retenir qu'un seul convoi.

c - Espacement entre deux convois

À préciser dans le cas d'un train de convois où plusieurs convois circulent simultanément.

En l'absence d'indication du marché sur ce point, on retiendra 25 mètres (il s'agit de la distance libre entre pare-chocs des véhicules).

d - Vitesse de circulation

Deux grandes options existent, la circulation à faible vitesse (inférieure ou égale à 5 km/h) ou la circulation à vitesse normale (de l'ordre de 70 km/h). Les paragraphes 1.2 et 1.3 ci-avant indiquent les conséquences de cette vitesse sur le coefficient de majoration dynamique et sur la prise en compte d'efforts horizontaux.

e - Bandes d'arrêt d'urgence et bandes dérasées

Il convient de préciser si la circulation du convoi est possible sur les bandes d'arrêt d'urgence ou sur les bandes dérasées.

En l'absence d'indication du marché sur ce point, le véhicule est supposé pouvoir circuler sur les bandes d'arrêt d'urgence ou sur les bandes dérasées.

Cette disposition est destinée à couvrir le cas d'un convoi en panne garé sur la bande d'arrêt d'urgence ou une modification des voies définitive ou provisoire (phase de travaux par exemple).

f - Position transversale

Il convient de préciser si le convoi doit circuler impérativement selon une ligne longitudinale imposée et la tolérance de positionnement transversal. C'est généralement le cas pour les convois très lourds et circulant seuls sur ouvrage.

L'attention est attirée sur le fait que, notamment pour les ponts à poutres, la position la plus favorable d'un point de vue structurel n'est pas toujours l'axe de l'ouvrage ou l'axe de la chaussée.

Une tolérance transversale de 30 cm par rapport à la ligne longitudinale imposée doit être prise en compte dans les justifications. Celle-ci doit être matérialisée sur la chaussée. Cette tolérance peut être légèrement majorée (50 cm par exemple) dans certains cas particuliers où la trajectoire est difficile à suivre (ouvrages courbes principalement).

En l'absence d'indication du marché sur ce point, le véhicule est supposé pouvoir circuler sur toute la largeur de la chaussée.

g - Fréquence de passage

Le coefficient de combinaison fréquente ψ_1 , qui est lié à la fréquence de passage d'un convoi sur un ouvrage, est une donnée importante du projet. Il est notamment utile pour :

- justifier les ouvertures de fissures des ouvrages en béton armé et béton précontraint (tableau 7.101NF de NF EN 1992-2/NA d'avril 2007) ;
- justifier vis-à-vis de la rupture fragile les épaisseurs maximales admissibles des aciers de charpente en fonction de leur qualité (§ 2 de NF EN 1993-1-10 de décembre 2005) ;
- effectuer des justifications simplifiées en fatigue pour le béton armé et précontraint en se référant aux combinaisons fréquentes (§ 6.8.1 (102) NF EN 1992-2).

Vis-à-vis de la fatigue, c'est en général l'ensemble des convois que l'ouvrage est susceptible de supporter qu'il convient de prendre en compte et non pas seulement un convoi particulier. C'est pourquoi, sauf cas particulier d'un convoi bien défini susceptible d'emprunter un grand nombre de fois l'ouvrage, il convient de raisonner à partir de convois types considérés comme représentatifs des futurs convois exceptionnels.

Ainsi, il est envisageable de définir deux convois types pour un projet :

- un convoi type « extrême » susceptible d'emprunter moins de 1 fois tous les 2 ans l'ouvrage (par exemple convoi type D ou E) et pour lequel il convient de retenir $\psi_1 = 0$;
- un convoi type « fréquent » susceptible d'emprunter un grand nombre de fois l'ouvrage, à prendre en compte vis-à-vis des considérations d'ouverture de fissures, de rupture fragile et de fatigue rappelées ci-dessus (par exemple convoi type C1) et pour lequel il convient de retenir $\psi_1 = 0,85$.

Dans le cas particulier d'un convoi bien défini susceptible d'emprunter un grand nombre de fois l'ouvrage, il convient de retenir $\psi_1 = 1,0$ (zones portuaires, proximité d'usines, carrières, etc.).

h - Gradient thermique

Le document [6] (§ 6(2)) indique les combinaisons d'actions à considérer pour les véhicules spéciaux. Un gradient thermique d'accompagnement doit être pris en compte à l'état limite de service (ELS) caractéristique uniquement.

3 - ÉVALUATION DES OUVRAGES EXISTANTS**3.1 - GÉNÉRALITÉS**

Les considérations ci-après ne sont valables que pour les ouvrages structurellement en bon état. Les ouvrages présentant des pathologies susceptibles d'altérer leur résistance (par exemple ouvrages classés 3 ou 3U au sens de la méthodologie IQOA (image qualité des ouvrages d'art) [16]) doivent faire l'objet de réflexions et d'études complémentaires.

Différentes approches sont possibles pour apprécier l'aptitude d'un ouvrage existant à supporter le passage d'un convoi, ou pour préciser ses conditions de passage (vitesse, trafic routier concomitant, position transversale, conditions de température, etc.).

Lorsque des calculs sont nécessaires, ils doivent être menés conformément aux documents [6], [8] et [10].

Ces différentes approches sont décrites ci-après.

L'intensité des sollicitations dues aux charges civiles théoriques de dimensionnement n'est en général pas approchée par le trafic réel pour la plupart des ouvrages. Au contraire, l'agressivité du convoi peut approcher voire dépasser celle des charges civiles théoriques.

Compte tenu du fait que,

- les charges de calculs sont réellement atteintes et que l'ouvrage subit des sollicitations qui peuvent être proches des sollicitations de dimensionnement,
- le passage du convoi ne doit pas créer d'endommagement,

l'ouvrage doit être justifié à l'état limite de service (ELS) et à l'état limite ultime (ELU) fondamental.

Ces méthodes sont proposées par ordre de complexité croissante, complexité améliorant la fiabilité de l'analyse.

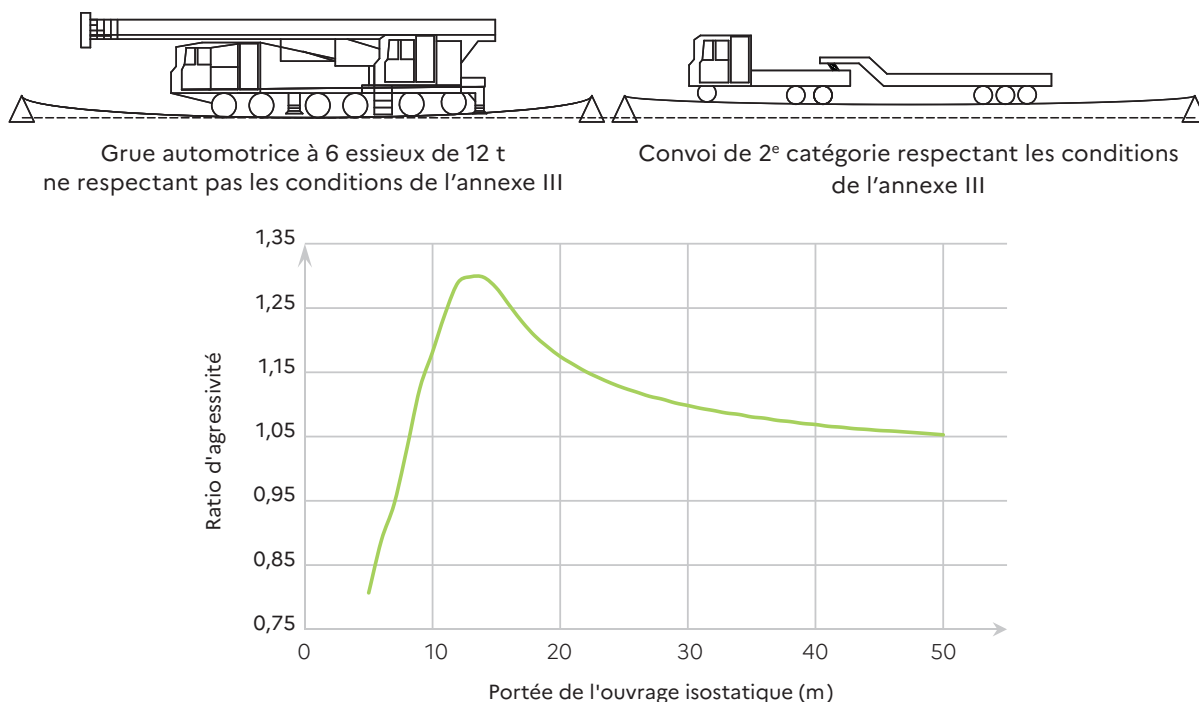
3.2 - COMPARAISON DE L'AGRESSIVITÉ DE DEUX CONVOIS

L'agressivité d'un véhicule pour un ouvrage d'art dépend de plusieurs paramètres, masse totale, charges à l'essieu ou par groupe d'essieux et répartition longitudinale et transversale des charges.

Comparer deux véhicules sur la seule base de leur masse totale est une approche inadaptée.

L'exemple ci-dessous illustre ce point pour deux véhicules de même masse totale égale à 72 tonnes. Il s'agit d'un convoi de 2^e catégorie respectant les conditions de répartition longitudinale de l'annexe III du document [4] et d'une grue automotrice à 6 essieux de 12 tonnes ne respectant pas les conditions de cette annexe, mais respectant cependant les conditions de la carte TE72 (12 tonnes à l'essieu et entraxe supérieur ou égal à 1,35 m).

Figure 3 : Comparaison de l'agressivité de deux véhicules de 72 tonnes pour des portées isostatiques inférieures à 50 m



En abscisse est représentée la portée de l'ouvrage (ouvrage isostatique).

En ordonnée est représenté le supplément d'agressivité vis-à-vis des moments fléchissants maximaux de la grue automotrice de 72 tonnes par rapport au convoi de 2^e catégorie respectant les conditions de l'annexe III.

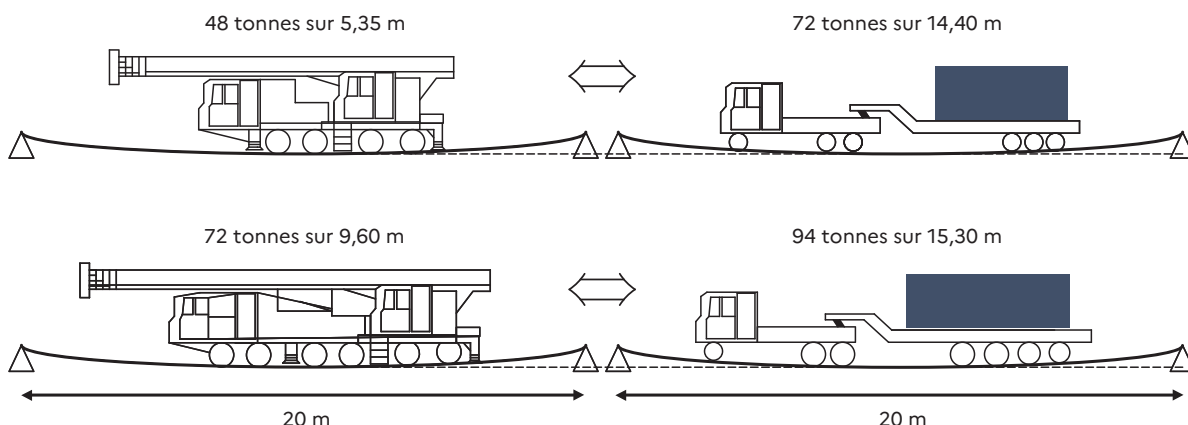
On constate que pour des portées de l'ordre de 15 mètres, la grue automotrice de 72 tonnes est de l'ordre de 30 % plus agressive que le convoi de 2^e catégorie de même poids total respectant les conditions de répartition longitudinale de l'annexe III du document [4].

Pour illustrer la difficulté du sujet, on peut considérer pour une portée isostatique de 20 mètres que :

- les effets d'une grue automotrice de 48 tonnes et d'un convoi de 72 tonnes de 2^e catégorie respectant les conditions de l'annexe III de l'arrêté du 4 mai 2006 [4] sont proches ;
- les effets d'une grue automotrice de 72 tonnes (qui ne respecte pas les conditions de l'annexe III) et d'un convoi de 3^e catégorie de type C1 de 94 tonnes sont proches.

Ces affirmations dépendent évidemment de la portée comme le montre la courbe de l'exemple ci-dessus. Plus la portée est importante et plus le rapport des agressivités tend vers le rapport des masses totales.

Figure 4 : Véhicules d'agressivité équivalente



En général, un convoi qui est à la fois moins lourd, moins compact longitudinalement et moins compact transversalement qu'un autre convoi peut être considéré comme moins agressif. Cependant cette règle simple peut ne pas être vérifiée dans des cas particuliers (exemple : groupe d'essieux très compact alors que la compacité du convoi considéré dans son ensemble est moins élevée ou ouvrages hyperstatiques pour les moments sur appui).

Il n'existe pas de règle simple générale pour comparer l'agressivité de deux convois. On ne peut donc pas considérer qu'un ouvrage peut supporter le passage d'un convoi d'un certain tonnage sous prétexte qu'un convoi de même tonnage l'a déjà emprunté.

De plus, le premier convoi peut avoir endommagé l'ouvrage sans que cela ait été observé et il peut également l'avoir franchi dans des conditions de trafic plus favorables.

3.3 - COMPARAISON AVEC UN CONVOI AYANT DÉJÀ EMPRUNTÉ L'OUVRAGE

Il s'agit ici de comparer un convoi avec un autre convoi ayant franchi l'ouvrage.

Comme expliqué au paragraphe précédent, cette méthode est à utiliser avec beaucoup de précautions.

Plusieurs facteurs doivent être pris en compte :

- la masse, la compacité, la charge à l'essieu ou au groupe d'essieux, la disposition des essieux ;
- l'état de l'ouvrage : il s'agit aussi de s'assurer que le convoi de référence n'a pas produit sur l'ouvrage de dégradations, comme des fissures, qui lui seraient imputables. Il est à noter que certains désordres, notamment en extrados, peuvent ne pas être visibles ;
- cette approche suppose que le trafic concomitant n'est pas plus agressif que lors du premier passage ;
- cette approche ne doit pas être utilisée pour les structures fragiles.

Pour ces raisons, il convient de retenir un coefficient de sécurité minimal de 1,1, en supplément de k_{pcn} sur les charges, pour admettre éventuellement un passage en se référant à un autre. Ce coefficient doit être adapté en fonction des conditions de trafic et du gradient thermique.

3.4 - COMPARAISON AVEC UN CONVOI TYPE

Cette approche consiste à comparer la masse, la répartition des charges et la géométrie d'un convoi particulier à celles d'un convoi type dont on sait qu'il peut emprunter l'ouvrage pour des conditions de circulation connues, par exemple un convoi type ayant été pris en compte lors du dimensionnement de l'ouvrage. Ce peut être aussi le cas d'un autre convoi particulier pour lequel une justification spécifique a déjà été menée.

Si le convoi particulier est moins agressif que le convoi type, alors les conditions de circulation connues pour le convoi type sont applicables.

Il s'agit de comparer l'agressivité des deux convois vis-à-vis de leur configuration (poids et répartition des charges) et non simplement vis-à-vis de leur poids. On rappelle qu'il n'existe pas de règle simple générale pour comparer l'agressivité de deux convois (cf. § 3.2 - du présent chapitre). En général, un convoi qui est à la fois moins lourd, moins compact longitudinalement et moins compact transversalement qu'un autre convoi peut être considéré comme moins agressif. Cependant cette règle simple peut ne pas être vérifiée dans des cas particuliers (exemple : groupe d'essieux très compact alors que la compacité du convoi considéré dans son ensemble est moins élevée ou ouvrages hyperstatiques pour les moments sur appuis).

C'est notamment cette méthode qui est retenue dans le cas d'utilisation de cartes de transports exceptionnels.

3.5 - COMPARAISON DES SOLLICITATIONS

Cette approche plus fine consiste à comparer l'effet d'un convoi (type ou particulier) pour des conditions de circulation données, à l'effet des charges routières (civiles, militaires ou exceptionnelles) retenues à l'époque de la conception ou prises en compte dans des recalculs ultérieurs ayant permis de justifier l'acceptabilité de convois.

Il convient de préciser les hypothèses développées au paragraphe 2.2 ci-avant pour les ouvrages à construire.

Elle s'applique aux ponts construits avec des règlements « modernes », postérieurs à 1965 et, dans le cas des buses, postérieurs à 1981.

Cette méthode doit aussi être utilisée avec précaution, car il convient de bien prendre en compte dans la comparaison tous les coefficients de pondération, de majoration et de combinaison, ainsi que toutes les dérogations (certains anciens textes autorisaient des niveaux de contrainte plus élevés lors du passage d'un convoi) ou insuffisances de calculs dont a fait l'objet l'ouvrage lors de sa conception. Il convient également de considérer les modifications de charges permanentes, de profil en travers, le gradient thermique pris en compte lors de la conception et celui considéré lors du passage du convoi. Par exemple, si l'ouvrage a été conçu sans prise en compte du gradient thermique, il faut faire intervenir ce dernier dans la comparaison, ou préciser les périodes de l'année ou de la journée favorables du point de vue de cet aspect à la circulation du convoi (cf. § 3.7 - ci-après).

Cette méthode suppose une connaissance précise de la géométrie de la structure et une modélisation particulière à l'ouvrage. Elle est intéressante notamment dans le cas des ouvrages existants pour lesquels les plans de ferrailage et de câblage ne sont pas connus.

Elle ne s'applique évidemment pas sans précaution aux ouvrages appartenant à des familles présentant des insuffisances structurelles connues et non renforcés (par exemple les ponts en béton précontraint hyperstatiques construits avant 1975 ou les ouvrages métalliques concernant les instabilités élastiques).

Vis-à-vis de la portance des fondations, si on effectue la comparaison pour les descentes de charges, un dépassement de 10 % est admissible. On considère en général que si les effets sont admissibles pour le tablier, c'est également le cas pour les appuis (et appareils d'appui) et les fondations.

Il convient de définir un indicateur, en général l'enveloppe des rapports entre les principales sollicitations dues au convoi et à ses éventuelles actions d'accompagnement (trafic concomitant, gradient thermique) et celles dues aux charges de dimensionnement :

- moments maximaux sur appui et en milieu de travée
- efforts tranchants maximaux
- réactions d'appui maximales

pour apprécier la résistance de la structure.

Si cet indicateur est compris entre 0,90 et 1,00 il est recommandé de rechercher des conditions de franchissement plus favorables (vitesse limitée, passage seul, position du convoi imposée, etc.) ou de vérifier l'endommagement éventuel avant et après le passage.

Les bornes de cet indicateur sont définies ci-dessous :

Tableau 4 : Bornes de l'indicateur de comparaison des sollicitations

Satisfaisant	s'il est inférieur à 0,90
Limite	s'il est compris entre 0,90 et 1,00
Critique	s'il est supérieur à 1,00

Avec cette méthode, les comparaisons entre l'effet du convoi réel (éventuellement accompagné) et l'effet des charges de dimensionnement sont effectuées à l'ELS, mais en général la conclusion de l'ELS est extrapolable à l'ELU.

3.6 - CALCUL COMPLET

Beaucoup plus complexe à mettre en œuvre, cette méthode s'avère en général nécessaire pour des ouvrages anciens, pour les convois très lourds ou si une simple comparaison des sollicitations n'a pas permis de conclure favorablement. Cette étude fine, qui peut aller jusqu'au calcul des niveaux de contraintes dans toutes les parties de l'ouvrage et à l'étude des fondations, permet de définir si le convoi peut emprunter l'ouvrage et, si oui, dans quelles conditions.

Cette étude permet de considérer des réserves de capacité portante que la méthode précédente ne peut prendre en compte. Elle est recommandée dans le cas des ouvrages antérieurs à 1965.

On pourra utilement se reporter à la note d'information n°35 du Sétra de 2012 (*Méthodes courantes d'évaluation structurale des ouvrages existants - Pratiques en vigueur dans le RST*) [10] et au guide Cerema de 2015 *Conception des réparations structurales et des renforcements des ouvrages d'art* [8].

Il convient alors d'effectuer un recalcul complet en adaptant, lorsque cela est possible, les contraintes admissibles des matériaux. Par exemple, pour un ouvrage en béton armé calculé selon le règlement de béton armé de 1934, on peut retenir à l'ELS pour des aciers doux un taux de travail supérieur aux 13 kg/mm² (130 MPa) de l'époque.

On peut également rechercher des réserves de résistance en faisant des calculs de structure plus fins que ceux alors utilisés. Par exemple :

- des calculs aux éléments finis permettent une meilleure prise en compte de la répartition des efforts que des calculs usuels simplifiés ;
- il peut également s'avérer intéressant d'effectuer des justifications aux ELU selon la méthode des lignes de ruptures.

Cette méthode suppose une connaissance précise de la géométrie de la structure et des caractéristiques des matériaux et une modélisation. Elle nécessite la connaissance des plans des aciers passifs et des câbles de précontrainte, des épaisseurs et types de tôles, du phasage de construction, etc.

Cette étude doit être menée à l'ELU et à l'ELS.

En ce qui concerne les vérifications à l'ELU dans le cas d'un véhicule particulier unique dont le poids est connu avec une extrême précision et dont on est certain qu'il circulera seul sur l'ouvrage, une légère réduction du coefficient partiel de l'ELU fondamental appliqué au convoi est envisageable, par exemple à 1,25. Cette réduction se cumule dans ce cas avec une réduction (à 1,05 par exemple) du coefficient k_{pcn} .

Dans les autres cas, et notamment pour l'étude de convois types, il convient de maintenir à 1,35 le coefficient partiel de l'ELU fondamental et à 1,1 le coefficient k_{pcn} .

FATIGUE DES OUVRAGES MÉTALLIQUES OU MIXTES

Pour un ouvrage métallique conçu après 1995 avec prise en compte de la fatigue lors de la conception (ouvrage conçu suivant les recommandations du guide Sétra/CTICM/SNCF de 1996 *Ponts métalliques et mixtes. Résistance à la fatigue - Guide de conception et de justifications* [15] ou selon l'Eurocode 3 ou 4), la diminution théorique de durée de vie occasionnée par le passage d'un convoi de moins de 120 tonnes n'est pas significative pour une fréquence de passage hebdomadaire.

Pour des fréquences de passage ou des masses supérieures, une réflexion spécifique est à conduire.

Pour un ouvrage métallique conçu sans prise en compte de la fatigue lors de la conception, une étude particulière de fatigue devra être menée. Il est à noter que, dans ce cas, le problème dépasse le simple passage des convois exceptionnels et que la diminution de la durée de vie est a priori principalement due aux charges non exceptionnelles.

FATIGUE DES OUVRAGES EN BÉTON ARMÉ

Pour les ouvrages en béton armé ne présentant pas de désordres et aptes à supporter le passage de convois de 120 tonnes vis-à-vis des états limites autres que la fatigue, l'endommagement en fatigue dû aux convois exceptionnels de 120 tonnes ou moins n'est pas significatif.

FATIGUE DES OUVRAGES EN BÉTON PRÉCONTRAIT

Pour les ouvrages en béton précontraint :

- ne présentant pas de désordres,
- précontraints par post tension,
- aptes à supporter le passage des convois de 120 tonnes vis-à-vis des états limites autres que la fatigue,
- pour lesquels le convoi considéré est moins agressif que les charges caractéristiques de trafic,
- dimensionnés :
 - en précontrainte totale
 - ou selon la classe II de l'ancien règlement français de béton précontraint (BPEL)
 - ou selon la classe III du BPEL avec des aciers de limite élastique de calcul inférieure ou égale à 420 MPa

l'endommagement en fatigue dû au passage de convois exceptionnels avec une fréquence de l'ordre de un convoi de 120 tonnes par semaine n'est pas significatif.

Note : C'est notamment le cas des ouvrages en béton précontraint par post tension ne présentant pas de désordres qui ont été dimensionnés en précontrainte totale ou selon la classe II du BPEL ou en classe III du BPEL avec des aciers de limite élastique de calcul inférieure ou égale à 420 MPa, qui sont considérés aptes à supporter le passage de convois vis-à-vis des autres états limites et dont l'étude du passage s'est limitée à la comparaison des sollicitations amenées par le convoi exceptionnel et des sollicitations amenées par les règles de charge de dimensionnement.

Pour les autres cas de figure (convois plus lourds ou plus fréquents, ouvrages précontraints par pré-tension, ouvrages dimensionnés en précontrainte partielle avec des aciers passifs de limite élastique de calcul strictement supérieure à 420 MPa, etc.), la fatigue doit faire l'objet d'une analyse spécifique.

3.7 - GRADIENT THERMIQUE

Il est nécessaire d'examiner le passage d'un convoi exceptionnel avec un gradient thermique d'accompagnement. Il convient donc d'être attentif aux hypothèses de dimensionnement de l'ouvrage étudié. En effet, jusqu'en 1975, le gradient thermique est un phénomène non pris en compte pour le dimensionnement des grands ponts en béton précontraint. La circulaire de la Direction des routes du ministère de l'Équipement en date du 2 avril 1975 a prescrit les modalités de prise en compte du gradient thermique dans les ponts continus en béton précontraint.

Dans le cas des grands ouvrages en béton précontraint construits à partir de 1976 ou qui ont fait l'objet d'un renforcement par précontrainte additionnelle, un gradient thermique d'accompagnement a normalement été pris en compte. Il convient cependant de s'en assurer en examinant les hypothèses de calcul.

Dans le cas d'une analyse des sollicitations selon le paragraphe 3.5 du présent chapitre, il est important de bien comparer les effets du convoi accompagné d'un gradient thermique aux effets des charges de dimensionnement, seules ou accompagnées d'un gradient thermique suivant que celui-ci ait été pris en compte ou non au niveau du dimensionnement.

La comparaison des sollicitations doit être effectuée de manière systématique tout le long de l'ouvrage et pas seulement au niveau des sections qui apparaissent comme dimensionnantes (en général les sections d'appui et de clé). On montre en effet que les sections dans les zones de moment nul sous charges permanentes peuvent ne pas être justifiées sous passage du convoi accompagné du gradient thermique.

Pour les grands ouvrages en béton précontraint dits de première génération (construits avant 1976) et qui n'ont pas été renforcés, l'ouvrage apte à supporter ces charges de dimensionnement n'est probablement pas apte à supporter ces mêmes charges accompagnées d'un gradient thermique réglementaire sans dommages.

Dans certains cas très exceptionnels (passage de convois très lourds), il est envisageable de maîtriser le gradient thermique, par exemple en choisissant l'heure ou la période de passage ou en arrosant l'ouvrage. Il est alors souhaitable dans certains cas de connaître la valeur des gradients thermiques par une campagne de mesure sur un cycle annuel (voir document [19]).

4 - CAS DES MURS DE SOUTÈNEMENT

4.1 - OUVRAGES À CONSTRUIRE

Les murs à construire doivent faire, comme les ponts, l'objet de vérification avec les convois exceptionnels comme charges de dimensionnement.

Les murs à vérifier sont les murs de soutènement et ceux constituant une partie des culées des ouvrages (murs en aile, murs en retour, murs garde-grève, etc.).

Les hypothèses à préciser sont celles du paragraphe 2.2 du chapitre III. On attachera une importance particulière aux hypothèses concernant la position de circulation des convois par rapport aux murs.

4.2 - OUVRAGES EXISTANTS

Les ouvrages existants doivent faire l'objet de vérification vis-à-vis du passage des convois. Les différentes approches décrites pour les ponts sont valables pour les murs. En particulier, les ouvrages présentant des pathologies susceptibles d'altérer leur résistance (par exemple ouvrages classés 3 ou 3U au sens de l'IQOA) doivent faire l'objet de réflexions et d'études complémentaires.

De plus, l'effet de la pression hydrostatique étant important pour la stabilité d'un mur de soutènement, il convient de s'assurer que le système de drainage (et notamment les barbacanes) est en bon état de fonctionnement.

Concernant les murs de soutènement, les données principales dans la vérification sont la hauteur du mur, la nature du remblai et la position du convoi par rapport au bord du mur. Ces données permettent d'une part de déterminer si le chargement lié au convoi sollicite le mur ou non, et d'autre part de déterminer ses effets sur le mur. Dans le cas où le convoi ne sollicite pas le mur, son passage peut être autorisé sans considérations supplémentaires. Dans le cas contraire, des éléments sont donnés ci-dessous pour une vérification rapide des murs en fonction de leur hauteur, de la position du convoi et de la charge de dimensionnement. Si le cas étudié n'est pas couvert par ces considérations, une vérification particulière est à prévoir.

HISTORIQUE SUR LES CHARGES DE DIMENSIONNEMENT DES MURS

La charge de dimensionnement du mur est une donnée importante dans la vérification d'un mur existant.

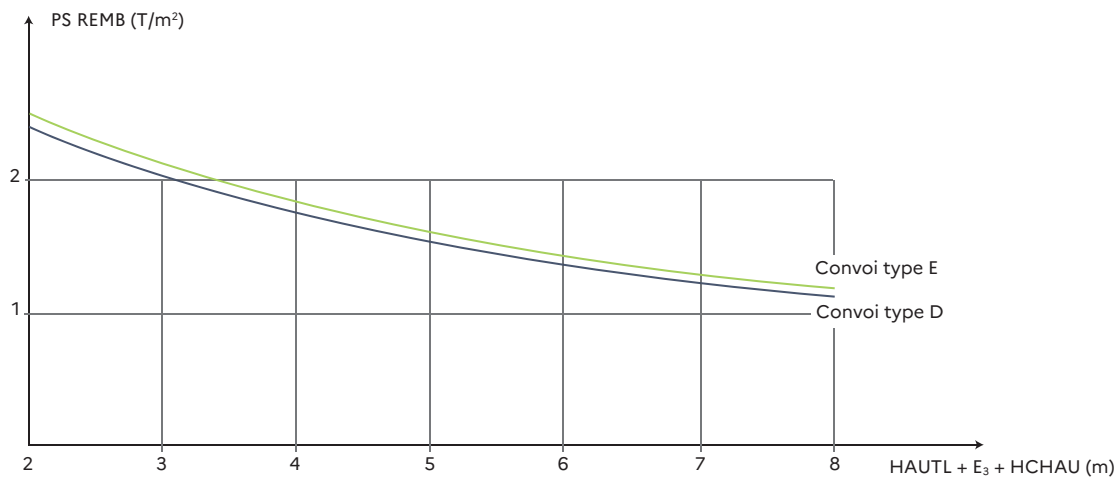
Le fascicule 61 titre II du Cahier des prescriptions communes (CPC) de 1971 [17] est le premier règlement à introduire une charge de justification pour les murs avec une charge de 1 t/m^2 , répartie sur toute la largeur de la plate-forme. Le commentaire du texte attirait cependant l'attention du lecteur sur le fait que cette charge « ne saurait couvrir les effets résultant de passage d'engins lourds de terrassement ou de compactage ». Aucun élément n'était donné sur le chargement à considérer dans ce cas.

Des éléments complémentaires étaient donnés dans certains dossiers pilotes :

- Le dossier PDCF-67 du Sétra, antérieur au fascicule 61 titre II de 1971 [17], proposait de tenir compte dans le calcul des murs en aile et en retour de la présence d'une éventuelle surcharge en augmentant fictivement la hauteur du mur de façon à prendre en compte une hauteur supplémentaire de terre exerçant une pression sur l'ouvrage similaire à celle d'une surcharge. Les hauteurs proposées étaient de 0,60 m pour un mur en aile et 1,20 m pour un mur en retour, ce qui correspondait approximativement à l'effet pondéré de surcharges de 1 t/m^2 et 2 t/m^2 .
- Le dossier MUR-73 du Sétra retenait la charge de 1 t/m^2 du fascicule 61 titre II, avec la même précision concernant les charges lourdes de terrassement ou de compactage, non couvertes par cette charge répartie.
- Le dossier pilote PIPO-74 du Sétra, pour les densités de charge sur remblai à considérer dans le calcul des piédroits en l'absence de dalle de transition, reprenait la charge de 1 t/m^2 et introduisait, pour les ouvrages soumis au passage des convois exceptionnels et/ou à celui d'engins lourds de terrassement, de tenir compte de ces charges, en considérant leur diffusion puis leur répartition transversale dans le piédroit. Il était admis de simplifier les effets de la diffusion en retenant une diffusion transversale de pente 1/2 dans la hauteur de la chaussée (HCHAU), de la traverse (E_3) et dans la hauteur du piédroit (HAUTL) puis en ne retenant que l'effet d'une charge se transmettant uniformément sur le piédroit et ayant pour valeur $PSREMB = p \times b_0/b_1$, avec p la pression du convoi sur son rectangle d'impact, de largeur b_0 et b_1 la largeur après diffusion : $b_1 = b_0 + HCHAU + E_3 + HAUTL$. La mise à jour de 1991 reprenait ces règles.

Pour les charges E et D du règlement de charge de 1971 (fascicule 61 titre II [17]), le graphique suivant illustre les pressions dues au convoi prises en compte en fonction de la hauteur du piédroit, de la traverse et de l'épaisseur de la chaussée.

Figure 5 : Extrait du dossier pilote PIPO-74



- La mise à jour du dossier pilote PICF (guide Sétra « Programme de calcul PICF-EL » de décembre 1991) introduisait pour les engins de chantier une surcharge de 2 t/m². Pour les convois exceptionnels, la formule utilisée pour les PIPO était conservée, à la diffusion dans la chaussée près, qui était réduite : $b_1 = b_0 + \frac{3}{4}HCHAU + E_3 + HAUTL$

En résumé, pour des ouvrages antérieurs à 1971, il n'est pas possible de donner la valeur minimale de la charge ayant été considérée. Après cette date, une surcharge de 1 t/m² a été considérée, cette surcharge pouvant avoir été augmentée en vue de permettre le passage de convois exceptionnels ou d'engins de terrassement lourds.

L'usage courant d'une charge de 2 t/m² couvrant les engins de terrassement lourds n'est pas réglementaire et il n'est donc pas possible de donner une date à partir de laquelle cette valeur a été utilisée, voire généralisée. Il faut donc se référer au dossier d'ouvrage pour avoir une confirmation de l'utilisation de cette valeur dans le dimensionnement du mur vérifié au passage d'un convoi exceptionnel.

Les Eurocodes définissent les charges de remblai induites par les charges du système LM1 (classe 1 ou 2), diffusées et réduites de 30 % pour tenir compte de la réduction des amplifications dynamiques par rapport aux charges sur les tabliers de pont. Dans les faits, ces charges ne sont pas toujours utilisées, car nécessitant un calcul des effets en fonction de la profondeur considérée, et les chargements forfaitaires usuellement utilisés pour les charges de chantier leur sont préférés, par exemple celui de 20 kN/m² (2 t/m²). À noter que le système de charge LM1 est plus agressif que la surcharge de 20 kN/m² uniquement pour des hauteurs de mur faibles.

Note 1 : Concernant la justification des ouvrages de soutènement, la pondération en combinaison fondamentale à l'ELU de la charge variable d'exploitation diffère suivant la pratique, la valeur défavorable du facteur partiel pouvant être prise à 1,50 ou à 1,35. Cette valeur est généralement de 1,35 dans le cas de l'application de la charge LM1 de l'Eurocode sur un remblai.

Note 2 : Ce coefficient n'intervient pas lorsqu'une vérification en comparaison de sollicitations est réalisée. Lors du calcul d'un ouvrage de soutènement sous l'effet du passage de convois exceptionnels la prise en compte d'un facteur partiel de 1,35 sur l'action du convoi est recommandée.

Figure 6 : Comparaison de l'effet des charges des Eurocodes et des charges d'exploitation de 10 ou 20 kN/m² pour un mur garde-grève (diffusion à 30°)

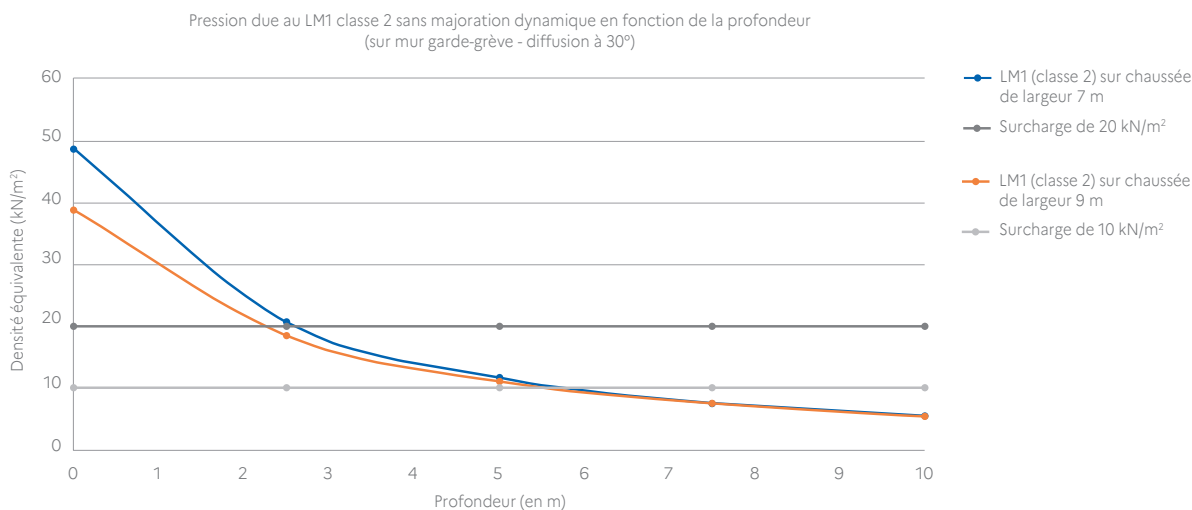
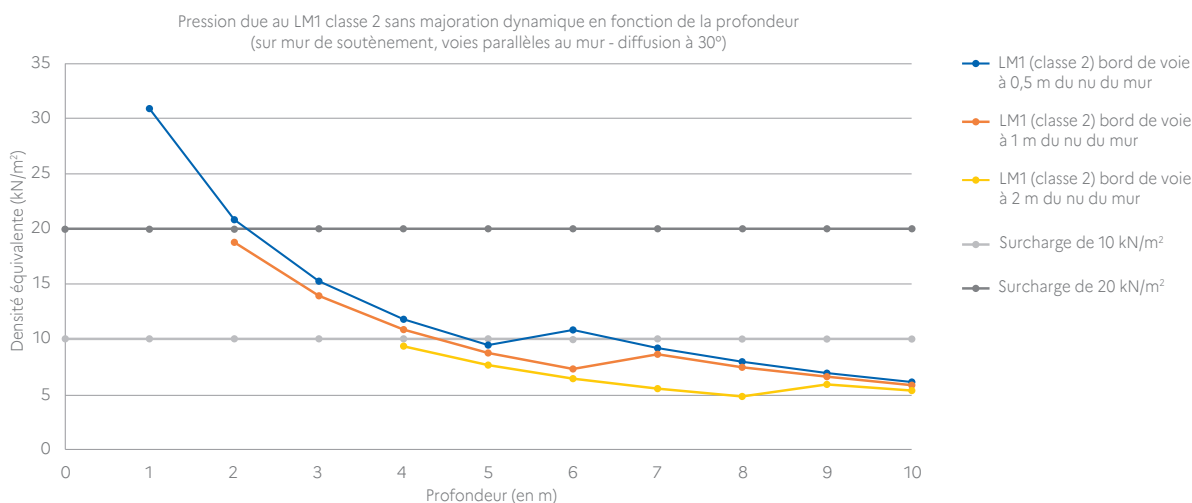


Figure 7 : Comparaison de l'effet des charges des Eurocodes et des charges d'exploitation de 10 ou 20 kN/m² pour un mur de soutènement (diffusion à 30°)



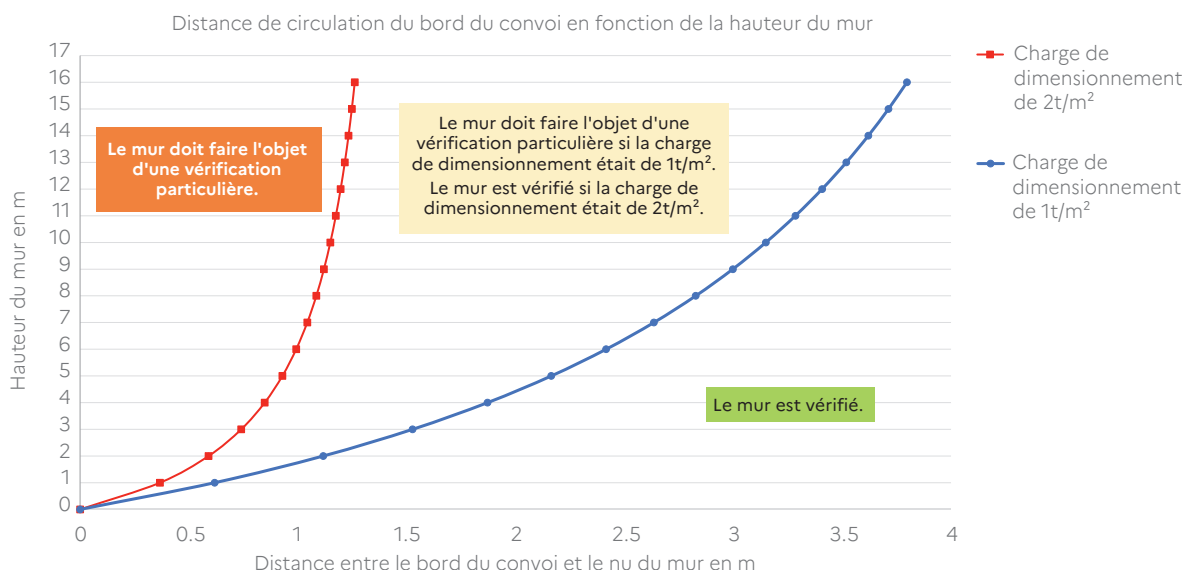
CONSIDÉRATIONS SUR LES POSSIBILITÉS DE PASSAGE DE CONVOI EN FONCTION DE LA HAUTEUR DU MUR, DE L'ÉLOIGNEMENT DU CONVOI ET DE LA CHARGE DE DIMENSIONNEMENT

Pour les murs de soutènement de hauteur inférieure à 10 mètres et postérieurs à 1971 (fascicule 61 titre II [17]), si le bord du convoi se situe à plus de 3,5 m du nu du mur, les charges de dimensionnement (charge minimale de 1 t/m²) couvrent l'effet des convois (jusqu'aux convois de type E du document [1] inclus, voir chapitre IV). Pour des hauteurs de mur plus importantes, pour des positions de convoi plus défavorables plus proches du nu du mur ou pour une charge de dimensionnement de 2 t/m², l'abaque ci-dessous permet de déterminer rapidement si le mur est vérifié. Cet abaque donne la relation entre la position limite du bord du convoi par rapport au nu du mur et la hauteur du mur (hauteur du voile pour les murs comportant une semelle).

Si le mur n'est pas vérifié par cet abaque, cela ne signifie pas que le mur est inapte au passage de convoi, mais qu'il doit faire l'objet d'une vérification particulière. Des éléments complémentaires sont donnés en annexe 3 du présent guide en fonction de la largeur du convoi étudié (convoi de largeur 3,20 m ou 5,15 m) et de l'angle de diffusion des charges dans les remblais considérés (30° ou 45°), l'abaque ci-dessous donnant le cas «enveloppe». Cet abaque n'est valable que pour les murs structurellement en bon état et dont le système de drainage est fonctionnel. Les hypothèses de calcul utilisées dans la réalisation de cet abaque sont également données en annexe 3.

Pour les murs plus anciens, notamment ceux antérieurs à 1971, dont les règles de dimensionnement sont incertaines, une vérification particulière est à mener.

Figure 8 : Murs postérieurs à 1971 - Position admissible du bord du convoi en fonction de la hauteur du mur et des charges de dimensionnement



Pour les murs en retour et les murs en aile, l'abaque précédent reste valable. En particulier, le passage de convois sans vérification complémentaire peut être autorisé s'il s'effectue sans empiéter sur une bande de 3,5 m à l'arrière du mur (mur de moins de 10 m de hauteur). Cette distance est facilement respectée dans le cas des passages de convoi à axe imposé (centré par exemple) et lorsque le profil en travers comporte un trottoir ou une bande d'arrêt d'urgence. Dans le cas où la distance n'est pas respectée, l'abaque précédent peut être utilisé ou des vérifications particulières sont à effectuer.

Pour les murs garde-grève et les murs de front des culées, les charges de dimensionnement du fascicule 61 titre II [17] (convoi Bt) couvrent les chargements liés aux convois exceptionnels en cas d'absence de dalle de transition. En présence de dalle de transition, les convois ont un effet « favorable » sur le mur garde-grève (effet s'opposant aux poussées des terres) et leur passage peut donc être admis.

5 - CAS DES BUSES

5.1 - OUVRAGES À CONSTRUIRE

La conception et le dimensionnement des ouvrages d'art de type buses concernent la structure de la buse ainsi que le remblai dans lequel elle est intégrée et la chaussée qui sont indissociables de l'ouvrage. Concernant les charges d'exploitation, et particulièrement les convois exceptionnels, il convient de rechercher une couverture de remblai et chaussée importante. La diffusion des charges routières dans ces parties de l'ouvrage assure en effet une sollicitation adaptée au fonctionnement de la partie structure.

La qualité des matériaux et leur mise en œuvre sont également des éléments essentiels de la résistance et de la pérennité de l'ouvrage. Ainsi, ils ne présenteront pas de défaut de tassements provoqués par les charges lourdes des convois qui sont générateurs d'effets dynamiques.

D'une manière générale, au-delà de deux mètres de couverture pour des buses de moins de trois mètres d'ouverture, les charges d'exploitation représentent une part relativement modérée dans le dimensionnement de la structure face aux charges permanentes. Toutefois, un dimensionnement prenant en compte les convois exceptionnels reste nécessaire dans tous les cas.

À titre indicatif, il peut être noté qu'une couverture minimale de l'ordre de 2 m et un angle de frottement interne de plus de 30° permettent en général d'obtenir un effet des convois exceptionnels peu majoré par rapport à celui des charges routières de type LM2, pour des buses de moins de 3 m d'ouverture.

5.2 - OUVRAGES EXISTANTS

Les buses existantes, en béton armé ou métalliques, doivent faire l'objet de vérifications vis-à-vis du passage des convois exceptionnels. Les différentes approches décrites pour les ponts restent pertinentes pour les buses. En outre, les ouvrages présentant des pathologies susceptibles d'altérer leur résistance, telles que des fissures pour les buses en béton, des déformations ou de la corrosion pour les buses métalliques, doivent faire l'objet de réflexions et d'études complémentaires. Les déformations et les fissurations de chaussée sont par ailleurs toujours à analyser, puisqu'elles traduisent soit des désordres de la structure, donc des risques généralement graves d'instabilité ou de résistance, soit des désordres localisés dans la chaussée et les remblais qui provoquent des effets dynamiques et doivent donc être réparés.

Les ouvrages dont la couverture est de moins d'un mètre d'épaisseur sont particulièrement sensibles aux charges d'exploitation, lesquelles représentent alors une fraction importante des charges qui sollicitent la buse. Elles ne peuvent en général pas supporter les convois exceptionnels lourds, surtout quand leur forme est défavorable, éloignée du cas idéal de la buse circulaire (cas des buses en arche et autres formes ovoïdes).

Les effets des convois s'atténuent rapidement avec la profondeur. Les buses en béton armé, ainsi que les buses métalliques, quelle que soit leur forme, dont la couverture est de plus de quatre mètres sont moins sensibles aux passages des convois, tant que leur ouverture ne dépasse pas quatre mètres environ. Dans ce cas, le passage de convois peut être autorisé, sous réserve du bon état de l'ouvrage et de la chaussée.

Les buses métalliques construites avant 1981 n'ont pas été conçues et dimensionnées au moyen des guides élaborés par le Sétra et le LCPC, parus à partir de cette date. Outre le fait que les règles de dimensionnement de l'époque n'étaient pas fixées, les tôles étaient insuffisamment, ou pas du tout, protégées contre la corrosion. Les épaisseurs à prendre en compte dans les calculs de vérification doivent être représentatives de l'ouvrage réel et de son évolution probable. Les buses hydrauliques présentent fréquemment des désordres au niveau du radier. Il ne faut pas présumer de l'état de celui-ci, qu'il s'agisse de déformation ou de corrosion, malgré les difficultés éventuelles d'inspection. Les pertes d'épaisseurs de métal au niveau du radier fragilisent en effet fortement la stabilité de la buse.

CHAPITRE 4

Convois types

CONVOIS TYPES

Il est rappelé que les convois types définis dans l'annexe A informative de l'Eurocode 1-2 n'ont pas été retenus dans l'annexe nationale.

1 - LES CONVOIS TYPES

Pour faciliter l'instruction des demandes d'autorisation ou l'étude d'itinéraire de transports exceptionnels, des convois types sont définis.

Il s'agit de véhicules fictifs représentatifs de familles de convois réels et destinés à produire des effets globaux et des effets locaux couvrant ceux engendrés par les véhicules de la famille concernée.

Des conditions de passages étant connues pour un convoi type, il suffit alors de vérifier qu'un convoi donné est moins agressif que ce convoi type. Il s'agit bien de comparer l'agressivité des deux convois en termes de configuration (poids et répartition des charges) et pas seulement la masse totale (comme précisé au § 3.2 - du chapitre III).

Différents convois types civils ont été définis dans les documents [1] et [13]. Certains de ces véhicules ont la même masse totale mais des agressivités différentes.

Par exemple, les convois types de 94 tonnes (respectivement 120 tonnes) définis dans le document [13] sont sensiblement plus agressifs que les convois types de 94 tonnes (respectivement 120 tonnes) définis dans le document [1] car plus compacts.

De même, les convois types de 94 tonnes (respectivement 120 tonnes) définis dans le document [1] étaient censés circuler seuls au pas et dans l'axe, alors que les convois types de 94 tonnes (respectivement 120 tonnes) définis dans le document [13] sont susceptibles de circuler à vitesse normale, dans leur voie de circulation et mêlés au trafic courant.

Il en résulte qu'un ouvrage apte à supporter le passage des convois de 94 tonnes (respectivement 120 tonnes) définis par le document [1] n'est pas nécessairement apte à supporter le passage d'un convoi type de 94 tonnes (respectivement 120 tonnes) défini par le document [13].

En résumé, pour un même tonnage les convois du document [1] de 1982 étaient moins agressifs que les convois types du document [13] de 2016 relatifs aux cartes d'itinéraire.

Les principaux convois types à considérer aujourd'hui, y compris des convois militaires, sont définis ci-après. D'autres convois types, notamment les anciens, sont également décrits en annexe 3 du présent guide.

Le tableau ci-après donne, à titre purement indicatif compte tenu de la diversité des cas de figure, pour différents convois types, les catégories d'ouvrages a priori couverts par les charges de dimensionnement.

Les convois évoqués dans le tableau sont définis dans la suite du document.

		Ouvrage neuf ou recalculé selon les Eurocodes	Ouvrage ancien (en bon état)
Convois de première catégorie selon [4]	Convois 1TE, 2TE48 (hors grue 48 t)	Couverts par LM1 et LM2 1 ^{re} et 2 ^e classe de trafic	Couverts par fascicule 61 titre II 1960
	Grue 48 t		Vérifications à effectuer
Convois de deuxième catégorie selon [4]	Convois 72 t (vérifiant les conditions de l'annexe III de [4])	Couverts par LM1 et LM2 1 ^{re} et 2 ^e classe de trafic	Couverts par la 1 ^{re} classe de trafic du fascicule 61 titre II 1971
	Convois carte TE72	Couverts par LM1 et LM2 1 ^{re} classe de trafic	Vérifications à effectuer
Convois de troisième catégorie selon [4]	Convoi C1 94 t (circulant seul sur l'ouvrage)	Couverts par LM1 et LM2 1 ^{re} classe de trafic	OA de largeur d'au moins 6 m Règlements de 1960 ou 1971 Couvert si convoi seul dans l'axe et au pas
	Convois carte TE94		Vérifications à effectuer
	Convoi C2 120 t (circulant seul sur l'ouvrage)	Couvert par le Mc 120	Couvert par char de 100 tonnes (1946) ou Mc 120 (1971)
	Convois carte TE120 Convois types de classes D et E Autres convois >120 t	Vérifications à effectuer	Vérifications à effectuer

2 - CONVOIS TYPES CIVILS

2.1 - GÉNÉRALITÉS

Les hypothèses suivantes seront retenues ou précisées.

TRAFIC CONCOMITANT

En général, il convient de considérer que le convoi circule mêlé au trafic courant. Il convient de plus d'indiquer la classe de trafic correspondante au sens de l'Eurocode 1-2 (en général la seconde classe, sauf pour les autoroutes supportant un fort trafic poids lourds).

Le document [7], pages 63 à 65, fournit des indications sur la position des voies réglementaires et du trafic concomitant.

Eventuellement, une circulation du véhicule seul sur ouvrage peut également être envisagée si nécessaire, notamment pour les convois les plus lourds.

Conformément au document [6], le trafic concomitant n'est pas à considérer pour les justifications à l'ELS fréquent.

PONDÉRATION DES CHARGES NOMINALES (§ 2, ALINÉA (2) DE L'ANNEXE À L'ANNEXE NATIONALE DE L'EUROCODE 1-2)

S'agissant de convois types, les charges nominales sont pondérées par un coefficient égal à 1,1 pour obtenir des charges caractéristiques.

NOMBRE DE CONVOIS SIMULTANÉMENT SUR L'OUVRAGE (§ 2, ALINÉA (1), NOTE 2 DE L'ANNEXE À L'ANNEXE NATIONALE DE L'EUROCODE 1-2)

Le nombre de convois empruntant simultanément l'ouvrage dans le cas d'un train de convois doit être précisé pour chaque étude. Un espacement de calcul de 25 m entre deux convois, sans véhicule interposé, est proposé par l'alinéa 4 du paragraphe 4 de l'annexe à l'annexe nationale de l'Eurocode 1-2. Cette valeur et l'éventuelle présence de véhicules interposés peuvent être précisées au niveau du projet particulier.

VITESSE DE CIRCULATION (§ 3, ALINÉA (1) DE L'ANNEXE À L'ANNEXE NATIONALE DE L'EUROCODE 1-2)

Il convient en général de retenir une vitesse de circulation normale (de l'ordre de 70 km/h). Dans ce cas, conformément au paragraphe 3 de l'annexe à l'annexe nationale de l'Eurocode 1-2 :

- on retient le coefficient de majoration dynamique ;
- on retient le coefficient de majoration dynamique : $\delta = 1 + \frac{0,70}{1+0,2 L}$ où L est la longueur d'influence (m) ;
- on retient un effort horizontal de freinage correspondant à 30 % du poids total des véhicules spéciaux sur ouvrage, deux véhicules spéciaux au maximum étant supposés freiner simultanément.

Éventuellement, une faible vitesse (véhicule « au pas » de l'ordre de 5 km/h) peut également être considérée. Dans ce cas, on ne retient ni majoration dynamique, ni effort de freinage.

LARGEUR DE CHAUSSEE PRISE EN COMPTE (§ 4, ALINÉA (2) DE L'ANNEXE À L'ANNEXE NATIONALE DE L'EUROCODE 1-2)

Il convient en général de considérer que la circulation du convoi est possible sur toute la largeur de la chaussée, y compris les bandes d'arrêt d'urgence et les bandes dérasées.

Note : Cette disposition est destinée à couvrir le cas d'un convoi en panne garé sur la bande d'arrêt d'urgence ou une modification des voies définitive ou provisoire (phase de travaux par exemple).

Éventuellement, et notamment pour les ouvrages existants, des conditions de circulation plus restrictives peuvent être envisagées (position transversale imposée).

Note : En cas de position transversale imposée, une tolérance transversale de 30 cm par rapport à la ligne longitudinale imposée doit être prise en compte dans les justifications. Cette tolérance peut être légèrement majorée (50 cm par exemple) dans certains cas particuliers où la trajectoire est difficile à suivre (ouvrages courbes principalement).

Pour les ouvrages existants et vis-à-vis des calculs de fatigue, il convient de considérer les voies effectivement circulées par les convois exceptionnels et non pas des voies théoriques de calcul.

Note : Dans ce cas, l'historique de la position des voies effectivement circulées doit être pris en considération.

2.2 - CONVOIS TYPES COUVRANT LES EFFETS DES CONVOIS DE 1^{RE} CATÉGORIE

Ces convois types couvrent les effets des convois de 1^{re} catégorie respectant les règles « ouvrages d'art » de l'annexe III de l'arrêté du 4 mai 2006 [4].

La grue automotrice de 48 tonnes à 4 essieux de 12 tonnes constitue un cas particulier.

En effet, bien qu'elle vérifie les conditions de l'annexe III de l'arrêté du 4 mai 2006 modifié [4] dans la mesure où un paragraphe lui a été spécialement consacré, elle n'en demeure pas moins nettement plus agressive pour les ouvrages d'art que les autres véhicules de 48 tonnes vérifiant les règles générales de cette annexe III.

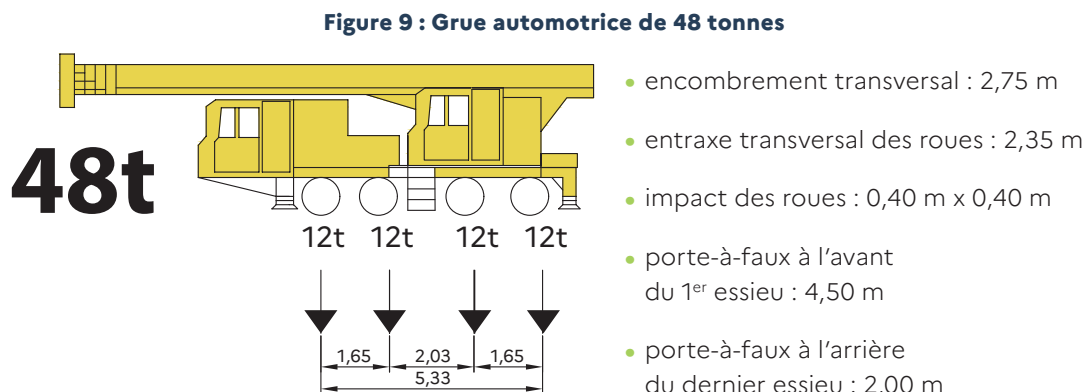
Le paragraphe correspondant de l'annexe III signale d'ailleurs cette singularité : *Néanmoins, selon l'itinéraire emprunté, le franchissement de certains ouvrages d'art par les véhicules de type grue automotrice de 4 essieux de 12 000 kg et de masse totale roulante 48 000 kg, respectant les règles de charges conformément aux dispositions de l'alinéa précédent, pourra nécessiter un accompagnement spécifique.*

Deux convois types doivent être considérés : la grue automotrice de 48 tonnes à 4 essieux et les autres convois types de 1^{re} catégorie respectant les règles « ouvrages d'art » de l'annexe III de l'arrêté du 4 mai 2006 modifié [4].

Il convient de retenir le plus défavorable des deux.

VÉHICULE TYPE GRUE AUTOMOTRICE DE 48 TONNES À 4 ESSIEUX

Vis-à-vis de la flexion longitudinale, l'effet de la grue automotrice de 48 tonnes est à considérer car la plus agressive.



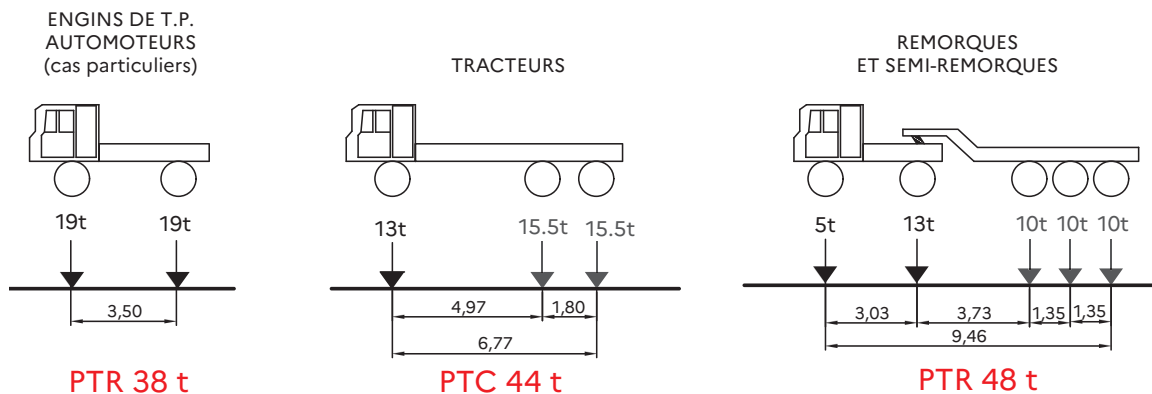
Ce convoi type correspond en fait à une configuration agressive et réaliste de grue automotrice de 48 tonnes à 4 essieux de 12 tonnes vérifiant les règles de l'annexe III.

Le nombre de véhicules simultanément présents sur l'ouvrage est précisé au projet individuel. À défaut d'indication, on considère un seul véhicule.

AUTRES CONVOIS TYPES DE 1^{RE} CATÉGORIE RESPECTANT LES RÈGLES « OUVRAGES D'ART » DE L'ANNEXE III DE L'ARRÊTÉ DU 4 MAI 2006 MODIFIÉ [4].

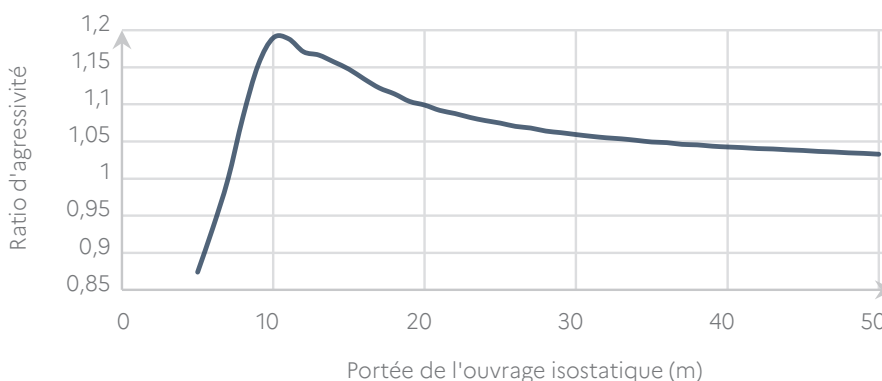
Vis-à-vis des effets locaux, les convois ci-dessous qui respectent les conditions de l'annexe III doivent également être considérés.

Figure 10 : Convois types couvrant les véhicules de 1^{re} catégorie respectant les règles de l'annexe III de l'arrêté du 4 mai 2006 modifié [4] hors grue automotrice de 48 tonnes



L'encombrement transversal est de 2,50 m. Les porte-à-faux à l'avant du 1^{er} essieu et à l'arrière du dernier essieu sont respectivement de 1,30 m et 2,50 m.

Figure 11 : Ratio de moment fléchissant maximum (agressivité de la grue de 48 tonnes / agressivité des trois convois de 1^{re} catégorie vérifiant les règles de l'annexe III) pour des portées isostatiques inférieures à 50 m



2.3 - CONVOIS TYPES COUVRANT LES EFFETS DES CONVOIS DE 2^E CATÉGORIE DE LA CARTE TE72

Les convois types ci-dessous sont à considérer dans le cas d'un ouvrage sur un itinéraire de la carte TE72.

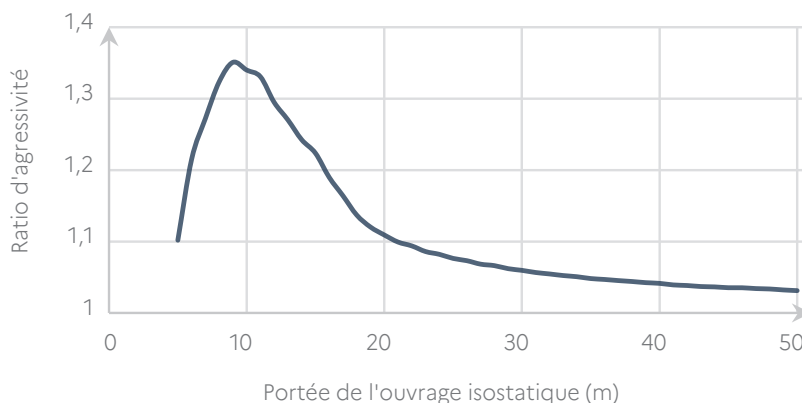
La carte TE72 est la carte du réseau accessible aux convois de 2^e ou 3^e catégorie, avec une masse maximale inférieure ou égale à 72 tonnes, une charge maximale à l'essieu le plus chargé inférieure ou égale à 12 tonnes et une interdistance entre essieux supérieure ou égale à 1,35 mètre.

Il est à noter que ce sont les convois types « réalistes » définis ci-dessous qui ont permis d'établir les cartes TE72 pour les ouvrages du réseau existant. Cependant, l'utilisation à l'avenir de convois encore plus agressifs, respectant les prescriptions des cartes TE, qui n'existent pas dans le parc actuel, pourrait conduire à modifier les cahiers de prescriptions de passage associés à chacune de ces cartes ou à renforcer des ouvrages.

C'est pourquoi, des convois types plus sévères, prenant en compte les configurations les plus agressives compatibles avec les règles définissant ces cartes, sont également proposés pour dimensionner les ouvrages à construire.

Ces convois types ne doivent pas être confondus avec les convois de 2^e catégorie de moins de 72 tonnes vérifiant les règles relatives aux ouvrages d'art de l'annexe III du document [4], qui sont définis en annexe 3 du présent guide, et dont les agressivités sont différentes.

Figure 12 : Ratio de moment fléchissant maximum (convoi type de 72 tonnes de la carte TE72 / véhicule de 2^e catégorie de 72 tonnes respectant les règles relatives aux ouvrages d'art de l'annexe III du document [4]) pour des portées isostatiques inférieures à 50 m

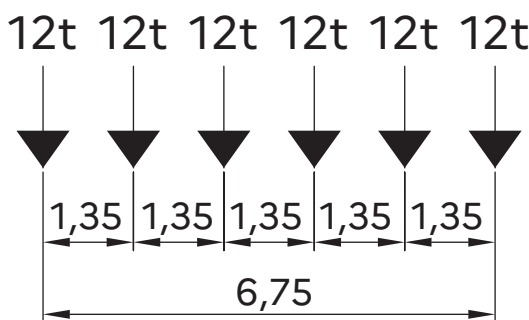


Note : L'annexe 3 du présent guide donne des convois types de 2^e catégorie vérifiant les règles relatives aux ouvrages d'art de l'annexe III du document [4].

Par souci d'homogénéisation, ces convois peuvent également être retenus dans le cas d'ouvrages hors itinéraire de transports exceptionnels.

A) CONVOIS TYPES POUR LE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES À CONSTRUIRE

Figure 13 : Convoi type de 72 tonnes pour les ouvrages à construire



Ce convoi circule à vitesse normale, mêlé au trafic courant et avec une pondération de $k_{pcn} = 1,1$.

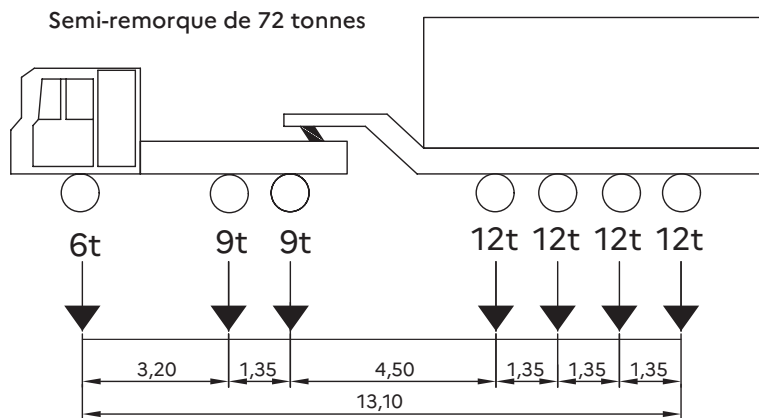
Les roues ont un impact de 0,40 m par 0,40 m avec un entraxe transversal de 2,25 m. L'encombrement transversal est de 2,65 m.

B) CONVOIS TYPES « RÉALISTES » POUR LA VÉRIFICATION DES OUVRAGES EXISTANTS

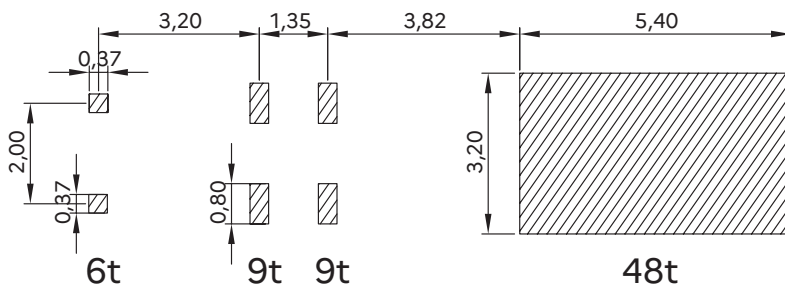
Deux convois types de 72 tonnes doivent être considérés, un semi-remorque et un véhicule de type grue automotrice. Il convient de retenir le plus défavorable des deux.

Ces deux convois circulent à vitesse normale, mêlés au trafic courant et avec une pondération de $k_{pcn} = 1,1$.

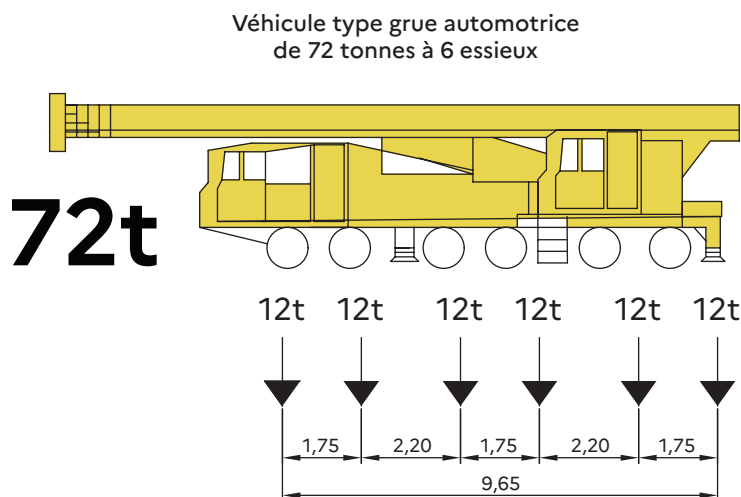
Figure 14 : Deux convois types de 72 tonnes pour la vérification des ouvrages existants



Le semi-remorque de 72 tonnes peut être considéré selon la modélisation simplifiée suivante :



Les porte-à-faux à l'avant du 1^{er} essieu et à l'arrière du dernier essieu sont respectivement de 1,30 m et 2,50 m.



- encombrement transversal : 3,00 m
- entraxe transversal des roues : 2,55 m
- impact des roues : 0,40 m x 0,40 m
- longueur totale : 17,65 m
- porte-à-faux à l'avant du 1^{er} essieu : 4,50 m
- porte-à-faux à l'arrière du dernier essieu : 2,50 m

Figure 15 : Ratio de moment fléchissant maximum (convoi type de 72 tonnes pour les ouvrages à construire / grue de 72 tonnes pour ouvrages existants) pour des portées isostatiques inférieures à 50 m

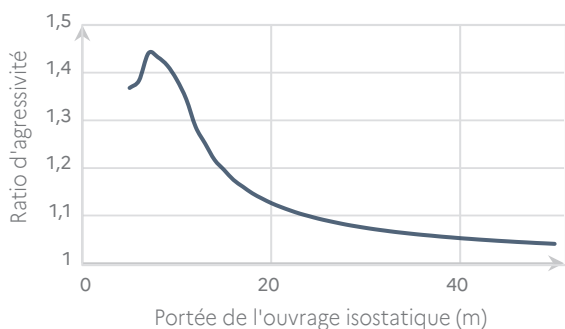
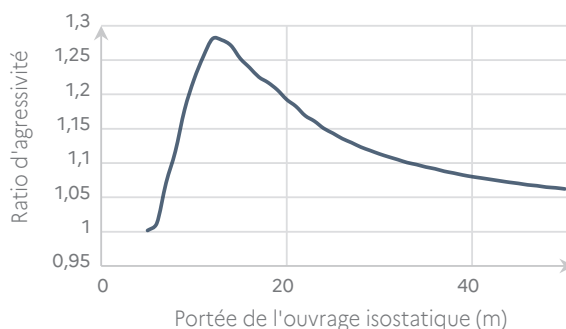


Figure 16 : Ratio de moment fléchissant maximum (convoi type de 72 tonnes pour les ouvrages à construire / semi-remorque de 72 tonnes pour ouvrages existants) pour des portées isostatiques inférieures à 50 m



2.4 - CONVOIS TYPES COUVRANT LES EFFETS DES CONVOIS DE 3^E CATÉGORIE DE LA CARTE TE94

Les convois types ci-dessous sont à considérer dans le cas d'un ouvrage sur un itinéraire de la carte TE94.

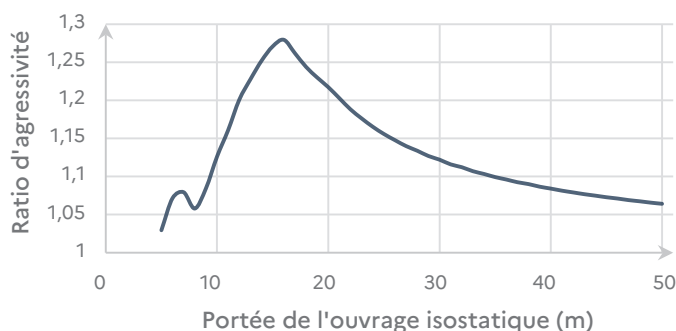
La carte TE94 est la carte du réseau accessible aux convois de 2^e ou 3^e catégorie, avec une masse maximale inférieure ou égale à 94 tonnes, une charge maximale à l'essieu le plus chargé inférieure ou égale à 12 tonnes et une interdistance entre essieux supérieure ou égale à 1,35 mètre.

Il est à noter que ce sont les convois types «réalistes» définis ci-dessous qui ont permis d'établir les cartes TE94 pour les ouvrages du réseau existant. Cependant, l'utilisation à l'avenir de convois encore plus agressifs, respectant les prescriptions des cartes TE, qui n'existent pas dans le parc actuel, pourraient conduire à modifier les cahiers de prescriptions de passage associés à chacune de ces cartes ou à renforcer des ouvrages.

C'est pourquoi des convois types plus sévères, prenant en compte les configurations les plus agressives compatibles avec les règles définissant ces cartes, sont également proposés pour dimensionner les ouvrages à construire.

Ces convois types ne doivent pas être confondus avec le convoi C1 de 94 tonnes défini dans le document du Sétra d'octobre 1982 [1] qui est moins agressif notamment car il était supposé circuler seul, au pas et dans l'axe de l'ouvrage.

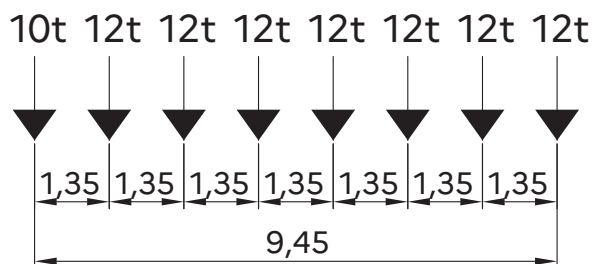
Figure 17 : Ratio de moment fléchissant maximum (convoi type de 94 tonnes pour les ouvrages à construire / convoi C1) pour des portées isostatiques inférieures à 50 m



Par souci d'homogénéisation, ces convois peuvent également être retenus dans le cas d'ouvrages hors itinéraire de transports exceptionnels.

A) CONVOIS TYPES POUR LE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES À CONSTRUIRE

Figure 18 : Convoi type de 94 tonnes pour les ouvrages à construire.



Ce convoi circule à vitesse normale, mêlé au trafic et avec une pondération de $k_{pcn} = 1,1$.

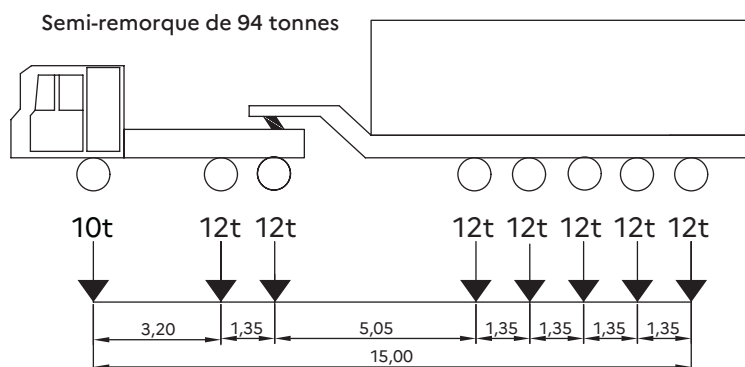
Les roues ont un impact de à 0,40 m par 0,40 m avec un entraxe transversal de 2,25 m. L'encombrement transversal est de 2,65 m.

B) CONVOIS TYPES « RÉALISTES » POUR LA VÉRIFICATION DES OUVRAGES EXISTANTS

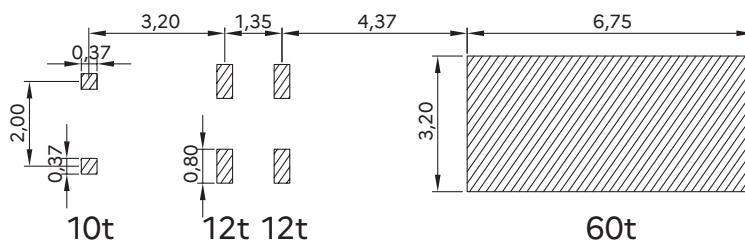
Deux convois types de 94 tonnes doivent être considérés, un semi-remorque et un véhicule de type grue automotrice. Il convient de retenir le plus défavorable des deux.

Ces deux convois circulent à vitesse normale, mêlés au trafic courant et avec une pondération de $k_{pcn} = 1,1$.

Figure 19 : Deux convois types de 94 tonnes pour la vérification des ouvrages existants

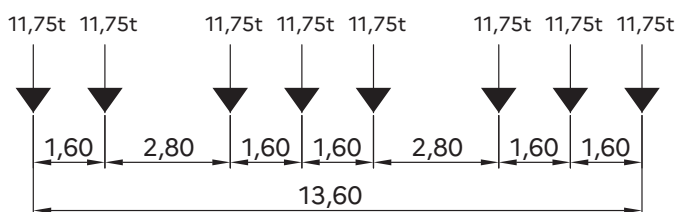


Le semi-remorque de 94 tonnes peut être considéré selon la modélisation simplifiée suivante :



Les porte-à-faux à l'avant du 1^{er} essieu et à l'arrière du dernier essieu sont respectivement de 1,30 m et 2,50 m.

Véhicule type grue automotrice de 94 tonnes à 8 essieux



- encombrement transversal : 3,00 m
- entraxe transversal des roues : 2,55 m
- impact des roues : 0,40 m x 0,40 m
- longueur totale : 21,60 m
- porte-à-faux à l'avant du 1^{er} essieu : 4,50 m
- porte-à-faux à l'arrière du dernier essieu : 3,00 m

Figure 20 : Ratio de moment fléchissant maximum (convoi type de 94 tonnes pour les ouvrages à construire / grue de 94 tonnes pour ouvrages existants) pour des portées isostatiques inférieures à 50 m

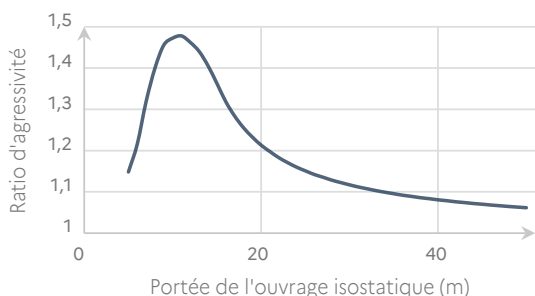
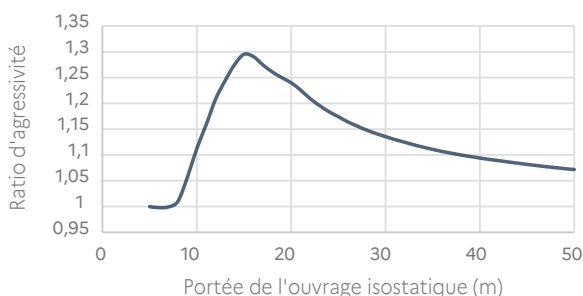


Figure 21 : Ratio de moment fléchissant maximum (convoi type de 94 tonnes pour les ouvrages à construire / semi-remorque de 94 tonnes pour ouvrages existants) pour des portées isostatiques inférieures à 50 m



2.5 - CONVOIS TYPES COUVRANT LES EFFETS DES CONVOIS DE 3^E CATÉGORIE DE LA CARTE TE120

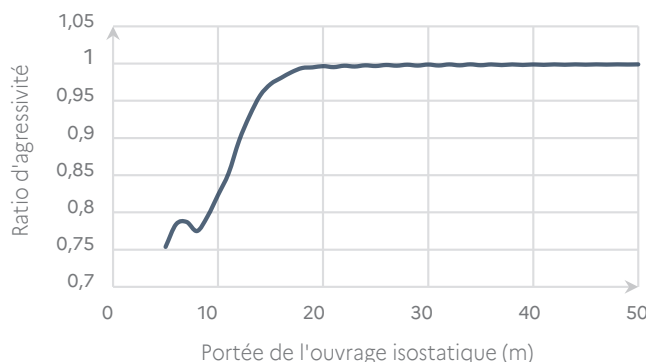
La carte TE120 est la carte du réseau accessible aux convois de 2^e ou 3^e catégorie, avec une masse maximale inférieure ou égale à 120 tonnes, une charge maximale à l'essieu le plus chargé inférieure ou égale à 12 tonnes et une interdistance entre essieux supérieure ou égale à 1,35 mètre.

Il est à noter que ce sont les convois types «réalistes» définis ci-dessous qui ont permis d'établir les cartes TE120 pour les ouvrages du réseau existant. Cependant, l'utilisation à l'avenir de convois encore plus agressifs, respectant les prescriptions des cartes TE, qui n'existent pas dans le parc actuel, pourrait conduire à modifier les cahiers de prescriptions de passage associés à chacune de ces cartes ou à renforcer des ouvrages.

C'est pourquoi des convois types plus sévères, prenant en compte les configurations les plus agressives compatibles avec les règles définissant ces cartes, sont également proposés pour dimensionner les ouvrages à construire.

Ces convois types ne doivent pas être confondus avec le convoi C2 de 120 tonnes défini dans le document du Sétra d'octobre 1982 [1].

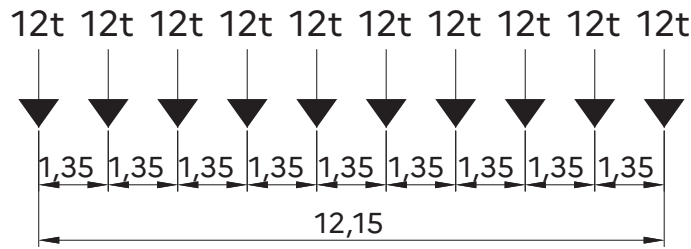
Figure 22 : Ratio de moment fléchissant maximum (convoi type de 120 tonnes pour les ouvrages à construire / convoi C2) pour des portées isostatiques inférieures à 50 m



Note : La comparaison ne prend pas en compte le trafic concomitant. Le convoi C2 était supposé circuler seul, au pas et dans l'axe.

A) CONVOIS TYPES POUR LE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES À CONSTRUIRE

Figure 23 : Convoi type de 120 tonnes pour les ouvrages à construire



Ce convoi circule à vitesse normale, mêlé au trafic et avec une pondération de $k_{pcn} = 1,1$.

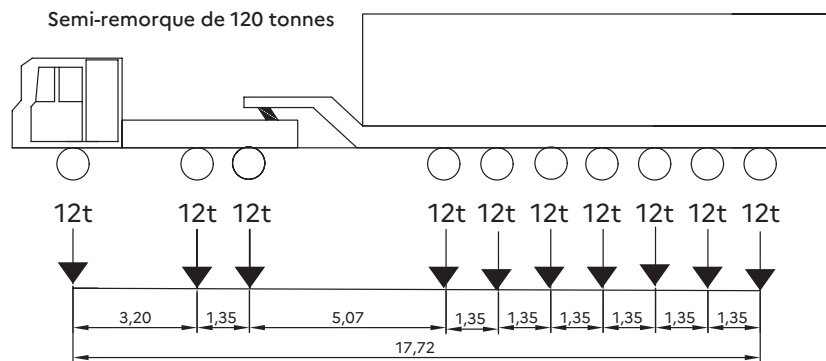
Les roues ont un impact de à 0,40 m par 0,40 m avec un entraxe transversal de 2,25 m. L'encombrement transversal du véhicule est de 2,65 m.

B) CONVOIS TYPES « RÉALISTES » POUR LA VÉRIFICATION DES OUVRAGES EXISTANTS

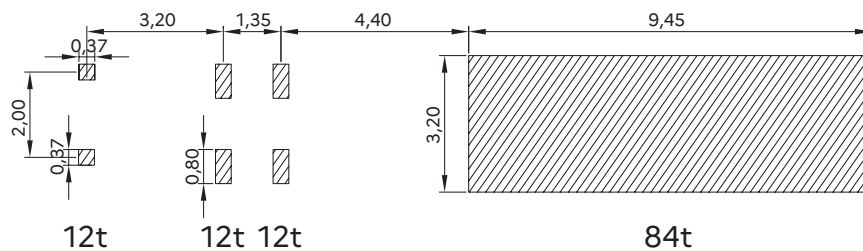
Deux convois types doivent être considérés, un semi-remorque de 120 tonnes et un véhicule de type grue automotrice de 108 tonnes à 9 essieux, nombre maximal d'essieux existant en France pour une grue automotrice.

Ces deux convois circulent à vitesse normale, mêlés au trafic courant et avec une pondération de $k_{pcn} = 1,1$.

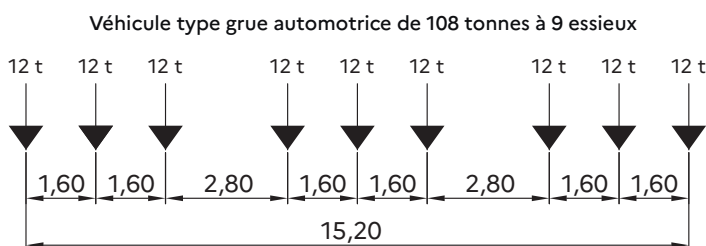
Figure 24 : Deux convois types de 120 tonnes pour la vérification des ouvrages existants



Le semi-remorque de 120 tonnes peut être considéré selon la modélisation simplifiée suivante :

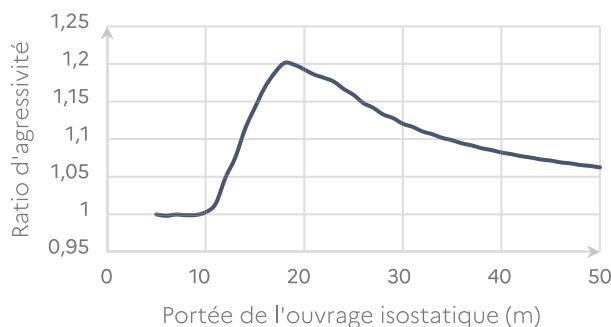


Les porte-à-faux à l'avant du 1^{er} essieu et à l'arrière du dernier essieu sont respectivement de 1,30 m et 2,50 m.



- encombrement transversal : 3,00 m
- entraxe transversal des roues : 2,55 m
- longueur totale : 23,20 m
- porte-à-faux à l'avant du 1^{er} essieu : 4,50 m
- porte-à-faux à l'arrière du dernier essieu : 3,00 m

Figure 25 : Ratio de moment fléchissant maximum (convoi type de 120 tonnes pour les ouvrages à construire / semi-remorque de 120 tonnes) pour des portées isostatiques inférieures à 50 m



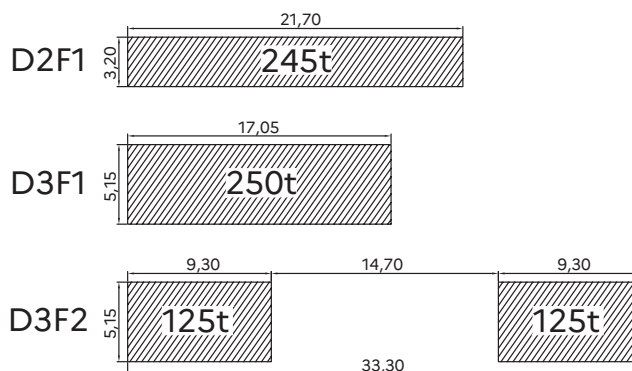
2.6 - CONVOIS TYPES DE CLASSE D

Ces convois ont été définis dans le document du Sétra d'octobre 1982 [1].

CARACTÉRISTIQUES DES CONVOIS DE CLASSE D

On définit trois convois types nommés D2F1, D3F1 et D3F2 de masse proche de 250 tonnes :

Figure 26 : Convois types D



DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES À CONSTRUIRE

Pour dimensionner les ouvrages à construire et sauf indication contraire du marché :

- on retient l'enveloppe des trois convois ;
- on applique $k_{pcn} = 1,1$;
- le nombre de véhicules simultanément présents sur l'ouvrage est précisé au projet individuel. À défaut d'indication, on considère un seul véhicule ;
- ces convois sont supposés circuler seuls et suivant une ligne longitudinale définie (axe de l'ouvrage, axe de la chaussée, etc.) avec une tolérance de 0,30 mètre de part et d'autre de cet axe. Ces charges ne sont pas cumulables avec les charges sur les trottoirs ;
- ces convois ne sont pas frappés de majoration pour effets dynamiques et sont supposés ne développer aucune réaction de freinage, ni force centrifuge, car ils franchissent les ouvrages d'art au pas.

ÉVALUATION DES OUVRAGES EXISTANTS

Il est à noter que pour les ouvrages dimensionnés selon le document du Sétra d'octobre 1982 [1] pour supporter les convois D, les conditions de circulation étaient les mêmes que celles décrites pour les ouvrages à construire, à la différence près que les convois D étaient supposés circuler dans l'axe de l'ouvrage. Une attention particulière est à porter sur les ouvrages dont le profil en travers ou la structure ont été modifiés.

Dans le cas de la vérification d'un ouvrage existant avec le présent document, il convient de tester les règles définies au paragraphe précédent pour les ouvrages à construire. En fonction de ces premiers résultats, des conditions de passage des convois peuvent être affinées (position transversale la plus favorable, conditions particulières de gradient thermique, etc.).

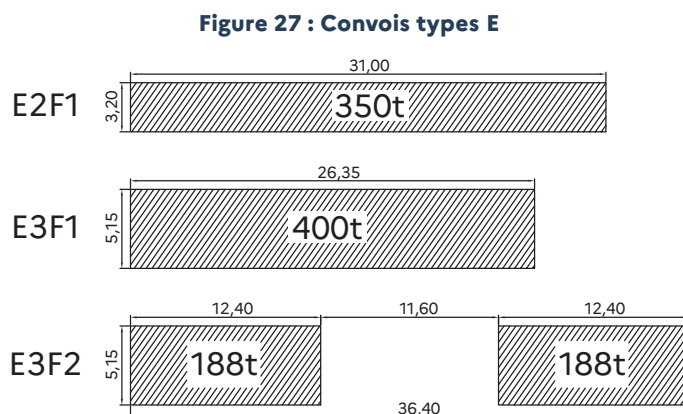
On applique $k_{pcn} = 1,1$.

2.7 - CONVOIS TYPES DE CLASSE E

Ces convois ont été définis dans le document du Sétra d'octobre 1982 [1].

CARACTÉRISTIQUES DES CONVOIS DE CLASSE E

On définit trois convois types nommés E2F1, E3F1 et E3F2 de masse comprise entre 350 et 400 tonnes :



DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES À CONSTRUIRE

Pour dimensionner les ouvrages à construire et sauf indication contraire du marché :

- le nombre de véhicules simultanément présents sur l'ouvrage est précisé au projet individuel. À défaut d'indication, on considère un seul véhicule ;
- on applique $k_{pcn} = 1,1$;
- ces convois sont supposés circuler seuls et suivant une ligne longitudinale définie (axe de l'ouvrage, axe de la chaussée, etc.) avec une tolérance de 0,30 mètre de part et d'autre de cet axe. Ces charges ne sont pas cumulables avec les charges sur les trottoirs ;
- ces convois ne sont pas frappés de majoration pour effets dynamiques et sont supposés ne développer aucune réaction de freinage, ni force centrifuge, car ils franchissent les ouvrages d'art au pas.

ÉVALUATION DES OUVRAGES EXISTANTS

Il est à noter que pour les ouvrages dimensionnés selon le document du Sétra d'octobre 1982 [1] pour supporter les convois E, les conditions de circulation étaient les mêmes que celles décrites pour les ouvrages à construire, à la différence près que les convois E étaient supposés circuler dans l'axe de l'ouvrage. Une attention particulière est à porter sur les ouvrages dont le profil en travers ou la structure ont été modifiés.

Dans le cas de la vérification d'un ouvrage existant avec le présent document, il convient de tester les règles définies au paragraphe précédent pour les ouvrages à construire. En fonction de ces premiers résultats, des conditions de passage des convois peuvent devoir être affinées (position transversale la plus favorable, conditions particulières de gradient thermique, etc.).

On applique $k_{pcn} = 1,1$.

3 - CONVOIS TYPES MILITAIRES

3.1 - GÉNÉRALITÉS

Le présent paragraphe concerne les convois types M80 et M120 qui étaient précédemment définis dans le fascicule 61 titre II du CPC [17].

En ce qui concerne le porte-engins blindés (PEB) Leclerc, il convient de se référer au paragraphe 3.3 du présent chapitre.

3.2 - CONVOIS M80 ET M120

HYPOTHÈSES DE CALCUL

L'alinéa (6) de l'article 1 du *Guide pour la prise en compte des véhicules spéciaux sur les ponts routiers* [6] indique que « les règles de ce guide sont également applicables au cas des charges militaires éventuellement définies au projet individuel conformément à l'alinéa (2) du paragraphe 4.2 de l'EN 1991-2. »

Les chars M80 et M120 sont supposés circuler en convoi, à vitesse normale et seuls sur ouvrage. Dans le sens transversal, les chars peuvent être placés n'importe où sur la chaussée, sans pouvoir empiéter sur les bandes de 0,50 mètre réservées le long des dispositifs de retenue (voir à la fin du présent paragraphe).

Les règles suivantes sont à considérer :

- coefficient $k_{pcn} = 1$, car cet aspect est déjà intégré dans la calibration du poids des chars ;
- majoration dynamique : $\delta = 1 + \frac{0,70}{1+0,2 L}$ où L est la longueur d'influence (m) ;
- efforts de freinage : l'alinéa (4) de l'article 3 du document [6] indique que : *lorsque les modèles sont supposés se déplacer à vitesse normale, il convient de tenir compte d'une force horizontale de freinage. La force de freinage à retenir est égale à 30 % du poids total des véhicules spéciaux, deux véhicules spéciaux au maximum étant supposés freiner simultanément.*
- combinaison fréquente : $\psi_1 = 0$.

Il est à noter que les calculs des ouvrages conçus avant les Eurocodes prenaient en compte les hypothèses suivantes :

- majoration dynamique donnée par le titre II du fascicule 61 du CPC [17] ;
- efforts de freinage : $H = 0$. Il est loisible de considérer également cette hypothèse dans le cas de l'évaluation d'un ouvrage existant vis-à-vis des chars M80 et M120.

CARACTÉRISTIQUES DES CONVOIS

Le présent paragraphe rappelle en italique les caractéristiques des deux classes de convois militaires « STANAG » (*NATO Standardization Agreement*), le M80 et le M120 qui étaient définis dans le titre II du fascicule 61 du CPC [17], règlement de charges français, aujourd'hui abrogé et précédant l'Eurocode 1-2 [5].

Note : Les normes STANAG ont été rédigées en utilisant comme unité de poids la « tonne courte américaine » qui vaut 2 000 livres, soit 0,907 tonne classique, ce qui explique que le M80 pèse 72 tonnes et le M120 pèse 110 tonnes.

Dans ce texte, le terme « véhicule » désigne un convoi militaire et le terme « convoi » désigne un train de convois militaires.

Le texte en italique ci-dessous reproduit des extraits de l'article 9 du titre II du fascicule 61 du CPC [17].

Chaque classe se compose de deux systèmes distincts Me et Mc, dont il y a lieu d'examiner indépendamment les effets pour chaque élément du pont, chaque système étant exclusif de toute autre charge routière :

- le système Mc se compose de véhicules types à chenilles ;
- le système Me se compose d'un groupe de deux essieux.

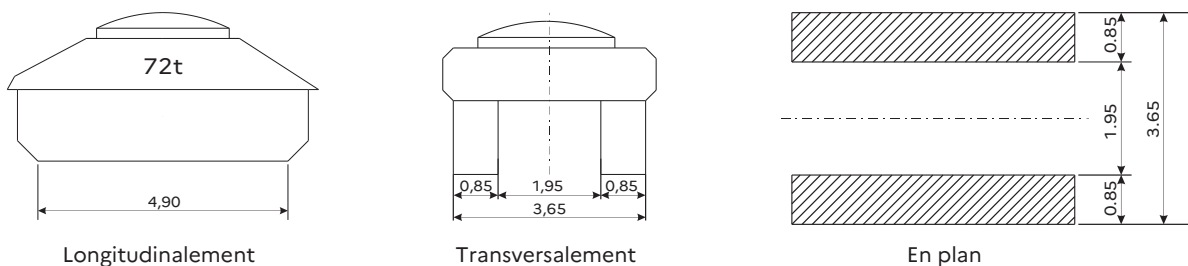
Convoi M80

Un véhicule type du système Mc 80 comporte deux chenilles et répond aux caractéristiques suivantes :

Masse totale	72 tonnes
Longueur d'une chenille	4,90 m
Largeur d'une chenille	0,85 m
Distance d'axe en axe des deux chenilles	2,80 m

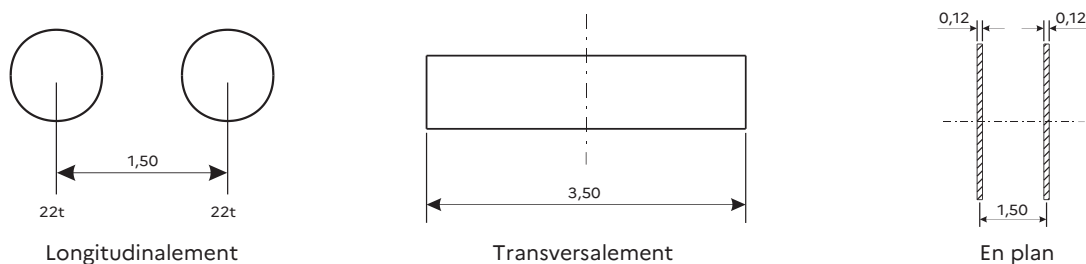
Le rectangle d'impact de chaque chenille est supposé uniformément chargé.

Figure 28 : Convoi Mc 80



Les deux essieux qui constituent le système Me 80 sont distants de 1,50 m d'axe en axe et sont assimilés chacun à un rouleau. Chaque essieu porte une masse de 22 tonnes, sa largeur est de 3,50 m ; sa surface d'impact sur la chaussée est un rectangle uniformément chargé dont le côté transversal mesure 3,50 m et le côté longitudinal 0,12 m.

Figure 29 : Convoi Me 80



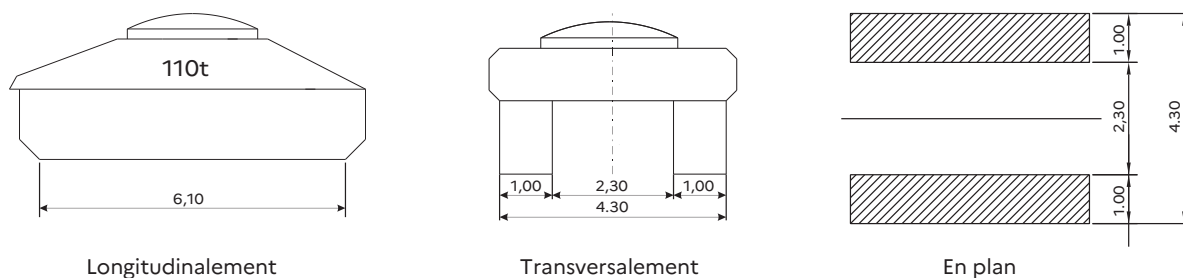
Convoi M120

Un véhicule type du système Mc 120 comporte deux chenilles et répond aux caractéristiques suivantes :

Masse totale	110 tonnes
Longueur d'une chenille	6,10 m
Largeur d'une chenille	1,00 m
Distance d'axe en axe des deux chenilles	3,30 m

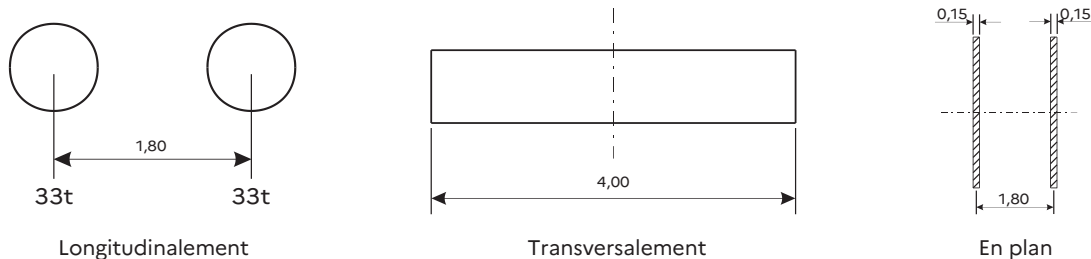
Le rectangle d'impact de chaque chenille est supposé uniformément chargé.

Figure 30 : Convoi Mc 120



Les deux essieux qui constituent le système Me 120 sont distants de 1,80 m d'axe en axe et sont assimilés chacun à un rouleau. Chaque essieu porte une masse de 33 tonnes, sa largeur est de 4,00 m ; sa surface d'impact sur la chaussée est un rectangle uniformément chargé dont le côté transversal mesure 4,00 m et le côté longitudinal 0,15 m.

Figure 31 : Convoi Me120



Les véhicules des systèmes Mc peuvent circuler en convoi : dans le sens transversal un seul convoi est supposé circuler quelle que soit la largeur de la chaussée ; dans le sens longitudinal, le nombre des véhicules du convoi n'est pas limité et la distance des deux véhicules successifs est déterminée pour produire l'effet le plus défavorable, la distance libre entre leurs points de contact avec la chaussée devant être au moins égale à 30,50 mètres.

Les impacts des chenilles sur la chaussée sont dirigés parallèlement à l'axe de celle-ci et peuvent être disposés sur toute la largeur chargeable sans pouvoir empiéter sur les bandes de 0,50 mètres réservées le long des dispositifs de sécurité.

Les rectangles d'impact des essieux constituant les systèmes Me sont disposés normalement à l'axe longitudinal de la chaussée et peuvent être placés n'importe où sur la largeur chargeable, sans pouvoir empiéter sur les bandes de 0,50 m réservées le long des dispositifs de retenue.

Les majorations dynamiques sont applicables aux charges militaires (...).

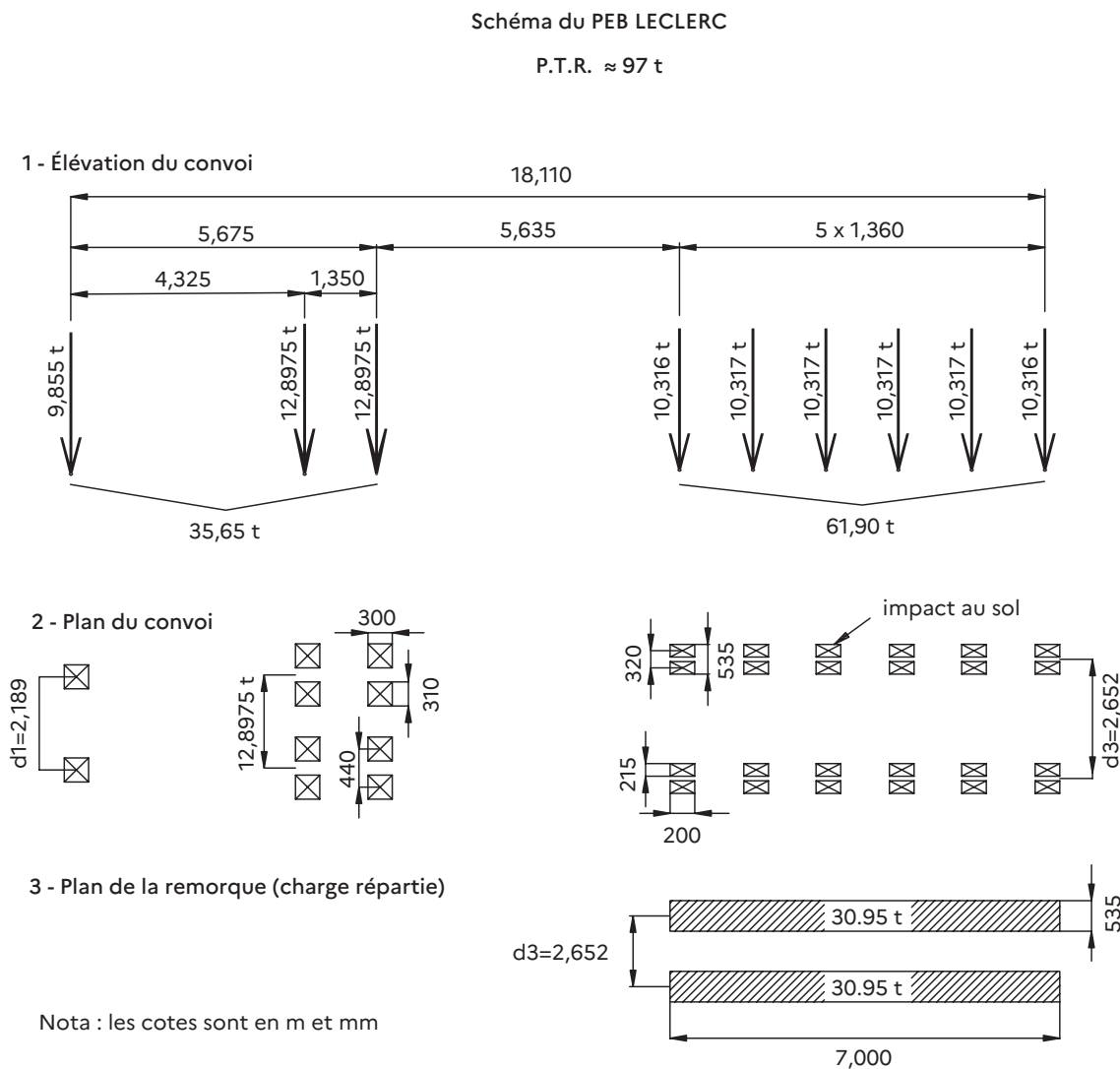
Pour une classe donnée (80 ou 120), le coefficient de majoration applicable aux deux systèmes Mc, Me est le même pour chaque élément d'ouvrage.

3.3 - PORTE ENGINs BLINDÉS LECLERC (PEB LECLERC)

Le document [9] donne des indications pour les calculs des conditions de passages des PEB Leclerc.

Les caractéristiques du PEB type définies dans ce document sont rappelées ci-dessous. Il convient par ailleurs d'appliquer les règles du présent document à ce convoi, ou train de convois particulier.

Figure 32 : Caractéristiques du convoi PEB Leclerc



Ce véhicule présente la particularité de circuler en train de convois.

Ce véhicule, bien que légèrement plus lourd que les convois types de la carte TE94, est moins compact que ceux-ci, et de ce fait est couvert par cette carte, pour autant que les convois respectent une interdistance de 50 m.

La fréquence de passage est à préciser par le gestionnaire de l'ouvrage.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Document du Sétra d'octobre 1982 joint à la lettre-circulaire R/EG 3 du 20 juillet 1983
- [2] Code de la route
- [3] Arrêté interministériel relatif aux transports exceptionnels de marchandises, d'engins ou de véhicules du 26 novembre 2003
- [4] Arrêté relatif aux transports exceptionnels de marchandises, d'engins ou de véhicules et ensembles de véhicules comportant plus d'une remorque du 4 mai 2006 et ses arrêtés modificatifs
- [5] Eurocode 0 (NF EN 1990/A1 de juillet 2006)
Annexe nationale de l'Eurocode 0 (NF EN 1990/A1/NA de décembre 2007)
Eurocode 1-2 (NF EN 1991-2 de mars 2004)
Annexe nationale de l'Eurocode 1-2 (NF EN 1991-2/NA de mars 2008)
- [6] *Guide pour la prise en compte des véhicules spéciaux sur les ponts routiers* (annexé à l'annexe nationale de l'Eurocode 1-2)
- [7] *Eurocodes 0 et 1 : Application aux ponts routes et passerelles* - Guide Sétra, février 2010
- [8] *Conception des réparations structurales et des renforcements des ouvrages d'art* - Guide Cerema, 2015
- [9] *Guide sur les conditions de passage du porte engins blindés Leclerc* (document Sétra, février 1999)
- [10] Note d'information n° 35 : *Méthodes courantes d'évaluation structurale des ouvrages existants - Pratiques en vigueur dans le RST* - Sétra, 2012
- [11] *Application des Eurocodes par le maître d'ouvrage - Le programme d'un ouvrage d'art aux Eurocodes* - Guide Sétra, février 2010
- [12] Arrêté du 7 juin 2019 modifiant l'arrêté du 4 mai 2006 relatif aux transports exceptionnels de marchandises, d'engins ou de véhicules et ensembles de véhicules comportant plus d'une remorque (et ses annexes non parues au Journal officiel)
- [13] Note Cerema d'octobre 2016 : *Cartes des transports exceptionnels - Définition de convois types pour l'évaluation et le dimensionnement des ouvrages d'art*
- [14] Site de la Sécurité routière : <https://www.securite-routiere.gouv.fr/reglementation-liee-aux-modes-de-deplacements/transports-exceptionnels>
- [15] Guide Sétra/CTICM/SNCF de 1996 : *Ponts métalliques et mixtes. Résistance à la fatigue - Guide de conception et de justifications*
- [16] *Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art - Fascicule 2 - Généralités sur la surveillance* - Sétra, 2011
- [17] Fascicule 61 titre II du Cahier des prescriptions communes (CPC) de 1971 : *Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art – Programme de charges et épreuves des ponts-routes*
- [18] Arrêté du 5 juillet 2017 définissant les réseaux routiers à portée nationale de transports exceptionnels et ses arrêtés modificatifs
- [19] Mesure de gradient thermique dans les ouvrages en béton – Fiche C3-20 - Collection cahier interactif de l'Ifsttar

Annexes

Annexe 1 - Extraits de l'annexe III de l'arrêté du 4 mai 2006	58
Annexe 2 - Cas des murs – comparaison convois / charges de dimensionnement	63
Annexe 3 - Autres convois types	65

ANNEXE 1 :

EXTRAITS DE L'ANNEXE III

DE L'ARRÊTÉ DU 4 MAI 2006

La présente annexe reproduit des tableaux de l'annexe III de l'arrêté du 4 mai 2006 auquel il convient de se reporter pour plus de précision.

Rappel : PTR : poids total roulant, RS : roues simples, RJ : roues jumelées

Prescriptions relatives à la répartition longitudinale de la charge (convois de masse totale roulante ≤ limite maximale en masse de la 2^e catégorie)

Dans les tableaux qui suivent, les distances sont exprimées en mm et les masses en kg.

	nombre d'essieux	PTR	Masse de l'essieu le plus chargé	Charge maximale par mètre de distance linéaire entre les essieux extrêmes
Tableau A	2	PTR ≤ 72 000	néant	néant
	3	PTR ≤ 72 000	≤ 12 000	8 000
Tableau B1	4 (Grues)	PTR ≤ 48 000	12 000	6 500
		PTR = 48 000		9 000*
Tableau B	4 et plus	48 000 < PTR < 52 000	≤ 13 500	néant
		52 000 ≤ PTR < 60 000		6 000
		60 000 ≤ PTR ≤ 72 000		5 500
		PTR ≤ 72 000	> 13 500	5 000
Tableau C1	nombre d'essieux	PTR	Charge maximale par mètre de distance linéaire entre 3 essieux ou lignes d'essieux n'appartenant pas à un même groupe	
Tableau C	4 (Grues)	PTR ≤ 48 000	10 000*	
	4 et plus	PTR ≤ 72 000	6 500	

* les limites autorisées peuvent nécessiter, pour le franchissement de certains ouvrages, un accompagnement spécifique.

Prescriptions relatives aux limites de charge par essieu traversant ou lignes d'essieux pendulaires Convois de toutes catégories

Dans les tableaux qui suivent, les distances sont exprimées en mm et les masses en kg.

La charge maximale portée par essieu doit être inférieure ou égale aux limites fixées dans le tableau ci-après pour les cas concernés.

Tableau D : Essieu traversant isolé ou ligne d'essieux pendulaires isolée.

Essieu traversant		Ligne de 2 essieux pendulaires		Ligne de 3 essieux pendulaires		Ligne de 4 essieux pendulaires	
RS	RJ	RS	RJ	RS	RJ	RS	RJ
13 000	16 500	16 500	20 500	22 000	27 500	28 000	35 000

**Prescriptions relatives aux limites de charge par essieu traversant ou lignes d'essieux pendulaires
(convois de masse totale roulante \leq limite maximale en masse de la 2^e catégorie)**

Dans les tableaux qui suivent, les distances sont exprimées en mm et les masses en kg.

La charge maximale portée par un essieu, en considérant sa distance d par rapport à l'essieu le plus voisin, doit être inférieure ou égale aux limites fixées dans le tableau ci-après pour les cas concernés.

Groupes d'essieux traversants

Tableau E

Distance d entre 2 essieux consécutifs	Groupe de 2 essieux traversants	
	RS	RJ
$900 \leq d < 1\ 050$	8 000	10 500
$1\ 050 \leq d < 1\ 200$	9 000	11 500
$1\ 200 \leq d < 1\ 350$	10 000	12 500
$1\ 350 \leq d < 1\ 500$	11 000	13 500
$1\ 500 \leq d < 1\ 650$	11 500	14 500
$1\ 650 \leq d < 1\ 800$	12 000	15 000
$1\ 800 \leq d < 2\ 000$	12 500	15 500

Tableau F

Distance d entre 2 essieux consécutifs	Groupe de 3 essieux traversants	
	RS	RJ
$900 \leq d < 1\ 050$	7 500	9 000
$1\ 050 \leq d < 1\ 200$	8 000	9 300
$1\ 200 \leq d < 1\ 350$	9 000	9 600
$1\ 350 \leq d < 1\ 500$	10 000	10 000
$1\ 500 \leq d < 1\ 650$	10 300	10 300
$1\ 650 \leq d < 1\ 800$	10 600	10 600
$1\ 800 \leq d < 2\ 000$	11 000	11 000

Tableau G

Distance d entre 2 essieux consécutifs	Groupe de 4 essieux traversants	Groupe de n essieux traversants ($n \geq 5$)
	RS ou RJ	RS ou RJ
$900 \leq d < 1\ 050$	7 500	32 000 / n
$1\ 050 \leq d < 1\ 200$	7 800	34 000 / n
$1\ 200 \leq d < 1\ 350$	8 200	36 000 / n
$1\ 350 \leq d < 1\ 500$	8 500	37 000 / n
$1\ 500 \leq d < 1\ 650$	8 800	38 000 / n
$1\ 650 \leq d < 1\ 800$	9 100	39 000 / n
$1\ 800 \leq d < 2\ 000$	9 500	40 000 / n

Groupes de lignes d'essieux pendulaires

Tableau E1

Distance d entre 2 lignes d'essieux consécutifs	Groupe de 2 lignes d'essieux pendulaires
	RS ou RJ
$900 \leq d < 1\ 050$	10 500
$1\ 050 \leq d < 1\ 200$	11 500
$1\ 200 \leq d < 1\ 350$	12 500
$1\ 350 \leq d < 1\ 500$	13 500
$1\ 500 \leq d < 1\ 650$	14 500
$1\ 650 \leq d < 1\ 800$	15 000
$1\ 800 \leq d < 2\ 000$	15 500

Tableau F1

Distance d entre 2 lignes d'essieux consécutifs	Groupe de 3 essieux traversants
	RS ou RJ
$900 \leq d < 1\ 050$	9 000
$1\ 050 \leq d < 1\ 200$	9 300
$1\ 200 \leq d < 1\ 350$	9 600
$1\ 350 \leq d < 1\ 500$	10 000
$1\ 500 \leq d < 1\ 650$	10 300
$1\ 650 \leq d < 1\ 800$	10 600
$1\ 800 \leq d < 2\ 000$	11 000

Tableau G1

Distance d entre 2 essieux consécutifs	Groupe de 4 lignes d'essieux pendulaires	Groupe de n lignes d'essieux pendulaires ($n \geq 5$)
	RS ou RJ	RS ou RJ
$900 \leq d < 1\ 050$	7 500	32 000 / n
$1\ 050 \leq d < 1\ 200$	7 800	34 000 / n
$1\ 200 \leq d < 1\ 350$	8 200	36 000 / n
$1\ 350 \leq d < 1\ 500$	8 500	37 000 / n
$1\ 500 \leq d < 1\ 650$	8 800	38 000 / n
$1\ 650 \leq d < 1\ 800$	9 100	39 000 / n
$1\ 800 \leq d < 2\ 000$	9 500	40 000 / n

**Prescriptions relatives aux limites de charge par essieu traversant ou lignes d'essieux pendulaires
(convois de masse totale roulante > limite maximale en masse de la 2^e catégorie)**

Dans les tableaux qui suivent, les distances sont exprimées en mm et les masses en kg.

La charge maximale portée par un essieu, en considérant sa distance d par rapport à l'essieu le plus voisin, doit être inférieure ou égale aux limites fixées dans le tableau ci-après pour les cas concernés.

Groupes d'essieux traversants

Tableau H

Distance d entre 2 essieux consécutifs	Groupe de 2 essieux traversants	
	RS	RJ
900 ≤ d < 1 050	8 000	10 500
1 050 ≤ d < 1 200	9 000	11 500
1 200 ≤ d < 1 350	10 000	12 500
1 350 ≤ d < 1 500	11 000	13 500
1 500 ≤ d < 1 650	11 500	14 500
1 650 ≤ d < 1 800	12 000	15 000
1 800 ≤ d < 2 000	12 500	15 500

Tableau I

Distance d entre 2 essieux consécutifs	Groupe de 3 essieux traversants	
	RS	RJ
900 ≤ d < 1 050	7 500	9 000
1 050 ≤ d < 1 200	8 000	9 500
1 200 ≤ d < 1 350	9 000	10 500
1 350 ≤ d < 1 500	10 000	11 500
1 500 ≤ d < 1 650	11 000	13 000
1 650 ≤ d < 1 800	12 000	14 000
1 800 ≤ d < 2 000	12 500	15 000

Tableau J

Distance d entre 2 essieux consécutifs	Groupe de 4 essieux traversants et plus	
	RS	RJ
900 ≤ d < 1 050	7 500	8 000
1 050 ≤ d < 1 200	8 000	8 500
1 200 ≤ d < 1 350	8 500	9 500
1 350 ≤ d < 1 500	9 500	10 500
1 500 ≤ d < 1 650	10 500	11 500
1 650 ≤ d < 1 800	11 000	13 000
1 800 ≤ d < 2 000	11 500	14 500

Groupes de 2 lignes d'essieux pendulaires

Tableau K

Distance d entre 2 lignes d'essieux consécutives	Groupe de 2 lignes d'essieux à 2 essieux pendulaires par ligne	
	RS	RJ
1 050 ≤ d < 1 150	12 000	16 000
1 150 ≤ d < 1 250	12 500	16 500
1 250 ≤ d < 1 350	13 000	17 000
1 350 ≤ d < 1 450	13 500	17 500
1 450 ≤ d < 1 550	14 000	18 000
1 550 ≤ d < 1 650	14 500	18 500
1 650 ≤ d < 1 750	15 000	19 000
1 750 ≤ d < 1 850	15 500	19 500
1 850 ≤ d < 2 000	16 000	20 000

Tableau L

Distance d entre 2 lignes d'essieux consécutives	Groupe de 2 lignes d'essieux à 3 essieux pendulaires par ligne	
	RS	RJ
1 050 ≤ d < 1 150	14 000	20 000
1 150 ≤ d < 1 250	15 000	21 000
1 250 ≤ d < 1 350	16 000	22 000
1 350 ≤ d < 1 450	17 000	23 000
1 450 ≤ d < 1 550	18 000	24 000
1 550 ≤ d < 1 650	19 000	25 000
1 650 ≤ d < 1 750	20 000	25 500
1 750 ≤ d < 1 850	21 000	26 000
1 850 ≤ d < 2 000	21 500	26 500

Tableau M

Distance d entre 2 lignes d'essieux consécutives	Groupe de 2 lignes d'essieux à 4 essieux pendulaires par ligne	
	RS	RJ
1 050 ≤ d < 1 150	17 000	24 000
1 150 ≤ d < 1 250	18 000	25 000
1 250 ≤ d < 1 350	19 500	26 000
1 350 ≤ d < 1 450	21 000	28 000
1 450 ≤ d < 1 550	22 500	29 500
1 550 ≤ d < 1 650	24 000	31 000
1 650 ≤ d < 1 750	25 000	32 000
1 750 ≤ d < 1 850	26 000	33 000
1 850 ≤ d < 2 000	27 000	34 000

**Prescriptions relatives aux limites de charge par essieu traversant ou lignes d'essieux pendulaires
(convois de masse totale roulante > limite maximale en masse de la 2^e catégorie)**

Dans les tableaux qui suivent, les distances sont exprimées en mm et les masses en kg.

La charge maximale portée par un essieu, en considérant sa distance d par rapport à l'essieu le plus voisin, doit être inférieure ou égale aux limites fixées dans le tableau ci-après pour les cas concernés.

Groupes de 3 lignes d'essieux pendulaires

Tableau N

Distance d entre 2 lignes d'essieux consécutives	Groupe de 3 lignes d'essieux et plus à 2 essieux pendulaires par ligne	
	RS	RJ
$1\ 050 \leq d < 1\ 150$	9 500	14 500
$1\ 150 \leq d < 1\ 250$	10 000	15 000
$1\ 250 \leq d < 1\ 350$	11 000	16 000
$1\ 350 \leq d < 1\ 450$	12 000	16 500
$1\ 450 \leq d < 1\ 550$	13 000	17 000
$1\ 550 \leq d < 1\ 650$	13 500	17 500
$1\ 650 \leq d < 1\ 750$	14 000	18 000
$1\ 750 \leq d < 1\ 850$	14 500	18 500
$1\ 850 \leq d < 2\ 000$	15 000	19 500

Tableau P

Distance d entre 2 lignes d'essieux consécutives	Groupe de 3 lignes d'essieux et plus à 3 essieux pendulaires par ligne	
	RS	RJ
$1\ 050 \leq d < 1\ 150$	11 500	17 500
$1\ 150 \leq d < 1\ 250$	13 000	19 000
$1\ 250 \leq d < 1\ 350$	14 000	20 500
$1\ 350 \leq d < 1\ 450$	15 000	21 500
$1\ 450 \leq d < 1\ 550$	16 000	22 500
$1\ 550 \leq d < 1\ 650$	17 000	23 500
$1\ 650 \leq d < 1\ 750$	18 000	24 500
$1\ 750 \leq d < 1\ 850$	19 000	25 500
$1\ 850 \leq d < 2\ 000$	20 000	26 500

Tableau Q

Distance d entre 2 lignes d'essieux consécutives	Groupe de 3 lignes d'essieux et plus à 4 essieux pendulaires par ligne	
	RS	RJ
$1\ 050 \leq d < 1\ 150$	14 000	20 500
$1\ 150 \leq d < 1\ 250$	15 500	22 000
$1\ 250 \leq d < 1\ 350$	17 000	23 500
$1\ 350 \leq d < 1\ 450$	18 500	25 000
$1\ 450 \leq d < 1\ 550$	20 000	27 000
$1\ 550 \leq d < 1\ 650$	21 500	28 500
$1\ 650 \leq d < 1\ 750$	23 000	30 500
$1\ 750 \leq d < 1\ 850$	24 500	32 500
$1\ 850 \leq d < 2\ 000$	26 000	33 500

Cas particuliers

Prescriptions relatives aux limites de charge par essieu traversant pour les engins automoteurs équipés de deux essieux isolés à roues simples avec une pression de gonflage des pneumatiques inférieure ou égale à 3 bars.

Les distances sont exprimées en mm et les masses en kg.

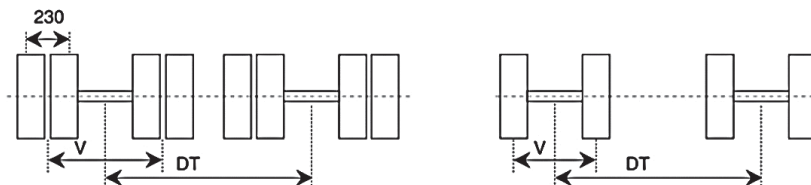
La charge maximale portée par essieu doit être inférieure ou égale aux limites fixées dans le tableau ci-après :

Tableau R

Distance d entre les 2 essieux traversants isolés	Charge maximale par essieu traversant
$2\ 000 \leq d < 2\ 300$	16 500
$2\ 300 \leq d < 2\ 600$	17 000
$2\ 600 \leq d < 2\ 900$	17 500
$2\ 900 \leq d < 3\ 200$	18 000
$3\ 200 \leq d < 3\ 500$	18 500
$d \geq 3\ 500$	19 000

Cas particuliers

**Prescriptions concernant les lignes d'essieux pendulaires en fonction de leur configuration
(convois de masse totale roulante > limite maximale en masse de la 2^e catégorie)**



Dans le cas où les dimensions des lignes d'essieux pendulaires sont inférieures aux limites indiquées ci-dessous, on applique sur les charges admissibles les diminutions précisées dans le tableau ci-dessous, pour les convois de 3^e catégorie par la masse totale roulante.

Les distances sont exprimées en mm et les masses en kg.

Tableau S

Voie (V)	Distance transversale entre les essieux (DT)		
	$1\ 300 \leq DT < 1\ 500$	$1\ 500 \leq DT < 1\ 700$	$DT \geq 1\ 700$
$V < 700$			
$700 \leq V < 800$	1 500	1 000	500
$V \geq 800$	1 000	500	0

ANNEXE 2 :

CAS DES MURS – COMPARAISON CONVOIS / CHARGES DE DIMENSIONNEMENT

On considère une diffusion des efforts dans le sol selon un angle de 30° ou 45° dans les terres et l'on raisonne sur une tranche de 1 m de largeur de mur. Le mur est considéré comme vertical et la diffusion des charges parallèlement au mur est négligée.

On cherche, dans les abaques suivants, à s'assurer que les effets des convois exceptionnels types sont inférieurs aux effets des charges de dimensionnement (1 t/m² ou 2 t/m²) en comparant à la fois la poussée horizontale en pied du mur et le moment en pied du mur (jonction voile - semelle).

CONVOIS TYPE DE LARGEUR 3,20 M (C2, D2F1 OU E2F1)

La remorque de ces convois a une largeur $l = 3,20$ m et une charge surfacique $q = 3,53$ t/m².

Figure A2.1 : Murs postérieurs à 1971 – Position admissible du bord du convoi en fonction de la hauteur du mur et des charges de dimensionnement – Cas du convoi type de largeur 3,20 m avec une diffusion des charges dans les remblais de 45°

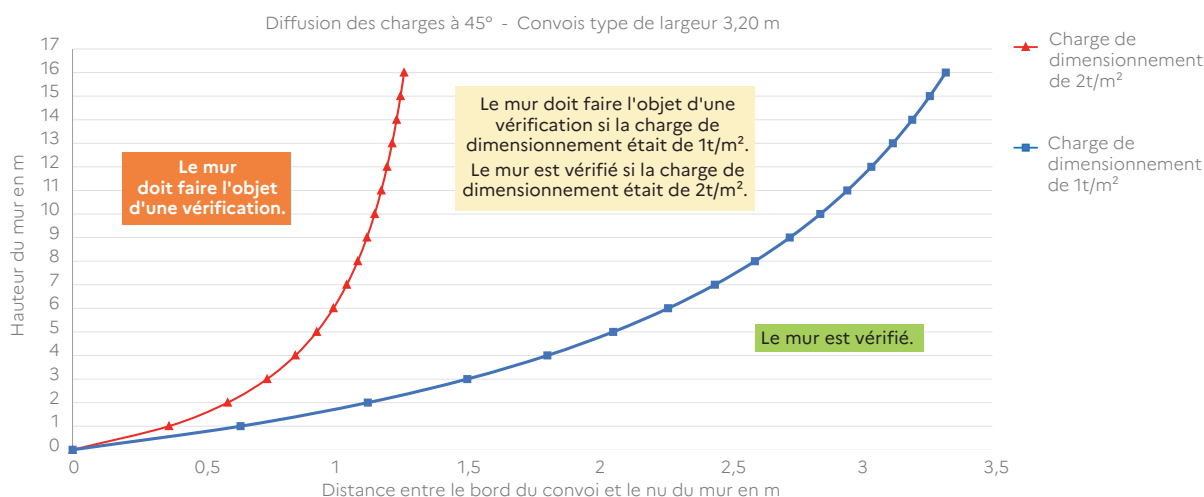
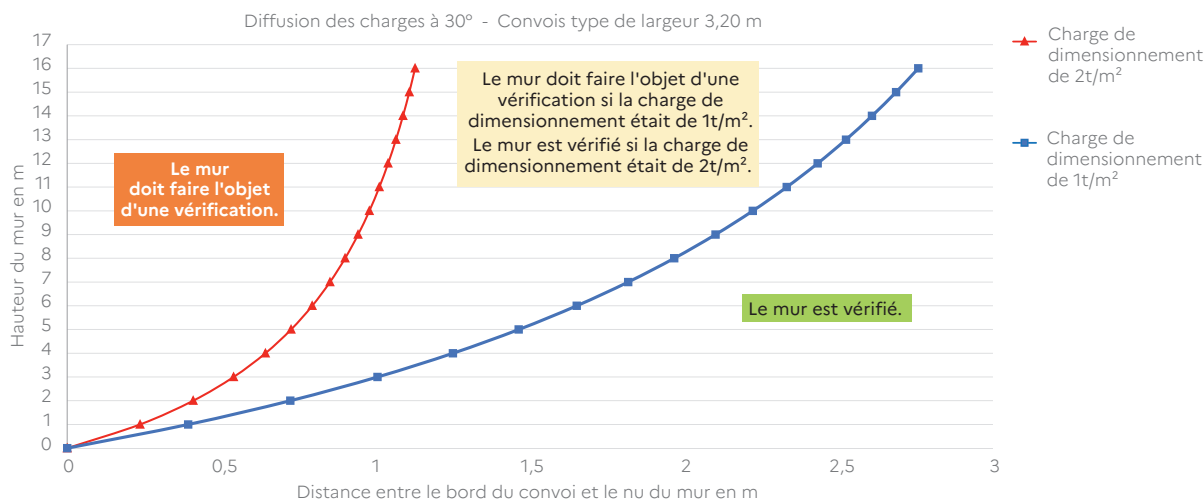


Figure A2.2 : Murs postérieurs à 1971 – Position admissible du bord du convoi en fonction de la hauteur du mur et des charges de dimensionnement – Cas du convoi type de largeur 3,20 m avec une diffusion des charges dans les remblais de 30°



CONVOIS DE LARGEUR 5,15 M (D3F1, D3F2, E3F1 OU E3F2)

La remorque de ces convois a une largeur $l = 5,15$ m et une charge surfacique maximale $q = 2,95$ t/m² (pour E3F1).

Figure A2.3 : Murs postérieurs à 1971 – Position admissible du bord du convoi en fonction de la hauteur du mur et des charges de dimensionnement – Cas du convoi type de largeur 5,15 m avec une diffusion des charges dans les remblais de 45°

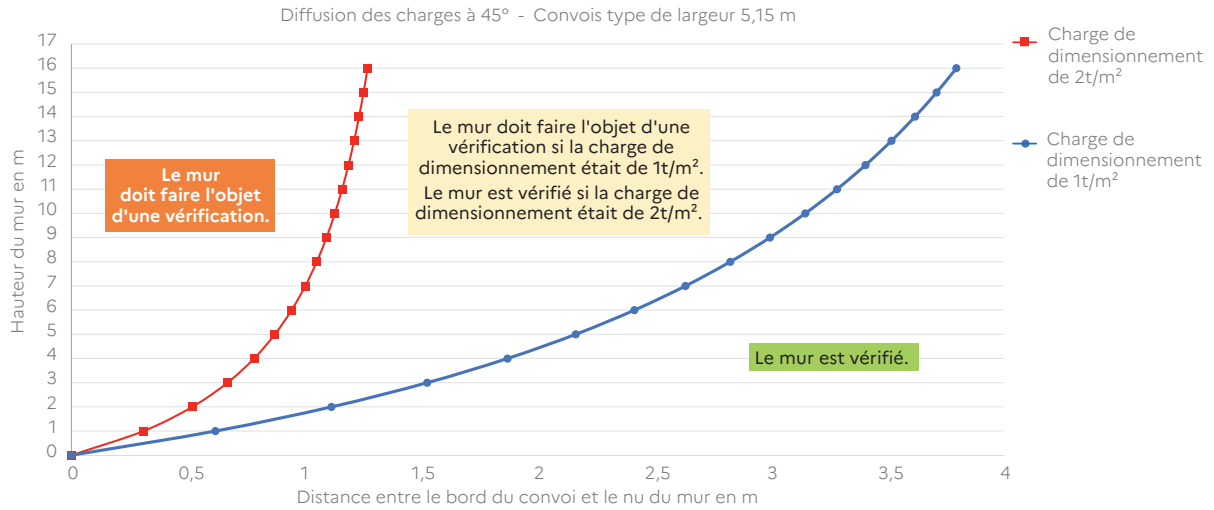
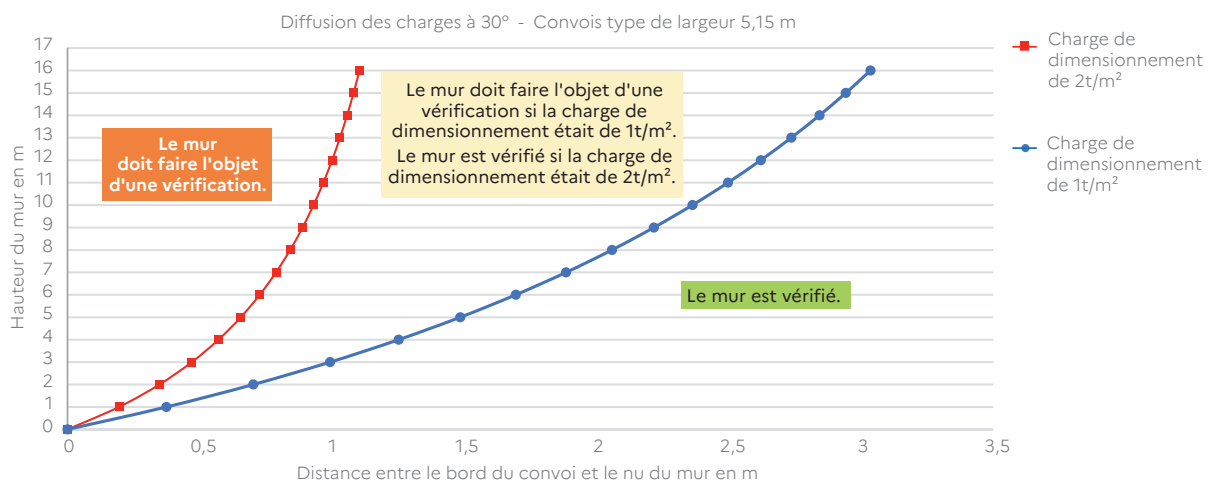


Figure A2.4 : Murs postérieurs à 1971 – Position admissible du bord du convoi en fonction de la hauteur du mur et des charges de dimensionnement – Cas du convoi type de largeur 5,15 m avec une diffusion des charges dans les remblais de 30°



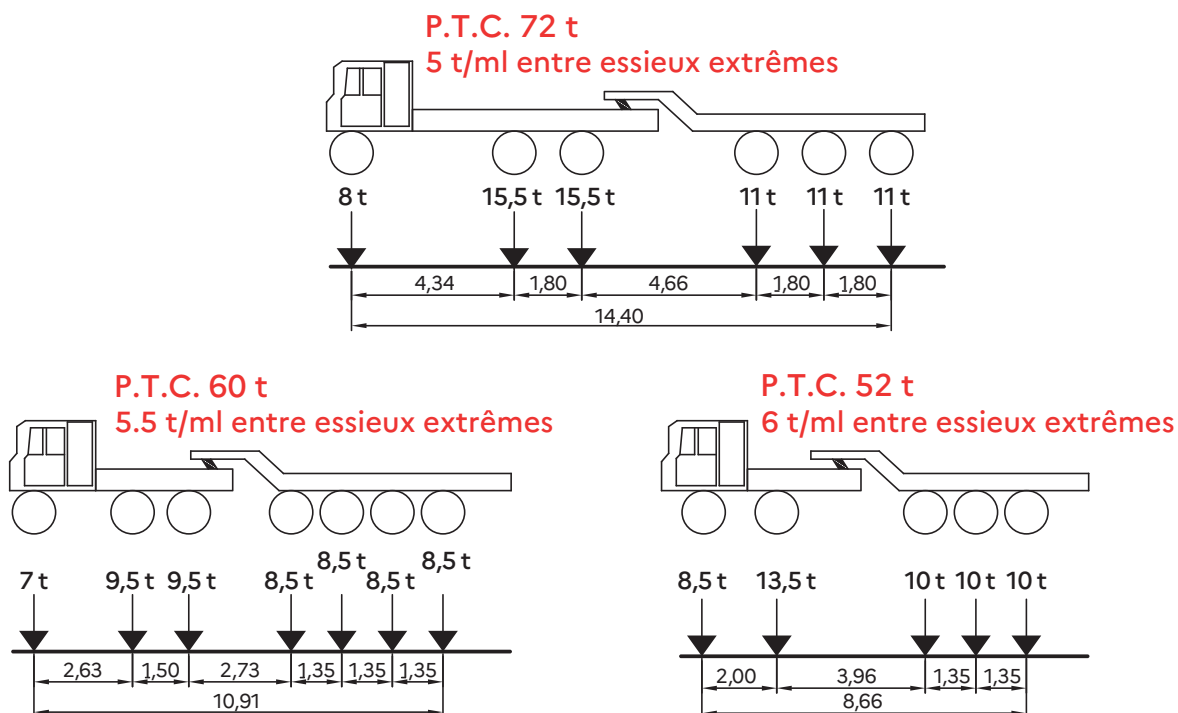
ANNEXE 3 :

AUTRES CONVOIS TYPES

CONVOIS TYPES COUVRANT LES EFFETS DES CONVOIS DE 2^E CATÉGORIE

Ces convois types couvrent les effets des convois de 2^e catégorie respectant les règles « ouvrages d'art » de l'annexe III de l'arrêté du 4 mai 2006 [4].

Figure A3.1 : Convois types couvrant les véhicules de 2^e catégorie respectant les règles de l'annexe III de l'arrêté du 4 mai 2006 (ne concerne pas les grues automotrices de 60 et 72 tonnes)



L'entraxe transversal des roues est de 2 m pour un encombrement transversal de 2,50 m. L'impact des roues est de 0,40 m par 0,40 m. Sauf prescriptions particulières, ces convois circulent à vitesse normale, mêlés au trafic courant et avec une pondération de $k_{pcn} = 1,1$.

CONVOIS TYPES DE CLASSE C

Ces convois définis dans le document du Sétra d'octobre 1982 [1] sont rappelés ici pour mémoire. Pour dimensionner un ouvrage neuf, il convient d'utiliser plutôt les convois types de 94 et 120 tonnes définis au chapitre IV pour les ouvrages à construire.

CARACTÉRISTIQUES DES CONVOIS DE CLASSE C

On définit deux convois types nommés C1 et C2 de masses respectives 94 et 120 tonnes.

Par simplification, il est loisible d'assimiler les charges concentrées de la remorque à une charge uniformément répartie sur un rectangle de 7,75 m par 3,20 m de densité 2,6 t/m² pour le C1 et 3,5 t/m² pour le C2.

Figure A3.2 : Convoi type C1

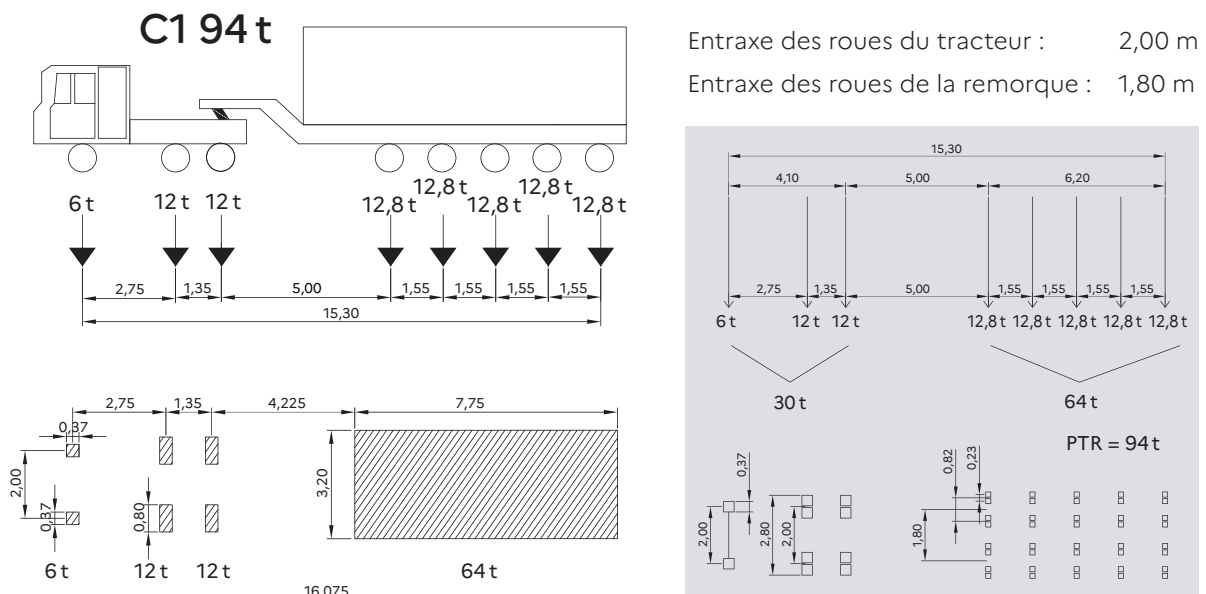
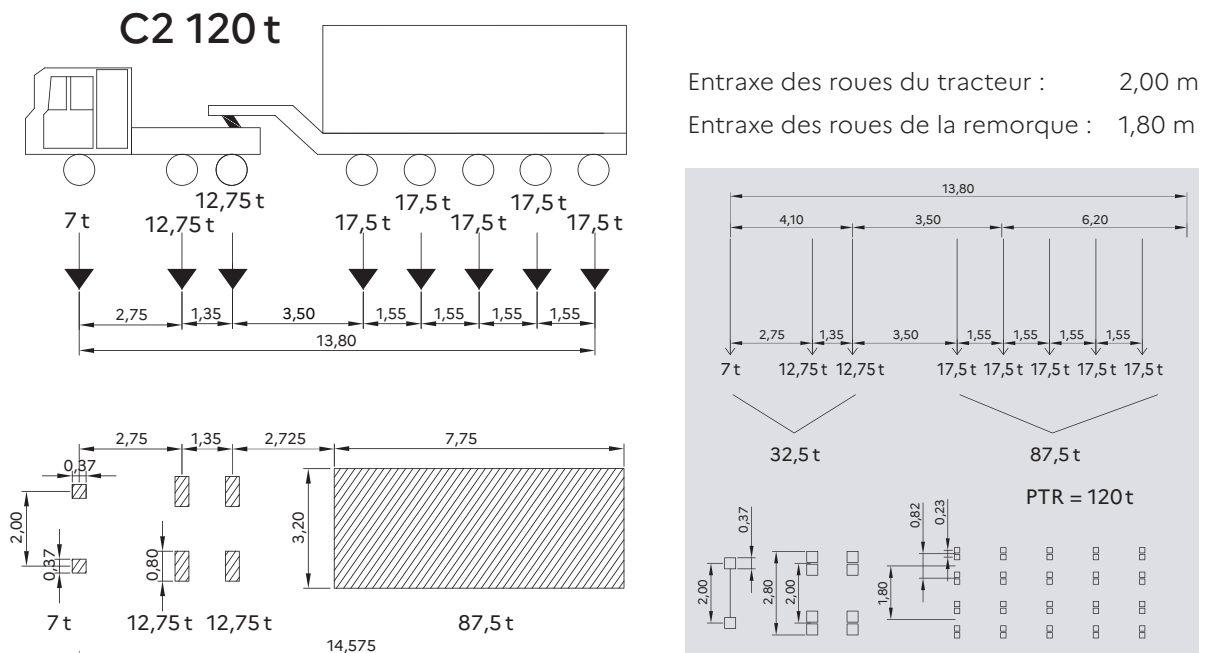


Figure A3.3 : Convoi type C2



ÉVALUATION DES OUVRAGES EXISTANTS

Il est à noter que pour les ouvrages dimensionnés selon le document du Sétra d'octobre 1982 [1] pour supporter un convoi de classe C, les conditions de circulation suivantes ont été considérées :

- les convois C sont supposés circuler seuls et au pas. Par conséquent ces convois ne sont pas frappés de majoration dynamique et ne sont pas supposés développer de réaction de freinage, ni de force centrifuge.
- dans le sens transversal, les convois C peuvent être placés n'importe où sur la chaussée, sans pouvoir empiéter sur les bandes de 0,50 mètre réservées le long des dispositifs de retenue.

TRADUCTION

Abnormal loads

Guide on crossing engineering structures

The number and weight of vehicles carrying abnormal loads are on the rise, and the laws and regulations governing this form of transport are undergoing significant changes. Against this backdrop, it is important to consider the strength of engineering structures, in order to maintain user safety and preserve heritage without hampering economic growth.

This publication examines the structural implications of abnormal loads crossing engineering structures.

It provides guidance on the design of new-build structures and the assessment of existing structures,

and establishes standard load types for structural calculation purposes.

It will prove particularly useful to public and private project managers, design offices and engineering structure managers. It replaces the Sétra guide appended to the circular letter of 1983.

Transportes excepcionales

Guía para el cruce de trabajos de ingeniería

Los transportes excepcionales por carretera experimentan importantes cambios reglamentarios y un aumento de la cantidad de vehículos y de su peso. Dentro de este contexto, la resistencia de los trabajos debe ser un tema de especial atención para garantizar la seguridad de los usuarios y preservar el patrimonio sin obstaculizar el desarrollo económico.

Esta obra trata la problemática del cruce de estructuras de ingeniería por convoyes excepcionales desde el punto de vista estructural.

Da indicaciones para dimensionar las obras a construir, pero también para evaluar las obras existentes.

También define convoyes tipos para los cálculos estructurales.

Constituye una preciosa ayuda para promotores públicos y privados, oficinas de estudios y gestores de patrimonios de obras de ingeniería. Reemplaza la guía Sétra adjunta a la carta circular de 1983.

© 2022 – Cerema

LE CEREMA, L'EXPERTISE PUBLIQUE POUR LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET LA COHÉSION DES TERRITOIRES

Le Cerema, Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement, est un établissement public qui apporte son concours à l'État et aux collectivités territoriales pour l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques au service de la transition écologique, de l'adaptation au changement climatique et de la cohésion des territoires. Il porte des missions de recherche & innovation et appuie le transfert d'innovations dans les territoires et auprès des acteurs privés.

Le Cerema agit dans 6 domaines d'activité : Expertise & Ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral. Présent partout en métropole et dans les Outre-mer par ses 26 implantations, il développe une expertise de référence au contact de ses partenaires européens et contribue à diffuser le savoir-faire français à l'international.

Le Cerema capitalise les connaissances et savoir-faire dans ses domaines d'activité. Éditeur, il mène sa mission de centre de ressources en ingénierie par la mise à disposition de près de 3 000 références à retrouver sur www.cerema.fr rubrique nos publications.

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Cerema est illicite (article L.122-4 du Code de la propriété intellectuelle). Cette reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles L.335-2 et L.335-3 du CPI.

Cet ouvrage a été imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement (norme PEFC) et fabriqué proprement (norme ECF). L'imprimerie Dupliprint est une installation classée pour la protection de l'environnement et respecte les directives européennes en vigueur relatives à l'utilisation d'encre végétales, le recyclage des rognures de papier, le traitement des déchets dangereux par des filières agréées et la réduction des émissions de COV.

Coordination : Direction de la Stratégie et de la Communication / Pôle éditions

Conception de la maquette graphique : Farénis

Mise en page : Frédéric Morel (06 17 07 81 74 - fredericmorel4@sfr.fr)

Impression : Dupliprint, 733 rue Saint-Léonard 53100 Mayenne

Achévé d'imprimer : décembre 2022

Dépôt légal : décembre 2022

Crédit photo couverture : Transports Coudreau (86), « Passage d'un convoi exceptionnel sur le Pont de Normandie »

ISSN : en cours - ISBN : 978-2-37180-558-3 (pdf) - ISBN : 978-2-37180-559-0 (papier)

Éditions du Cerema

Cité des mobilités

25, avenue François Mitterrand CS 92803 – 69674 Bron Cedex – France

www.cerema.fr

TRANSPORTS EXCEPTIONNELS

Guide sur le franchissement des ouvrages d'art

Les transports exceptionnels routiers connaissent d'importantes évolutions réglementaires et une augmentation du nombre de véhicules et de leur poids. Dans ce contexte, la résistance des ouvrages d'art doit être un sujet d'attention particulier pour garantir la sécurité des usagers et la préservation du patrimoine sans entraver le développement économique.

Cet ouvrage traite de la problématique du franchissement des ouvrages d'art par des convois exceptionnels du point de vue structurel.

Il donne des indications pour le dimensionnement des ouvrages à construire mais aussi pour l'évaluation des ouvrages existants.

Il définit également des convois types pour les calculs structurels.

Il constitue une aide précieuse pour les maîtres d'œuvre publics et privés, bureaux d'études et gestionnaires de patrimoines d'ouvrages d'art. Il remplace le guide Sétra joint à la lettre-circulaire de 1983.



EXPERTISE & INGÉNIERIE TERRITORIALE | BÂTIMENT | MOBILITÉS |
INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT | ENVIRONNEMENT & RISQUES |
MER & LITTORAL

