

Ouvrages à tonnage limité : charges routières à prendre en compte pour la justification



- CHEMINEAU Hélène, Cerema SO
- HAFID Anas, Cerema ITM
- BONDONET Gaël, Cerema ITM
- CHAMBON Pierre, Cerema CE
- CORFDIR Pierre, retraité
- JANDIN Philippe, Cerema SO
- LACOMBE Jean-Michel, retraité
- LOSSET Patrick, retraité
- PEYRAC Pierre, retraité
- SCHMIDT Franziska, UGE

Charges routières à prendre en compte pour la justification d'ouvrages à tonnage limité

- Domaine d'application de la note d'information
- Présentation du contenu de la note d'information
- Explication de la calibration des coefficients
- Application des coefficients sur deux ponts suspendus



Evolution des règlements de charge

Anciens règlements français

Date du règlement	Surcharge maximale de la chaussée				Pondération des surcharges
	Système A (surcharge répartie sur toute la largeur de la chaussée)		Système B (files de véhicules)		
	Densité (en kg/m²)	Majoration dynamique	Par file	Majoration dynamique	
1915	-	-	File de camions de 14 tonnes dans laquelle s’intercale un seul véhicule de 21 tonnes	NON	NON
1927	820 – 4xL	OUI	2 camions de 16 tonnes	OUI	NON
1940	1200 - 8xL	OUI	2 camions de 25 tonnes	OUI	NON
1971	230 + 36000/(L+12)	NON	2 camions de 30 tonnes	OUI	OUI

Eurocodes (LM1)

	Surcharge maximale de la chaussée (UDL + TS)					Pondération des surcharges
	Charge répartie UDL		Tandem TS			
	Voie 1 (en kN/m²)	Ailleurs (en kN/m²)	TS voie 1 (en kN)	TS voie 2 (en kN)	TS voie 3 (en kN)	
Classe 1	9,0	3,0	2 x 300 (60 tonnes)	2 x 200	2 x 100	OUI
Classe 2	6,3	2,5	2 x 270 (54 tonnes)	2 x 160	2 x 80	

Evolution des règlements de charge

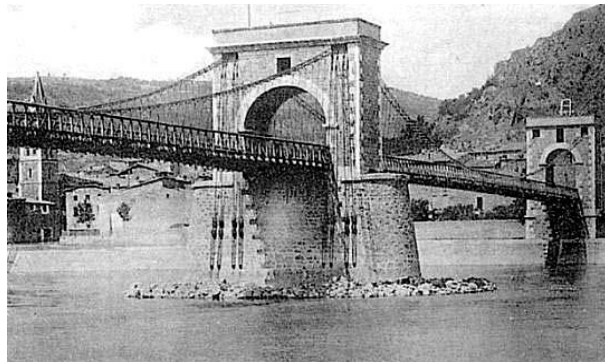
En France, de nombreux ouvrages ont été dimensionnés avec les charges du règlement de 1927 ou 1940.

Ces charges ne sont plus en accord ni avec les règlements de charge modernes, ni avec le trafic actuel sur ces ouvrages.

(1935)



(1957)



Capacité portante réduite

On a également l'exemple d'ouvrages avec des **pathologies réduisant leur capacité portante** (ruptures de fils localisées sur câble porteur d'un pont suspendu, réduction de sections métalliques, pertes de précontrainte...).

Dans ce cas, la question se pose de fermer l'ouvrage ou **de l'exploiter en limitant le poids maximum des véhicules**.

Quelles charges considérer pour le recalcul d'ouvrages anciens ou pour des ouvrages dont la capacité portante a été réduite ?

Circulaire provisoire de 1985

Définition de charges pour des limitations à 1,5 tonnes, 3,5 tonnes, 12 tonnes et 19 tonnes avec le formalisme du dernier règlement français (fascicule 61 titre II).

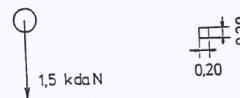
Système A (surcharge répartie sur toute la chaussée)

Niveau de limitation	Intensité de la charge répartie
1,5 t	450 daN/m
3,5 t	$450 + \frac{8000}{L+2}$ daN/m
12 t	$450 + \frac{37000}{L+9}$ daN/m
19 t	$450 + \frac{75000}{L+10}$ daN/m

Système B (file de véhicules)

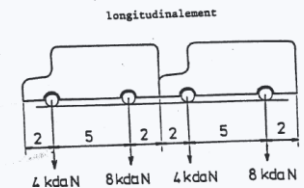
- Limitation à 1,5 t.

Une roue de 1,5 kdaN sur un impact de 0,2 x 0,2 m.



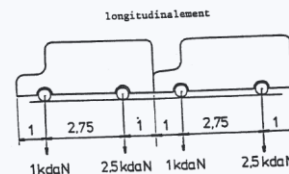
- Limitation à 12 t.

Sur chaque voie de circulation, on disposera 2 véhicules d'un poids total de 12 kdaN. Ces véhicules seront disposés de sorte à obtenir l'effet le plus défavorable que l'on a en vue. Leurs caractéristiques sont définies par les schémas ci-après.



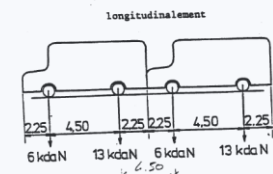
- Limitation à 3,5 t.

Sur chaque voie de circulation, on disposera 2 véhicules d'un poids total de 3,5 kdaN. Ces véhicules seront disposés de sorte à obtenir l'effet le plus défavorable que l'on a en vue. Leurs caractéristiques sont définies par les schémas ci-après.



- Limitation à 19 t.

Sur chaque voie de circulation, on disposera 2 véhicules d'un poids total de 19 kdaN. Ces véhicules seront disposés de sorte à obtenir l'effet le plus défavorable que l'on a en vue. Leurs caractéristiques sont définies par les schémas ci-après.



Document resté
provisoire depuis 1985

Note d'information 2025

Contenu de la note d'information

- **Définition de charges pour différentes limitations de tonnage avec le formalisme Eurocode** (modèle de charge LM1 recalibré, LM2 recalibré, LM4)
- Définition de situations de projet accidentelles
- Propositions de mesures d'accompagnement

Domaine d'application

Cette note propose des règles de charge pour la **justification des ouvrages d'art existants à portance limitée nécessitant des limitations de tonnage.**

La note ne concerne pas les ouvrages neufs ouverts à la circulation publique qui doivent être dimensionnés selon les règles de la NF EN 1991-2.

Cette note ne s'applique qu'aux ouvrages **à 1 ou 2 voies de circulation** et d'une largeur de chaussée inférieure à 9 mètres.

Note d'information 2025

Limitations de charges considérées :

- **3,5 tonnes** (limite supérieure des véhicules légers du Code la Route français, correspondant au permis B)
- **12 tonnes** (camions de 10 à 12 tonnes et poids total roulant autorisé d'un véhicule avec remorque utilisé avec le permis C1E)
- **19 tonnes** (poids maximum d'un véhicule à 2 essieux selon le Code de la Route)



LM1 recalibré

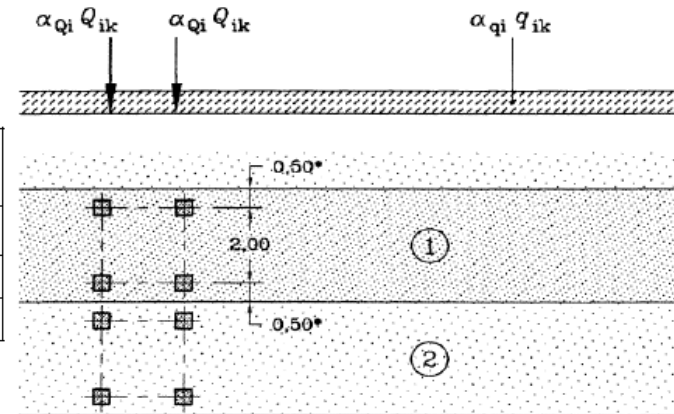
Découpage de la chaussée en voies :

Largeur de chaussée w	Nombre de voies conventionnelles	Largeur d'une voie conventionnelle w_i
$w < 5,4$ m	$n_i = 1$	w
$5,4 \leq w < 9$ m	$n_i = 2$	$w/2$

La largeur conventionnelle des voies est légèrement différente de celle donnée dans les Eurocodes.

Rappel de la définition du LM1 (TS et UDL) aux Eurocodes

Emplacement	Tandem TS « Tandem System »	Système UDL « Uniform Dead Load »
	Charges d'essieu Q_{ik}	q_{ik}
Voie n°1	300 kN	9 kN/m ²
Voie n°2	200 kN	2.5 kN/m ²



LM1 recalibré

Proposition de coefficients pondérateurs de TS et UDL

$$\alpha_{Qi} \cdot Q_{ik} + \alpha_{qi} \cdot \alpha_{wq} \cdot q_{ik}$$

		Classes de limitation de tonnage		
	Coefficients d'ajustement	3,5 tonnes	12 tonnes	19 tonnes
TS	α_{Q1}	0,06	0,20	0,32
	α_{Q2}	0,09	0,30	0,48
UDL	α_{q1}	0,21	0,36	0,58
	α_{q2}	0,76	1,30	2,09

En complément, la charge UDL est pondérée par un coefficient relatif au nombre de voies de l'ouvrage :

$$\alpha_{wq} = 3 \cdot (n_v / w)$$

avec n_v le nombre de voies chargées et w la largeur de la chaussée

Contrairement au LM1 tout tonnage, les voies 1 et 2 sont chargées de manière identique avec une règle conduisant à avoir une charge globale linéaire correspondant à 1 ou 2 voies.

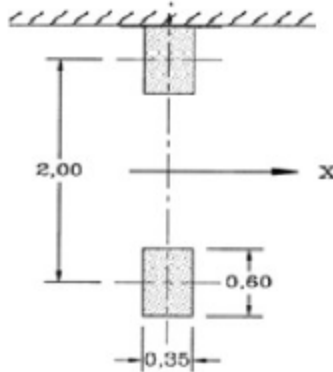
L'application des coefficients donne :

Type de charge	Classes de limitation de tonnage		
	3,5 tonnes	12 tonnes	19 tonnes
Poids de l'essieu	17,5 kN	60 kN	95 kN
Poids du TS recalibré	35 kN	120 kN	190 kN
Densité répartie (pour 1 voie de largeur 3m)	1,90 kN/m ²	3,25 kN/m ²	5,22 kN/m ²
Charge linéique par voie	5,70 kN/ml	9,75 kN/ml	15,66 kN/ml

LM2 recalibré

L'essieu LM2 recalibré consiste en une charge $\beta_Q \cdot Q_{ak}$ avec $Q_{ak} = 400$ kN.

Contrairement au LM2 tel que décrit dans la norme NF EN 1991-2, **un essieu est placé par voie de circulation.**



Classes de limitation de tonnage	Poids de l'essieu LM2 recalibré ($\beta_Q \cdot Q_{ak}$)	β_Q
3,5 tonnes	60 kN	0,15
12 tonnes	144 kN	0,36
19 tonnes	224 kN	0,56

LM4 et charges de trottoir

Le modèle de charge LM4 ainsi que les charges sur les trottoirs sont identiques à la NF EN 1991-2.

La charge de foule définie par la NF EN 1991-2, supposée s'appliquer sur toute la surface de l'ouvrage, peut provoquer des sollicitations supérieures à celle de l'exploitation routière, même sans limitation de charge. Il convient de la prendre en compte si cette situation est envisageable.

Situations de projet accidentelles

Deux situations de projet accidentelles sont envisageables (à étudier à l'ELU accidentel) :

- **Passage d'un véhicule contrevenant à la limitation** de tonnage et mêlé au trafic.



- **Croisement sur les ponts à une seule voie** de véhicules respectant la limitation de tonnage mais pouvant se croiser (éventuellement en montant sur les trottoirs).

Calibration des coefficients

Modélisation des effets structuraux :

Pour une travée isostatique de longueur L :

- Moment fléchissant à mi-travée
- Effort tranchant sur l'appui

Pour une structure à 3 travées ($0,7L - L - 0,7L$) :

- Moment fléchissant à mi-travée centrale
- Moment fléchissant sur les piles
- Effort tranchant sur les piles

Situations de projet:

File de véhicule à l'arrêt :

- Espacement nul entre véhicules.
- Pas de coefficient dynamique.

File de véhicule en circulation :

- Espacement minimal de 5,00 m.
- Coefficient dynamique = 1,30.

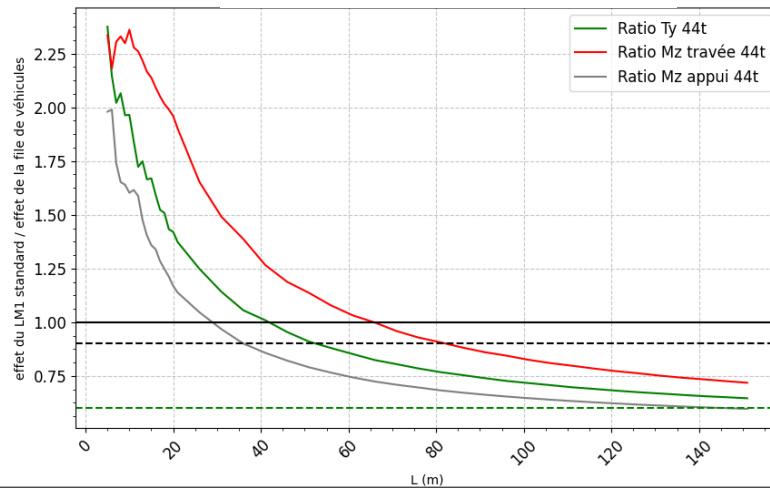
Paramètres d'étude :

- Longueur des travées : **1 m à 150 m**
- Nombre de voies : **1 ou 2 voies**
- Classes de tonnage étudiées : **3,5t, 12t, 19t**
- Trafic : Nombre illimité de véhicules par file

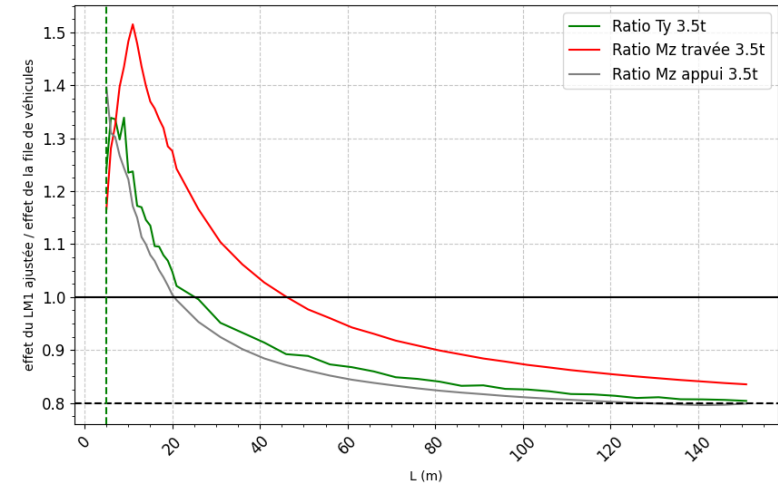
Calibration du LM1

Axe Verticale : ratio des effets (M mi-travée, M appui, Tranchant)
Axe horizontale: Portée L

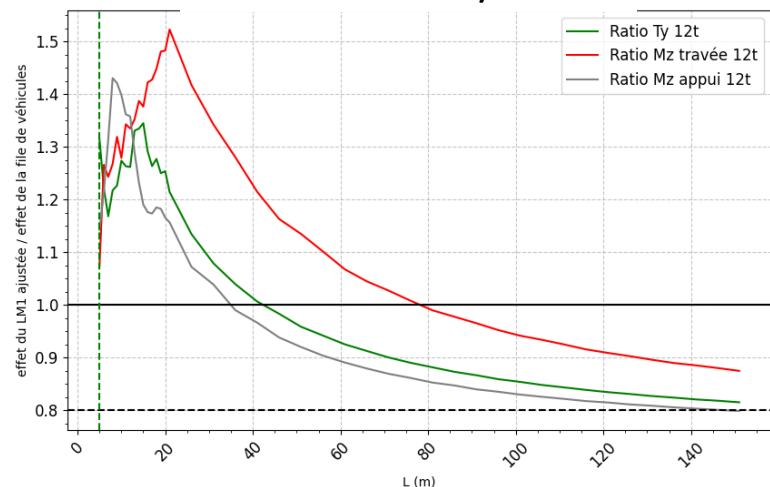
LM1 standard/ 44t



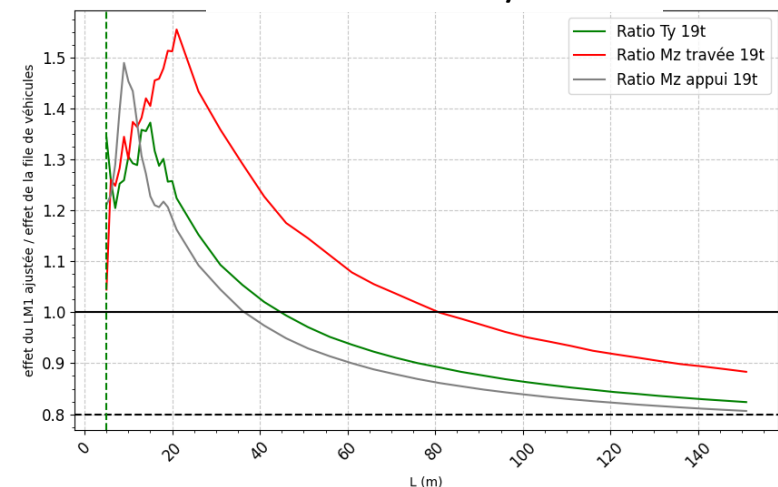
LM1 calibré/3.5t



LM1 calibré/12t



LM1 calibré/19t



Calibration du LM2

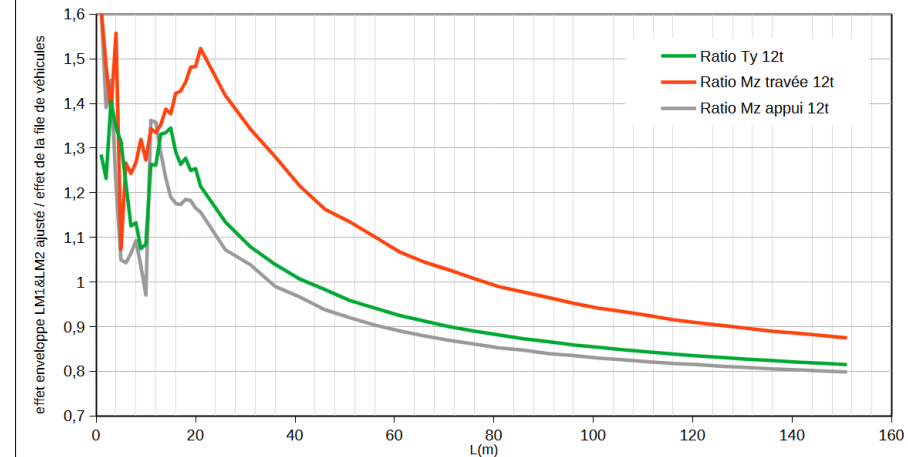
Méthodologie de calibration identique à celle du LM1.

Portées < 5 m (effets locaux dominants)

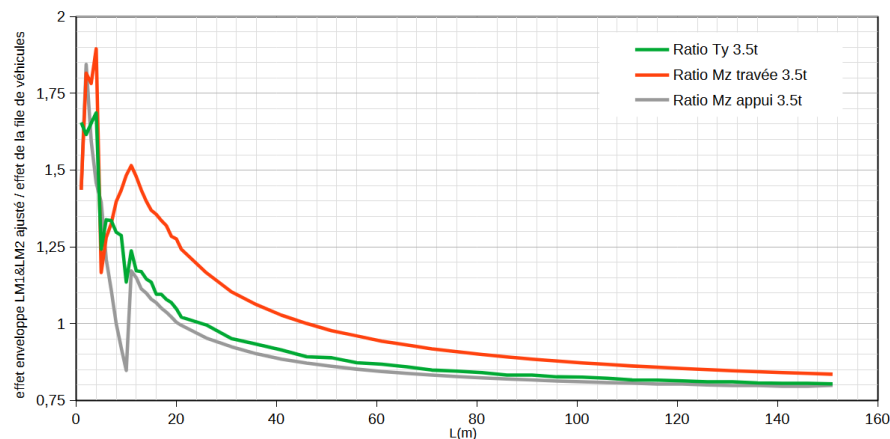
Portées entre 5 et 10 m (recouvrement LM1)

Axe Verticale : ratio des effets
(M mi-travée, M appui, Tranchant)
Axe horizontale: Portée L

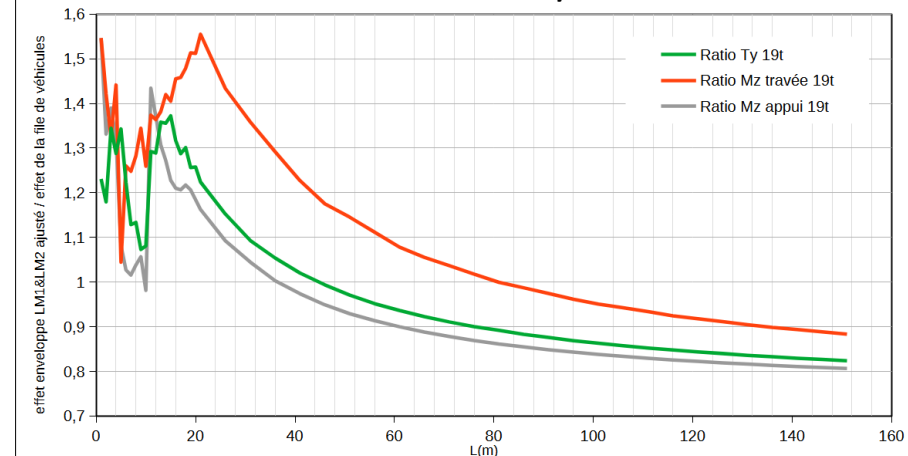
LM1&LM2 calibré/file 12t



LM1&LM2 calibré /file 3.5t



LM1&LM2 calibré/file 19t



Application sur deux ouvrages

Travail de comparaison avec la circulaire provisoire de 1985 sur deux ouvrages suspendus à 1 et 2 voies, dimensionnés avec les règlements de 1927 et 1940

De manière générale, les charges routières de l'Eurocode 1 engendrent des sollicitations plus importantes dans les différentes parties de l'ouvrage que celles du fascicule 61 titre II.

En choisissant de proposer des coefficients utilisant le formalisme des Eurocodes pour les limitations en tonnage de 3,5 tonnes, 12 tonnes et 19 tonnes, on se heurte aux mêmes écueils.

Cette comparaison a permis de vérifier que, pour deux cas particuliers d'ouvrages suspendus, l'application des charges de cette note au formalisme Eurocode donnait des sollicitations ne remettant globalement pas en cause les classes de limitation de tonnage ayant pu être définies par la circulaire provisoire de 1985.

Merci de votre attention



**Note en cours
d'édition**

Situations de projet accidentelles

Deux situations de projet accidentelles sont envisageables (à étudier à l'ELU accidentel) :

- **Passage d'un véhicule contrevenant à la limitation de tonnage et mêlé au trafic.**

Le véhicule contrevenant mêlé au trafic est représenté par le modèle de charge LM3, avec le véhicule spécial (VS) modélisant le véhicule contrevenant. Le trafic concomitant est modélisé par le LM1 recalibré, en combinaison fréquente (charge TS pondérée par 0,75 et charge UDL pondérée par 0,4).

Les véhicules contrevenants sont majorés d'un coefficient dynamique de 1,2.

$$LM3 = 1,2 \times VS + LM1 \text{ recalibré fréquent.}$$

Limitation de charge	Véhicule contrevenant (VS)	Pondération dynamique
3,5 T	12 T	1,2
12 T	26 T	1,2
19 T	44 T	1,2

- **Croisement sur les ponts à une voie de véhicules respectant la limitation de tonnage et pouvant se croiser (éventuellement en montant sur les trottoirs).**

Sur les ponts à une voie de circulation ($w < 5,4$ m), en l'absence d'un dispositif physique interdisant à tout véhicule de monter sur le trottoir (bordures infranchissables...), on envisage le croisement de deux véhicules seuls sur l'ouvrage. Concrètement ce cas concerne un ouvrage dont la largeur de la chaussée et des trottoirs est strictement supérieure à 5 mètres.

On prendra deux TS de la limitation de tonnage considérée. Les véhicules qui se croisent sont seuls sur l'ouvrage (pas de charge d'accompagnement) et n'ont pas de coefficient de majoration dynamique.

Il n'y a pas de charges de trottoir concomitantes.