

MANUEL DE CONCEPTION DES STRUCTURES

Décembre 2017

Inclut la révision 2018-01

Québec 

Cette publication a été réalisée par la Direction générale des structures et éditée par la Direction des normes et des documents d'ingénierie du Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports.

La version électronique est disponible à l'adresse suivante :

http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/produits/ouvrage_routier.fr.html

Pour obtenir des renseignements, on peut :

- composer le 511 (au Québec) ou le 1 888 355-0511 (partout en Amérique du Nord)
- consulter le site Web du ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports au www.transports.gouv.qc.ca
- écrire à l'adresse suivante : Direction des communications
Ministère des Transports, de la Mobilité durable
et de l'Électrification des transports
500, boul. René-Lévesque Ouest, bureau 4.010
Montréal (Québec) H2Z 1W7

© Gouvernement du Québec, décembre 2017

ISBN 978-2-551-26177-2 (PDF)

Dépôt légal – 2017

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Tous droits réservés pour tous pays. La reproduction par quelque procédé que ce soit et la traduction, même partielles, sont interdites sans l'autorisation des Publications du Québec.

INSTRUCTIONS DE MISE À JOUR

DOCUMENT MODIFIÉ
Manuel de conception des structures Édition décembre 2017

Date : 2018-01

Version : Révision 1

Veuillez trouver ci-joint les plus récentes modifications apportées au manuel. Bien vouloir retirer les pages actuelles et les remplacer par les pages révisées.

SECTION	RETIRER Page	AJOUTER Page	REMARQUES
Chapitre 1 Généralités	Table des matières	Table des matières	Actualisation de la table des matières
	1-09 et 1-10	1-09 et 1-10	Correction du titre du tableau 1.8-2
Chapitre 3 Charges	Table des matières	Table des matières	Actualisation de la table des matières
	3-5 à 3-12	3-5 à 3-12	Correction de la numérotation des titres
		3-12-1	Ajout de la figure 3.3-3
Chapitre 6 Fondations	Table des matières	Table des matières	Actualisation de la table des matières
	6-15 et 6-16	6-15 et 6-16	Retrait du tableau 6.8-1 et ajout du tableau 6.7-1

Responsable du document : Nicolas Fauchon

CHAPITRE 1

GÉNÉRALITÉS

TABLE DES MATIÈRES

1.1	OBJET	1-1
1.2	DOMAINE D'APPLICATION	1-1
1.3	RÉFÉRENCES	1-1
1.3.1	Rédacteurs de normes	1-1
1.3.2	Code d'identification des normes nationales	1-1
1.3.3	Exigences générales	1-2
1.3.4	Normes CSA	1-2
1.3.5	CCDG	1-3
1.4	TOPOMÉTRIE ET TOPOGRAPHIE	1-3
1.4.1	Généralités	1-3
1.4.2	Procédure	1-3
1.5	HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE	1-4
1.6	FONDATIIONS	1-4
1.7	GÉOMÉTRIE ET GABARIT	1-4
1.7.1	Généralités	1-4
1.7.2	Gabarit d'une voie ferrée	1-4
1.8	CHOIX D'UN TYPE DE PONT	1-6
1.8.1	Généralités	1-6
1.8.2	Contraintes à respecter	1-6
1.8.3	Types de tablier de pont non recommandés	1-11
1.8.4	Limitations relatives au transport d'éléments préfabriqués	1-11

1.9	CARACTÉRISTIQUES DE CONCEPTION	1-12
1.9.1	Levage du tablier d'un pont	1-12
1.9.2	Tablier construit par phases	1-12
1.9.3	Accès pour l'inspection et l'entretien	1-13
1.9.4	Dispositions spéciales	1-13
1.10	ESTHÉTIQUE DES PONTS	1-13
1.10.1	Généralités	1-13
1.10.2	Principes d'esthétique	1-14
1.10.3	Règles pratiques	1-16
1.11	DESSIN DES STRUCTURES	1-27

FIGURES

Figure 1.7-1	Gabarit d'une voie ferrée	1-5
Figure 1.10-1	Pont en biais	1-17
Figure 1.10-2	Pont droit sur piles circulaires	1-17
Figure 1.10-3	Pont courbe sur piles radiales	1-17
Figure 1.10-4	Étude de portées	1-19
Figure 1.10-5	Étude du couronnement	1-19
Figure 1.10-6	Élancement d'une poutre	1-19
Figure 1.10-7	Étude de la coupe transversale du tablier	1-21
Figure 1.10-8	Étude des goussets	1-22
Figure 1.10-9	Étude des piles d'un pont élevé	1-22
Figure 1.10-10	Vue en biais sous le pont	1-23
Figure 1.10-11	Ponts à haubans	1-24
Figure 1.10-12	Tablier sur le piédroit de la culée	1-25

TABLEAUX

Tableau 1.8-1	Types de ponts en fonction des contraintes	1-8
Tableau 1.8-2	Ponts de grande envergure	1-10

Le texte des normes suivantes contient des exigences particulières ou des renseignements supplémentaires relatifs aux sujets traités dans le présent chapitre.

Tome III – Ouvrages d'art des normes du Ministère
Chapitre 2 Conception des ouvrages d'art
Section 2.1 Généralités

Tableau 1.8-1 Types de ponts en fonction des contraintes (suite)

Types de ponts	CONTRAINTES								
	Portée L (m)		Élancement		Géométrie		Construction		
	Travée simple	Plusieurs travées continues	Travée simple	Plusieurs travées continues	Biais	α	Coulé en place	Préfabrication	Remblai
Poutres en béton précontraint coulé en place	30 à 50	30 à 50	L/22	HC : L/25 HV : L/18 à L/35	< 30	0,65 à 0,7	oui	non	non
Poutres en acier avec dalle de béton armé	12 à 50	12 à 90	L/20 à L/25*	HC : L/25 HV : L/25 à L/35*	< 20	0,7 à 0,8	—	oui	non
Poutres-caissons en acier avec dalle de béton armé	30 à 50	30 à 110	L/25 à L/30*	HC : L/30 HV : L/25 à L/40*	< 20	0,7 à 0,8	—	oui	non

$$\alpha = \frac{\text{longueur de la travée de rive}}{\text{longueur de la travée adjacente}}$$

* = Hauteur des poutres seules

HC = Hauteur constante

HV = Hauteur variable

Tableau 1.8-2 Ponts de grande envergure

Type de pont	Domaine d'utilisation		
	Portée (m)	Élancement	Géométrie (α)
Pont en béton précontraint construit par encorbellement	100 à 180	L/17 à L/35	0,6 à 0,65
Pont extradossé	100 à 275	L/30 à L/50	0,45 à 0,7
Pont à poutres triangulées ou en arc	150 à 360	—	—
Pont à haubans	200 à 1 000	L/50 à L/100	0,35 à 0,5
Pont suspendu	450 à 2 000	L/75 à L/175	0,3 à 0,5

$$\alpha = \frac{\text{longueur de la travée de rive}}{\text{longueur de la travée adjacente}}$$

CHAPITRE 3

CHARGES

TABLE DES MATIÈRES

3.1	GÉNÉRALITÉS	3-1
3.2	SURCHARGE ROUTIÈRE	3-1
3.2.1	Application	3-1
3.2.2	Efforts	3-2
3.2.3	Limite de la flèche due à la surcharge routière	3-6
3.3	SURCHARGES DE CONSTRUCTION	3-9
3.3.1	Généralités	3-9
3.3.2	Surcharges de construction durant le bétonnage de la dalle	3-9
3.3.3	Surcharges de construction pendant la cure du béton de la dalle	3-12
3.4	FORCES DES GLACES	3-13
3.4.1	Forces d'impact et forces dues à l'adhérence des glaces	3-13
3.4.2	Forces statiques des glaces	3-13
3.5	AUTRES CHARGES	3-14

FIGURES

Figure 3.2-1	Facteur de correction K1 pour les poutres à deux, trois et quatre portées	3-8
Figure 3.2-2	Facteur de correction K1 pour les poutres à cinq portées	3-8
Figure 3.3-1	Passerelle d'accès	3-10
Figure 3.3-2	Disposition de la finisseuse automotrice et des plates-formes de travail	3-12
Figure 3.3-3	Train de charges mobiles sur un rail de support des équipements de finition, pour une finition de dalle avec la finisseuse automotrice	3-12-1

TABLEAUX

Tableau 3.2-1	Configuration du CL-625 VS le CMD	3-2
Tableau 3.2-2	Effort tranchant maximal	3-2
Tableau 3.2-3	Moment fléchissant maximal	3-3
Tableau 3.2-4	Efforts tranchants dus à la surcharge routière CL-625	3-4
Tableau 3.2-5	Moments fléchissants dus à la surcharge routière CL-625	3-5

Le texte des normes suivantes contient des exigences particulières ou des renseignements supplémentaires relatifs aux sujets traités dans le présent chapitre.

Tome III – Ouvrages d'art des normes du Ministère

Chapitre 2 Conception des ouvrages d'art
Section 2.3 Charges

Tableau 3.2-5 Moments fléchissants dus à la surcharge routière CL-625

Portée (m)	M _c (kN - m)	M _v (kN - m)	M _{max} (kN - m)	CMD
1	44	36	61	0,4
2	88	75	123	0,4
3	131	115	184	0,4
4	175	158	245	0,4
5	242	221	315	0,3
6	304	283	395	0,3
7	366	347	475	0,3
8	435	420	566	0,3
9	510	499	663	0,3
10	585	581	761	0,3
11	660	664	858	0,3
12	735	750	956	0,3
13	810	838	1053	0,3
14	885	929	1151	0,3
15	1029	1074	1287	0,25
16	1147	1202	1433	0,25
17	1264	1334	1580	0,25
18	1382	1467	1728	0,25
19	1500	1603	1875	0,25
20	1618	1741	2022	0,25
21	1736	1882	2170	0,25
22	1854	2025	2318	0,25
23	1972	2170	2465	0,25
24	2113	2317	2641	0,25
25	2264	2493	2830	0,25
26	2416	2672	3020	0,25
27	2568	2853	3210	0,25
28	2722	3054	3403	0,25
29	2878	3243	3597	0,25
30	3033	3433	3791	0,25
31	3188	3626	3985	0,25
32	3344	3822	4180	0,25
33	3499	4019	4374	0,25
34	3655	4219	4569	0,25
35	3811	4421	4763	0,25
36	3966	4625	4958	0,25
37	4122	4832	5152	0,25
38	4278	5041	5347	0,25
39	4433	5252	5542	0,25
40	4589	5466	5736	0,25
41	4745	5682	5931	0,25
42	4901	5900	6126	0,25
43	5056	6120	6321	0,25
44	5212	6342	6515	0,25
45	5368	6567	6710	0,25
46	5524	6794	6905	0,25
47	5680	7024	7100	0,25
48	5836	7255	7295	0,25
49	5992	7489	7490	0,25
50	6148	7725	7725	0,25

3.2.3 Limite de la flèche due à la surcharge routière

3.2.3.1 Généralités

La limite de la flèche due à la surcharge routière est obtenue à partir de la figure 3.1 « Limite de flèche pour les vibrations de l'ossature des ponts routiers » de la norme CAN/CSA-S6 qui est fonction de l'utilisation du pont (sans trottoir ou avec trottoir avec circulation piétonnière occasionnelle ou fréquente) et de la première fréquence de vibration du pont.

Cette limite ne doit cependant pas être inférieure à $L/800$ pour les ponts sans trottoir ou à $L/1000$ pour les autres, et où L représente la longueur de la travée considérée.

3.2.3.2 Première fréquence de vibration

La première fréquence de vibration peut être calculée selon l'une des méthodes simplifiées ou selon une méthode exacte.

3.2.3.3 Méthodes simplifiées

Pour un pont de largeur uniforme, dont la longueur est supérieure à la largeur et le biais, inférieur à 20° , il est établi que l'on peut estimer la première fréquence de vibration en idéalisant le tablier pour l'assimiler à une poutre de section constante. Les procédures simplifiées pour le calcul de la première fréquence de vibration sont les suivantes.

A) Poutres simplement appuyées

La première fréquence de vibration (F_{1s}) d'une poutre simplement appuyée de moment d'inertie constant et de masse constante est donnée par l'équation suivante :

$$F_{1s} = \frac{\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EI}{m}}$$

où

L : portée, en m

E : module d'élasticité équivalent de la poutre, en N/m^2

I : moment d'inertie équivalent de la poutre, en m^4

m : masse linéaire totale se rapportant à la poutre, en kg/m

ou, plus simplement

$$F_{1s} = \frac{17,753}{\sqrt{\Delta}}$$

où Δ est la flèche maximale sous la charge morte totale, en mm.

B) Poutres continues d'inertie constante

La première fréquence de vibration (F_{1c}) d'une poutre continue symétrique par rapport à son axe longitudinal et ayant une inertie et une masse constantes peut être obtenue par l'équation suivante :

$$F_{1c} = K_1 F_{1s}$$

où F_{1s} est la première fréquence de vibration de la portée la plus longue en la considérant simplement appuyée et K_1 est un facteur de correction qui dépend du nombre de portées et de leurs rapports de longueurs, et est tiré de la figure 3.2-1 pour les poutres à deux, trois ou quatre portées et de la figure 3.2-2 pour les poutres à cinq portées.

C) Autres poutres

Pour les poutres simplement appuyées ou continues, d'inertie ou de masse variable, la méthode de Rayleigh-Ritz peut être utilisée. Cette méthode consiste à charger la poutre avec la charge morte totale s'y rapportant, dans le sens de la déformée du premier mode de vibration. On comptabilise par la suite les déplacements de la poutre en plusieurs points (normalement 10 par travée) et on détermine la première fréquence de vibration (F_1) à l'aide de l'équation suivante :

$$F_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g \sum (m_i |\Delta_i|)}{\sum (m_i \Delta_i^2)}}$$

où

- g : accélération gravitationnelle, en m/sec^2
- m_i : masse se rapportant au point i, en kg
- Δ_i : déplacement du point i, en m

3.2.3.4 Méthode exacte

Dans le cas où les hypothèses pour l'utilisation des méthodes simplifiées ne peuvent être respectées, une analyse modale tridimensionnelle est nécessaire pour déterminer la première fréquence de vibration.

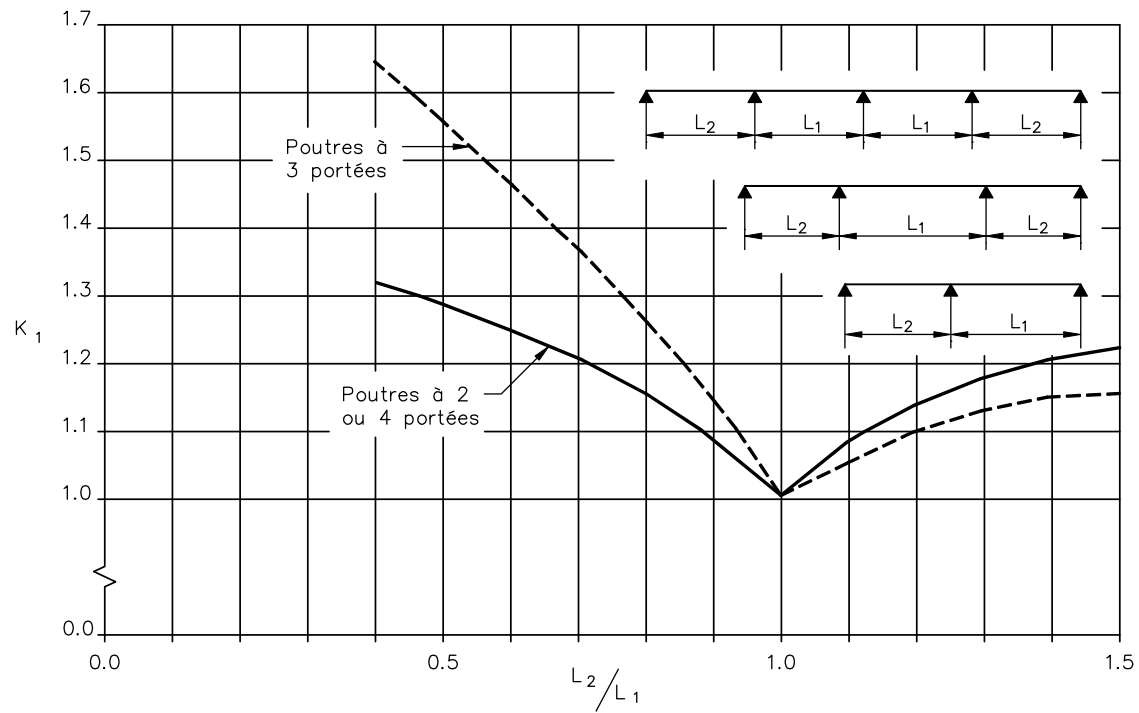


Figure 3.2-1 Facteur de correction K_1 pour les poutres à deux, trois et quatre portées

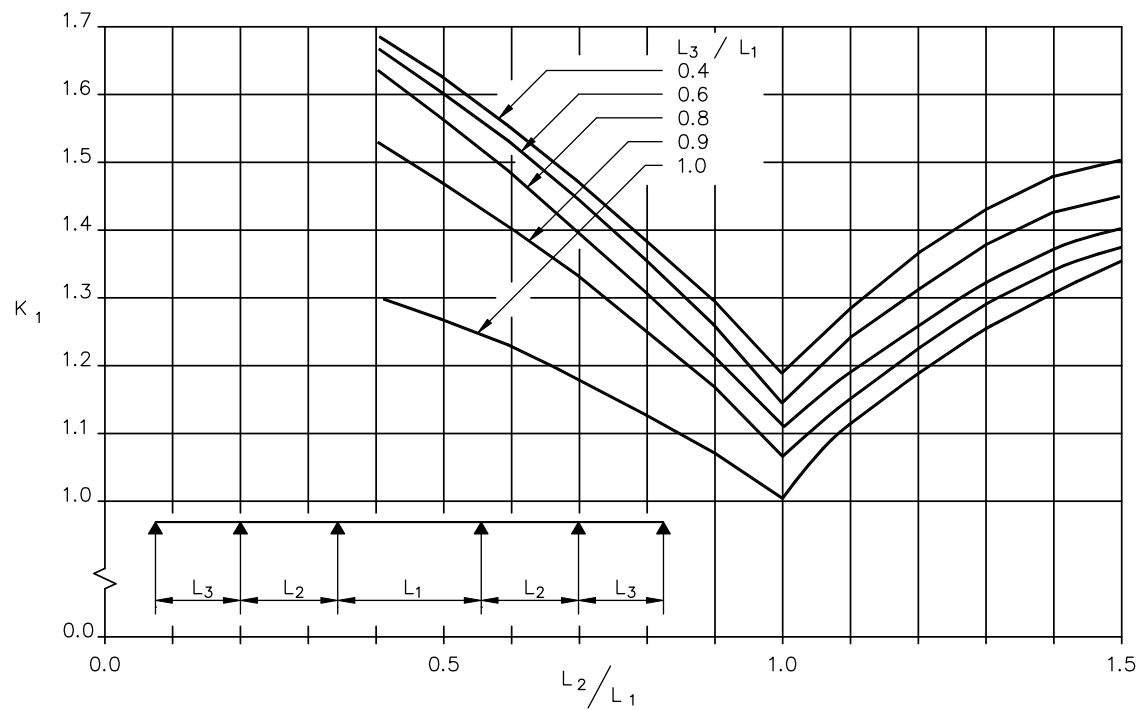


Figure 3.2-2 Facteur de correction K_1 pour les poutres à cinq portées

3.3 SURCHARGES DE CONSTRUCTION

3.3.1 Généralités

Le calcul des efforts causés par les surcharges de construction présentées dans cette section est un complément à l'article 3.16 « Charges de construction et charges sur les ouvrages temporaires » de la norme CAN/CSA-S6.

Cette section traite particulièrement des surcharges de construction applicables aux tabliers à dalle sur poutres et relatives à la finisseuse à béton automotrice, aux plates-formes de travail requises pour la finition et la cure initiale du béton, ainsi qu'aux passerelles d'accès disposées le long des poutres de rive. Toutes les charges indiquées sont en service et doivent être pondérées conformément aux modalités détaillées au chapitre 3 « Charges » de la norme CAN/CSA-S6. Ces charges sont définies selon les caractéristiques mentionnées ci-dessous pour chacun des équipements.

3.3.2 Surcharges de construction durant le bétonnage de la dalle

3.3.2.1 Caractéristiques de la finisseuse à béton automotrice

- Finisseuse de marque Gomaco, modèle C-450, composée d'un pont roulant en treillis métallique, supporté à chaque extrémité par un ensemble d'éléments d'appui, d'une console d'opération fixe, où se trouvent le tableau de commande de l'opérateur et le moteur de la finisseuse, et d'un module mobile qui héberge entre autres les vis sans fin, les rouleaux lisses et la boîte vibrante.
- Largeur maximale de bétonnage : $B = 15$ m, aux fins de calcul selon ce manuel (voir note ci-dessous).
- Éléments d'appui à chaque extrémité :
 - deux pattes de levage équipées chacune d'un buggy à deux roues;
 - distance c/c des pattes de levage d'un élément d'appui : 2050 mm;
- Longueur hors-tout de la finisseuse : 3470 mm, dans le sens de l'axe longitudinal du pont.
- Charge maximale par patte de levage : $P_{FA} = 11,5 + 0,25 (B + 0,6)$ en kN.

Note : pour la réalisation du bétonnage de dalles de tablier de plus de 15 m de largeur hors-tout, le pont roulant de la finisseuse automotrice doit être configuré à l'aide de sections spéciales de treillis métallique dont le poids linéaire est différent de celui considéré pour établir ici la valeur de la charge P_{FA} ; l'équation donnée ici pour P_{FA} n'est donc plus valide au-delà de 15 m de largeur hors-tout. Pour les largeurs de bétonnage qui excéderaient 15 m, le concepteur doit tenir compte, dans tous les cas, de la séquence de construction de la dalle du tablier et valider les charges à considérer avec le fabricant de la finisseuse.

3.3.2.2 Caractéristiques des plates-formes de travail

Lorsque la mise en place du béton de la dalle est faite à l'aide de la finisseuse automotrice, les plates-formes de travail sont requises pour la finition et la cure initiale du béton. Ces opérations sont réalisées au fur et à mesure que le béton de la dalle est mis en place, de sorte que les plates-formes suivent la finisseuse en continu au cours du bétonnage. Les plates-formes de travail considérées ici possèdent les caractéristiques suivantes :

- Dimensions hors-tout : 715 mm de longueur, largeur en fonction de celle de la dalle à bétonner (B);
- Déplacement manuel (les systèmes de roulement à chaque extrémité ne sont pas motorisés);
- Charge concentrée à appliquer sur chaque rail de support des équipements de finition :
 - calculée selon le poids de la plate-forme + poids de travailleurs de 90 kg également répartis tous les 3 m sur la largeur de la plate-forme;
 - $P_{PT} = 3,0 + 0,35B$, en kN.

3.3.2.3 Passerelles d'accès de chaque côté du tablier

Une passerelle d'accès disposée le long des poutres de rive de chaque côté du tablier, comme indiqué à la figure 3.3-1, est requise pour les travaux relatifs à la construction de la dalle.

- Largeur hors-tout de chaque passerelle : 800 mm;
- Poids propre d'une passerelle : 0,72 kPa (sur la largeur de 800 mm);
- Surcharge due aux travailleurs et aux équipements, par passerelle : 0,72 kPa (sur la largeur de 800 mm).

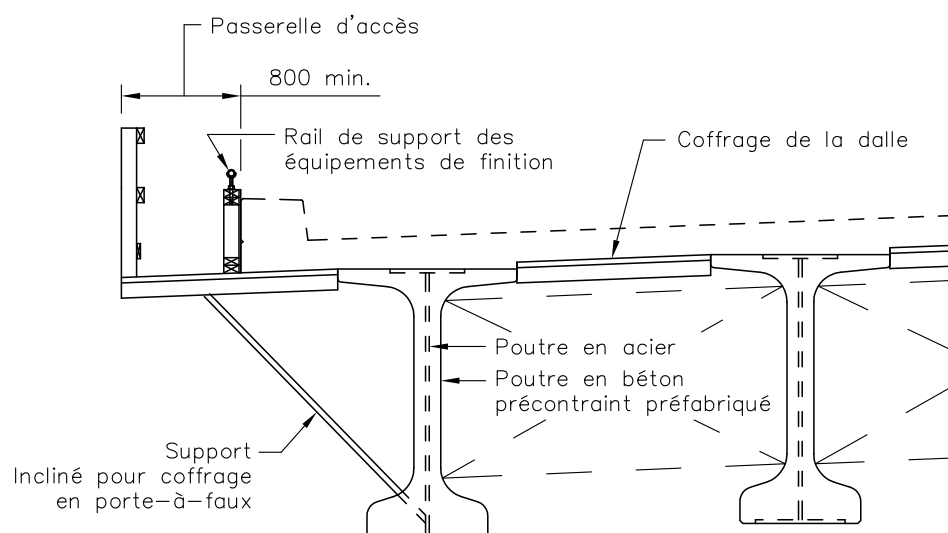


Figure 3.3-1 Passerelle d'accès

3.3.2.4 Application des surcharges de construction pendant le bétonnage de la dalle

Les charges concentrées associées à la finisseuse automotrice et aux plates-formes de travail qui la suivent au cours du bétonnage peuvent être assimilées à un train de charges mobiles circulant sur le rail de support des équipements de finition situé de chaque côté du pont en construction, près de l'extrémité du porte-à-faux de la dalle, comme montré à la figure 3.3-1. Les espacements entre les charges concentrées composant ce train de charges mobiles sont dictés par la géométrie propre à chaque équipement : une configuration conservatrice est proposée à la figure 3.3-3.

En fonction des phases de bétonnage, ce train de charges mobiles doit être positionné sur chacun des rails de support des équipements de finition, à l'endroit qui produira la sollicitation maximale pour la section à l'étude. Le concepteur doit considérer que le front d'avancement du bétonnage ne doit pas se trouver à plus de 3 m de la finisseuse, comme indiqué à la figure 3.3-2. Aux fins de calcul, on considère que cette distance est mesurée, par rapport au train de charges mobiles, à partir de la première charge concentrée P_{FA} , soit celle qui correspond à la patte de levage à l'avant de la finisseuse.

Pour la conception des poutres, le concepteur doit tenir compte du fait que le train de charges mobiles et les autres charges de construction appliquées sur les coffrages en porte-à-faux (béton frais, poids propre des coffrages et charges sur les passerelles) induisent des effets de torsion dans les poutres de rive, entre les points de retenue latérale des semelles inférieure et supérieure. Ces effets de torsion doivent être combinés aux efforts de flexion verticale concomitants à la section à l'étude.

Dans le cas des ponts à dalle sur poutres de plus faible envergure, où la finisseuse automotrice n'est pas requise, le poids de l'équipement de finition usuel (règle vibrante) peut être négligé. Cependant, le concepteur doit tout de même considérer les effets de torsion induits dans les poutres de rive par les autres charges de construction appliquées sur les coffrages en porte-à-faux.

Il est à noter que le choix de l'équipement de finition à utiliser pour un projet donné n'appartient ni à l'entrepreneur ni au surveillant, mais bien au concepteur, qui doit le spécifier au devis spécial.

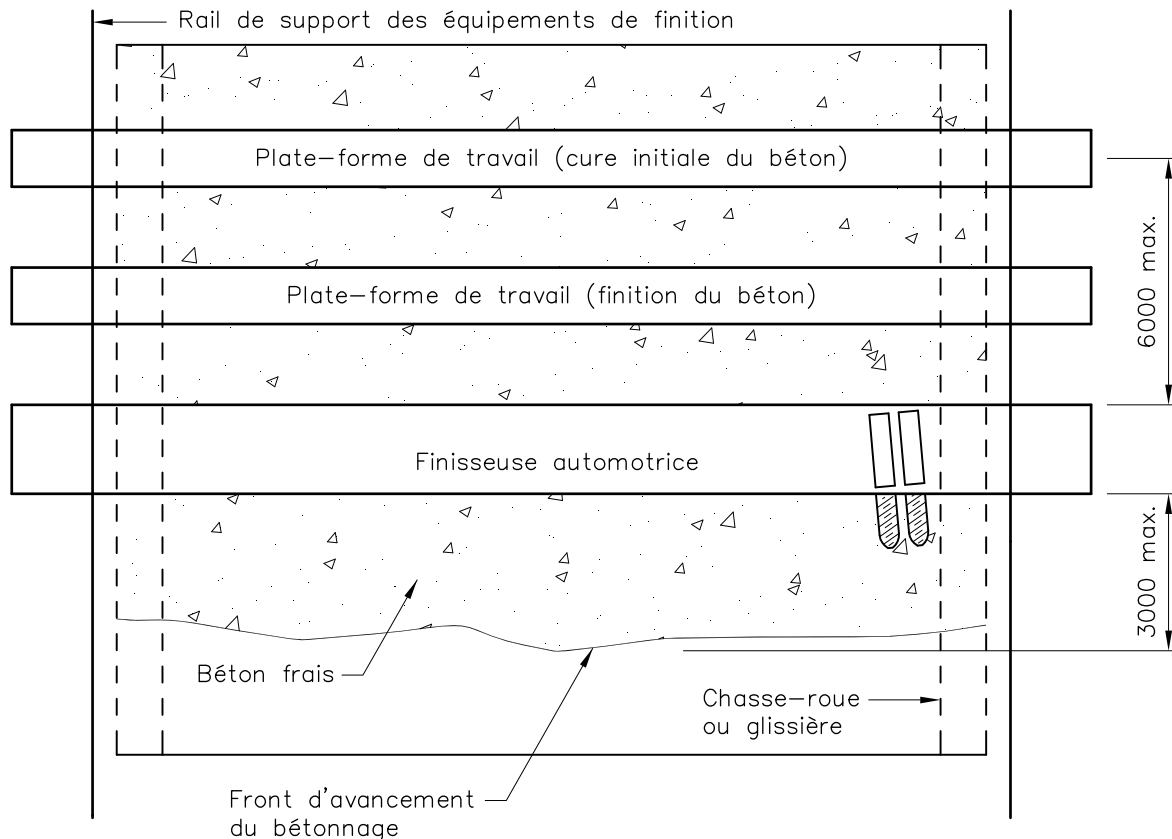


Figure 3.3-2 Disposition de la finisseuse automotrice et des plates-formes de travail

3.3.3 Surcharges de construction pendant la cure du béton de la dalle

Dans cette phase des travaux, pour les tabliers où la finisseuse automotrice et les plates-formes de travail doivent être utilisées, l'analyse des efforts doit inclure une surcharge de construction équivalente à deux plates-formes de travail, comme définies à la section 3.3.2.2 pour les travaux relatifs à la finition et la cure initiale du béton, une fois la mise en place du béton achevée.

Un train de deux charges mobiles d'intensité P_{PT} doit être appliqué sur chaque rail de support des équipements de finition, et positionné de façon à produire la sollicitation maximale de la section à l'étude. L'espacement entre ces deux charges P_{PT} doit être égal à l'espacement correspondant montré à la figure 3.3-3. Les efforts causés par ce train de deux charges mobiles ne doivent pas être inférieurs à ceux que produirait une surcharge de construction de 0,5 kPa sur toute la surface de la dalle à la fin du bétonnage. Les efforts découlant de l'un ou l'autre de ces deux cas de chargement doivent être combinés à ceux causés par les charges associées aux passerelles d'accès, de façon à obtenir la sollicitation maximale.

CHAPITRE 6

FONDATIONS

TABLE DES MATIÈRES

6.1	GÉNÉRALITÉS	6-1
6.2	PROFONDEUR DES FONDATIONS	6-1
6.2.1.	Protection contre le gel	6-1
6.2.2.	Protection contre l'affouillement	6-2
6.3	CULÉES DE PONT DES TABLIERS À POUTRES	6-2
6.4	DALLE DE TRANSITION	6-2
6.5	PIEUX	6-3
6.5.1.	Généralités	6-3
6.5.2.	Pieux conventionnels	6-4
6.5.3.	Pieux caissons	6-11
6.6	ANCRAGES AU SOL	6-11
6.7	MURS ET CULÉES	6-13
6.7.1.	Généralités	6-13
6.7.2.	Exigences de conception	6-13
6.7.3.	Murs homologués	6-14
6.8	TRANSITION AUX APPROCHES DE PONT	6-16

FIGURES

Figure 6.4-1	Dalle de transition	6-3
Figure 6.5-1	Pointes pour pieux en bois et en acier en H	6-7
Figure 6.5-2	Pointe conventionnelle pour pieu tubulaire en acier	6-8
Figure 6.5-3	Pointe Oslo pour pieu tubulaire en acier	6-9
Figure 6.5-4	Pointe Oslo pour pieu en H	6-10

TABLEAU

Tableau 6.7-1	Coefficients de tenue géotechnique ϕ pour le calcul des murs homologués	6-15
---------------	--	------

Le texte des normes suivantes contient des exigences particulières ou des renseignements supplémentaires relatifs aux sujets traités dans le présent chapitre.

Tome III – Ouvrages d'art des normes du Ministère

Chapitre 2 Conception des ouvrages d'art
Section 2.6 Fondations

- On doit déterminer la force horizontale à prendre en considération dans le calcul parasismique en utilisant 50 % du coefficient d'accélération horizontale (k_h) relatif à la localisation du mur pour un mur non retenu. Pour un mur retenu, on doit considérer 100 % du coefficient d'accélération horizontale (voir l'article C4.6.5 « *Seismic forces on abutments and retaining walls* » du commentaire de la norme CAN/CSA-S6).
- L'angle de frottement pour vérifier la stabilité externe, en l'absence d'information géotechnique, doit être de 30°. Une valeur supérieure, mais inférieure ou égale à 40°, peut être utilisée à la suite de l'étude géotechnique.
- Les coefficients de tenue mentionnés au tableau 6.7-1 doivent être utilisés.
- La résistance à la traction des géogrilles doit être calculée selon l'article 11.10.6.4.3b « *Design Tensile Resistance* » de la norme AASHTO LRFD « *Bridge Design Specifications* ».

Tableau 6.7-1 Coefficients de tenue géotechnique ϕ pour le calcul des murs homologués

Stabilité externe	Coefficients de tenue	Coefficients de tenue séisme
Glissement sur la base	0,8	1,0
Renversement	0,5 ⁽¹⁾	0,5 ⁽¹⁾
Poinçonnement		
– Mur-poids	0,5	0,8
– Mur en TSM ⁽²⁾	0,6	0,9
Stabilité interne		
Arrachement des inclusions	0,83	1,20
Tension des inclusions et des connecteurs		
– Inclusions métalliques ⁽³⁾		
➤ Bandes métalliques	0,7	1,0
➤ Treillis ⁽⁴⁾	0,6	0,85
– Inclusions géosynthétiques ⁽⁵⁾	0,83	1,20

NOTES

1. La stabilité contre le renversement n'a pas besoin d'être vérifiée pour les murs TSM si le point d'application de la résultante est dans les deux tiers de la semelle, si celle-ci repose sur un sol, ou dans les neuf dixièmes de la largeur de la semelle, si celle-ci repose sur le roc. Sous les charges sismiques, le point d'application doit être dans les deux tiers de la semelle (sol ou roc). Ces dimensions sont centrées sur la base de la semelle (voir articles 11.6.3.3 « *Eccentricity Limits* », 11.6.5.1 « *General* » et 11.10.5.5 « *Overtuning* » de la norme AASHTO LRFD *Bridge Design Specifications*). Pour les autres murs, la stabilité contre le renversement peut également être validée par rapport au point d'application de la résultante, comme spécifié à l'article 6.10.3.4 « *Limitation de l'excentricité* » de la norme CAN/CSA-S6.

2. TSM : Terre stabilisée mécaniquement.
3. La tension est appliquée sur la section d'acier nette après l'enlèvement de la surface sacrificielle pour la corrosion.
4. Les treillis reliés à des éléments de paroi rigide, tels que panneaux de béton ou blocs, sont visés par cette note. Dans les cas de treillis reliés à une paroi flexible, on utilise les coefficients pour bandes métalliques.
5. Le coefficient de tenue s'applique sur T_{al} , où :

$$T_{al} = T_{ult} / RF$$

T_{al} : tension admissible

T_{ul} : tension à la rupture déterminée par des essais sur des spécimens à bande large, comme stipulé dans la norme ASTM D4595 « *Standard Test Method for Tensile Properties of Geotextiles by the Wide-Width Strip Method* », pour les géotextiles et dans la norme ASTM D6637 « *Standard Test Method for Determining Tensile Properties of Geogrids by the Single or Multi-Rib Tensile Method* », pour les géogrilles

$$RF = RF_{CR} \cdot RF_{ID} \cdot RF_D$$

RF_{CR} : coefficient de réduction égal à T_{ult} divisé par T_{CR} déterminé selon ASTM D5262 « *Standard Test Method for Evaluating the Unconfined Tension Creep Behavior of Geosynthetics* »

RF_{ID} : coefficient de réduction pour les dommages attribuables à l'installation $\geq 1,1$

RF_D : coefficient de réduction pour la dégradation chimique et biologique $\geq 1,1$

Les valeurs de RF_{ID} et RF_D sont établies dans la norme AASHTO LRFD « *Bridge Design Specifications* ».

6.8 TRANSITION AUX APPROCHES DE PONT

Lors d'excavations dans le remblai à l'approche d'un pont ou encore lors de la construction d'une nouvelle culée ou d'un portique, le remblayage doit se faire conformément aux spécifications du DN-II-1-023 « Transition aux approches de ponts » du *Tome II – Construction routière* des normes du Ministère.

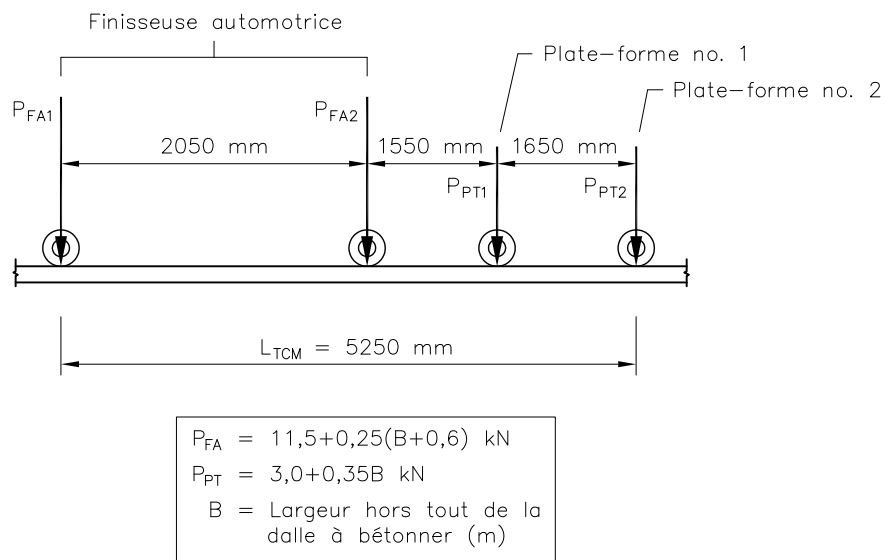


Figure 3.3-3 Train de charges mobiles sur un rail de support des équipements de finition, pour une finition de dalle avec la finisseuse automotrice

