

MISE À JOUR

MÉMO DE MISE À JOUR
MANUEL D'INSPECTION DES STRUCTURES Instructions techniques

Date : Novembre 2005

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 tel que décrit ci-après :

SECTION	RETIRER Page	AJOUTER Page	REMARQUES
Chapitre 1	2	2	Sections 1.2.1, 1.2.2 et 1.3.3 Corrections mineures. Section 1.3.1 : Correction mineures à la figure 1.3-4.
	4	4	
	9	9	
	13	13	
Chapitre 2	Table des matières	Table des matières	Section 2.1 : Précision apportée sur les ponts type 36 versus le ponceau type 12. Section 2.2.1 : Correction mineure. Section 2.4.1 et 2.5.2 : Modifications pour tenir compte des dernières versions du système de gestion des structures SGS-5016 relatives à la largeur carrossable souhaitable et aux types de joints de tablier. Section 2.5.1 : Correction dans la description du dégagement inférieur et à la figure 2.5-1. Section 2.6.1 : Correction dans la description de la longueur de tablier. Section 2.6.2 : Remplacement de la figure 2.6-3 ; la figure 2.6-3 devient la figure 2.6-4, la figure 2.6-4 devient la figure 2.6-5, la figure 2.6-5 devient la figure 2.6-6, la figure 2.6-6 devient la figure 2.6-7. À partir de la sections 2.7 : Renumérotation des pages. Section 2.10.1 : Ajout de l'indice patrimonial. Section 2.10.3 : Précision sur le champ « Remarque ». Ajout de la fiche d'inventaire.
	1	1	
	8	8	
	23	23	
	27	27	
	29	29	
	40	40	
	43	43	
	49 à 68	49 à 71	
Chapitre 3	4	4	Section 3.2.4 : Correction mineure. Section 3.3 : Modification des figures 3.3-1, 3.3-2, 3.3-7 et 3.3-8 afin que les croquis fassent référence à n'importe quelle pièce et non seulement à une poutre. Section 3.4.3 : Suppression de la liste des différents types de ciment Portland.
	6 et 7	6 et 7	
	13	13	
	23 et 24	23 et 24	

SECTION	RETIRER Page	AJOUTER Page	REMARQUES
Chapitre 5	3 et 4	3 et 4	Section 5.2.1 : Correction mineure. Section 5.2.2 : Déplacement de la figure 5.2-1 dans la section 5.2.1.
Chapitre 6	20 33 42	20 33 42	Section 6.3 : Corrections mineures. Sections 6.7.1 et 6.8 : Correction du titre des figures 6.7-1 et 6.8-1.
Chapitre 7	1 4	1 4	Sections 7.1 et 7.2.4: Corrections mineures.
Chapitre 8	1	1	Section 8.1 : Harmonisation de la nomenclature avec les autres manuels de la Direction des structures.
Chapitre 9	22 et 23 34 36 et 37	22 et 23 34 36 et 37	Section 9.3.3 : Ajout de la fissure due à la réaction alcali-granulat dans le texte et à la figure 9.3-5. Section 9.5.2 : Harmonisation de la nomenclature avec les autres manuels de la Direction des structures à la figure 9.5-5. Section 9.6.1 : Précision apportée dans la définition des diaphragmes non porteurs.
Chapitre 10	1 20 et 21	1 20 et 21	Section 10.2 : Corrections mineures. Section 10.4 : Précision apportée au danger que représente la configuration d'un chasse-roues et d'un trottoir devant un dispositif de retenue.
Chapitre 11	7	7	Section 11.4 : Correction de la hauteur des glissières en béton.

1.1 LES SOURCES

L'écrivain qui voudra écrire l'histoire des 8500 ponts actuels et des autres ponts construits au Québec depuis 300 ans devra consulter les procès-verbaux des séances du conseil municipal des 1500 municipalités de la province, les minutes des contrats signés devant notaire et les archives de plusieurs organismes gouvernementaux et privés. Jusqu'à une époque récente, les ponts, comme les routes, étaient construits par les administrations publiques locales et quelquefois par des corporations privées. D'ailleurs les ponts, à quelques exceptions près, appartiennent encore tous aux municipalités; les seules exceptions sont les dix ponts à péage sur lesquels les droits ont été abolis le 1^{er} avril 1942, les ponts interprovinciaux, les ponts construits par le gouvernement fédéral sur le fleuve Saint-Laurent, quelques ponts provinciaux importants et les ponts de sociétés privées ou d'autres ministères. Après avoir limité nos recherches à une centaine d'ouvrages d'art et à quelques publications générales, nous traitons, dans ce chapitre sur l'histoire des ponts, de l'évolution dans le temps des ouvrages construits avec les matériaux courants, c'est-à-dire le bois, l'acier, le béton armé et le béton précontraint.

Note : *Ce texte utilise le système international d'unités (SI); cependant les mesures des anciens ponts sont données suivant le système d'unités utilisé sur les plans. Le pied (pi) vaut 0.3048 m, le pouce (po) 25.4 mm; ces deux mesures de longueur sont associées avec les symboles ' et ''.*

1.2 LES PONTS EN BOIS

Les principales zones habitées de l'immense territoire du Québec se situent dans le bassin hydrographique du Saint-Laurent. Ce fleuve, qui baigne les plus importantes villes de la province, sert d'axe de colonisation et, avec ses tributaires, de moyen principal et presque unique de transport jusqu'au milieu du XIX^e siècle. Ceci explique pourquoi la construction de routes et de ponts ne constitua pas une priorité pour les pionniers.

Le chercheur peut retrouver des documents d'archives montrant l'existence de ponts en bois enjambant de petits cours d'eau sur les chemins reliant les centres de peuplement de l'époque coloniale française, soit jusqu'en 1760.

Dans « La vie quotidienne en Nouvelle-France », Raymond Douville et Jacques Casanova ont décrit l'état des routes entre Québec et Montréal à cette époque.

« En 1730, on ne dispose encore que de tronçons de route sans symétrie et sans ponts sur les ruisseaux. Les rivières importantes - il y en a une quinzaine - ne sont pas toutes pourvues de bacs. Il faut traverser en canot et prendre une autre voiture sur la rive opposée. En 1727, l'intendant Dupuy met un mois pour aller (de Québec) à Montréal et en revenir.

En 1729, le poste (de grand voyer) est accordé à l'ingénieur Jean-Eustache Lanouiller de Boisclerc. Il entreprend d'abord la reconstruction des ponts existants selon une nouvelle technique appropriée au climat. La pression de la descente des glaces au printemps prohibe l'usage de piliers au centre des cours d'eau. Il ne peut donc être question de pont sur les rivières plus larges que quarante pieds, longueur maximum des lambournes. Là où les ponts sont possibles, il faut les couvrir de planches pour les protéger contre les intempéries et contre les amoncellements de neige. »

La plus ancienne mention précise, trouvée dans « Les Anciens canadiens » de Philippe-Aubert de Gaspé, situe un pont sur la rivière du Sud, à quelques lieues à l'ouest de Saint-Thomas de Montmagny, vers 1750. La même source mentionne la construction d'un pont sur la rivière des Mères vers 1800 et sur la rivière du Sud en 1813. Les autres cours d'eau étaient franchis à gué, en canot, le cheval suivant à la nage, ou sur un bac avec voiture et cheval.

1.2.1 Les poutres en bois

Les premiers ponts furent construits en bois, matériau disponible sur place en grande quantité. On posait quelques troncs d'arbres sur les rives rocheuses ou sur des culées-caissons en bois à claire-voie remplis de pierres, et des madriers en bois équarris servaient de surface de roulement aux voitures. Lorsque la portée dépassait une dizaine de mètres, les poutres longitudinales étaient renforcées par un assemblage de membrures disposées en forme de poutres triangulées à un ou deux montants, nommé poutre ou ferme à poinçon (King post). Ce système simple est encore utilisé sur des chemins forestiers et dans les régions de villégiature (figure 1.2-1).

Sur des cours d'eau plus larges, afin de diminuer le nombre de piles en rivière, on allongea la portée jusqu'à 20 m, les points intermédiaires du tablier étant supportés à l'aide de contrefiches en bois. La poussée sur la pile était équilibrée par la masse de la culée ou par la poussée de la contrefiche de la travée adjacente. Les municipalités rurales érigèrent plusieurs ponts de ce modèle sur les rivières de leur territoire.

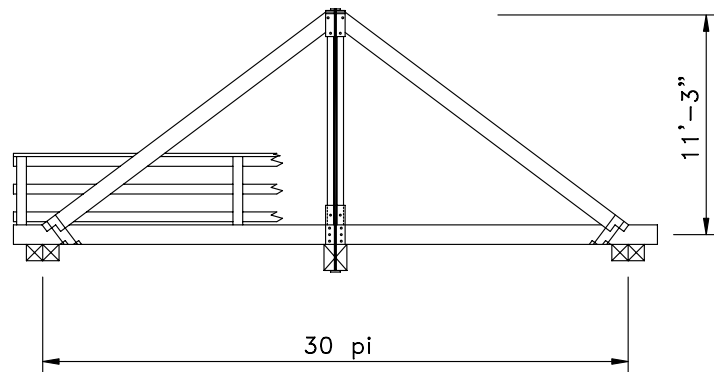


Figure 1.2-1 Poutre à poinçon en bois

Ces ponts primitifs ne duraient pas longtemps. Le bois pourrissait au bout de quelques dizaines d'années ou les piles étaient emportées lors des crues.

On retrouve des représentations de ces ponts sur quelques peintures anciennes, sur des dessins réalisés par les officiers anglais en garnison à Québec à la fin du XVIII^e siècle et, à partir de 1870, sur les photographies des pionniers de l'art visuel.

Une carte de la ville de Québec, dessinée en 1759 par un capitaine de la marine anglaise, montre un pont de bateaux sur la rivière Saint-Charles; des madriers reposant sur une série d'embarcations ancrées parallèlement au courant constituaient le tablier. Mais c'est en 1789 que le premier pont permanent fut érigé au-dessus de cette rivière; le pont Dorchester était situé à l'endroit où se trouve aujourd'hui le pont Drouin. La corporation privée à laquelle il appartenait le fit reconstruire à l'extrémité de la rue Craig (maintenant rue du Pont) en 1820. Il fut refait en 1870 à la suite d'un incendie.

Dans la région de Montréal, les premiers ponts importants à poutres en bois remplacèrent des bacs au milieu du XIX^e siècle. Une société construisit les ponts Viau, à Ahuntsic, et Lachapelle, à Cartierville, au-dessus de la rivière des Prairies. James Porteous érigea un pont à Sainte-Rose, au-dessus de la rivière des Mille-Iles, après avoir obtenu une charte en 1830. Après deux faillites, une reconstruction et quelques changements de propriétaires, Daniel-Adolphe Bélair racheta la franchise en 1857 et construisit le troisième pont, mais vis-à-vis l'île Bélair cette fois. Le pont Plessis-Bélair mesurait 1650 pi (500 m) et comptait 46 travées de 6 à 24 m reposant sur 37 piles et 2 culées, quelques piles portant 2 chevalets. Il fut exproprié par le ministère des Travaux publics du Québec en 1940 et remplacé par le pont de la route 117 en 1946. Le règlement de l'expropriation avec les héritiers du constructeur se termina en 1961, après un jugement de la Cour suprême du Canada en faveur du gouvernement et la vente par la Cie du pont Plessis-Bélair à la province de Québec.

À Saint-Eustache, sur la même rivière, la famille de Bellefeuille entreprit la construction du pont qui porta son nom, en 1848, et qui céda sa place au pont Arthur-Sauvé, sur la route 148, en 1948. Cet ouvrage comprenait 26 travées variant de 12 à 19 m, appuyées sur 2 culées et 25 piles. Chaque pile prenait la forme d'un caisson à claire-voie en bois, rempli de pierres et mesurant de 3 à 7 m dans le sens de l'axe longitudinal du pont. Les poutres en bois étaient renforcées par une sous-poutre aux bouts de laquelle s'appuyaient des contrefiches; d'autres étaient soutenues en plus à l'aide de tirants en acier raidis sous le tablier par des lanternes de serrage (figure 1.2-2).

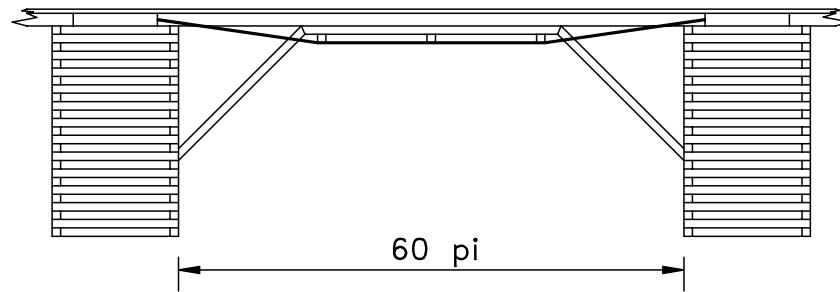


Figure 1.2-2 Pont de Bellefeuille sur la rivière des Mille-Iles

1.2.2 Les ponts couverts

Pour obtenir de plus longues portées, on fit appel à la technique des ponts en bois à poutres triangulées. Cet arrangement de pièces en bois fut imaginé par Andrea Palladio, en Italie, vers 1560; on ne reprit son utilisation en Europe que deux siècles plus tard. La technique fut ensuite développée aux États-Unis et au Canada pour être adaptée au contexte nord-américain (figure 1.2-3).

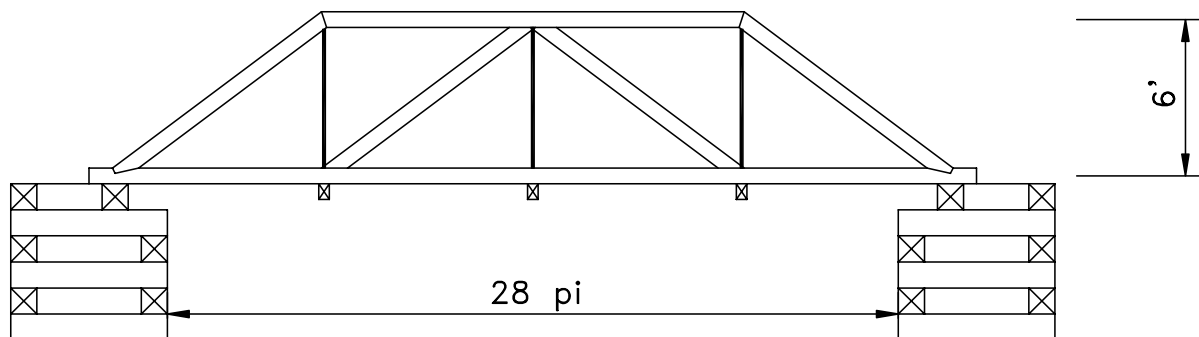


Figure 1.2-3 Pont sur le ruisseau Vincelot à Cap-Saint-Ignace

En 1806, on retrouve deux ponts construits à la pointe nord de l'île de Montréal par Thomas Porteous, suivant le modèle du pont de Schaffhausen, sur le Rhin, en Suisse. Ces ponts ne durèrent que quelques années.

C'est vers cette époque qu'on commença à recouvrir les ponts en bois d'une toiture et de murs latéraux pour protéger la structure contre les intempéries. Aux États-Unis, de nombreux ingénieurs et constructeurs imaginèrent et brevetèrent des structures formées de poutres triangulées ou en treillis de différentes formes: Town, Long, Howe, Pratt, etc. (figure 1.2-4).

Parmi les types de triangulations couramment adoptés pour des travées plus courtes, surtout entre les années 1910 et 1930, on rencontre souvent le système Warren. La poutre Warren comprend une membrure inférieure et une membrure supérieure reliées par des diagonales, les unes tendues, les autres comprimées. Une de ses variantes, le système Pony-Warren, comprend des poutres de faible hauteur dont les membrures supérieures ne sont pas reliées transversalement entre elles; cette absence de contreventement supérieur permet un dégagement vertical illimité aux véhicules.

Ce système fut utilisé pour franchir des portées de 20 à 40 m. On assure le contreventement transversal en reliant rigidement aux poutres les pièces de pont sur lesquelles repose le platelage en bois ou la dalle en béton armé. Pour diminuer la portée de la dalle ou éviter l'emploi de longerons, on ajoute parfois d'autres pièces transversales vis-à-vis des montants additionnels dans la poutre triangulée (figure 1.3-3). Une seconde variante de la poutre Warren, fabriquée vers 1910, possède un double système de triangulations, dans lequel ses diagonales se croisent à mi-hauteur (figure 1.3-4).

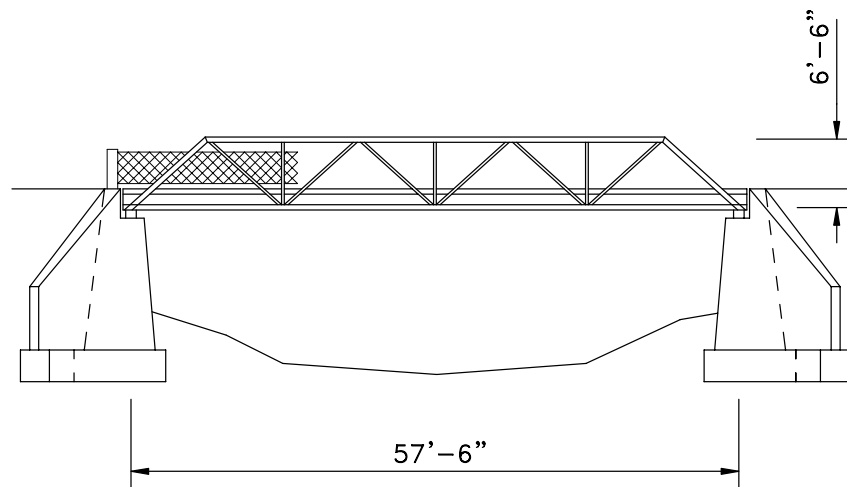


Figure 1.3-3 Pont sur le ruisseau Saint-Louis à Sainte-Marie-de-Monnoir

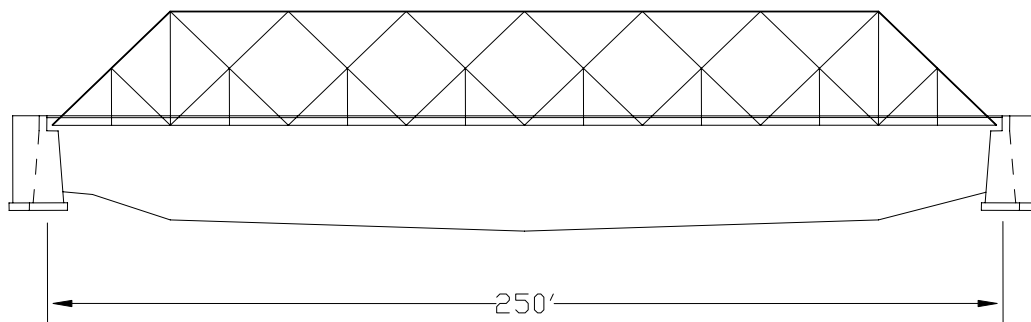


Figure 1.3-4 Pont sur la rivière Bécancour à Sainte-Julie

Un autre type de triangulations très employé fut le système Pratt, dans lequel les diagonales sont tendues et les montants comprimés. Lorsque la portée dépasse 60 m, les panneaux principaux sont subdivisés par un demi-montant inférieur afin de réduire la portée des longerons; on obtient alors le système Baltimore ou le système Pettit (figure 1.2-4). La description de tous les systèmes de triangulations possibles et de leurs subdivisions nécessiterait une étude particulière.

Après le rachat, en 1910, de la concession du pont Dorchester, sur la rivière Saint-Charles, la ville de Québec fit construire quatre ponts basculants sur ce cours d'eau navigable. Les ponts Drouin, Dorchester et Lavigueur furent érigés entre 1911 et 1916, le pont Samson en 1930. Des contrepoids en béton, fixés aux deux poutres triangulées, équilibraient le poids de la travée principale au levage. Plus en amont, le pont Victoria, qui était un pont tournant, fut construit en 1897 et démoli en 1958. D'autres ponts tournants à poutres triangulées traversaient des cours d'eau navigables, dont plusieurs sur l'ancien canal Soulanges.

Le tablier de la plupart des ponts mentionnés jusqu'ici se trouve au niveau des membrures inférieures des poutres. Cependant lorsque le profil longitudinal de la route surplombe la rivière à un niveau élevé, on a intérêt à construire un pont à tablier supérieur, sur lequel les véhicules circulent au-dessus de la membrure supérieure des poutres. Cet arrangement diminue la hauteur des piles, assure un dégagement vertical illimité à la chaussée et obstrue moins l'horizon d'un observateur. Là aussi les systèmes Pratt et Warren sont utilisés (figure 1.3-5).

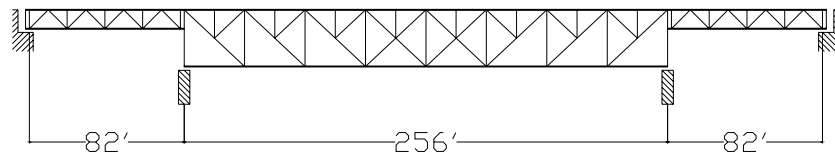


Figure 1.3-5 Ancien pont sur la rivière Bécancour à Saint-Sylvere

Si la hauteur libre est limitée et qu'on désire conserver une structure assez basse, on optera pour un tablier intermédiaire, sans contreventement supérieur. On en trouve un bel exemple dans le pont de la rivière Manicouagan, conçu par l'ingénieur Émile Laurence et érigé en 1969 près de Baie-Comeau. La portée centrale de ce pont continu de 900 pi (274 m) de longueur mesure 500 pi (152 m); sa charpente est entièrement faite de pièces d'acier galvanisées.

Plusieurs des ponts les plus importants du Québec sont des structures à poutres triangulées. Parmi ceux-ci, on distingue les ponts cantilevers : leur travée centrale s'appuie sur un porte-à-faux qui prolonge la travée de rive. Voici une liste de ces ponts qui traversent le fleuve Saint-Laurent, avec leurs caractéristiques (longueur totale, portée principale, travée suspendue et année d'ouverture) :

- Le pont de Québec, 3239 pi (987 m), portée centrale de 1800 pi (549 m), soit la plus longue travée cantilever au monde, travée suspendue de 640 pi (195 m), ouvert en 1917 (figure 1.3-6);

1.3.3 Les ponts en arc

La plupart des vieux ponts en arc sont à tablier supérieur. Les charges du tablier sont transmises à l'arc par des montants. Dans un modèle plus fréquent, le tympan comprend également des diagonales qui soutiennent des montants secondaires ajoutés en vue de diminuer la portée des longerons du tablier. Cet arc triangulé est souvent prolongé jusqu'aux culées par des travées de rive appuyées sur un demi-arc; ce système permet de diminuer la poussée de l'arc principal sur les appuis.

Le pont Lizotte, érigé sur la petite rivière du Chêne, à Deschaillons, en 1964, se compose d'une travée centrale en forme d'arc à trois articulations, de 200 pi (61 m) de portée, et de deux travées de rive constituées chacune par un encorbellement solidaire des demi-arcs de la travée centrale; ces encorbellements se raccordent aux arrière-culées au moyen de travées à poutres droites. Ce pont est cependant connu surtout parce qu'il fut le premier pont important dont toutes les pièces furent galvanisées à chaud (figure 1.3-9).

Dans les ponts en arc à tablier inférieur, la poussée de l'arc, lorsqu'elle n'est pas reportée aux fondations, est reprise par la poutre du tablier qui agit alors comme tirant. Quelques ponts en arc à tirant ou *bow-string* ont été construits, avec des portées d'environ 45 m, vers 1935 (figure 1.3-10)

Quelques exemples d'un type de pont en arc assez particulier ont été construits depuis 1960. Il s'agit d'ouvrages dont l'ossature est constituée d'une poutre très rigide renforcée par un arc de faible inertie auquel elle est reliée par des montants. Le calcul de ce pont s'effectue selon la méthode de Josef Langer, ingénieur autrichien qui l'étudia vers 1860. Le pont à poutre Langer, qui donne une structure esthétique et d'aspect léger, est parfois économique pour des portées de l'ordre de 100 m.

Le pont sur la rivière Ouelle, construit en 1959, a une portée de 280 pi (85 m). Il possède même la particularité d'avoir un contreventement supérieur formé d'une poutre Vierendeel : cette poutre transversale ne comprend que des traverses encastrees à l'arc sans aucune diagonale. Elle fut imaginée par le professeur belge A. Vierendeel (1852-1940) (figure 1.3-11).

Quatre autres ponts assez identiques furent construits de 1970 à 1978 avec des travées de 300 pi (91 m) à Northfield, à Grand Remous, à Sheldrake et Milnikek. Le pont Lachapelle, érigé en 1976 sur la rivière des Prairies, comprend deux portées de 220 pi (67 m) et aussi la plus longue travée de ce type, avec une portée de 409 pi (125 m).

Comme curiosité intéressante, citons également un pont en arc en aluminium, construit près des usines de la société Alcan, à Jonquière, en 1950. Ce pont à tablier supérieur mesure 504 pi (154 m) de longueur, incluant l'arc à deux articulations de 300 pi (91 m) (figure 1.3-12).

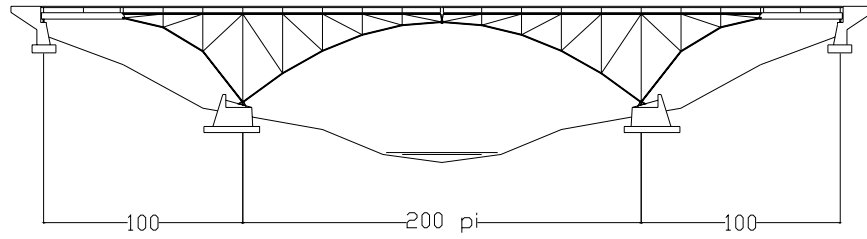


Figure 1.3-9 Pont Lizotte à Deschaillons

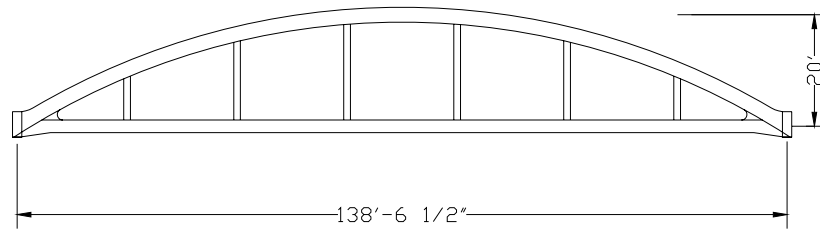
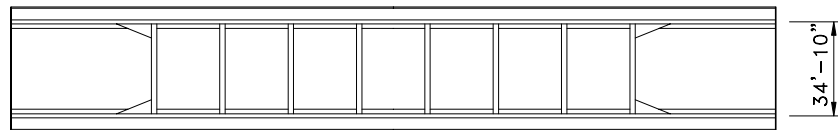
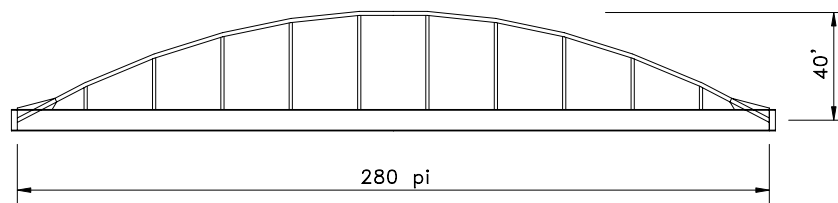


Figure 1.3-10 Pont sur la rivière Châteauguay à Ormstown



PLAN



ÉLEVATION

Figure 1.3-11 Pont en arc sur la rivière Ouelle

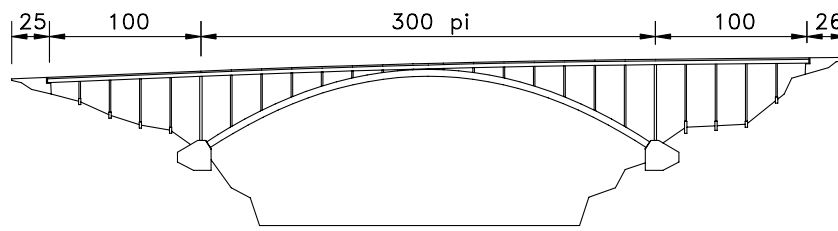


Figure 1.3-12 Pont en aluminium sur la rivière Saguenay

CHAPITRE 2

INVENTAIRE

TABLE DES MATIÈRES

2.1	GÉNÉRALITÉS	2-1
2.2	ÉCRAN 1 : INFORMATIONS ADMINISTRATIVES	2-2
2.2.1	Identification et localisation	2-2
2.2.2	Obstacle	2-11
2.3	ÉCRAN 2 : INFORMATIONS TECHNIQUES	2-15
2.3.1	Année de construction	2-15
2.3.2	Circulation	2-15
2.3.3	Capacité	2-17
2.3.4	Hydraulique	2-20
2.4	ÉCRAN 3 : INFORMATIONS DESCRIPTIVES	2-21
2.4.1	Géométrie	2-21
2.4.2	Utilités publiques	2-25
2.4.3	Divers	2-25
2.5	ÉCRAN 4 : INFORMATIONS DESCRIPTIVES	2-27
2.5.1	Dégagement inférieur	2-27
2.5.2	Unités de fondation – Appareils d’appui - Joints	2-30
2.6	ÉCRAN 5 : INFORMATIONS DESCRIPTIVES	2-42
2.6.1	Systèmes structuraux	2-42
2.6.2	Équipements	2-47
2.7	ÉCRAN 6 : INFORMATIONS DESCRIPTIVES	2-54
2.7.1	Ponceau	2-54
2.7.2	Tunnel	2-57
2.7.3	Station de pompage	2-58
2.8	ÉCRAN 7 : MURS	2-58
2.8.1	Mur	2-58
2.8.2	Équipements	2-60

2.9	ÉCRAN 8 : INFORMATIONS DESCRIPTIVES	2-63
2.9.1	Dalle de béton	2-63
2.9.2	Caractéristiques du béton	2-64
2.9.3	Localisation	2-65
2.9.4	Admissibilité aux subventions	2-65
2.9.5	Approches	2-65
2.9.6	Joint longitudinal	2-66
2.9.7	Mur et tunnel	2-66
2.9.8	Autorité responsable	2-67
2.10	ÉCRAN 9 : INFORMATIONS DESCRIPTIVES	2-68
2.10.1	Indices de gestion	2-68
2.10.2	Déficiences	2-69
2.10.3	Remarques	2-69

LISTE DES FIGURES

Figure 2.2-1	Types de structures	2-5
Figure 2.3-1	Longueur du détour	2-16
Figure 2.4-1	Longueur du tablier	2-22
Figure 2.4-2	Biais	2-24
Figure 2.5-1	Dégagements verticaux inférieurs	2-29
Figure 2.5-2	Types de culées et de piles	2-32
Figure 2.5-3	Types de culées et de piles	2-33
Figure 2.5-4	Types de culées et de piles	2-34
Figure 2.5-5	Types de culées et de piles	2-35
Figure 2.5-6	Types de culées et de piles	2-36
Figure 2.5-7	Types d'appareils d'appui	2-39
Figure 2.5-8	Types de joints de tablier	2-41
Figure 2.6-1	Longueur des travées	2-44
Figure 2.6-2	Longueur des travées	2-45
Figure 2.6-3	Types de dispositifs de retenue	2-49
Figure 2.6-4	Types de dispositifs de retenue	2-50
Figure 2.6-5	Types de dispositifs de retenue	2-51
Figure 2.6-6	Types de dispositifs de retenue	2-52
Figure 2.6-7	Types de dispositifs de retenue	2-53
Figure 2.7-1	Dimensions des ponceaux	2-56
Figure 2.8-1	Types de murs de soutènement	2-61
Figure 2.8-2	Types de murs de soutènement	2-62
Figure 2.10-1	Fiche d'inventaire	2-71

2.1 GÉNÉRALITÉS

Les données d'inventaire des structures sont conservées au système de gestion des structures SGS-5016. Les types de structure devant figurer à l'inventaire sont les suivants :

1. Ponceaux (types 11 à 20)

Inscrire les ponceaux dont l'ouverture, mesurée perpendiculairement aux parois, est de 4,5 mètres ou plus.

Dans le cas où il y a plusieurs cellules, il faut considérer la somme de leurs ouvertures. Les cellules doivent évidemment se trouver sur le même cours d'eau et la distance entre chacune d'elles doit être inférieure ou égale au diamètre de la cellule la plus importante.

Note : Les ponceaux de type 12 ne peuvent figurer à l'inventaire puisque leur ouverture est nécessairement inférieure à 4,5 mètres. En conséquence, cela implique que les portiques en béton armé sous remblai de plus de 4,5 mètres sont des ponts de type 36.

2. Ponts (types 31 à 85)

Inscrire les ponts dont la longueur du tablier (distance comprise entre les extrémités du tablier ou entre les faces intérieures des garde-grèves des culées) est de 4,5 mètres ou plus.

Dans le cas des ponts de type portique, il faut considérer l'ouverture.

3. Tunnels (type 94)

Inscrire les tunnels de grande section.

Les tunnels doivent être des ouvrages de très grandes envergures, munis de systèmes de ventilation, de télésurveillance, de communication et de contrôle de la circulation.

4. Murs (type 97)

Inscrire les murs dont la hauteur moyenne, mesurée à partir du dessus du terrain naturel sans inclure les dispositifs de retenue, est de 1,5 mètres ou plus et dont la superficie est de 150 mètres carrés ou plus. Les murs de dimensions inférieures qui sont construits à proximité d'un pont sont considérés comme faisant partie de ce pont et ne doivent pas faire l'objet d'un ajout à l'inventaire.

5. Stations de pompage (type 98)

Inscrire les stations de pompage.

6. Autres (type 99)

Inscrire les structures diverses (ex. : aérogare)

L'inscription de ces équipements est facultative.

Les autres types d'ouvrages tels les supports de signalisation ou d'éclairage (type 95) et les quais (type 96) ne peuvent figurer à l'inventaire du SGS-5016.

Toutes les données à saisir à l'inventaire sont définies dans les sections qui suivent. Si les informations se retrouvent sur 9 écrans différents, il faut cependant mentionner que tous ces écrans n'ont pas à être complétés en entier pour tous les types d'ouvrages.

Les structures se trouvant sous la responsabilité d'autres organismes peuvent aussi figurer à l'inventaire. Cependant, seules sont obligatoires les informations administratives, qui permettent de bien localiser la structure et d'en déterminer le propriétaire. De même, la capacité affichée du pont et son dégagement vertical inférieur doivent être notés puisqu'ils peuvent constituer une entrave à la libre circulation des véhicules.

2.2 ÉCRAN 1 : INFORMATIONS ADMINISTRATIVES

Doivent être saisis dans cet écran les renseignements portant sur les structures de type:

1. PONCEAUX (au complet)
2. PONTS (au complet)
3. TUNNELS (au complet)
4. MURS (en partie)
5. STATIONS DE POMPAGE (en partie)
6. AUTRES (en partie)

2.2.1 Identification et localisation

DG – DT – CS – SC

Ces champs identifient la Direction générale, la Direction territoriale, le Centre de services et le Sous-centre de services où se trouve la structure.

Pont limitrophe

Ce champ est utilisé seulement dans le cas d'une structure limitrophe entre le Québec et une autre province canadienne ou un état américain.

On peut alors inscrire la province ou l'état limitrophe, soit :

- 1- Ontario
- 2- Nouveau-Brunswick
- 3- Terre-Neuve
- 4- Maine
- 5- New York
- 6- Vermont
- 7- New Hampshire

Classification fonctionnelle (Classif. fonct.)

Ce champ permet d'inscrire la classification fonctionnelle de la route sur laquelle est située la structure, soit :

- 11- Autoroute RS (réseau supérieur)
- 15- Autoroute PRN (Politique routière nationale)
- 16- Autoroute RSSCE (Réseau stratégique en soutien au commerce extérieur)
- 17- Autoroute RSTQ (Réseau stratégique de transport du Québec)
- 21- Nationale RS (réseau supérieur)
- 25- Nationale PRN (Politique routière nationale)
- 26- Nationale RSSCE (Réseau stratégique en soutien au commerce extérieur)
- 27- Nationale RSTQ (Réseau stratégique de transport du Québec)
- 31- Régionale RS (réseau supérieur)
- 36- Régionale RSSCE (Réseau stratégique en soutien au commerce extérieur)
- 37- Régionale RSTQ (Réseau stratégique de transport du Québec)
- 41- Collectrice RS (réseau supérieur)
- 46- Collectrice RSSCE (Réseau stratégique en soutien au commerce extérieur)
- 47- Collectrice RSTQ (Réseau stratégique de transport du Québec)
- 51- Locale 1
- 52- Locale 2
- 53- Locale 3
- 61- Accès aux ressources

- 66- Accès aux ressources RSSCE (Réseau stratégique en soutien au commerce extérieur)
- 67- Accès aux ressources RSTQ (Réseau stratégique de transport du Québec)
- 71- Accès aux ressources et aux localités isolées
- 76- Accès aux ressources et aux localités isolées RSSCE (Réseau stratégique en soutien au commerce extérieur)
- 77- Accès aux ressources et aux localités isolées RSTQ (Réseau stratégique de transport du Québec)
- 91- Passage à piétons
- 92- Chemin de fer
- 93- Autres

La classification fonctionnelle de toutes les routes codifiées du réseau supérieur est enregistrée au système BGR-6025 (Base géographique routière). Les valeurs de classification fonctionnelle saisies au système SGS-5016 sont validées avec les données du système BGR-6025 pour les routes du réseau supérieur lorsque la première juridiction de la structure est égale à « 01 - MTQ ». Cette validation est possible lorsque les champs « Route – Tronçon – Section – Sous-route - Chaînage » ont été complétés correctement.

Les classes 91, 92 et 93 sont particulières au SGS-5016 et ne se retrouvent nulle part ailleurs.

Calcul des indices

Ce champ permet d'indiquer si, oui ou non, un calcul des indices de gestion est possible pour la structure. Par défaut, la valeur est égale à « Non ». Inscrire « Oui » seulement lorsque les données complètes d'inventaire et d'inspection sont saisies.

Il est à noter qu'il est présentement impossible d'obtenir un calcul des indices pour les structures de types 85, 94 et 98. Pour les structures de type 97, l'indice d'état est calculé alors que les indices de vulnérabilité sismique et de fonctionnalité sont fixés par défaut à une valeur de 100. Pour les structures situées sur une route de classification fonctionnelle 91 ou 92, les indices d'état et de vulnérabilité sismique sont calculés alors que l'indice de fonctionnalité est fixé par défaut à une valeur de 100.

Municipalité

Inscrire la municipalité dans laquelle se trouve la structure. Lorsqu'une structure est située à la limite de deux municipalités, on indique les deux municipalités mitoyennes; dans le cas d'une structure de juridiction municipale, on indique la municipalité la plus peuplée en premier lieu.

Dégagement vertical supérieur (Dégagement vert. sup.)

Inscrire la hauteur libre au-dessus des voies de circulation et des accotements, en mètres. Cette hauteur doit être la valeur réelle mesurée en son point le plus bas.

Lorsque le dégagement vertical supérieur est illimité, on conserve la valeur par défaut qui est égale à « 99.99 ».

Largeur hors tout

Inscrire la dimension du tablier, mesurée perpendiculairement à l'axe longitudinal de la structure, en mètres. Dans le cas d'une structure à largeur variable, indiquer la largeur moyenne.

Largeur carrossable (Largeur carrossable)

La largeur carrossable d'un pont est égale à la largeur des voies de circulation (ou largeur de la chaussée) et des accotements de la route. Elle se mesure perpendiculairement à l'axe longitudinal du pont, entre les chasse-roues (ou trottoirs) ou pour les ponts sous remblai dont les accotements ne sont pas bien délimités entre les dispositifs de retenue, en mètre. Cette dimension est toujours inférieure à la largeur hors tout.

Largeur carrossable souhaitable (Larg. carros. souhait.)

Inscrire la largeur carrossable souhaitable en mètres. Cette valeur doit être égale à la largeur de la route existante ou projetée. La largeur de la route est la largeur de la chaussée avec les accotements.

Largeur carrossable minimale souhaitable (Larg. car. min. sou.)

Inscrire la largeur carrossable minimale souhaitable en mètres. Cette valeur doit correspondre à la dimension en deçà de laquelle le pont ne serait plus fonctionnel.

Épaisseur du remblai

Inscrire l'épaisseur du remblai au centre de la structure ou de la chaussée, en mètres.

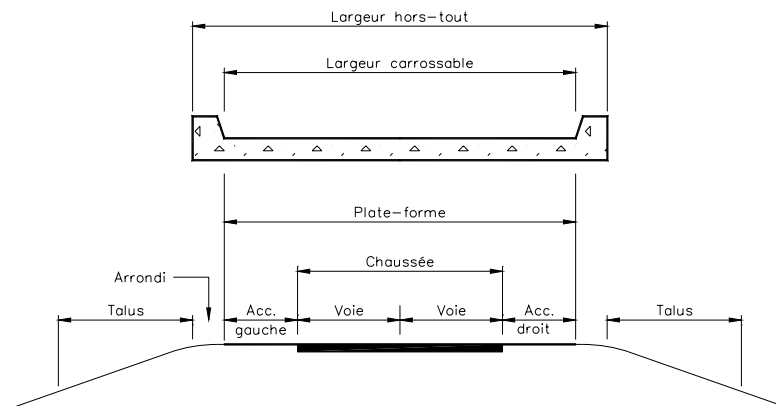
Biais – Y

Le biais d'un pont est l'angle formé par une ligne perpendiculaire à l'axe longitudinal du pont et une ligne passant par l'axe des appuis (figure 2.4-2).

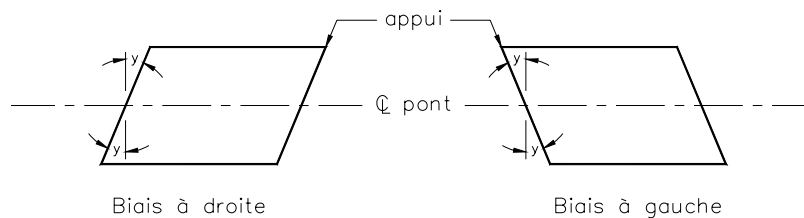
Il est nul quand le pont est à angle droit.

Le biais est dit à droite si l'angle tombe dans le 1^{er} ou le 3^e quadrant, à gauche s'il tombe dans le 2^e ou le 4^e quadrant.

Indiquer en premier lieu si le biais est nul, à droite ou à gauche et, en second lieu, la valeur de l'angle « Y », en degrés. Cette valeur doit toujours être inférieure à 65 degrés. Par défaut, le système indique que le biais est nul mais cette valeur peut évidemment être modifiée en tout temps.



LARGEUR D'UN PONT



BIAIS

Figure 2.4-2 Biais

2.5 ÉCRAN 4 : INFORMATIONS DESCRIPTIVES

Cet écran doit être saisi pour les structures de type :

1. PONCEAUX (en partie)
2. PONTS (au complet)

2.5.1 Dégagement inférieur

Pour chacun des obstacles (possibilité de 8) définis à l'écran 1, remplir, dans le même ordre, les 5 champs suivants :

Horizontal gauche – Protection (Hor. G. – Pro)

Dans le cas où l'obstacle est une route à sens unique, se placer dans le sens de la circulation pour déterminer le côté gauche ou droit. Dans le cas où l'obstacle est une route à circulation dans les deux sens ou une voie ferrée, faire face à l'est ou au nord pour déterminer le côté gauche ou droit.

Si l'obstacle est une voie ferrée, inscrire la distance à gauche, en mètres, entre le centre de la voie et la face avant de la pile (ou de la culée). S'il s'agit d'une route, inscrire la distance à gauche, entre le bord de la chaussée (ou ligne de rive) et la pile (ou la culée). Inscrire également s'il existe, oui ou non, une protection latérale contre la pile (ou la culée) de gauche (glissière en béton, par exemple).

Si l'obstacle est un cours d'eau, un passage pour piétons, animaux ou motoneiges ou de type « autre », ne rien inscrire dans les 2 champs.

Horizontal droit – Protection (Hor. D. – Pro)

Si l'obstacle est une voie ferrée, inscrire la distance à droite, en mètres, entre le centre de la voie et la face avant de la pile (ou de la culée). S'il s'agit d'une route, inscrire la distance à droite, entre le bord de la chaussée (ou ligne de rive) et la pile (ou la culée). Inscrire également s'il existe, oui ou non, une protection latérale contre la pile (ou la culée) de droite.

Si l'obstacle est un cours d'eau, un passage pour piétons, animaux ou motoneiges ou de type « autre », ne rien inscrire dans les 2 champs.

Vertical inférieur (Vert. inf.)

Inscrire la hauteur libre, en mètres.

Si l'obstacle est une route, le dégagement vertical inférieur est la plus petite distance mesurée sous le tablier d'une structure vis-à-vis des voies de circulation et des accotements (figure 2.5-1).

Si l'obstacle est un chemin de fer, la hauteur libre se mesure à partir du dessus du rail le plus élevé.

Si l'obstacle est un cours d'eau, la hauteur libre se mesure entre le soffite et le niveau des eaux hautes. L'article 2.1.4.2 du Tome III - Ouvrages d'art, des Normes du MTQ indique comment déterminer la hauteur libre selon le caractère de navigabilité du cours d'eau et la présence ou l'absence de marée, d'embâcle de glaces ou de débris.

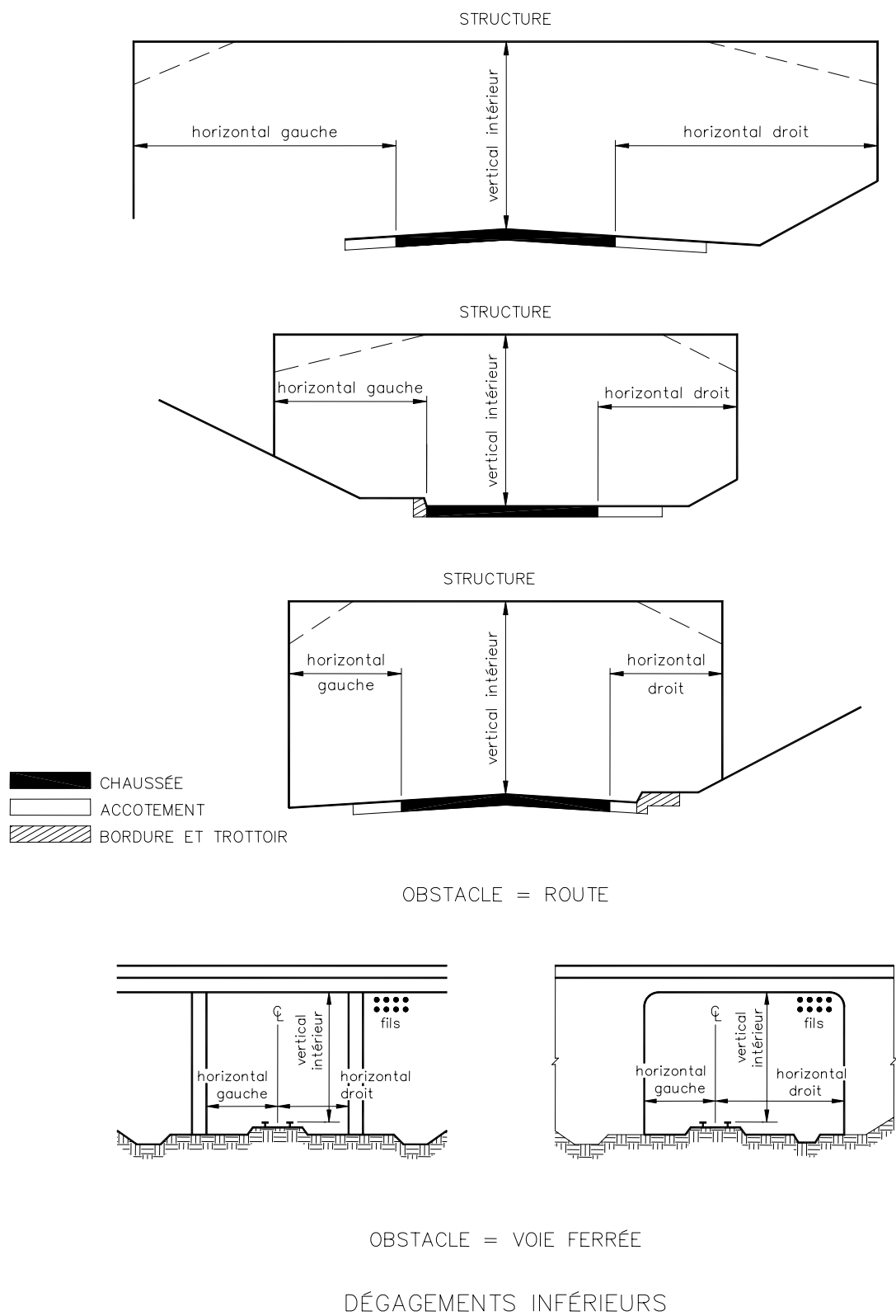


Figure 2.5-1 Dégagements verticaux inférieurs

2.5.2 Unités de fondation – Appareils d'appui - Joints

Pour la description des unités de fondation, on dispose, à l'écran, de 41 blocs. Chaque unité de fondation doit être décrite distinctement; aucun regroupement ne peut être fait, même si plusieurs unités de fondation sont identiques.

Il est à noter que pour les structures de type ponceau, seule la nature du sol peut être saisie.

Note : Commencer par l'ouest ou le sud de la structure pour l'entrée des données selon l'orientation déjà définie à l'écran 1: Identification et localisation.

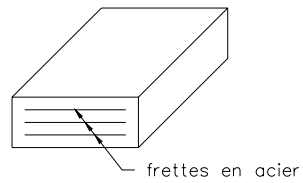
Numéro (No)

Le numéro séquentiel de l'unité de fondation à décrire est généré par le système.

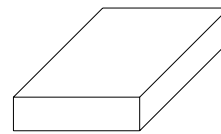
Type culées/piles

Inscrire le type de culée ou de pile considéré, soit (figures 2.5-2, 2.5-3, 2.5-4, 2.5-5 et 2.5-6:

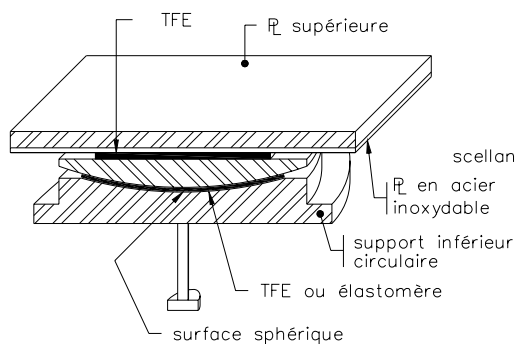
- 01- Culée pleine
- 02- Culée ouverte
- 03- Culée creuse
- 04- Culée en mur berlinois
- 05- Béquille de portique
- 06- Béquille intermédiaire
- 07- Pile avec fût sans colonne avec ou sans chevêtre
- 08- Pile à plusieurs colonnes avec chevêtre
- 09- Pile à plusieurs colonnes sans chevêtre
- 10- Pile à une colonne
- 11- Banc
- 12- Caisson à claire-voie
- 13- Caisson à claire-voie gainé
- 14- Culée sur remblai
- 15- Culée sur remblai renforcé
- 16- Pile d'un pont en arc
- 17- Extrémité d'un pont en arc à tympan rigide
- 18- Culée en terre armée
- 99- Travée d'extrémité en porte-à-faux



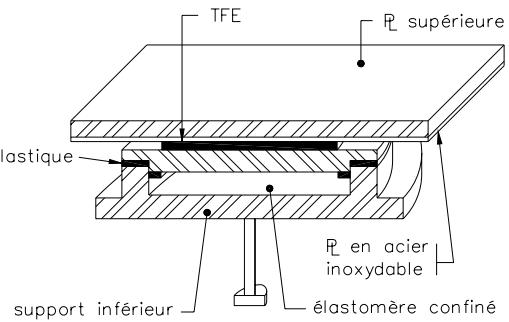
1 – PLAQUE EN ÉLASTOMÈRE FRETTÉ



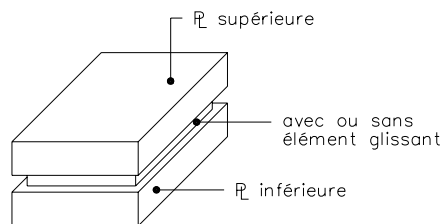
2 – PLAQUE EN ÉLASTOMÈRE NON FRETTÉ



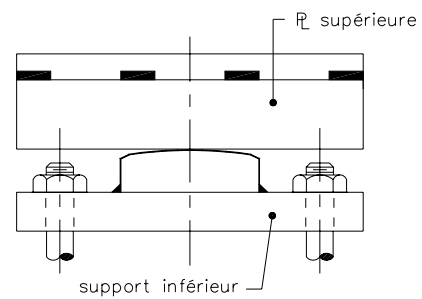
3 – AVEC ARTICULATION SPHÉRIQUE



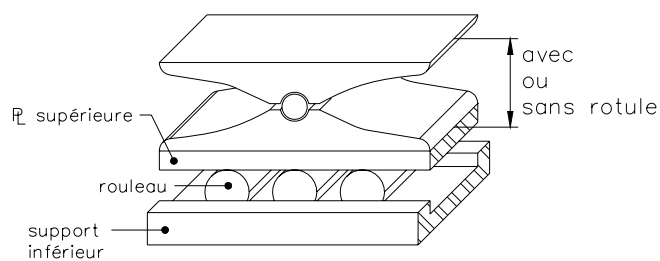
4 – À ÉLASTOMÈRE CONFINÉ



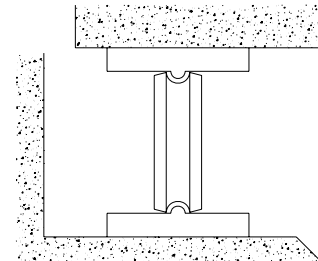
5 – À PLAQUES EN ACIER,



À ROTULE EN ACIER



6 – À ROULEAUX



7 – À PENDULE

Figure 2.5-7 Types d'appareils d'appui

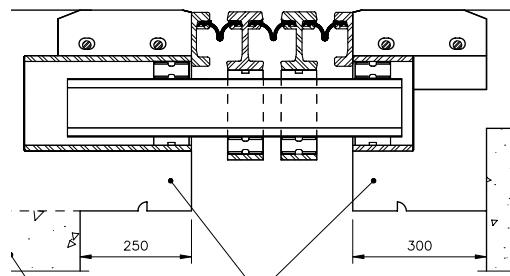
Joint de tablier

Inscrire le type de joint considéré, soit :

- 01- À ouverture libre
- 02- À plaque
- 03- À doigts
- 04- À dents
- 05- À plaques en élastomère
- 06- À garniture comprimée en élastomère
- 07- À garniture enclenchée en élastomère
- 08- À plaque en élastomère fretté
- 09- Fixe
- 10- Modifié (modifié à la culée ou éliminé à la pile)
- 11- À plus d'une garniture
- 12- Inexistant
- 98- Autre
- 99- Inexistant

Si on est en présence d'un joint qui n'est pas situé à la culée ou à la pile (par exemple : joint au centre dans le cas d'un pont constitué de deux structures à béquilles construites bout à bout), il faut inscrire le joint au niveau de l'unité de fondation précédant ou suivant.

Note : Des croquis de chacun des types sont donnés à la figure 2.5-8 sauf le croquis du type 11 donné ci-après.



Note : Le type de structure défini à l'Écran 1 : Identification et localisation doit se retrouver dans un des types de structure défini pour chacune des travées, à l'exception du type 85, qui peut être saisi en type de structure principal et non en type de structure par travée.

Longueur (Long.)

Inscrire la longueur de chaque travée, en mètres, mesurée généralement entre 2 appuis successifs (du centre d'une pile au centre de la pile suivante) (figures 2.6-1 et 2.6-2). Cependant, la première travée se mesure de la face intérieure du garde grève au centre de la pile suivante ou à la face intérieure du garde grève de l'autre extrémité. Pour les structures de type portique, la travée est égale à l'ouverture.

Il ne faut pas confondre la longueur de travée et la portée qui se définit, pour sa part, comme la distance entre deux points d'appui consécutifs des éléments porteurs (centre à centre des appuis). Ainsi, la longueur de travée est normalement supérieure à la portée.

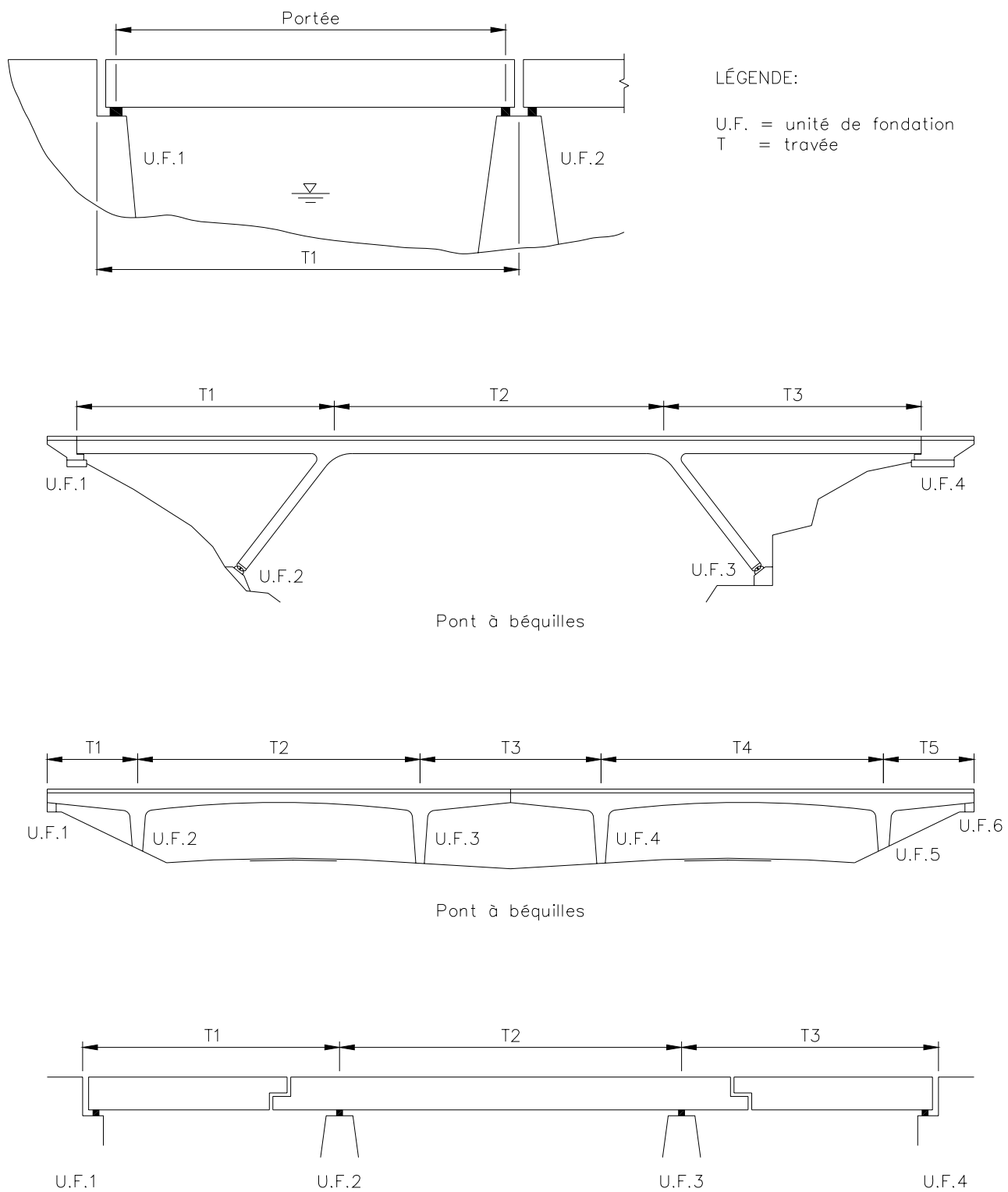
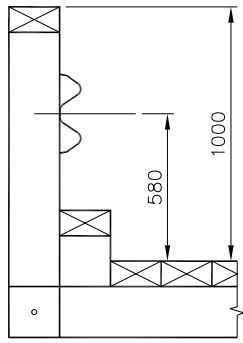
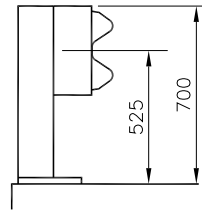


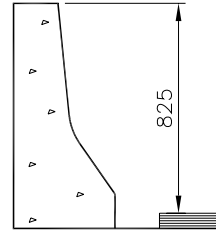
Figure 2.6-1 Longueur des travées



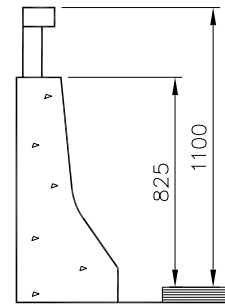
01 – GLISSIÈRE 15



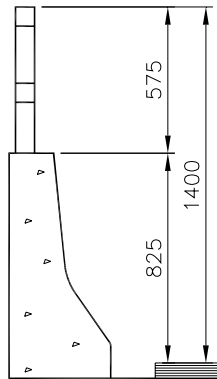
02 – GLISSIÈRE 25



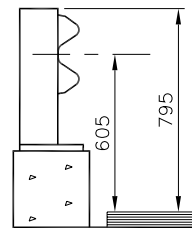
03 – GLISSIÈRE 30



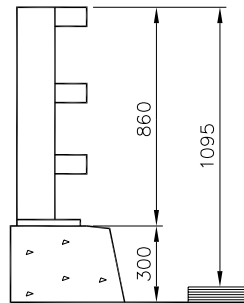
04 – GLISSIÈRE 31



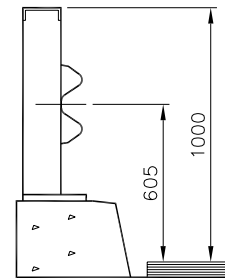
05 – GLISSIÈRE 31C



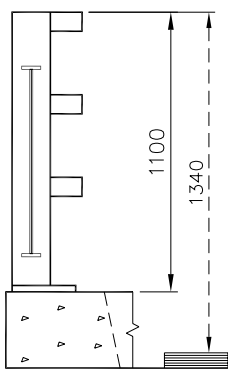
06 – GLISSIÈRE 35



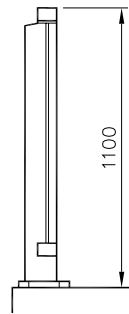
07 – GLISSIÈRE 43



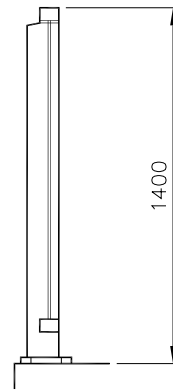
08 – GLISSIÈRE 45



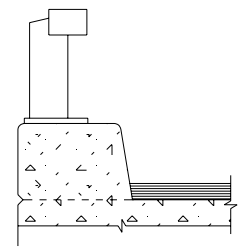
09 – GLISSIÈRE 47B



10 – GARDE-FOU 49



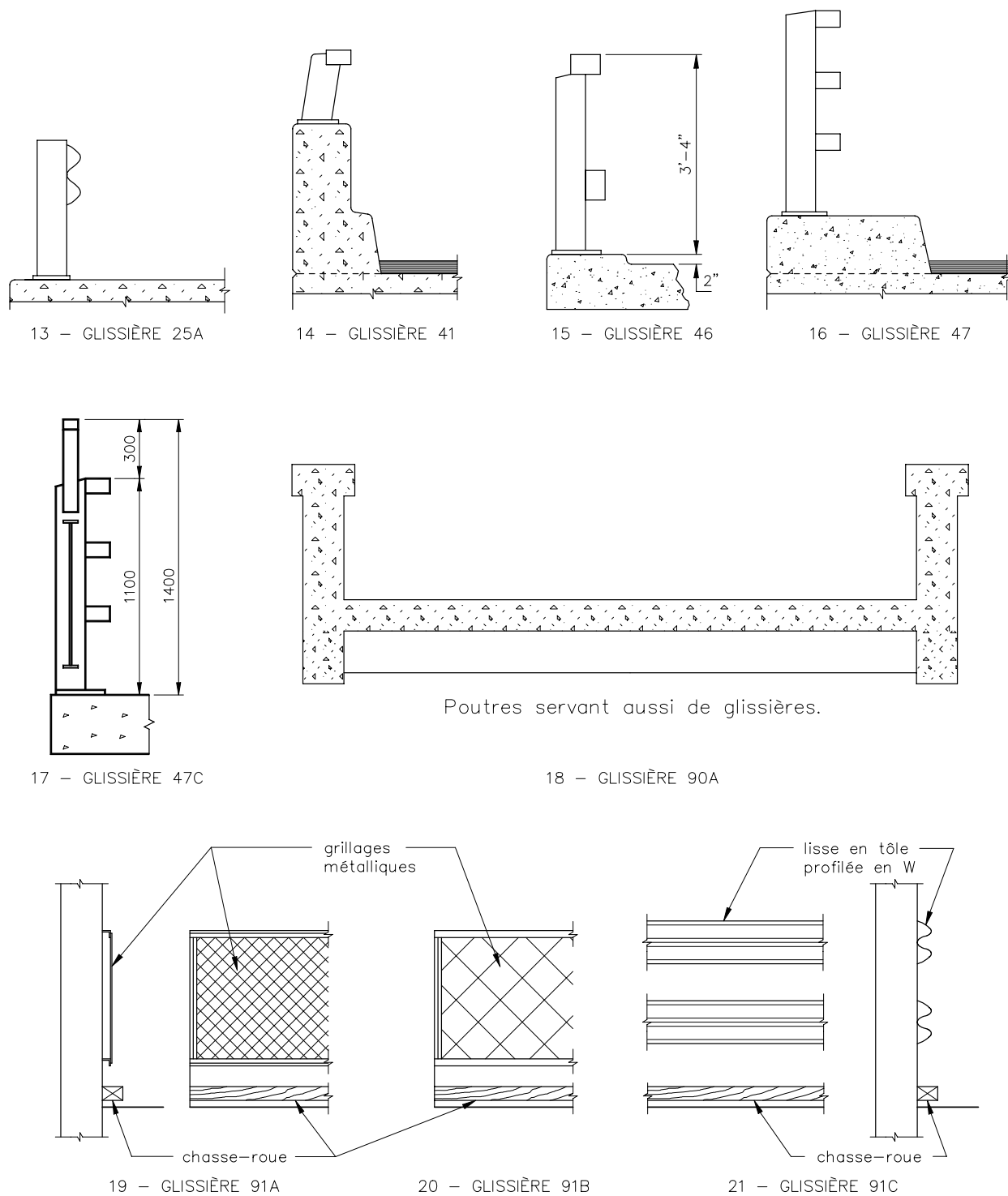
11 – GARDE-FOU 49C



12 – GLISSIÈRE 21

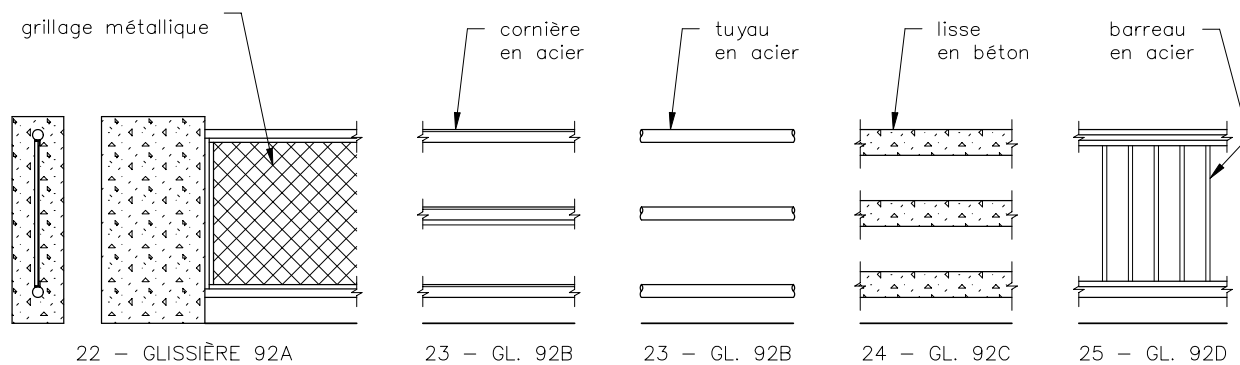
TYPES DE DISPOSITIFS DE RETENUE

Figure 2.6-3 Types de dispositifs de retenue

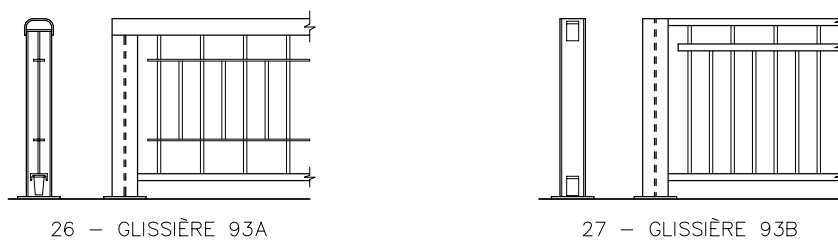


GLISSIÈRES SUR PONTS À POUTRES TRIANGULÉES

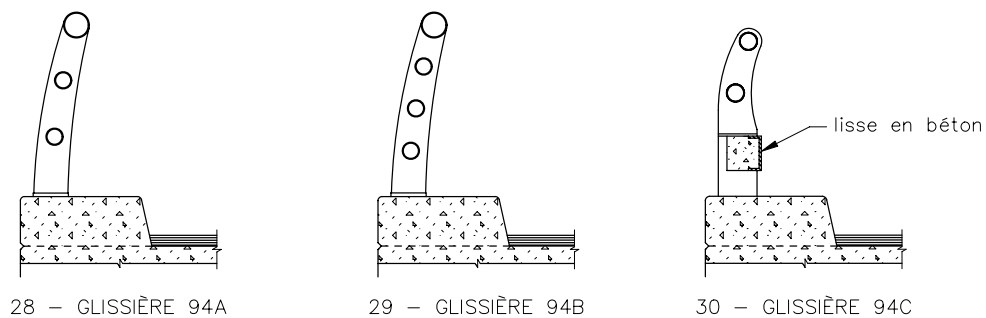
Figure 2.6-4 Types de dispositifs de retenue



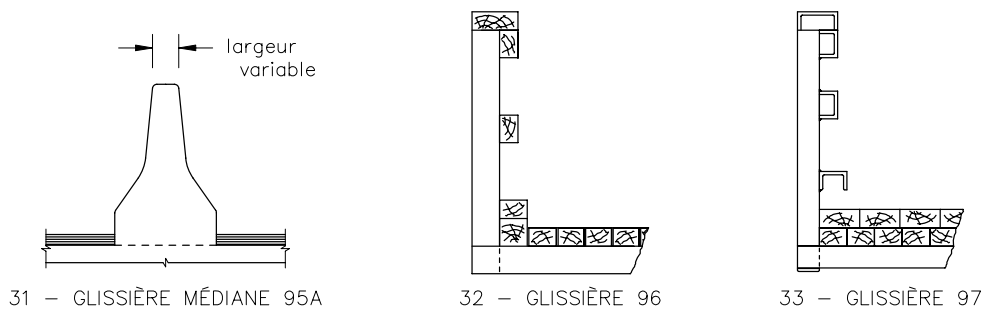
GLISSIÈRES ENTRE DES POTEAUX EN BÉTON



POTEAUX ET PANNEAUX EN ACIER

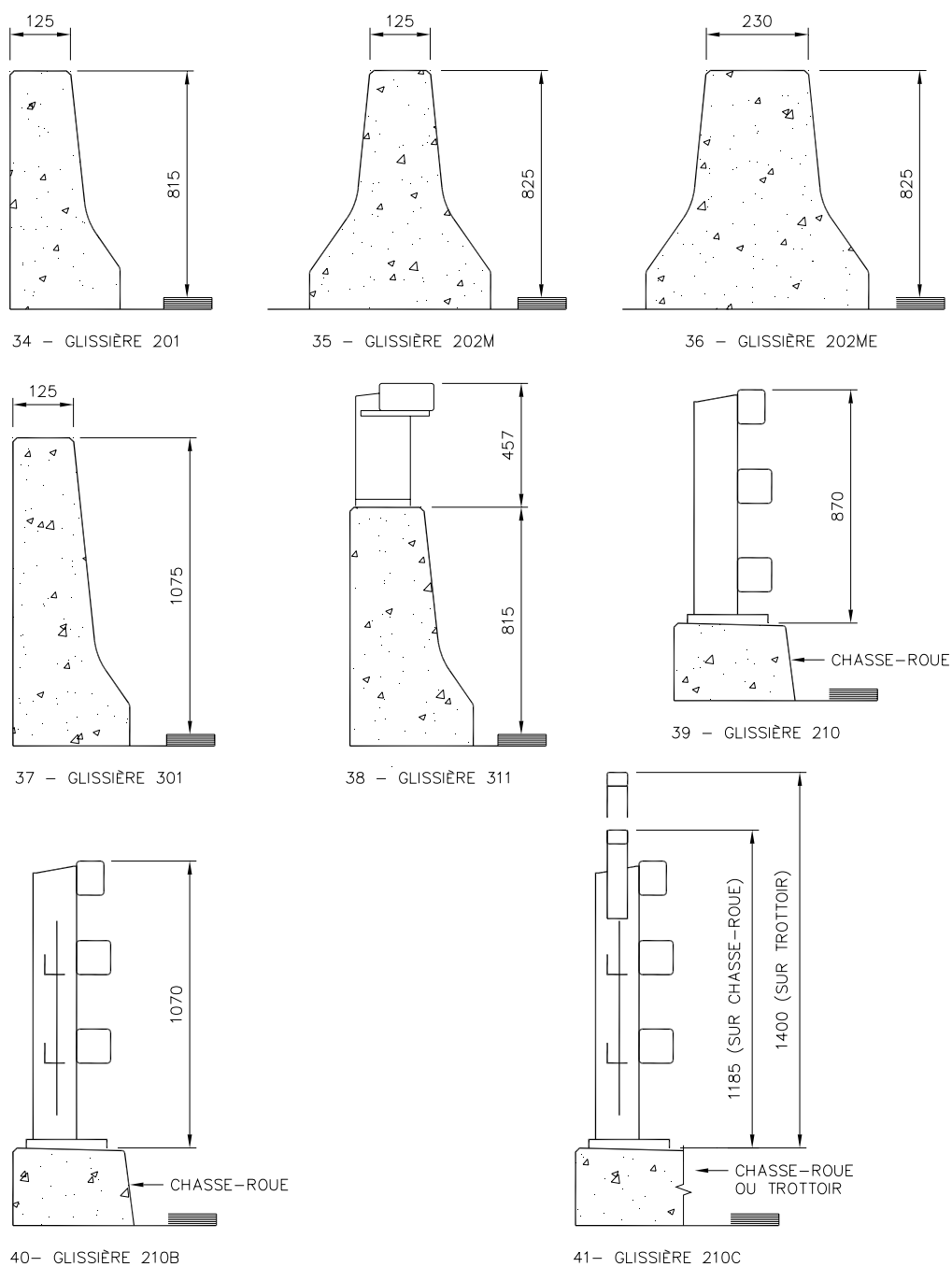


POTEAUX ET TUYAUX EN ACIER OU EN ALUMINIUM



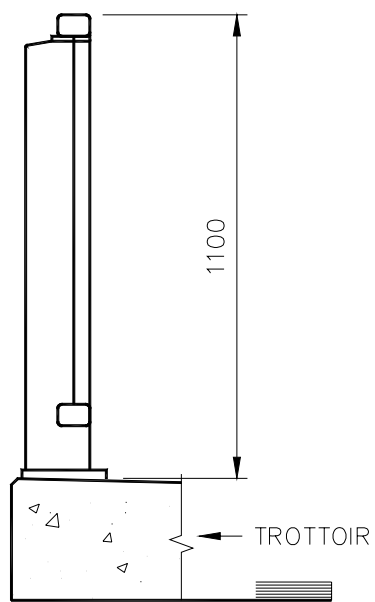
GLISSIÈRES DE PONTS ACIER-BOIS

Figure 2.6-5 Types de dispositifs de retenue

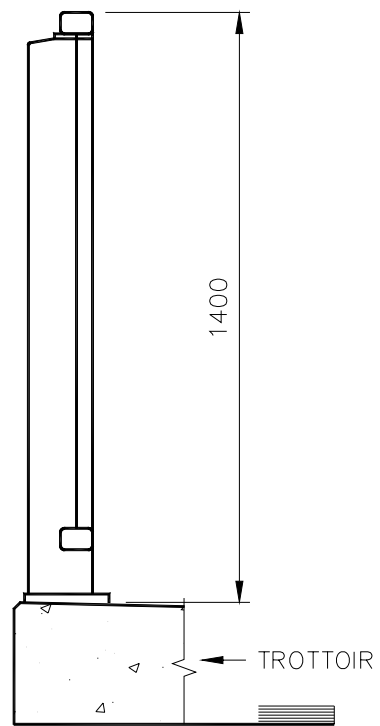


TYPES DE DISPOSITIFS DE RETENUE

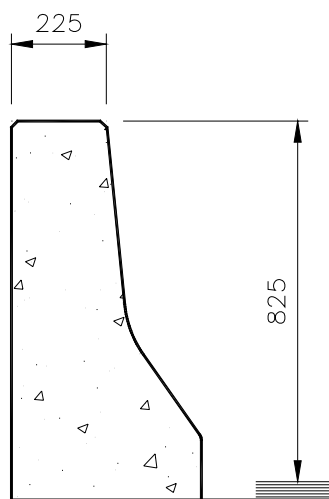
Figure 2.6-6 Types de dispositifs de retenue



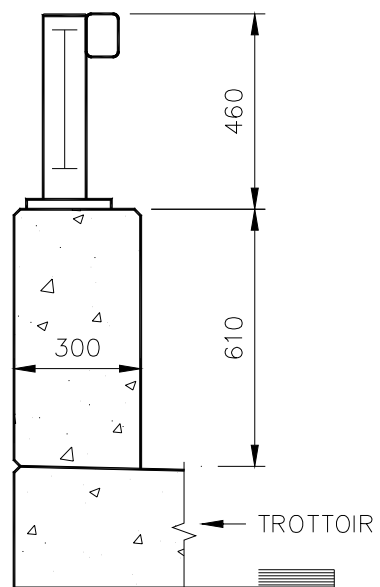
42- GLISSIÈRE 20



43- GLISSIÈRE 20C



44 - GLISSIÈRE 202



45- GLISSIÈRE 211

Figure 2.6-7 Types de dispositifs de retenue

Type de protection de talus – Début (D) et Fin (F)

- **Type de talus**

Inscrire le type de protection du talus. Il est possible d'inscrire 6 types différents, soit 2 à gauche (au début et à la fin), 2 au centre (au début et à la fin) et 2 à droite (au début et à la fin), en se plaçant à l'ouest ou au sud selon l'orientation déjà définie à l'Écran 1:

- 01- Sacs de sable-ciment
- 02- Perré déversé
- 03- Perré placé mécaniquement
- 04- Gabions
- 05- Revêtement en blocs de béton, en briques ou pavés autobloquants en béton
- 06- Revêtement en béton de ciment
- 07- Revêtement en pierres, en pierres choisies, perré cimenté placé à la main
- 08- Revêtement en mortier projeté sous pression
- 10- Autre
- 99- Inexistant

La végétation n'est pas considérée comme de la protection de talus.

2.7 ÉCRAN 6 : INFORMATIONS DESCRIPTIVES

Cet écran doit être saisi, en partie, pour les structures de type :

- 1. PONCEAUX (en partie)
- 3. TUNNELS (en partie)
- 5. STATIONS DE POMPAGE (en partie)

2.7.1 Ponceau

Cette section doit être remplie pour les structures de type ponceau.

Épaisseur du remblai

Inscrire l'épaisseur du remblai, au centre de la chaussée, en mètres.

Nombre de cellules

Inscrire le nombre de cellules.

Dimensions

- Horizontale

Inscrire la largeur maximale de l'ouverture, en mètres. Cette dimension, qui se mesure perpendiculairement aux parois, est égale à la portée, ou au diamètre dans le cas des ponceaux circulaires.

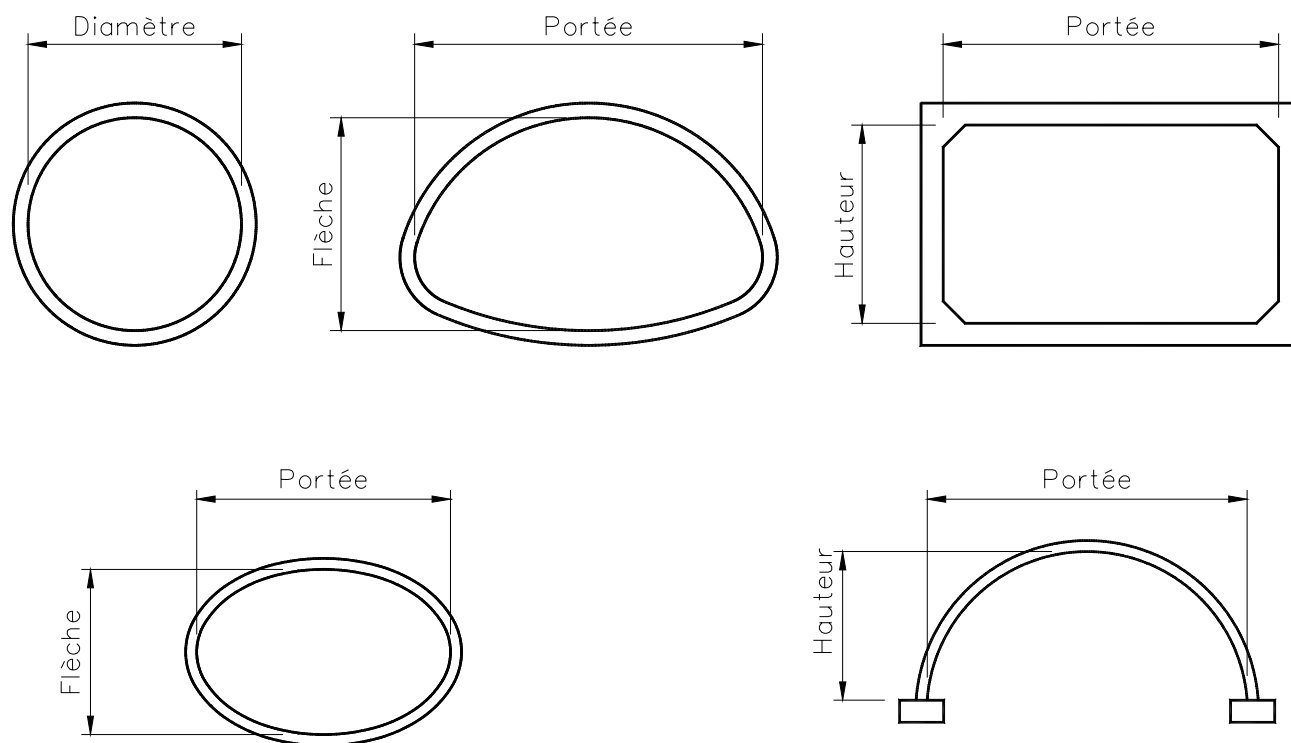
Lorsqu'il y a plusieurs cellules, inscrire la somme des largeurs de chacune des ouvertures.

- Verticale

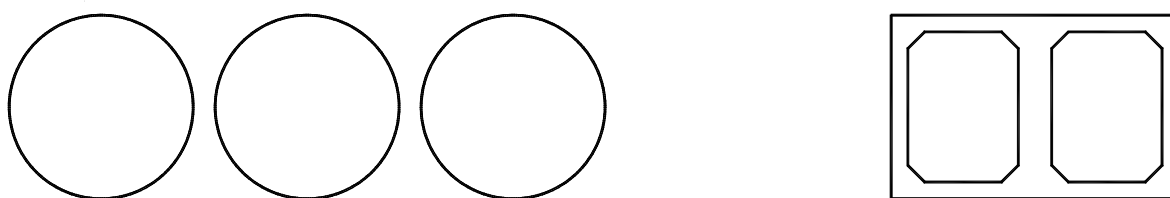
Inscrire la hauteur ou flèche, en mètres. Cette dimension est égale au diamètre dans le cas des ponceaux circulaires.

- Longueur

Inscrire la dimension mesurée selon l'axe longitudinal de l'ouvrage, en mètres.



DIMENSIONS HORIZONTALE ET VERTICALE D'UN PONCEAU



PONCEAUX À PLUSIEURS CELLULES

Figure 2.7-1 Dimensions des ponceaux

Nombre de voies (Nbre voies)

Inscrire le nombre de voies de circulation présentes sur la structure.

Largeur carrossable (Largeur carrossable)

Inscrire la largeur carrossable, qui est égale à la largeur des voies de circulation et des accotements de la route ou face à face des dispositifs de retenue lorsque la surface de roulement est non délimitée.

Murs de tête

- Gauche et droit

Inscrire le type de matériau des murs de tête, à gauche et à droite, en se plaçant à l'ouest ou au sud de la structure, selon l'orientation déjà définie :

- 01- Béton
- 02- Acier
- 03- Bois
- 04- Maçonnerie
- 05- Sacs de sable-ciment
- 06- Gabions
- 07- Autre
- 99- Inexistant

2.7.2 Tunnel

Cette section doit être saisie pour les structures de type tunnel.

Année de construction

Inscrire l'année de construction; si la date exacte ne peut être déterminée, inscrire l'année approximative.

Longueur totale

Inscrire la plus grande dimension parallèle à l'axe du tunnel, en mètres.

Largeur totale

Inscrire la largeur maximale du tunnel, en mètres.

Largeur carrossable (Largeur carrossable)

Inscrire la largeur moyenne mesurée entre les chasse-roues, en mètres.

Dégagement supérieur

Inscrire la hauteur libre au-dessus des voies de circulation et accotements carrossable, en mètres. Cette hauteur doit être égale à la valeur réelle mesurée en son point le plus bas.

2.7.3 Station de pompage

Cette section doit être saisie pour les structures de type station de pompage.

Année de construction

Inscrire l'année de construction de la station; si la date exacte ne peut être déterminée, inscrire l'année approximative.

2.8 ÉCRAN 7 : MURS

Cet écran doit être saisi pour les structures de type :

4. MURS

Le mur de soutènement, le mur antibruit (ou écran sonore), l'écran visuel et l'écran anti-éclaboussure font partie de ce type de structure.

2.8.1 Mur

Emplacement (G/D)

Inscrire si le mur se trouve du côté gauche ou droit de la route. Pour une route à sens unique, se placer dans le sens de la circulation pour déterminer le côté gauche ou droit. Dans le cas d'une route à circulation dans les deux sens, faire face à l'est ou au nord pour déterminer le côté gauche ou droit.

Année de construction

Inscrire, pour la catégorie de mur concernée, l'année de construction. Si la date exacte ne peut être déterminée, inscrire l'année approximative.

Catégorie

Inscrire la catégorie de mur. Les catégories de mur de soutènement sont décrites au chapitre 5 du Tome III - Ouvrages d'art, des Normes du MTQ et des croquis sont également donnés ci-après.

- 901- Mur-poids en béton
- 902- Mur-poids en blocs de béton imbriqués
(Keystone de Permacon, blocs talus de Permacon, blocs talus de Béton Bolduc)
- 903- Mur-poids en maçonnerie
- 904- Mur-poids en gabions (Maccaferri)
- 905- Mur-poids en sacs de sable-ciment
- 906- Caisson en bois traité
- 907- Caisson en acier (Bin Wall)
- 908- Mur en porte-à-faux en béton armé, coulé en place
- 909- Mur en porte-à-faux en béton armé, préfabriqué (Ebal)
- 910- Palplanches en acier encastrées
- 911- Profilés en acier encastrés avec paroi en béton armé
- 912- Profilés en acier encastrés avec paroi en bois traité
- 913- Remblai renforcé par des armatures en acier avec paroi en béton armé
(Terre armée)
- 914- Remblai renforcé par des géogrilles avec paroi en blocs de béton imbriqués
(Keystone - Tensar)
- 915- Remblai renforcé par des treillis métalliques avec paroi en gabions
(Terramesh)
- 916- Remblai renforcé par des géotextiles avec talus végétal (Textomur)
- 917- Mur à ancrages multiples avec paroi en béton armé (Ter-voile - Béton)
- 918- Mur à cellules ouvertes à treillis en acier (Ter-voile - Treillis)
- 919- Mur à cellules ouvertes en tôle (Ter-voile - Tôle)
- 920- Autre catégorie de mur de soutènement
- 930- Mur antibruit (écran sonore)
- 940- Écran visuel
- 950- Écran anti-éclaboussure

Longueur totale

Inscrire la longueur totale en mètres pour la catégorie de mur concernée.

Hauteur moyenne

Inscrire la hauteur moyenne en mètres pour la catégorie de mur concerné, mesurée à partir du dessus du terrain naturel sans inclure les dispositifs de retenue.

Nombre de sections (longueur moyenne de 100 m)

Nombre de sections obtenu en divisant la longueur totale d'une catégorie de mur par tranches d'une longueur moyenne de 100 mètres.

2.8.2 Équipements**Trottoir**

Inscrire si, oui ou non, un trottoir fait partie intégrante du mur.

Chasse-roue

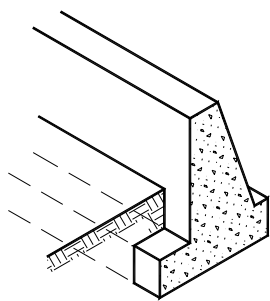
Inscrire si, oui ou non, un chasse-roue fait partie intégrante du mur.

Dispositif de retenue

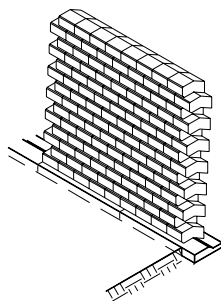
Inscrire si, oui ou non, un dispositif de retenue est fixé sur le mur. Si oui, indiquer le type en se reportant aux descriptions mentionnées à l'écran 5.

Protection de talus

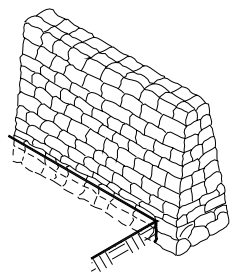
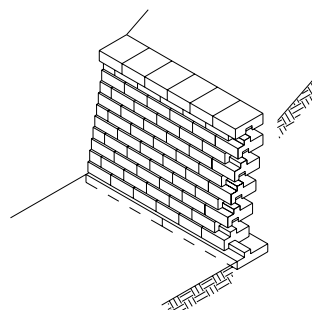
Inscrire si, oui ou non, il y a une protection de talus. Si oui, indiquer le type de protection en se reportant aux descriptions mentionnées à l'écran 5 (figures 2.8-1 et 2.8-2).



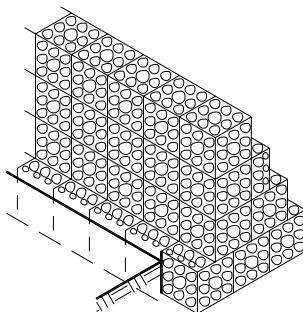
901 – MUR-POIDS EN BÉTON



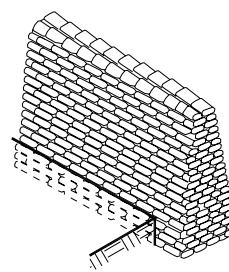
902 – MUR-POIDS EN BLOCS DE BÉTON IMBRIQUÉS



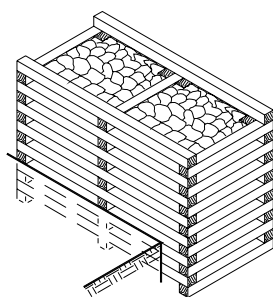
903 – MUR-POIDS EN MAÇONNERIE



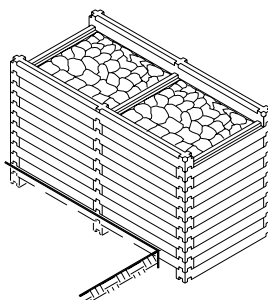
904 – MUR-POIDS EN GABIONS



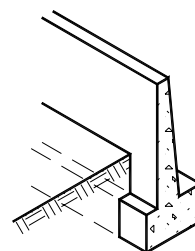
905 – MUR-POIDS EN SACS DE SABLE-CIMENT



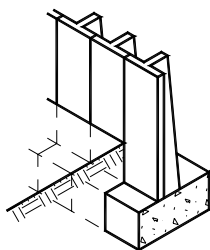
906 – CAISSON EN BOIS TRAITÉ



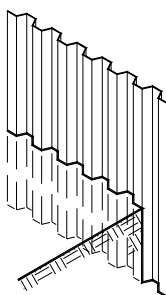
907 – CAISSON EN ACIER



908 – MUR EN PORTE-À-FAX EN BÉTON ARMÉ COULÉ EN PLACE



909 – MUR EN PORTE-À-FAX EN BÉTON ARMÉ PRÉFABRIQUÉ



910 – PALPLANCHES EN ACIER ENCASTRÉES

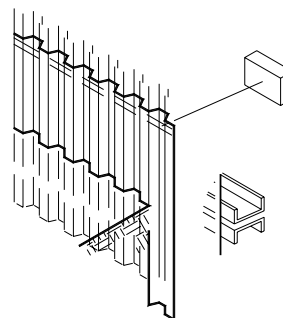
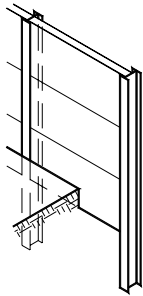
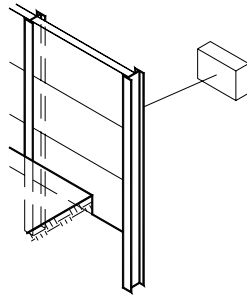


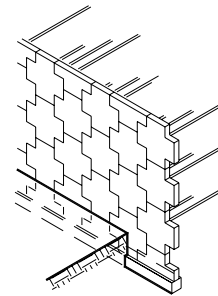
Figure 2.8-1 Types de murs de soutènement



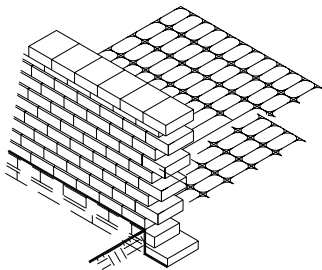
911 – PROFILÉS EN ACIER ENCASTRÉS AVEC PAROI EN BÉTON ARMÉ



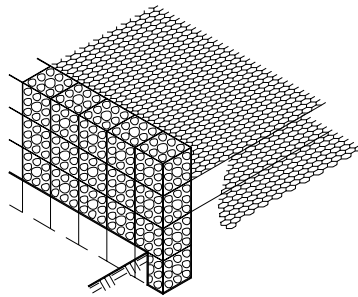
912 – PROFILÉS EN ACIER ENCASTRÉS AVEC PAROI EN BOIS TRAITÉ



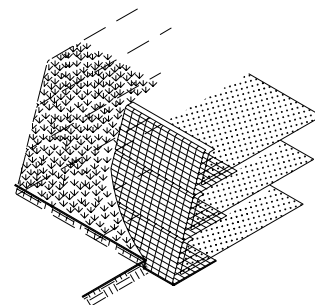
913 – REMBLAI RENFORCÉ PAR DES ARMATURES ACIER AVEC PAROI EN BÉTON ARMÉ



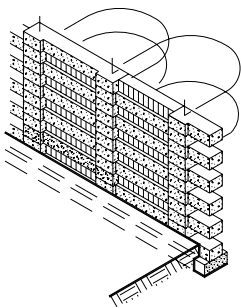
914 – REMBLAI RENFORCÉ PAR DES GÉORILLES AVEC PAROI EN BLOCS DE BÉTON IMBRIQUÉS



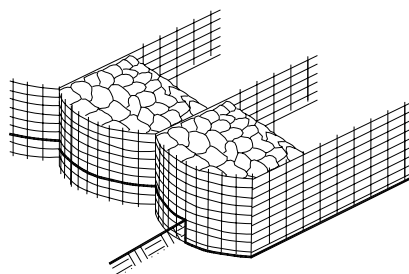
915 – REMBLAI RENFORCÉ PAR DES TREILLIS MÉTALLIQUES AVEC PAROI EN GABIONS



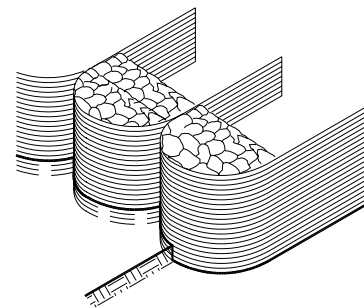
916 – REMBLAI RENFORCÉ PAR DES GÉOTEXTILES AVEC TALUS VÉGÉTAL



917 – MUR À ANCRAGES MULTIPLES AVEC PAROI EN BÉTON ARMÉ



918 – MUR À CELLULES OUVERTES À TREILLIS EN ACIER



919 – MUR À CELLULES OUVERTES EN TÔLE

Figure 2.8-2 Types de murs de soutènement

2.9 ÉCRAN 8 : INFORMATIONS DESCRIPTIVES

Cet écran doit être saisi pour les structures de type :

1. PONCEAUX (en partie)
2. PONTS (en partie)
3. TUNNELS (en partie)
4. MURS (en partie)
5. STATIONS DE POMPAGE (en partie)
6. AUTRES (en partie)

2.9.1 Dalle de béton

Type de béton – dalle

Inscrire le type de béton utilisé pour la dalle, soit :

- 1- Régulier
- 2- BHP
- 3- Latex

Type d'armature

Inscrire le type d'armature utilisé pour la dalle. L'utilisateur peut inscrire deux types différents d'armature parmi les choix suivants :

- 01- Acier noir
- 02- Époxy
- 03- Acier galvanisé
- 04- Acier inoxydable
- 05- Composites
- 06- Câbles de précontrainte avec fils (post-tension)
- 07- Câbles de précontrainte avec torons (post-tension)
- 08- Câbles de précontrainte avec barres (post-tension)
- 09- Torons de précontrainte (pré-tension)
- 10- Barres Diwidag

Inhibiteur de corrosion (O/N)

Indiquer si, oui ou non, un inhibiteur de corrosion a été employé pour la dalle.

Protection cathodique (O/N)

Indiquer si, oui ou non, la dalle a fait l'objet d'une protection cathodique.

Épaisseur du revêtement bitumineux (Épaisseur rev. bit.)

Inscrire l'épaisseur moyenne du revêtement bitumineux présent sur la dalle, en mm.

Mesure

Ce champ permet d'indiquer de quelle façon la mesure du revêtement bitumineux a été effectuée. Les choix possibles sont les suivants :

- 1- Carottage
- 2- Mise en place
- 3- Autres

Type d'expertise de dalle

Indiquer la méthode utilisée pour connaître l'état de la dalle de béton soit :

- 1- Relevé de potentiel
- 2- Radar
- 3- Sondage sur dalle non recouverte

2.9.2 Caractéristiques du béton

Type de béton – poutre

Inscrire le type de béton utilisé pour les poutres, soit :

- 1- Régulier
- 2- BHP
- 3- Latex

Type de béton – unité fondation

Inscrire le type de béton utilisé pour les unités de fondation, soit :

- 1- Régulier
- 2- BHP
- 3- Latex

2.9.3 Localisation

Système de coordonnées (Système coord.)

Inscrire le type de système de coordonnées utilisé pour la localisation, soit :

- 1- Conique conforme de Lambert
- 2- Québec MTM Nad83 fuseau 7
- 3- Longitude/Latitude

Coordonnées X et Y

Inscrire les coordonnées X et Y relevées par un GPS (Global Positionning System) ou calculées. Pour un pont, le point relevé correspond au centre du tablier.

2.9.4 Admissibilité aux subventions

Admissible (O/N)

Indiquer si, oui ou non, la structure est admissible au programme d'aide financière à la réfection des ponts et autres ouvrages d'art municipaux géré par le Ministère.

2.9.5 Approches

Panneau limitation hauteur (O/N)

Indiquer si, oui ou non, il y a un panneau annonçant une limitation de hauteur aux approches de la structure.

Hauteur inscrite sur panneau

S'il y a un panneau de limitation de hauteur, inscrire la hauteur affichée sur le panneau.

Nombre de voies aux approches (Nbr. voies aux approches)

Inscrire le nombre de voies aux approches du pont.

Dalle de transition (O/N)

Indiquer si, oui ou non, il y a une dalle de transition aux approches du pont.

Limite de vitesse - pont

Inscrire la limite de vitesse de la route où se situe le pont.

2.9.6 Joint longitudinal**Joint longitudinal (O/N)**

Indiquer si, oui ou non, il y a un joint longitudinal sur le pont.

Type

Au besoin, sélectionner le type de joint longitudinal installé sur la structure. Se reporter à la section « UNITÉS DE FONDATION – APPAREILS D'APPUI – JOINTS » pour consulter la liste complète des types de joint avec les croquis correspondants.

2.9.7 Mur et tunnel**Coût de remplacement**

L'utilisateur peut saisir le coût de remplacement d'un mur ou d'un tunnel. Le coût de remplacement estimé de la structure, en dollars, doit être égal au coût de construction d'une nouvelle structure de dimensions conformes aux normes actuelles et du type le plus approprié (lequel tient compte des contraintes hydrauliques, géotechniques, géométriques, de construction, d'entretien et d'environnement).

Valeur à neuf

Le système génère un coût égal à la valeur à neuf de la structure. Cette valeur à neuf représente le coût de construction d'une structure de même type et de mêmes dimensions que la structure existante; longueur totale et largeur carrossable pour un tunnel ou longueur totale et hauteur moyenne pour un mur. Il est à noter que les dimensions requises doivent préalablement avoir été saisies dans le système.

Note : Le fichier contenant la valeur à neuf au mètre carré, selon le type de structure, « Liste de la valeur à neuf des types de structures » est disponible sur le site intranet de la Direction des structures.

2.9.8 Autorité responsable

Responsabilité inspection

Ce champ permet d'indiquer la responsabilité du Ministère en regard de l'activité « Inspection » pour la structure concernée.

Les choix possibles sont les suivants :

- 1- Inspections sommaire et générale par le MTQ
- 2- Inspection sommaire seulement par le MTQ
- 3- Aucune inspection par le MTQ

Note : Si « 3- Aucune inspection par le MTQ » est choisi, le système exigera que le champ pour le calcul des indices de l'écran 1 soit <NON>.

Propriétaire de la structure

Inscrire le propriétaire de la structure. Ce champ est généralement rempli lorsque la structure appartient à une entreprise privée (ex. : compagnie de chemin de fer). On peut indiquer alors le nom exact de l'entreprise (ex. : Canadien National, Canadien Pacific, Québec Central, etc.). Pour une structure appartenant au Ministère ou à une municipalité, le champ n'a pas à être complété.

Niveau de structure

Ce champ permet d'indiquer le rangement des structures en fonction de leur vulnérabilité et des problèmes reliés à la sécurité afin que leurs inspections soient réalisées par du personnel ayant les compétences nécessaires.

Ce champ est calculé par le système SGS-5016 en fonction des critères définis au chapitre 1 du Manuel d'inspection – Évaluation des dommages. Il n'est pas modifiable par l'utilisateur.

2.10 ÉCRAN 9 : INFORMATIONS DESCRIPTIVES

Cet écran peut être saisi pour les structures de type :

1. PONCEAUX
2. PONTS
3. TUNNELS
4. MURS
5. STATIONS DE POMPAGE
6. AUTRES

2.10.1 Indices de gestion

Cette section ne peut être saisie par l'utilisateur. Les valeurs présentes sont le résultat du calcul des indices effectué au module « *Impression des rapports* » grâce au rapport S-234 (Calcul des indices) ou au rapport S-233 (Rapport d'inspection générale). Le champ « *Calcul des indices* » de l'écran 1 doit également être égal à « *Oui* » afin d'obtenir les indices. Il est cependant impossible d'obtenir un calcul des indices pour les structures de type 85, 94 et 98.

Indice fonctionnel (IFS)

L'indice fonctionnel a une valeur comprise entre 0 et 100. Plus l'indice est élevé, plus la structure est fonctionnelle.

Indice d'état (IES)

L'indice d'état a une valeur comprise entre 0 et 100. Plus l'indice est élevé, meilleur est l'état général de la structure.

L'indice d'état est obtenu à partir des cotes d'évaluation du comportement et du matériau de tous les éléments constituant la structure.

Indice de vulnérabilité sismique (IVS)

L'indice de vulnérabilité sismique est compris entre 0 et 100. Plus l'indice est bas, plus le pont est vulnérable aux tremblements de terre.

Indice combiné (ICS)

L'indice combiné, qui est également compris entre 0 et 100, regroupe les trois indices précédents en un seul.

Indice patrimonial (IPS)

L'indice patrimonial est compris entre 0 et 100. La valeur de l'indice patrimonial est inscrite au système à la suite d'une évaluation de l'indice patrimonial d'un pont.

L'indice est élevé lorsque l'indice est supérieur à 60, il est moyen lorsque l'indice est entre 40 et 60 et il est faible lorsqu'il est inférieur à 40.

Date du calcul des indices

Ce champ indique la date où le calcul des indices de gestion a été effectué pour la dernière fois.

2.10.2 Déficiences

État (O/N)

Champ généré par le système pour indiquer si, oui ou non, la structure est déficiente en terme d'état.

Une structure est considérée déficiente en terme d'état lorsque l'on retrouve des cotes d'inspection de 1, 2 ou 3 sur des membrures principales, aussi bien pour le matériau que pour le comportement.

Fonctionnalité (O/N)

Champ généré par le système pour indiquer si, oui ou non, la structure est déficiente en terme de fonctionnalité.

Une structure est considérée déficiente en terme de fonctionnalité lorsque son indice fonctionnel est inférieur ou égal à 40.

Note : La mise à jour de ces 2 champs se fait uniquement lors du calcul des indices.

2.10.3 Remarques

Ce bloc permet d'inscrire des remarques diverses (99 lignes sont prévues).

Le système génère automatique des pages supplémentaires à la fiche d'inventaire lorsqu'il y a des remarques inscrites à l'inventaire; celles-ci se retrouvent donc sur des pages additionnelles.

La figure 2.10-1 illustre la fiche d'inventaire.



FICHE D'INVENTAIRE

INFORMATIONS ADMINISTRATIVES - IDENTIFICATION ET LOCALISATION

IDENTIFICATION		LOCALISATION	
DG-DT-CS-SC :	Calcul des indices :	M.R.C.	C.E.P.
Dossier :	Fonctionnel (IFS) :	Déficiences État : Fonct :	
Nom :	Vul. Sismique (IVS) :		
Type structure :	D'état (IES) :		
Juridiction :	Combiné (ICS) :		
Pont limitro. :	Date du calcul :		
Classi. Fonct. :	Identification :		
MUNICIPALITÉ			
Route :		NoRte Tr Sec Srte Chaîn. N.v. Cl	
Site :			
Orientation :		vers	
#	P/A	Nom	Type
		NoRte Tr Sec Srte Chaîn. N.v. Cl	

INFORMATIONS TECHNIQUES

ANNÉE DE CONSTRUCTION		CIRCULATION	
Unités de fondation :	Platalage :	DJMA :	% véhicules lourds :
Systèmes structuraux :		Longueur du détour :	
CAPACITÉ		HYDRAULIQUE	
Chargement de conception :		Eaux hautes extrêmes :	
Évaluation :	Dern. éval. :	Eaux basses extrêmes :	
Sous observation :	Fréquence :	Étude réalisée (Année) :	
Cap. évaluée :	F :	Eaux navigables :	
Aff. recommandé :		Sujet à : affoulement :	
Aff. sur place :		embâcle :	
Cap. souhaitable :		inondation :	
Cap. min. souhaitable :			

INFORMATIONS DESCRIPTIVES

GÉOMÉTRIE		UTILITÉS PUBLIQUES	
Long. totale :	Lar. hors tout :	Téléphone :	Gaz :
Long. tablier :	Lar. carros. :	Électricité :	Câble :
Nbre de voies :	L. c. souhaitable :	Aqueduc :	Égout :
	L. c. min. sou. :	Conduits vides :	Autres :
	Ép. remblai :		
	Biais : Y :		
DÉGAGEMENT INFÉRIEUR		DIVERS	
#	Horz. gauche Prot Horz. droit Vrt. inf.	Rempl. :	
		Classe sismique :	
		Renforcement sismique réalisé :	
		Acier : Lambris :	
		Protection :	
UNITÉS DE FONDATION - APPAREILS D'APPUI - JOINTS			
#	Type	Matér.	Haut.
	Culées/Piles		
		Type de fondation	Nature du sol
		1	Appareils d'appui
		F/M	2
		F/M	Joint de tablier
SYSTÈMES STRUCTURAUX			
Trav. no	Type de structure	Long.	Simple/Continue
		Nbre ptres	Type de plategae
			Surface de roulement
ÉQUIPEMENTS			
Côté	Eclairage	Piste cycla.	Trottoir
	Nb. Entretien	O/N Néces.	O/N Néces.
		Ch.-roue	Dispositif de retenue
		O/N	Type Modèle Cons.
			Type de talus
			Début Fin

Figure 2.10-1 Fiche d'inventaire

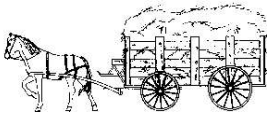
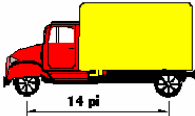
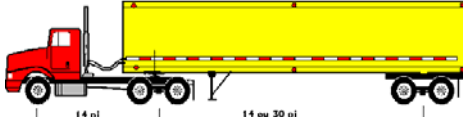
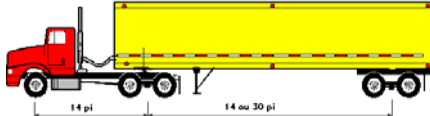
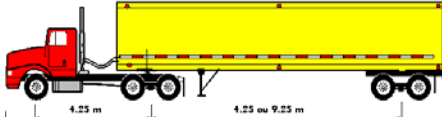
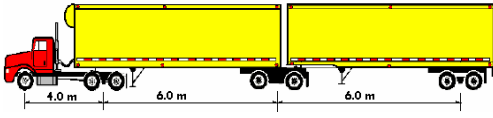
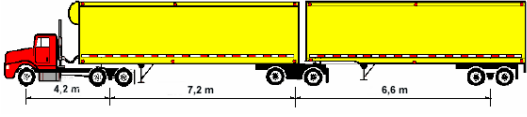
Année d'introduction	Chargement	
Avant 1910	chariot	
1910	engin à vapeur	
1930	H10 H15 H20	 2 tonnes 8 tonnes (impérial) 3 tonnes 12 tonnes 4 tonnes 16 tonnes
1944	H20-S16 H15-S12	 4 tonnes 16 tonnes (impérial) 16 tonnes 3 tonnes 12 tonnes (impérial) 12 tonnes
1971	H25-S20	 5 tonnes 20 tonnes (impérial) 20 tonnes
1980	MS250	 5.1 t 20.4 t (métrique) 20,4 t
1989	QS660	 6.1 t 24.4 t (métrique) 20.4 t 16.3 t
2002	CL625	 5.1 t 25.5 t (métrique) 17.8 t 15.3 t

Figure 3.2 Évolution du chargement de conception

Pour tenir compte des effets dynamiques et des chocs causés par la surcharge routière, on doit majorer les charges par un facteur désigné facteur d'impact qui dépend du nombre d'essieux produisant l'effort maximum à considérer. L'impact peut augmenter considérablement les efforts engendrés par la surcharge routière et dans certains cas peut atteindre 40% de celle-ci.

3.2.4 Les autres charges

Bien que la charge morte et la surcharge routière soient les principales charges qui agissent sur un pont, d'autres charges entrent en ligne de compte et doivent être considérées dans le dimensionnement d'un pont.

La force de freinage

La force de freinage est causée par la friction entre les pneus du véhicule et la chaussée du pont; lorsque le véhicule freine, il occasionne des efforts longitudinaux et des réactions verticales sur la structure.

Les charges de vent

Les charges de vent sont celles produites par la pression du vent appliquée perpendiculairement à l'axe longitudinal du pont sur toutes les surfaces des éléments du pont (poutre, dalle, dispositifs de retenue, etc.).

Les charges de neige

Les charges de neige sont considérées lorsque le pont est fermé à la circulation durant l'hiver ou pour tenir compte des opérations de déblaiement total ou partiel de la structure.

Les efforts thermiques

Les efforts thermiques s'appliquent à la dilatation ou à la contraction du pont et aux gradients de température à travers le tablier.

Les forces exercées par les glaces

Les forces exercées par les glaces sur les piles du pont sont causées par la glace entraînée par le courant, un embâcle, des variations de température ou des variations rapides du niveau d'eau.

Les forces de courant et la pression hydrostatique

Les forces induites par le courant varient selon la forme et la localisation de la pile et sont fonction de la vitesse du courant. De même, la pression hydrostatique exercée sur toutes les parties submergées du pont doit être considérée.

Les forces sismiques

Les forces sismiques sont les forces causées par un tremblement de terre. Elles dépendent principalement de la localisation et du type de pont, du type de fondation et du poids de la structure.

La pression des terres

Les forces engendrées par la pression des terres doivent aussi être considérées et interviennent principalement au niveau des unités de fondation du pont (culée, pile, mur de soutènement, etc.).

3.3 LES EFFORTS DANS LES ÉLÉMENTS STRUCTURAUX

3.3.1 Généralités

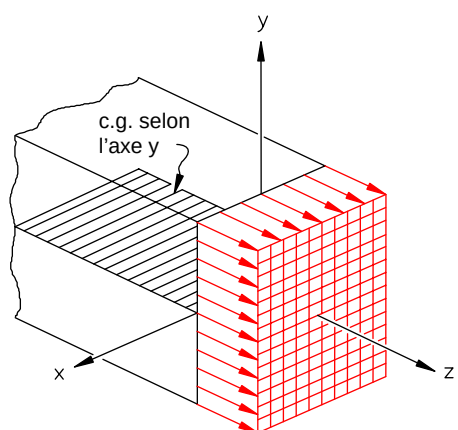
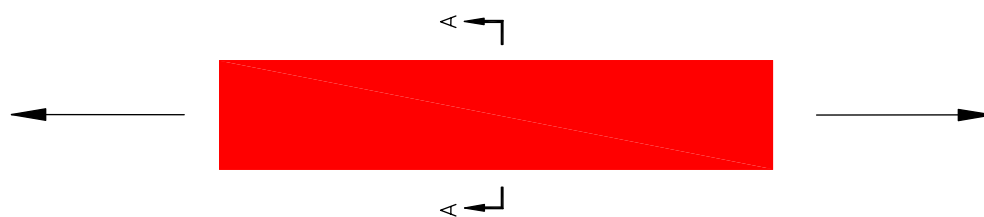
Essentiellement, quatre types d'efforts peuvent solliciter un élément structural : l'effort axial, le moment fléchissant, l'effort tranchant et l'effort de torsion.

Le but de cette section est strictement de définir ces efforts; on verra dans la section suivante le comportement de différents matériaux vis-à-vis les contraintes engendrées par ces efforts.

3.3.2 L'effort axial

L'effort axial est un effort qui agit dans la direction de l'axe longitudinal d'une pièce. Suivant le sens de cet effort, on aura un effort de traction ou un effort de compression (figures 3.3-1 et 3.3-2).

L'effort de traction a tendance à éloigner les particules de matériau les unes des autres tandis que l'effort de compression a tendance à les rapprocher. Les contraintes engendrées par l'effort axial sont constantes sur toute la section de la pièce.



COUPE A - A

Figure 3.3-1 Effort axial de traction

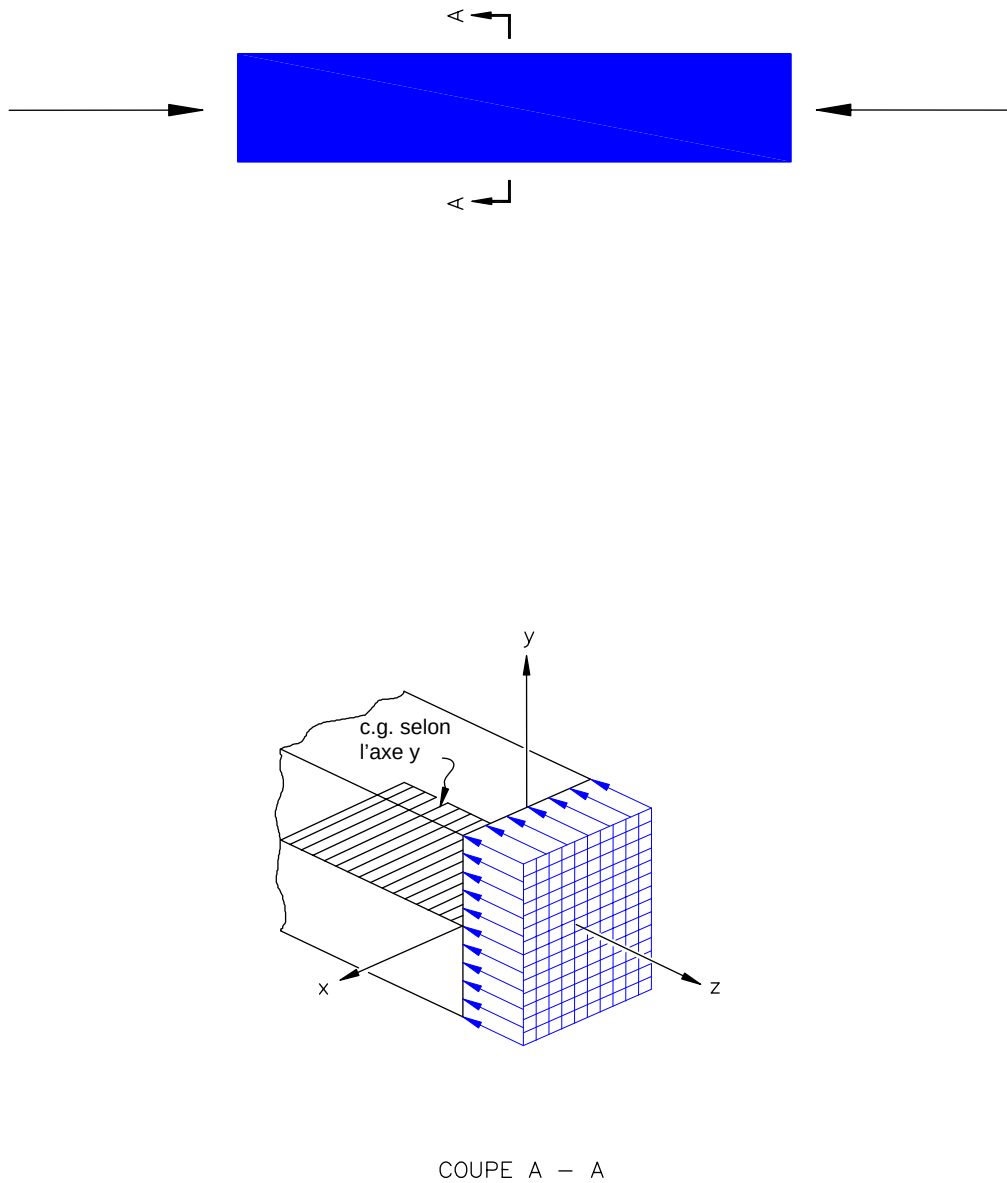


Figure 3.3-2 Effort axial de compression

3.3.3 Le moment fléchissant

Lorsqu'une pièce est soumise à un chargement perpendiculaire à son axe longitudinal, elle a tendance à fléchir. L'effort ainsi créé est appelé moment fléchissant. Cet effort induit sur la section de la pièce des contraintes axiales qui varient sur sa hauteur en intensité et en sens. Ainsi, pour une pièce qui est simplement appuyée aux extrémités et chargée perpendiculairement à son axe longitudinal, le haut de la section est soumis à des contraintes axiales de compression et, inversement, le bas de la section est soumis à des contraintes axiales de traction (figure 3.3-3). Par convention, on dit alors que le moment fléchissant est positif.

L'intensité de ces contraintes diminue à mesure qu'on se rapproche du centre de la section et change de sens à l'axe neutre où les contraintes axiales sont nulles. Le centre de la section est donc soumis à des contraintes minimales et les deux extrémités de la section sont soumises à des contraintes maximales qui sont opposées, soit la compression et la traction (figure 3.3-4).

Pour une pièce chargée de la même façon mais appuyée sur trois appuis, le même principe s'applique sauf que le sens des contraintes est inversé au-dessus de l'appui central où le moment fléchissant est négatif. Ainsi, le bas de la section est tendu au milieu des portées et comprimé au-dessus de l'appui central. De même, le haut de la section est comprimé au milieu des portées et tendu au-dessus de l'appui central. La figure 3.3-5 montre le cheminement des contraintes de compression et de traction le long de la pièce et la figure 3.3-6 indique leur intensité. On remarque que de part et d'autre de l'appui central existe une zone où le moment fléchissant change de sens; cette zone où le moment fléchissant devient nul s'appelle le point d'inflexion.

Les deux exemples que l'on vient d'aborder sont très courants; quoiqu'il existe beaucoup d'autres cas particuliers, les principes généraux énoncés plus tôt sont toujours valables.

3.3.4 L'effort tranchant

Une pièce fléchie subit généralement un autre effort appelé effort tranchant.

L'effort tranchant est un effort qui agit perpendiculairement à l'axe longitudinal d'une pièce. Cet effort tend à cisailer une section d'un élément structural par rapport à la section adjacente. Les contraintes induites par cet effort sont parallèles à cette section, maximales à l'axe neutre et nulles aux extrémités (figure 3.3-7).

Il est important de noter que les efforts tranchants maximaux se situent généralement près des appuis des pièces fléchies.

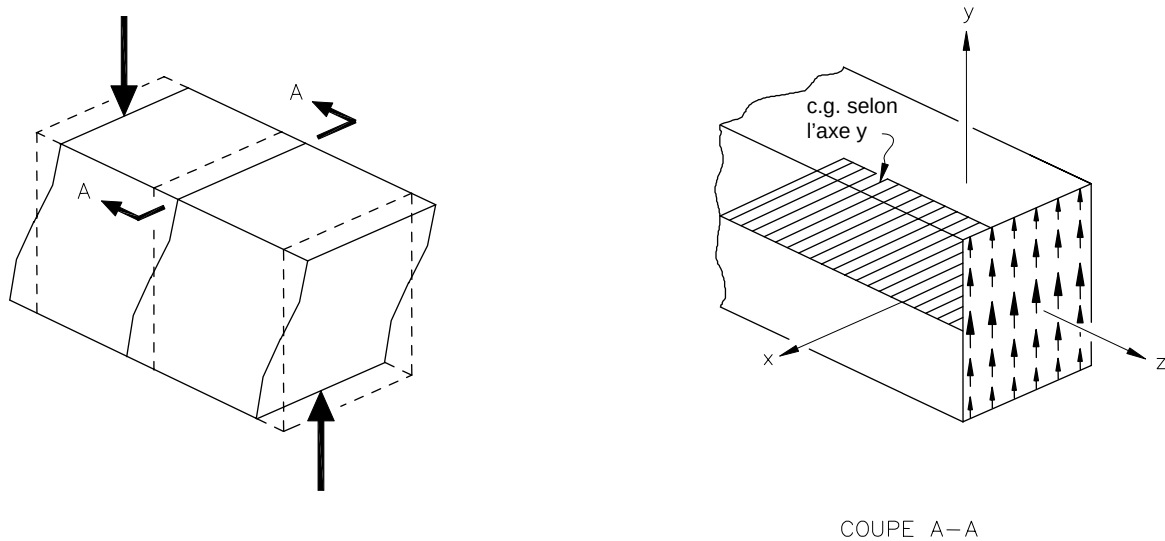


Figure 3.3-7 Contraintes de cisaillement dues à l'effort tranchant

3.3.5 L'effort de torsion

L'effort de torsion est un effort qui agit autour de l'axe longitudinal d'une pièce. Cet effort cisaille la section de la pièce par rapport à celle adjacente en la tordant autour de cet axe. Les contraintes de cisaillement induites par cet effort sont parallèles à la section, maximales sur son pourtour et nulles au centre (figure 3.3-8). L'effort de torsion est un effort peu courant dans les structures.

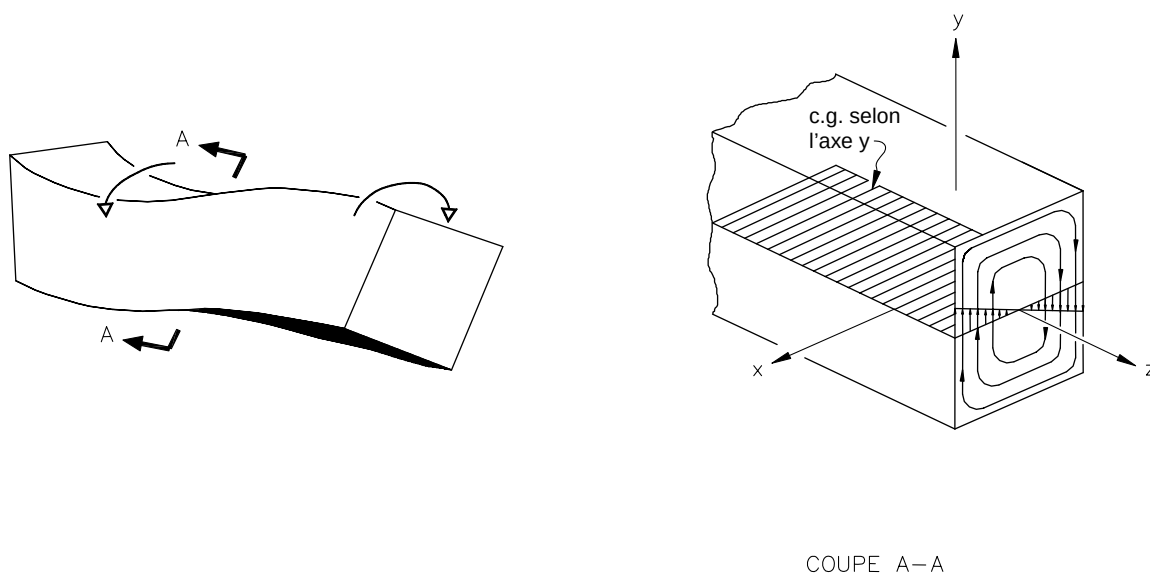


Figure 3.3-8 Contraintes de cisaillement dues à l'effort de torsion

3.4 LA RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

3.4.1 Généralités

La capacité d'un élément structural à résister aux efforts et aux contraintes dépend de ses caractéristiques et du matériau qui le compose. Nous allons ici nous limiter à la résistance des matériaux.

Deux grandes propriétés physiques caractérisent les matériaux : la ductilité et la fragilité.

La ductilité d'un matériau se définit comme étant sa capacité à subir de grandes déformations avant la rupture. Inversement, on dira d'un matériau qu'il est fragile s'il subit peu ou pas de déformation avant la rupture.

La rupture ductile est donc la plus souhaitable, puisqu'elle permet à la structure de se déformer considérablement avant la rupture. Par contre, la rupture fragile est indésirable et la plus dangereuse, puisqu'elle survient sans avertissement.

Un autre type de rupture peut également survenir par l'application répétée de contraintes qui induisent une micro fissure dans le matériau pouvant se répandre sur toute la section; c'est la rupture par fatigue.

Les sections suivantes traitent des matériaux les plus utilisés dans la construction des ponts : l'acier, le béton armé, le béton précontraint et le bois.

3.4.2 L'acier

Les propriétés chimiques et physiques

- La composition chimique

L'acier est un alliage presque entièrement composé de fer (95% et plus). Les autres éléments les plus importants qui le composent sont le carbone et le manganèse.

- Les produits sidérurgiques

Il existe une gamme très variée de produits de l'acier. Mentionnons simplement les profilés laminés (en forme de I, de C, de T ou de L), les produits plats laminés, les profilés reconstitués soudés, les tubes (ronds, carrés, rectangulaires), les palplanches, les tôles minces, les profilés formés à froid, les fils, les câbles, les boulons, les rivets, etc. (figure 3.4-1).

La résistance à l'effort tranchant

Généralement, une pièce fléchie est aussi soumise à un effort tranchant. C'est l'âme des poutres qui résiste à l'effort tranchant et les modes de rupture de l'âme d'une poutre en forme de I, due à l'effort tranchant, sont la plastification et le flambement de l'âme.

L'action composite

Dans les ponts, il est courant d'avoir une dalle en béton qui repose sur des poutres en acier. Si la dalle est mécaniquement interconnectée (généralement à l'aide de goujons) à la poutre d'acier, elle participe à la flexion de la poutre; c'est ce qu'on appelle l'action composite.

L'action composite a pour effet d'augmenter la résistance en flexion d'une poutre d'acier de 20% à 90%, suivant l'épaisseur de la dalle en béton et la section d'acier utilisée. De plus, la flèche de la poutre est considérablement réduite. Pour des ponts, il est souvent plus économique d'utiliser des sections composites.

3.4.3 Le béton armé

La composition du béton

Contrairement à l'acier, le béton est un matériau hétérogène constitué de divers composantes. Les différents constituants du béton sont le ciment, l'eau, les granulats et les adjuvants. La réaction chimique qui se produit entre le ciment et l'eau fait durcir la pâte qui sert à lier les granulats entre eux.

L'eau et les granulats doivent être exempts de toutes substances nuisibles et la granulométrie des granulats doit être contrôlée.

Les adjuvants sont utilisés pour donner au béton certaines caractéristiques qui ne peuvent être obtenues de façon économique par d'autres moyens. Les principaux adjuvants sont les agents d'occlusion d'air, les réducteurs d'eau, les retardateurs de prise et les superplastifiants. Les entraîneurs d'air sont utilisés pour les bétons soumis à de basses températures. Ils améliorent sa résistance aux cycles gel-dégel et à l'écaillage provoqué par les produits de déglacage. Les superplastifiants sont utilisés pour obtenir un béton fluide ou comme réducteurs d'eau dans l'utilisation de béton à haute résistance.

Pour assurer une hydratation adéquate du ciment, le béton doit être soumis à un traitement de mûrissement; c'est la cure du béton. On utilise généralement une cure normale pour le béton coulé en place et une cure accélérée par traitement thermique pour le béton précontraint par prétension.

La résistance en compression

La résistance du béton à la compression est sa propriété la plus fondamentale. La valeur de la résistance à la compression, utilisée comme référence, est celle correspondant à la résistance nominale à 28 jours. L'augmentation de résistance après 28 jours est généralement négligée. Cette résistance à la compression du béton est obtenue par un essai de compression uniaxiale sur des spécimens normalisés.

Si l'on soumet un spécimen normalisé de béton âgé de 28 jours à un essai de compression à déformation croissante contrôlée, on obtient une courbe contrainte - déformation comme celle montrée sur la figure 3.4-7). On distingue essentiellement trois phases successives dans le comportement du spécimen.

La première phase, appelée phase élastique, est celle où la déformation axiale unitaire du spécimen est presque directement proportionnelle à la contrainte appliquée. La deuxième phase correspond à la portion non linéaire de la partie ascendante de la courbe et se termine lorsque la contrainte maximale est atteinte. La troisième phase correspond à la partie descendante de la courbe. La résistance nominale du béton (f'_c) correspond à la valeur maximale de la courbe.

La rupture en compression du béton est soudaine et laisse peu d'avertissement. Tel qu'indiqué sur la courbe, la résistance du béton à la traction (f'_t) est très faible. Dans la conception des structures, on la néglige souvent et on ne considère que la résistance en compression du béton.

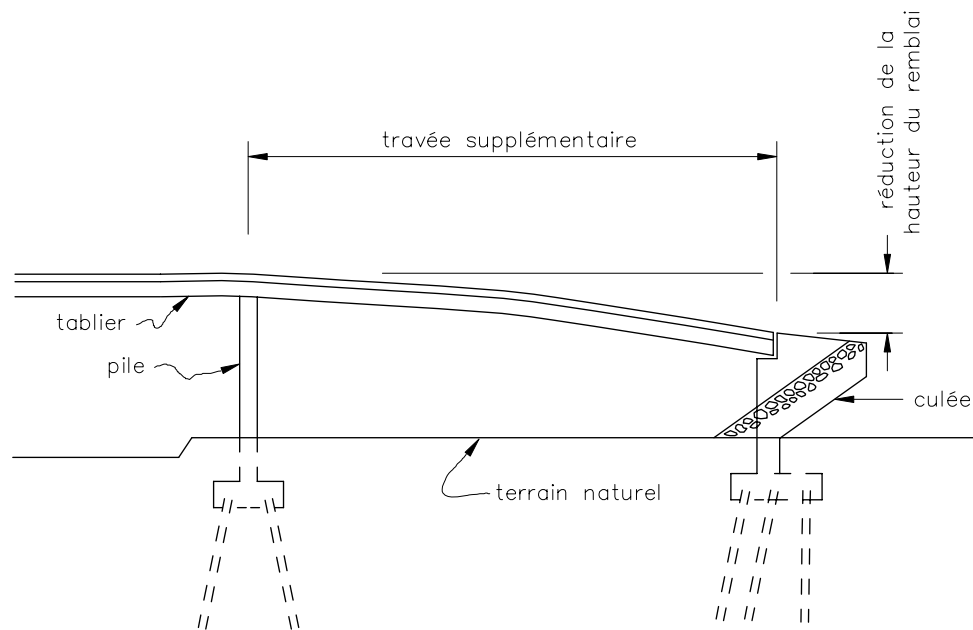


Figure 5.1-3 Diminution de la hauteur du remblai d'approche

5.2 LES DÉFAUTS DU REMBLAI D'APPROCHE

Les défauts qui affectent généralement le remblai d'approche sont causés par :

- L'affouillement;
- L'érosion;
- Le tassement;
- Le glissement.

5.2.1 L'affouillement

L'affouillement est le creusage du remblai d'approche sous l'action du courant et des glaces. Cette dégradation se produit généralement lorsque la vitesse du courant s'accroît, comme lors d'une crue des eaux occasionnée par la fonte des neiges ou par de fortes pluies.

L'affouillement affecte surtout la base du remblai, lorsque ce dernier encombre le cours d'eau ou lorsqu'il n'est pas protégé ou que sa protection est insuffisante pour résister à la force du courant ou au mouvement des glaces.

L'affouillement qui affecte le remblai à un niveau situé plus bas que la fondation d'une unité de fondation peut, en progressant, affecter aussi le comportement de cette unité de fondation et la structure. La figure 5.2-1 illustre le mode d'affouillement d'un remblai d'approche.

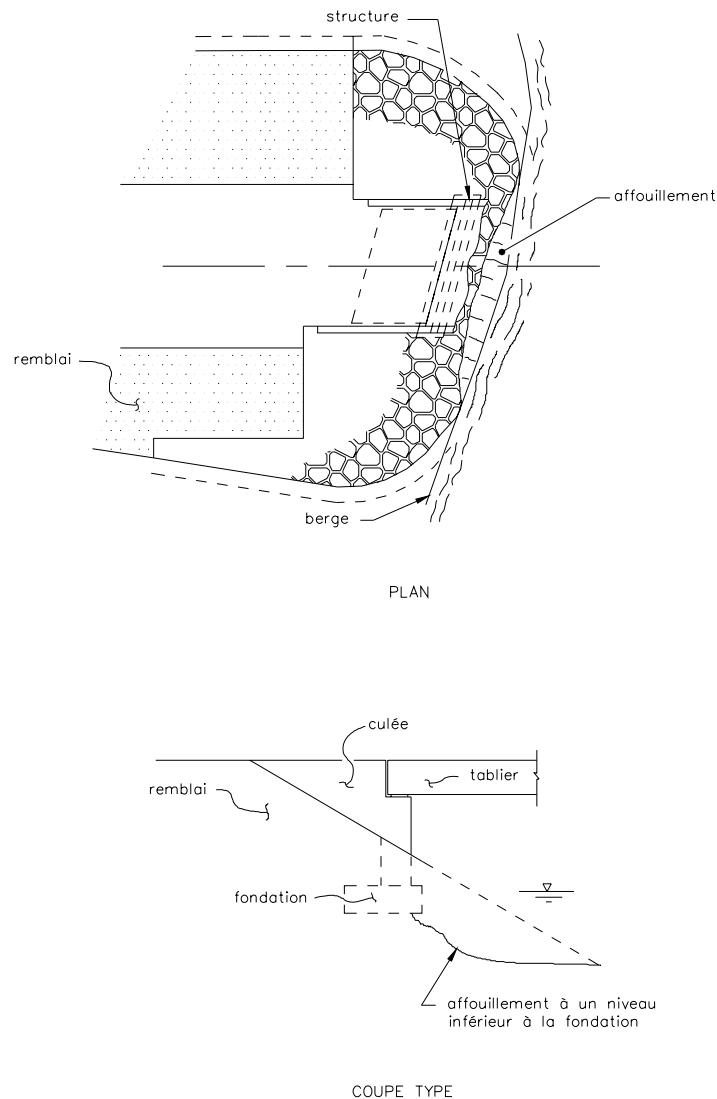


Figure 5.2-1 Affouillement du remblai d'approche

5.2.2 L'érosion

L'érosion est le creusage du talus du remblai par l'action de l'eau de ruissellement qui se déverse à l'extrémité du mur en retour d'une culée, qui fuit par l'ouverture d'un joint de dilatation ou qui provient d'un drain de tablier placé au-dessus du remblai. L'érosion peut aussi affecter les fossés et la partie du remblai qui les borde.

L'érosion interne est l'entraînement des particules fines du matériau par l'eau qui descend à travers les vides de la partie inférieure du remblai.

Le lavage est une érosion rapide produite par le ruissellement d'une grande quantité d'eau.

6.4 LES MOUVEMENTS DE FONDATION ET LEURS CAUSES

Les unités de fondation des structures existantes, plus spécialement ceux qui reposent sur une fondation superficielle sur sol, peuvent se déplacer verticalement, latéralement et autour d'un axe dans un mouvement de rotation.

Le mouvement vertical est dû au tassement, le mouvement latéral est causé par les sollicitations transversales et le mouvement de rotation est généralement le produit d'un tassement différentiel.

Ces mouvements peuvent être causés par des sollicitations imprévues, par la dégradation de la fondation ou par le gel du sol.

6.4.1 Les sollicitations imprévues

Les sollicitations imprévues qui peuvent entraîner des mouvements de fondation sont :

- L'accroissement des charges;
- L'accroissement de la poussée des terres;
- Les appuis bloqués;
- La poussée des glaces;
- Les séismes.

L'accroissement des charges

La masse des camions autorisés à circuler sur les routes de la province s'est accrue considérablement au cours des vingt dernières années. Cet accroissement implique nécessairement des charges supplémentaires sur les fondations des ouvrages plus anciens et peut causer leur tassement.

L'ajout de plusieurs couches d'usure sur le tablier d'une structure et des transformations comme l'enlèvement des trottoirs pour permettre l'ajout d'une voie de circulation sont des modifications qui entraînent aussi des charges supplémentaires sur les fondations.

L'accroissement de la poussée des terres

Le rehaussement d'un remblai, l'augmentation de la quantité d'eau qu'il retient ou la formation de lentilles de glace dans celui-ci sont des changements qui entraînent un accroissement considérable de la poussée des terres sur les ouvrages de soutènement et les culées. Ces modifications aux conditions initiales d'un ouvrage peuvent provoquer le déplacement latéral, le tassement différentiel, voire le renversement de l'ouvrage là où la capacité du sol est plutôt précaire.

L'eau contenue dans un remblai qui a été immergé peut, à cause de la capillarité, prendre un certain temps avant de se retirer. Cette eau augmente la pression latérale exercée sur l'ouvrage et favorise son déplacement. Elle peut aussi se transformer en lentilles de glace qui contribueront à augmenter cette poussée.

Un ouvrage remblayé avec un sol qui retient l'eau ou avec un matériau gélif peut être la cause de poussées indues. La rétention de l'eau dans le remblai peut aussi être causée par des drains obstrués.

Les appuis bloqués

Les appuis de pont peuvent aussi être poussés ou tirés à leur partie supérieure par la structure elle-même lorsque des appareils d'appui bloqués par la détérioration de ses composantes empêchent les mouvements dus à la température de se produire.

La poussée des glaces

Les unités de fondation situées en rivière peuvent être sollicitées par les glaces à une hauteur ou dans une direction différente de celle prévue, à cause du relèvement ou d'une déviation du lit du cours d'eau.

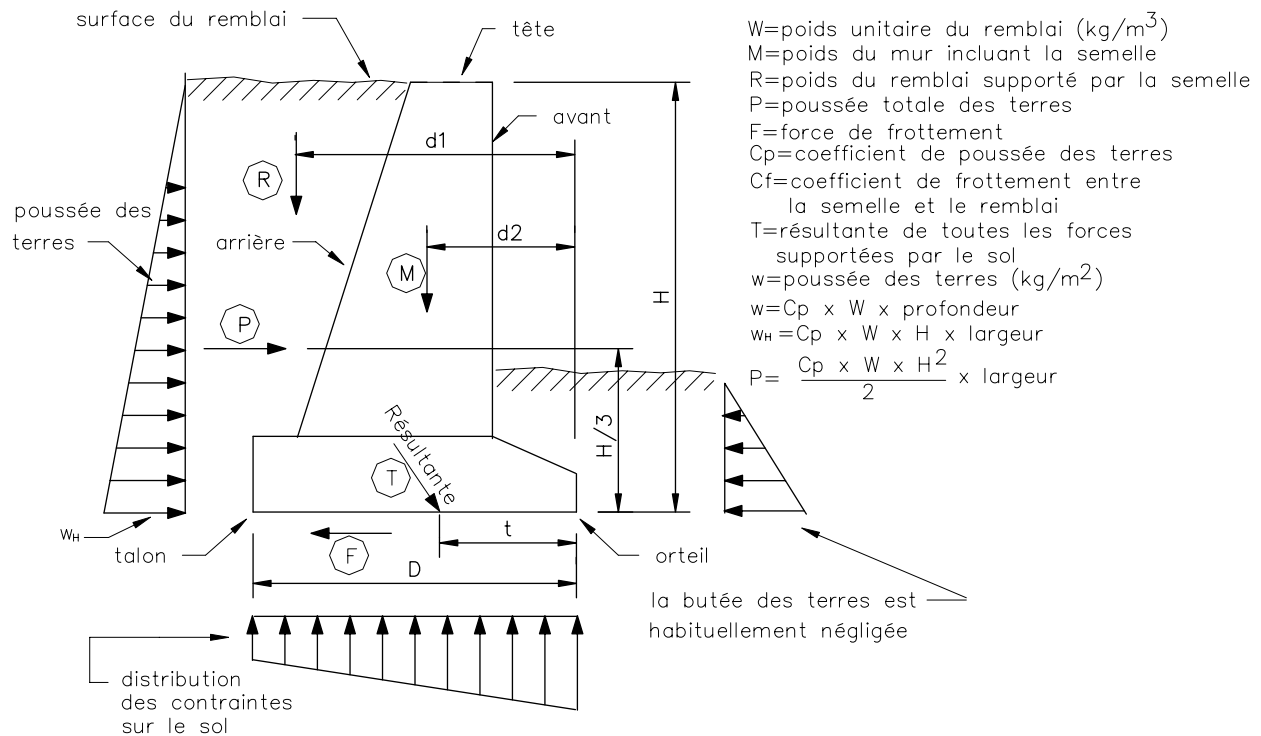
Les séismes

Les séismes peuvent provoquer le déplacement ou la rupture d'éléments d'une unité de fondation ou l'unité de fondation elle-même.

Avant 1966, le code canadien CAN/CSA-S6 n'incluait pas les tremblements de terre dans le calcul des ponts routiers.

La figure 6.4-1 illustre les mouvements de fondation dus à des sollicitations imprévues.

Les sollicitations imprévues décrites précédemment ou la friction négative produite par le tassement du sol de fondation peuvent provoquer le déplacement des pieux à friction, donc des mouvements de fondation. La friction négative peut même provoquer la rupture des pieux portant à la pointe.



DÉPLACEMENT LATÉRAL

Pour que le mur ne soit pas déplacé latéralement par la poussée des terres, il faut que le frottement développé par la masse du mur et du remblai supportée par la semelle soit plus grande que cette poussée avec un facteur de sécurité de 1,5.

$$\text{Résistance au déplacement latéral : } (M+R)C_f \geq 1,5 P$$

RENVERSEMENT

Pour se renverser, le mur doit tourner autour de son orteil. Pour que le mur soit stable, il faut que l'action stabilisatrice produite par la masse du mur et du remblai supporté par la semelle, par rapport à l'orteil, soit plus grand que l'action de renversement produite par la poussée des terres par rapport à ce même orteil. Le facteur de sécurité doit être de 2,0.

$$\text{Résistance au renversement : } Md_2 + Rd_1 \geq 2,0 PH/3$$

action de renversement

POSITION DE LA RÉSULTANTE

Pour assurer une répartition convenable des contraintes sur le sol de fondation, il faut que la résultante des forces produites par la masse du mur et du remblai ainsi que la poussée des terres, se situe dans le tiers central de la largeur de la semelle.

$$D/3 \leq \frac{Md_2 + Rd_1 - PH/3}{M+R} \leq 2D/3$$

Figure 6.7-1 Condition de stabilité d'un mur-poids aux contraintes admissibles

6.7.2 Les types de murs

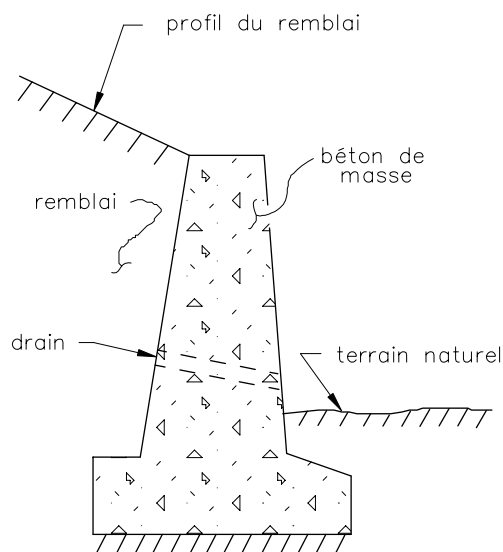
Les murs de soutènement sont identifiés selon le mécanisme qui assure leur stabilité.

Le mur-poids

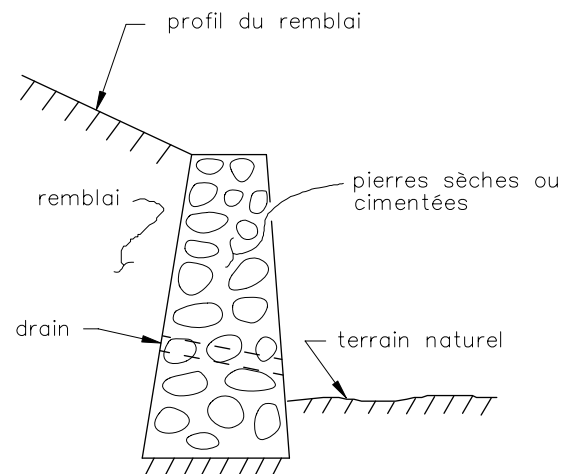
Le mur-poids est conçu de façon à ce que l'action stabilisatrice de son propre poids soit beaucoup plus grande que l'action de renversement produite par la poussée du remblai. Les murs-poids sont habituellement construits en béton de masse (sans armature) car les efforts internes sont nuls ou à peu près, en blocs de béton, en pierres cimentées ou non, en sacs de sable-ciment ou en gabions.

Le mur-caisson à claire-voie est en fait une charpente en bois, en acier ou en béton qui sert de contenant pour un volume de matériaux (gravier ou pierres) d'un poids tel qu'il contrebalance l'action de renversement produite par la poussée des terres, et est considéré comme un mur-poids. Le contenant doit avoir la rigidité nécessaire pour ne pas être déformé par le contenu ou par la poussée des terres.

Le mur en sol renforcé (terre armée), constitué par une paroi reliée à des armatures ancrées dans le remblai de façon à former un massif monolithique, est aussi considéré comme un mur-poids. Les figures 6.7-2 et 6.7-3 illustrent les différents types de murs-poids.

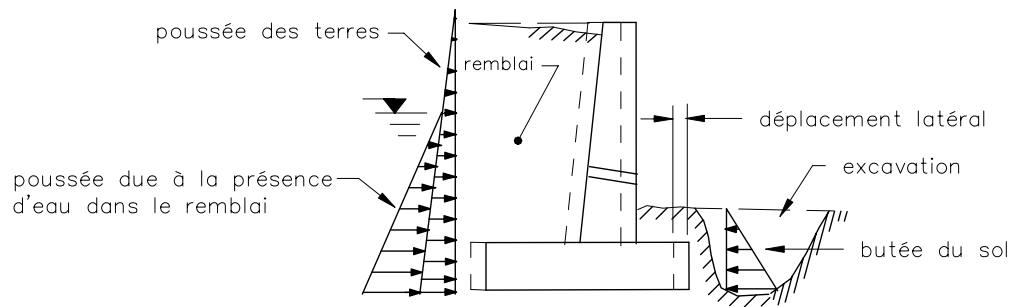


BÉTON DE MASSE



PIERRES SÈCHES OU CIMENTÉES

Figure 6.7-2 Murs-poids



DÉPLACEMENT LATÉRAL DÛ À L'EAU DANS LE REMBLAI

Figure 6.7-8 Déplacement latéral du mur

Les défauts de matériaux

Les défauts de matériaux du béton, de l'acier, du bois et de la maçonnerie peuvent, lorsqu'ils sont importants, affecter le comportement de l'ouvrage.

Le bombement des caissons, l'écrasement des pièces de bois à leurs points de rencontre, la fuite des pierres ou de la terre de remplissage sont des exemples de défauts importants qui affectent les caissons à claire-voie en bois. La rupture des broches des paniers de gabions causée par la corrosion, la désagrégation importante du béton dans la partie inférieure d'un mur en porte-à-faux, la corrosion ou la pourriture des pieux et des pièces de bois dans les murs de type berlinois, l'eau et le sable qui fuient par les joints entre les plaques d'acier ou les écailles en béton des murs en terre armé sont d'autres défauts de matériaux qui affectent le comportement des murs de soutènement.

Les autres défauts

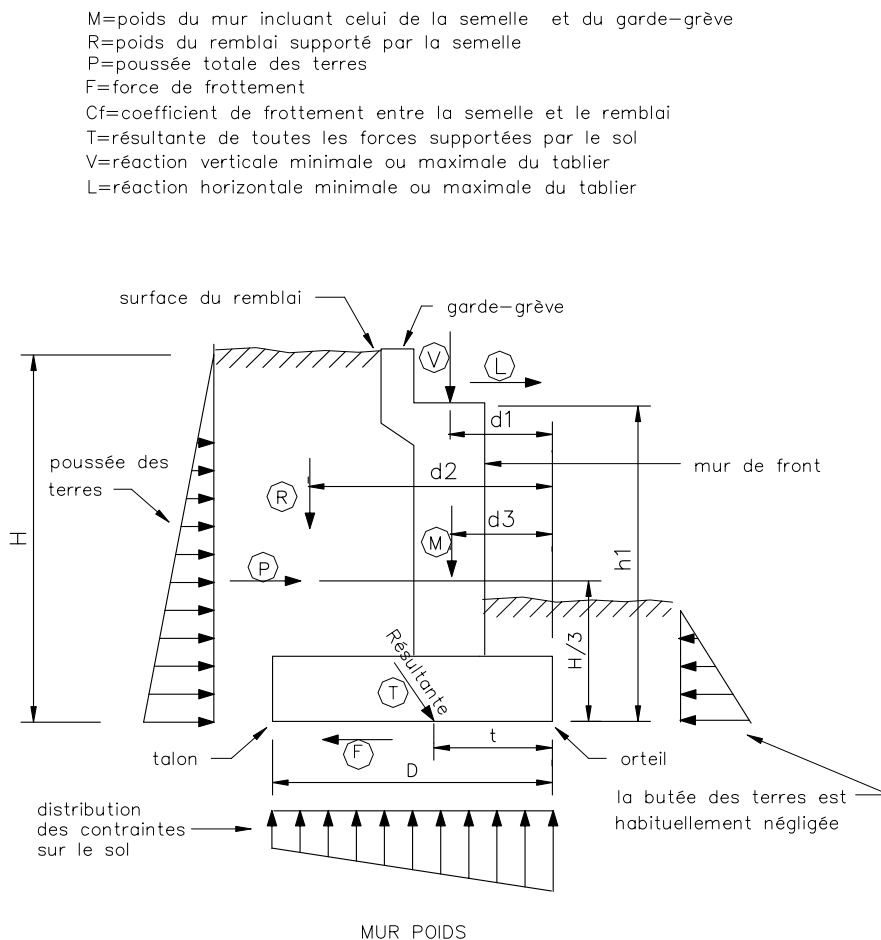
Le tassement différentiel, l'affouillement, l'érosion ainsi que les défauts comme la détérioration de la semelle ou des pieux ont aussi été traités aux sections 6.4 et 6.5.

Les mouvements de rotation importants, dus au tassement différentiel ou causés par l'affouillement, l'érosion ou la détérioration de la semelle ou des pieux donnent l'apparence qu'un ouvrage est sur le point de renverser. Ils sèment des doutes quant à la fiabilité et il devient alors nécessaire de les consolider ou de les remplacer.

Le déplacement latéral et le tassement différentiel sont les mouvements qui affectent le plus souvent les murs de soutènement. Des problèmes de surcharge dus à des matériaux de remblayage inadéquats ou à un mauvais drainage sont souvent à l'origine de ces comportements. Des drains obstrués et l'eau qui suinte à travers les joints et les fissures sont des indications de la présence d'eau dans le remblai.

6.8 LES CULÉES

Les culées sont des ouvrages de soutènement qui ont aussi pour fonction de supporter l'extrémité d'un pont; en plus de devoir supporter la poussée des terres produites par le remblai d'approche, les culées doivent supporter les forces horizontales et verticales provenant de la superstructure. Ces forces doivent donc être ajoutées à celles qui s'appliquent aux ouvrages de soutènement pour le calcul de la stabilité. La figure 6.8-1 illustre les conditions de stabilité d'une culée en porte-à-faux.



Résistance au déplacement $(M+R+V)C_f \geq 1.5 (P+L)$

Résistance au renversement $Vd1+Rd2+Md3 \geq 2,0(PH/3+Lh1)$

Position de la résultante $D/3 \leq \frac{Vd1+Md3+Rd2-(PH/3+Lh1)}{V+M+R} \leq 2D/3$

Figure 6.8-1 Conditions de stabilité d'une culée en porte-à-faux aux contraintes admissibles

7.1 GÉNÉRALITÉS

Les appareils d'appui sont des éléments aptes à la fois à transmettre aux appuis (culées et piles) les réactions provenant du tablier et à permettre les mouvements de translation et de rotation de ce dernier par rapport aux appuis. Ils peuvent être fixes ou mobiles.

Les appareils d'appui fixes sont destinés à transmettre les efforts verticaux et horizontaux; ils permettent la rotation. Généralement le tablier d'un pont est fixé à au moins un de ses appuis.

Les appareils d'appui mobiles sont destinés à transmettre les efforts verticaux et parfois certains efforts horizontaux; ils permettent la rotation et la translation, sauf les appareils guidés qui restreignent le mouvement transversal.

Les mouvements permis par les appareils d'appui sont nécessaires pour empêcher la création, dans l'ossature du pont, d'efforts importants pour lesquels elle n'a pas été conçue. La translation permet principalement d'éliminer les efforts dus aux variations de température; la rotation permet le fléchissement du tablier, ce qui empêche une augmentation indue des contraintes lors du passage des véhicules.

Pour empêcher tout mouvement latéral et longitudinal dans le cas des appuis fixes, les appareils d'appui doivent être fixés à l'appui ou au tablier.

Les appareils peuvent être immobilisés au moyen de boulons d'ancrage, (certains appareils d'appui mobiles possèdent alors des trous oblongs), de goujons (on ne peut les observer puisqu'ils sont encastrés dans le béton), ou de barres d'acier d'armature liant deux éléments de béton entre eux (pour les appuis fixes seulement).

Dans le cas où l'ossature et les appareils d'appui sont tous deux en acier, l'appareil peut être soudé ou boulonné à l'ossature. Il arrive aussi que la fixité soit obtenue uniquement par friction entre les divers éléments.

Certains types de ponts tels les ponceaux, les portiques et les ponts de courte travée ne possèdent pas d'appareils d'appui.

7.2 LES TYPES D'APPAREILS D'APPUI

Il existe de nombreux types d'appareils d'appui; ceux-ci varient en fonction du mouvement requis, des charges à supporter et de l'époque de conception. Différents matériaux tels que les élastomères, l'acier, les résines de TFE, l'acier inoxydable, le plomb, le bronze et le fer (les trois derniers n'étant plus employés de nos jours) sont utilisés dans la fabrication des appareils d'appui.

Les principaux types d'appareils d'appui sont :

- La plaque en élastomère;
- L'appareil avec articulation sphérique (TFE);
- L'appareil à élastomère confiné;
- L'appareil en acier.

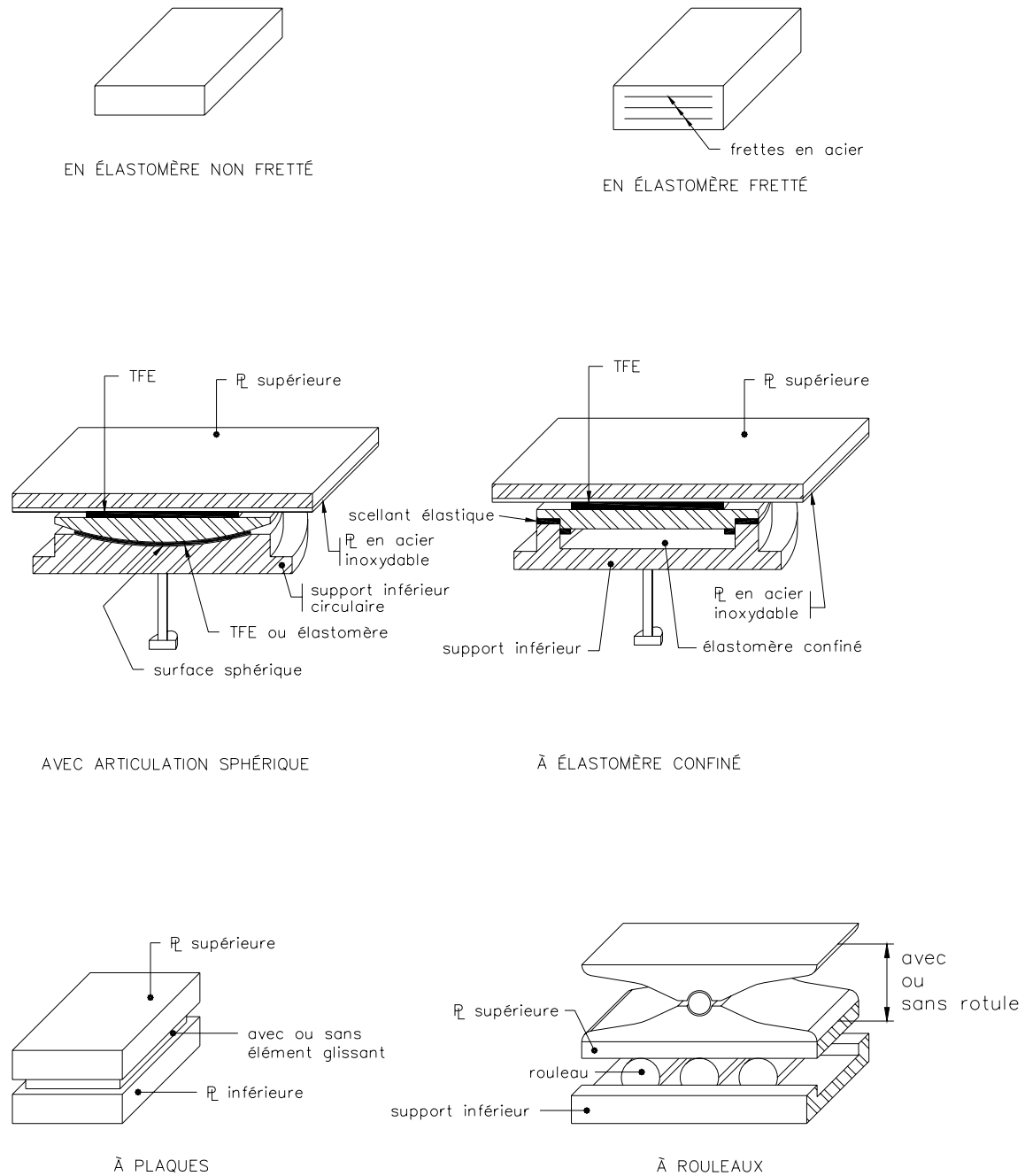


Figure 7.2-1 Les appareils d'appui

7.2.1 La plaque en élastomère

Cet appareil est employé lorsque le mouvement de translation prévu ainsi que la charge à supporter ne sont pas trop importants (mouvement inférieur à 50 mm et charge inférieure à 1200 kN). Il existe deux types de plaque: frettée et non frettée.

La plaque non frettée est composée d'élastomère seulement. La plaque frettée consiste en différentes couches élastomères séparées par des frettes en acier. Cette plaque, dont les frettes empêchent une déformation excessive de l'élastomère, est moulée, liaisonnée et vulcanisée de façon à former un tout (certaines plaques plus anciennes peuvent toutefois être composées d'éléments collés). La plaque doit être frettée lorsque son épaisseur est supérieure à 20 mm.

Le matériau de base entrant dans la fabrication de la plaque en élastomère est soit du caoutchouc naturel, soit du néoprène. L'élastomère a une dureté mesurée au duromètre comprise entre 50 et 70, généralement de 50 à 55. Les frettes sont en acier doux laminé et ont de 1 à 3 mm d'épaisseur, selon l'époque de fabrication. La plaque elle-même doit posséder une épaisseur au moins égale à deux fois le déplacement maximal horizontal de dilatation ou de contraction requis par le tablier.

Ce type d'appareil permet une translation et une rotation en fonction de sa rigidité; la translation est obtenue par la déformation en cisaillement de la plaque et la rotation est obtenue par la compression de la plaque. Plus le mouvement requis est important, plus la plaque doit être épaisse.

7.2.2 L'appareil avec articulation sphérique (TFE)

Cet appareil comporte des éléments en acier ou en fonte superposés glissant les uns par rapport aux autres pour permettre le mouvement. Il peut supporter des mouvements et des charges très importantes.

Le mouvement de translation est facilité par la présence entre deux plaques planes d'un élément en tétrafluoroéthylène (TFE ou téflon) glissant sur une tôle d'acier inoxydable.

La rotation est assurée par glissement entre deux plaques à surface courbe (sphérique ou cylindrique). Ces plaques, usinées à la courbure requise, sont séparées par un élément en TFE ou en élastomère; l'élément en élastomère ne s'utilise que dans les appareils à surface sphérique où la charge maximale est inférieure à 1200 kN. L'appareil à surface cylindrique est de forme rectangulaire et l'appareil à surface sphérique est de forme circulaire.

La résine de TFE est présente sous forme de feuilles (renforcées ou non) ou de fibres tissées, d'une épaisseur de 1 à 6 mm (l'épaisseur varie proportionnellement avec la surface de la plaque). La résine de TFE peut être confinée dans un support métallique ou être liaisonnée. La rugosité des surfaces en contact entre la résine et l'acier doit être réduite au minimum. La surface de contact de l'acier est normalement protégée contre la corrosion.

Pour un bon fonctionnement, il est très important que les pièces de TFE et d'acier inoxydable de cet appareil demeurent bien en place et centrées.

7.2.3 L'appareil à élastomère confiné

Cet appareil aussi appelé « pot bearing », est similaire à l'appareil à glissement de forme circulaire avec lequel il est parfois confondu; en effet, la translation est obtenue de la même façon par glissement entre deux plaques séparées par un élément en résine de TFE.

La rotation est toutefois obtenue par l'écrasement d'une plaque en élastomère confiné à l'intérieur d'une cavité cylindrique créée par l'évidement du support. Les caractéristiques de la plaque en élastomère sont les mêmes que celles décrites à la section 7.2.1.

7.2.4 L'appareil en acier

Cet appareil qui peut supporter de grandes charges n'est généralement plus utilisé aujourd'hui. Il en existe trois types :

- L'appareil à plaques;
- L'appareil à rouleaux;
- L'appareil à pendule.

L'appareil à plaques

Cet appareil est constitué d'une plaque en acier glissant directement sur le béton ou sur une autre plaque en acier. Dans ce dernier cas, les plaques en acier sont souvent séparées par un élément glissant en bronze, en cuivre ou en plomb.

Cet appareil permet peu ou pas de translation, et très peu de rotation; on le retrouve donc dans les ponts de courte portée.

8.1 GÉNÉRALITÉS

Les joints de tablier sont des dispositifs placés entre deux éléments de construction pour permettre les mouvements relatifs dus principalement aux effets de la température, tout en assurant la continuité de la surface de roulement. Les joints peuvent être ouverts et ainsi permettre l'écoulement de l'eau et l'évacuation des débris. Ils peuvent aussi être étanches, empêchant le passage de l'eau et des débris et protégeant de la dégradation les éléments situés sous le joint.

On retrouve généralement les joints de tablier à la jonction du tablier et des culées; on peut aussi en observer au-dessus des piles ou à l'extrémité d'un porte-à-faux. Les joints de tablier sont absents des portiques et des ponceaux, ainsi que des ponts à courte portée où la dalle passe au-dessus du garde-grève.

8.2 LES TYPES DE JOINTS

Il existe plusieurs types de joints; leur utilisation est fonction du mouvement prévu de la structure, donc de sa portée. Plus la portée et le mouvement prévus sont grands, plus l'ouverture du joint doit être grande. Les principaux types de joints utilisés sont les suivants :

- Les joints ouverts :
 - à ouverture libre,
 - à plaques,
 - à doigts,
 - à dents.
- Les joints étanches :
 - à plaque en élastomère,
 - à garniture comprimée en élastomère,
 - à garniture enclenchée en élastomère,
 - à plaque en élastomère fretté.

La figure 8.2 illustre les principaux types de joints de tablier.

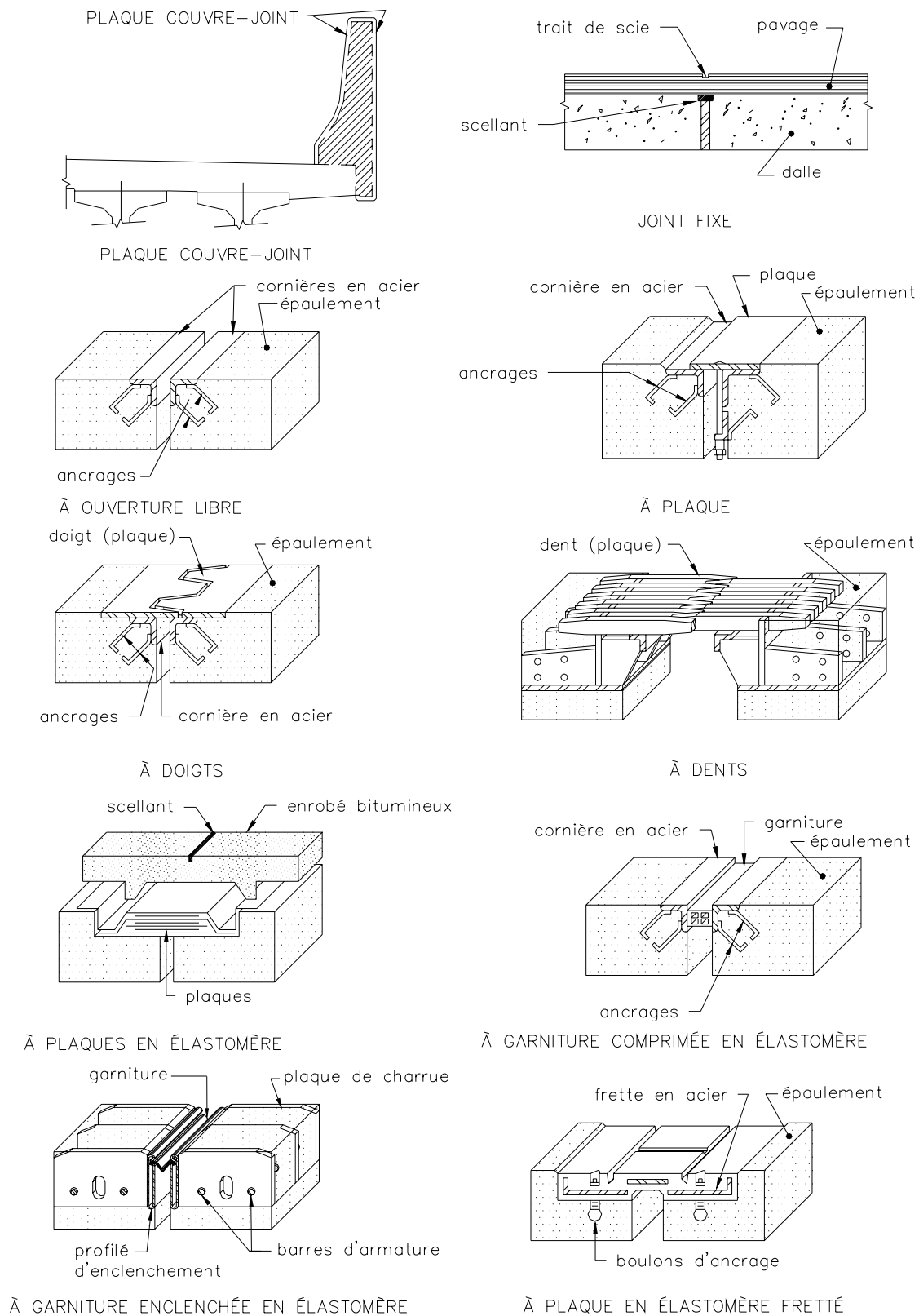


Figure 8.2 Joints de tablier

Les dépôts

Les efflorescences, les stalactites et les traces de calcites soulignant les fissures témoignent de la circulation d'eau à travers le béton et sont des signes évidents de détérioration de la dalle.

La diminution de section de l'armature exposée

Suite à une détérioration quelconque du béton, l'armature peut être dégagée et attaquée par la corrosion. La diminution de section d'armature qui en résulte se traduit par une perte de capacité de la dalle.

Les flèches et les vibrations excessives

À moins d'un tassement anormal des appuis, la présence de flèches permanentes révèle une insuffisance de la résistance structurale.

Une flèche ou une vibration excessive sous l'action des charges vives est également un indice de faiblesse du système structural.

9.3.3 Les portiques

Les portiques sont des structures comportant deux montants verticaux encastrés dans une traverse supérieure et articulés sur les semelles. La traverse supérieure est une dalle d'épaisseur uniforme ou variable avec des goussets droits ou courbés. Les montants verticaux sont soumis aux poussées latérales des terres. Les portiques peuvent également être recouverts d'un remblai. La figure 9.3-4 montre un exemple de portique.

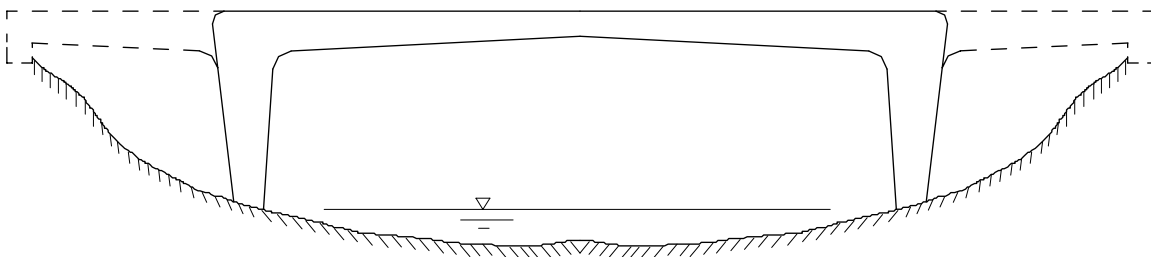


Figure 9.3-4 Portique

Les désordres ont essentiellement pour origine le tassement différentiel du sol de fondation, le retrait du béton entre des parties d'ouvrages coulés à des périodes différentes ou l'insuffisance structurale des composantes du portique.

Les principaux défauts des portiques sont les suivants :

- Les fissures transversales et horizontales;
- Les fissures longitudinales et verticales;
- Les fissures obliques;
- Les dépôts;
- La diminution de section de l'armature exposée;
- Les flèches et les vibrations excessives.

La figure 9.3-5 illustre la fissuration des portiques.

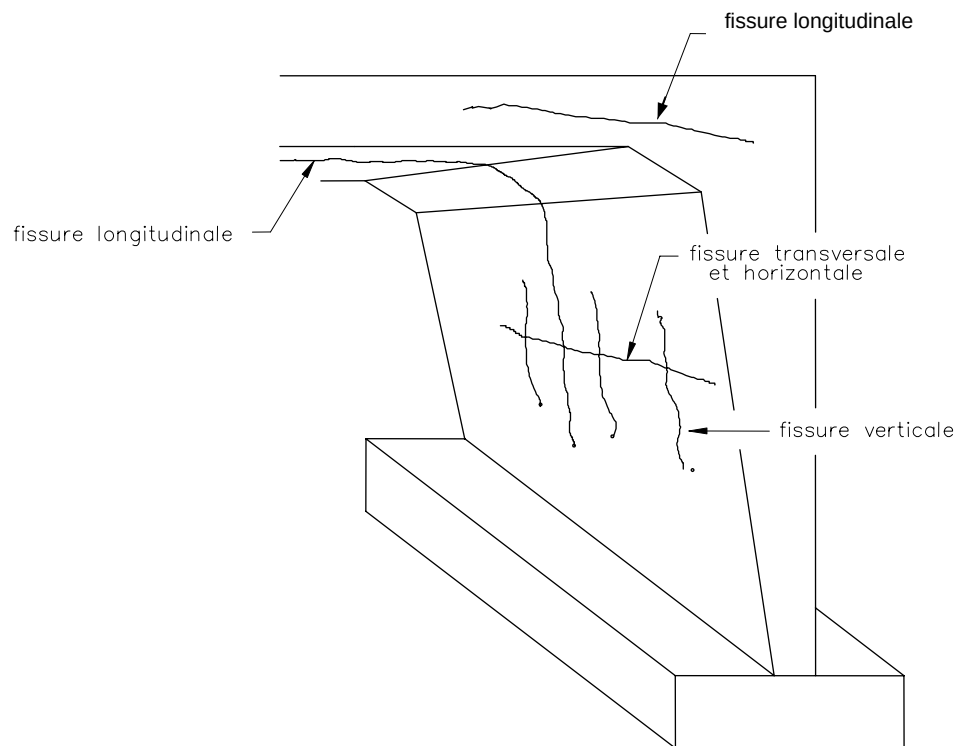


Figure 9.3-5 Fissuration des portiques

Les fissures transversales et horizontales

Ces fissures peuvent se développer à l'intrados de la traverse au centre de la portée ou à l'extrados, à la jonction de la traverse et des montants et au droit des goussets s'il y a lieu. Elles peuvent également être présentes dans les montants, généralement à mi-hauteur. Ces fissures sont structurales.

Les fissures longitudinales et verticales

Les fissures longitudinales et verticales sont dues au gradient thermique, surtout pour les portiques de grande largeur et comprenant plusieurs travées continues.

Les fissures verticales se développent essentiellement dans les montants; dans certains cas, elles se prolongent dans les goussets et deviennent des fissures longitudinales dans la traverse supérieure. Elles ne sont généralement pas d'origine structurale.

Les fissures longitudinales sur les côtés extérieurs des portiques sont généralement dues à la réaction alcali-granulat (RAG). De telles fissures ne sont pas structurales.

Les fissures obliques

Ces fissures se développent dans les angles de la traverse supérieure que présentent parfois les ponts biais.

Les dépôts

Les efflorescences, les stalactites et les traces de calcite soulignant les fissures témoignent de la circulation d'eau à travers le béton et sont des signes évidents de détérioration des différentes composantes du portique.

La diminution de section de l'armature exposée

Suite à une détérioration quelconque du béton, l'armature peut être dégagée et attaquée par la corrosion. La diminution de section d'armature qui en résulte se traduit par une perte de capacité du portique.

Les flèches et les vibrations excessives

La présence d'une flèche permanente de la traverse supérieure ou des montants verticaux est un indice de faiblesse du système structural.

Une flèche ou une vibration excessive sous l'action des charges vives est également un indice de faiblesse du système structural.

9.4 LES POUTRES TRIANGULÉES

9.4.1 Généralités

Les poutres triangulées sont des poutres composées d'une membrure supérieure et d'une membrure inférieure reliées entre elles par des diagonales et des montants. Les composantes d'une poutre triangulée sont soumises à des efforts axiaux; ainsi, pour une poutre indépendante, la membrure supérieure travaille en compression, la membrure inférieure travaille en traction et les diagonales et montants travaillent en compression ou en traction selon la configuration de la poutre triangulée.

Les poutres triangulées sont en acier ou en bois, rarement en béton. Elles peuvent être à portée simple ou à portées multiples, simplement appuyées ou continues et peuvent également se prolonger en porte-à-faux.

Elles sont reliées transversalement par le tablier qui leur transmet les charges par l'intermédiaire du platelage, des longerons et des entretoises. Elles sont également reliées par des contreventements qui en assurent la stabilité contre le déversement et les charges latérales. La figure 9.4-1 montre les différentes composantes d'un pont à poutres triangulées.

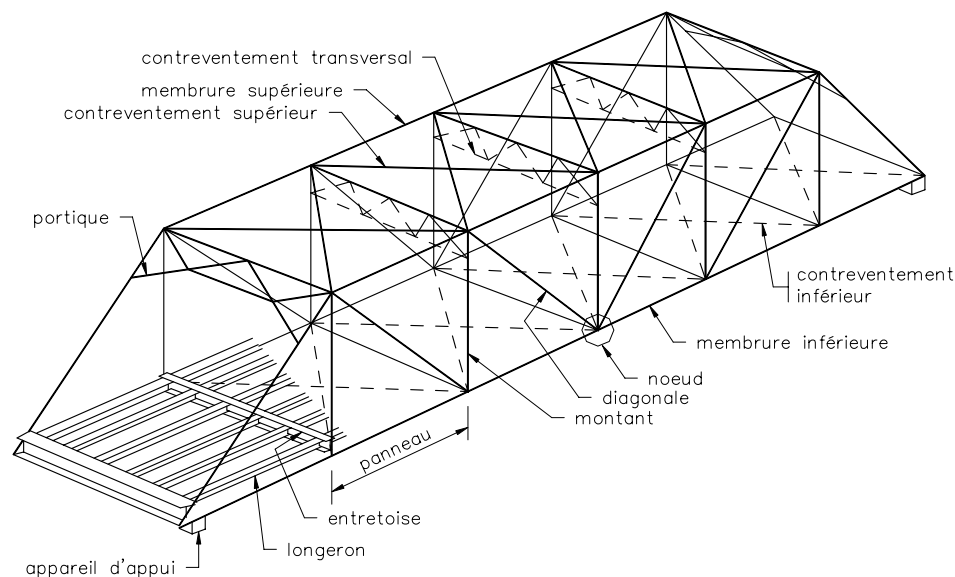


Figure 9.4-1 Pont à poutres triangulées

La plupart des poutres triangulées sont composées d'éléments d'acier qui se présentent soit en sections individuelles d'acier laminé, soit en sections assemblées : boulonnées, rivetées ou soudées ensemble. On en trouve aussi, depuis quelques années, qui sont faites de profilés creux.

Les poutres triangulées peuvent avoir des dispositions très variées et le cheminement des efforts dans chacune des composantes pour les principales configurations de poutres triangulées est illustré à la figure 9.4-2.

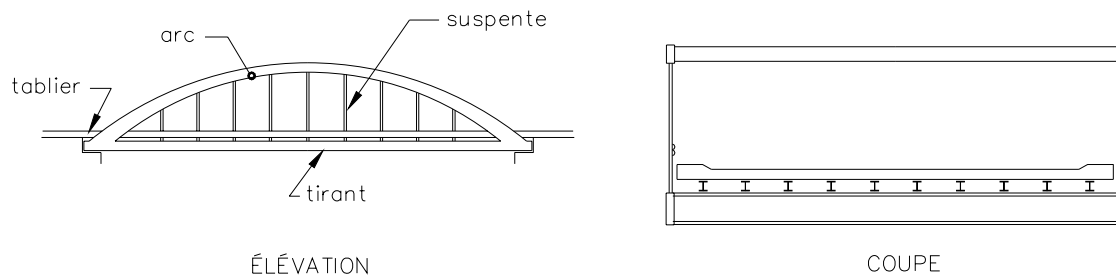


Figure 9.5-2 Arc à tablier inférieur avec tirant

Les arcs à tablier intermédiaire

Ils possèdent un tablier dont la partie centrale est suspendue sous l'arc et dont les parties d'extrémité sont appuyées, par l'intermédiaire des montants, sur les parties extérieures de l'arc (figure 9.5-3).

Outre le système de contreventement latéral sous le tablier, un système de contreventement reliant les deux arcs est prévu au-dessus du tablier pour la partie centrale et en dessous pour les extrémités.

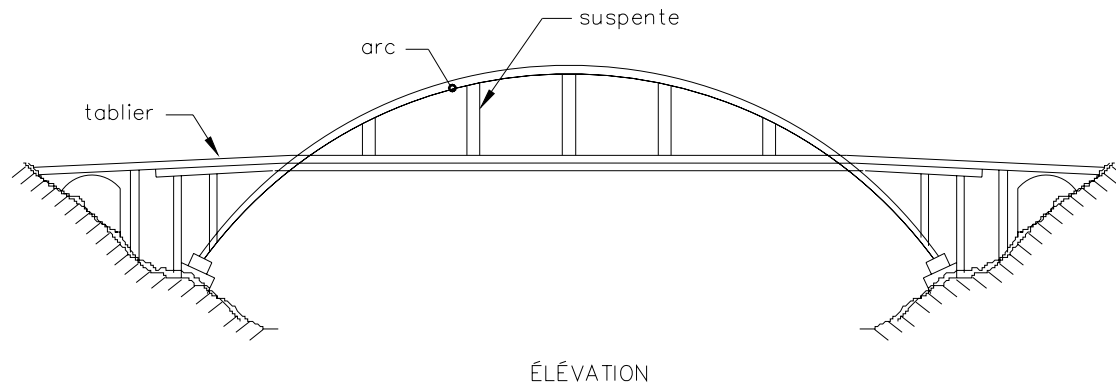


Figure 9.5-3 Arc à tablier intermédiaire

Les arcs à tablier supérieur

Ils possèdent un tablier qui s'appuie sur l'arc par l'intermédiaire de montants (figure 9.5-4). On les utilise lorsque la capacité du sol est suffisante pour résister à la poussée horizontale. Le système de contreventement qui relie les deux arcs est alors complètement sous le tablier. Les arcs peuvent être constitués de deux ou plusieurs membrures ou d'une dalle épaisse à largeur ou épaisseur variable.

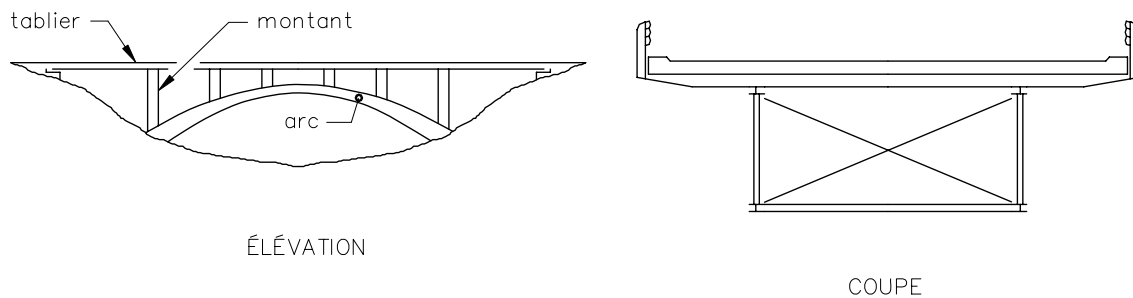


Figure 9.5-4 Arc à tablier supérieur

Les arcs avec mur tympan et remplissage et les arcs avec remblai sont des cas particuliers d'arcs à tablier supérieur.

Les arcs avec mur tympan et remplissage sont surtout utilisés lorsqu'il s'agit de courte travée et les extrémités de l'arc sont généralement encastrées. Le dessus de l'arc est remblayé d'un matériau granulaire qui sert de support à la surface de roulement. Les côtés de ce type d'arc sont formés par des murs de soutènement et des murs en aile

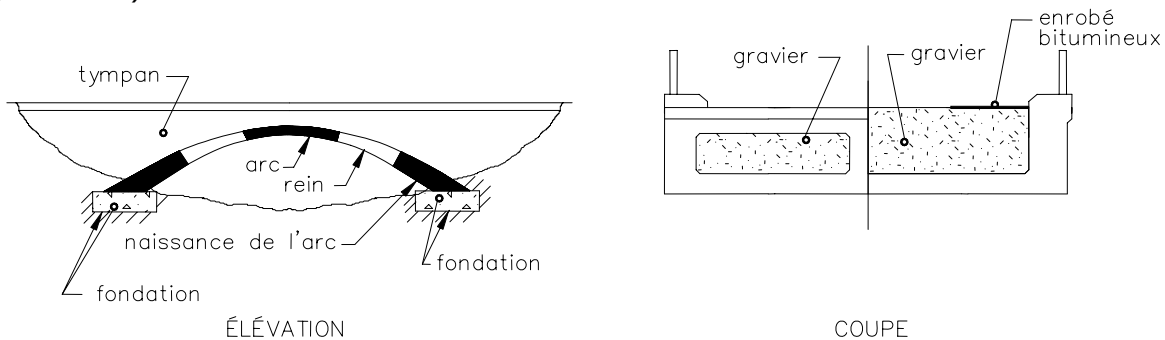


Figure 9.5-5 Arc à tablier supérieur avec mur tympan et remplissage

Les arcs avec remblai uniquement sont identiques au type précédent, sauf qu'il n'y a pas de mur de soutènement (figure 9.5-6).

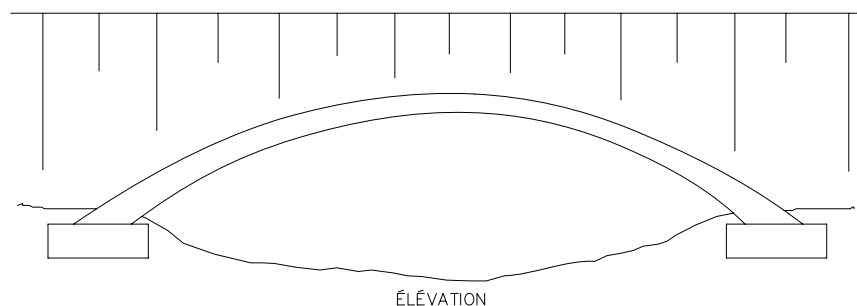


Figure 9.5-6 Arc à tablier supérieur avec remblai

9.5.3 Les défauts des arcs

Plusieurs défauts des arcs sont similaires à ceux associés aux autres structures en acier ou en béton. Nous traiterons donc dans cette section uniquement des défauts inhérents aux arcs, qu'ils soient en acier ou en béton.

Les arcs sont surtout sensibles aux mouvements, même faibles, des appuis, au retrait et aux effets thermiques.

Les principaux défauts inhérents aux arcs sont les suivants :

- Les fissures transversales;
- Les fissures longitudinales;
- Les articulations déficientes;
- Le comportement inadéquat de l'about du tablier;
- Les défauts spécifiques au tirant;
- Le fonctionnement inadéquat des dispositifs d'évacuation des eaux d'infiltration.

Les fissures transversales

Ce défaut d'arc en béton survient le plus souvent à la clef ou au droit des montants.

Les fissures transversales à la clef sont dues au tassement différentiel des appuis (figure 9.5-7).

Les fissures transversales au droit des montants sont particulières aux arcs à tablier supérieur ou intermédiaire. Elles se situent à l'intrados de l'arc au droit des montants et sont actives sous les effets thermiques; elles proviennent du fait que les déformations de l'arc sont contrariées par ces montants, qui transmettent des charges importantes.

Les fissures longitudinales

Ce défaut des arcs en béton survient le plus souvent au tympan ou sur l'arc.

Les fissures longitudinales au tympan sont dues au tassement différentiel d'appui à appui (figure 9.5-7) ou au tassement différentiel transversal sous une même ligne d'appui.

Les fissures longitudinales à l'arc sont dues à une insuffisance, voire à l'absence, d'acier transversal. Le béton n'est alors pas assez confiné vis-à-vis des tractions résultant des efforts de compression dans l'arc. De telles fissures se produisent également lorsque les arcs sont constitués de caissons, du fait des rigidités différentes des âmes et du hourdis (figure 9.5-8).

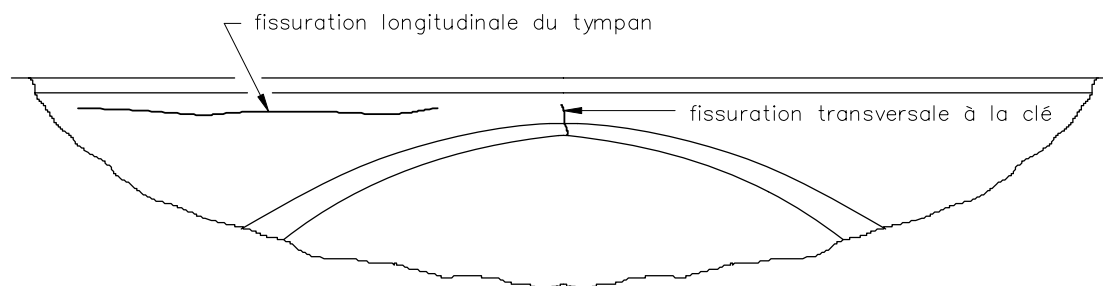


Figure 9.5-7 Fissuration d'un arc en béton

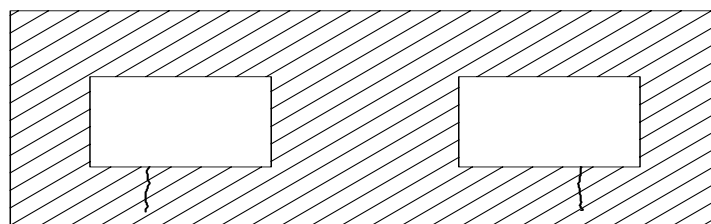


Figure 9.5-8 Fissuration longitudinale d'arcs en caisson

Les articulations déficientes

Les articulations peuvent perdre leur fonctionnalité du simple fait de l'accumulation de débris divers ou de la détérioration du matériau le constituant.

De plus, les articulations peuvent être bloquées par mise en butée du dispositif de retenue si celui-ci est suffisamment rigide.

Le comportement inadéquat de l'about du tablier

Lorsque l'arc est à tablier supérieur ou intermédiaire, l'about du tablier a tendance à se soulever lorsqu'une charge est appliquée au-delà du premier montant, ce qui occasionne des battements nuisant à la bonne tenue de l'appareil d'appui et de l'about du tablier lui-même.

Les défauts spécifiques au tirant

Ces défauts s'appliquent à l'arc à tablier inférieur avec tirant. L'arc à tirant est une des structures les moins redondantes, puisque sa capacité est reliée entièrement aux deux tirants qui résistent à la poussée horizontale de l'arc. Le moindre défaut, que ce soit la détérioration, la fissuration ou autre, doit être détecté.

Le point le plus critique est l'assemblage du tirant avec l'arc, surtout s'il est soudé. Les soudures doivent être examinées avec soin afin de détecter les fissures probables. Les assemblages entre le tablier et les tirants doivent aussi être inspectés de même que ceux entre les montants et les tirants.

Le fonctionnement inadéquat des dispositifs d'évacuation des eaux d'infiltration

Dans les arcs avec mur tympan et remplissage et les arcs avec remblai, il faut s'assurer que les dispositifs d'évacuation des eaux d'infiltration sont efficaces afin d'éviter les dommages dus à l'accumulation d'eau.

9.6 LES DIAPHRAGMES ET LES CONTREVENTEMENTS

9.6.1 Les diaphragmes

Les diaphragmes sont des membrures transversales qui relient les éléments principaux supportant les charges de gravité. Ils ont pour fonction de contreventer les membrures principales et donc d'assurer la rigidité du système structural. Ils servent ainsi à distribuer les charges latérales dues au vent ou aux séismes, aux autres contreventements et aussi à résister à la torsion.

Les diaphragmes sont en acier, en bois ou en béton et sont normalement en position verticale. Ils peuvent être d'une seule pièce ou assemblés.

Les diaphragmes peuvent être classés en éléments porteurs ou non porteurs.

Les diaphragmes porteurs se situent aux appuis de pont et sont conçus pour transférer les charges aux appareils d'appui et pour des besoins de soulèvement de la structure.

Les diaphragmes non porteurs sont conçus pour donner un support latéral ou pour répartir la charge entre les éléments du système structural.

Des diaphragmes types sont illustrés à la figure 9.6.

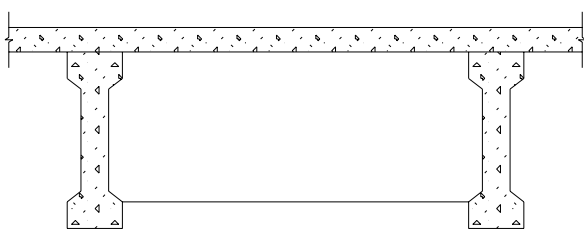
9.6.2 Les contreventements

Les contreventements sont des systèmes secondaires de membrures qui servent essentiellement à stabiliser le système structural contre les charges de vent ou de séismes et contre les charges de torsion.

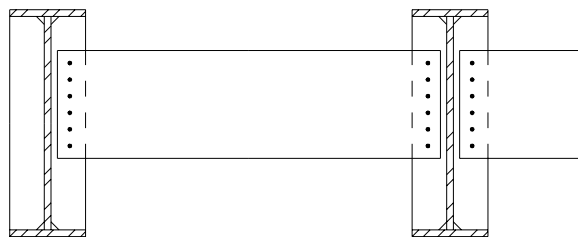
Ils permettent la distribution de ces charges latérales à travers le système structural et procurent en plus un support aux membrures en compression.

Les contreventements peuvent être dans le plan vertical ou horizontal. Ils sont en béton, en acier ou en bois et se situent entre les éléments principaux.

Ils peuvent être assemblés pour obtenir des formes en « X » ou en « K ». Des contreventements types sont illustrés aux figures 9.4-1 et 9.6.

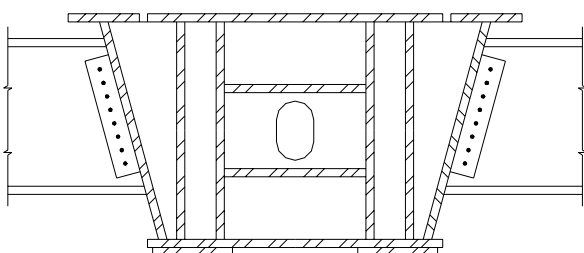


DIAPHRAGME NON PORTEUR EN BÉTON

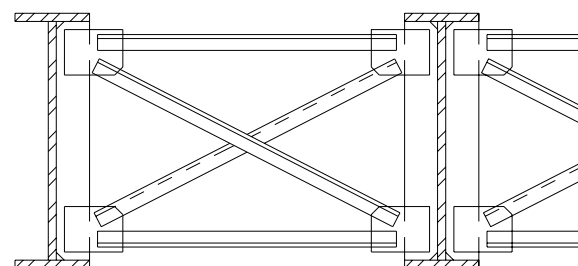


DIAPHRAGME NON PORTEUR EN ACIER

DIAPHRAGME INTERMÉDIAIRE



DIAPHRAGME PORTEUR DANS LES
POUTRES-CAISSONS EN ACIER



CONTREVENTEMENT EN ACIER

DIAPHRAGME D'EXTRÉMITÉ

Figure 9.6 Diaphragmes et contreventement

10.1 GÉNÉRALITÉS

Les éléments traités dans le présent chapitre sont :

- Le platelage;
- La surface de roulement;
- Le chasse-roue et le trottoir;
- L'approche et la dalle de transition;
- Le drainage et les systèmes de drainage.

10.2 LE PLATELAGE

Les principaux types de platelage sont :

- La dalle sur poutres;
- La dalle épaisse;
- Le platelage en bois;
- La dalle orthotrope;
- Le caillebotis;
- Le platelage en tôle ondulée.

Le comportement d'un platelage est relié à sa capacité de constituer une surface de roulement adéquate pour les véhicules, de supporter les charges statiques et dynamiques et de les transmettre aux éléments principaux de la structure. Les défauts du platelage ont donc comme conséquence de diminuer cette capacité.

10.2.1 La dalle sur poutres en béton armé

La dalle sur poutres en béton armé est le type de platelage le plus utilisé pour transmettre les charges de la circulation sur les différents types de structures. Dans le cas de certaines structures, la dalle sur poutres peut être précontrainte transversalement.

La dalle sur poutres a une épaisseur qui varie entre 150 mm et 200 mm et est habituellement coulée en place. Bien qu'elle puisse être utilisée comme surface de roulement, elle est presque toujours recouverte d'une couche d'enrobé bitumineux. On peut la protéger contre les effets de l'eau et des sels déglaçants en la recouvrant d'une membrane d'étanchéité avant de poser l'enrobé.

La dalle sur poutres peut aussi servir de lien entre les semelles supérieures des poutres préfabriquées en béton précontraint. La couche de béton qui recouvre la surface d'éléments préfabriqués fait partie de la dalle sur poutres.

La dalle sur poutres de certaines structures plus anciennes et plus spécialement celles dont le tablier est constitué par des poutres en acier enrobées de béton peut être recouverte d'une couche de gravier, puis d'une couche d'enrobé bitumineux.

Les figures 10.2-1 et 10.2-2 illustrent une dalle sur poutres.

Les défauts de la dalle sur poutres

De par sa fonction, la dalle sur poutres est soumise directement à l'impact des véhicules, aux effets de la température et à l'action des sels déglacants qui sont toujours à l'origine des défauts du béton et, par conséquent, des défauts de la dalle.

Les solutions salines pénètrent dans le béton par les fissures et les interstices de l'enrobé bitumineux et du béton; les cycles gel-dégel et l'action des sels sur les aciers d'armature provoquent la désagrégation, le délaminage et l'éclatement du béton.

La mauvaise qualité du matériau, sa mise en œuvre incorrecte et les armatures placées trop près de la surface sont d'autres facteurs qui favorisent la détérioration de la dalle.

Lorsque les premiers dommages apparaissent, il est important de les réparer le plus rapidement possible pour éviter leur aggravation qui nécessiterait des réparations plus coûteuses si l'intervention était retardée.

Lorsque la surface de la dalle est recouverte d'enrobé bitumineux, les défauts du béton peuvent être reflétés par les fissures polygonales qui apparaissent à la surface de l'enrobé. L'eau qui suinte sous la dalle, la présence d'efflorescences et de stalactites sont les signes d'un béton poreux ou détérioré.

Les défauts du béton de la dalle recouverte d'enrobé bitumineux peuvent aussi être détectés par :

- L'enlèvement partiel ou complet de l'enrobé bitumineux;
- Le carottage de la dalle;
- Un examen fait par relevé de potentiel de corrosion ou par radar.

L'enrobé bitumineux dissimule souvent les défauts du platelage sous-jacent jusqu'à ce qu'ils soient très importants. Le développement de ces défauts est d'ailleurs favorisé par les défauts de l'enrobé bitumineux qui permettent à l'eau et aux sels déglacants de s'infiltrer jusqu'au platelage.

10.3.3 Le plancher en bois

Les défauts du plancher en bois sont les madriers manquants, non assujettis ou affectés par la pourriture ou l'usure, par les clous qui ressortent à la surface et par l'accumulation de sable ou de gravier.

La surface du plancher en bois est souvent glissante pour les véhicules, surtout lorsqu'il pleut.

10.3.4 Le bitume caoutchouté

Le bitume caoutchouté utilisé comme surface de roulement sur la dalle orthotrope peut se révéler efficace lorsque l'épaisseur de la couche est d'environ 50 mm.

Le mélange enrobé bitumineux-époxy appliqué en une couche de 20 mm d'épaisseur sur certaines dalles orthotropes a dû être remplacé parce que l'époxy est un matériau qui durcit avec le temps, rendant ainsi la couche de roulement trop fragile pour la flexibilité du platelage et provoquant sa fissuration et son arrachement.

10.3.5 Le caillebotis

Le grillage métallique ouvert forme une surface de roulement plutôt glissante pour les véhicules, surtout lorsqu'il pleut. Les barres verticales qui le constituent rendent aussi la conduite inconfortable lorsqu'elles sont disposées parallèlement au sens de la circulation.

10.3.6 Le matériau granulaire

Les défauts de la surface de roulement en matériau granulaire sont reliés aux défauts du matériau lui-même tels que la perte de matériaux granulaires et l'affaissement.

10.4 LE CHASSE-ROUE ET LE TROTTOIR

Le chasse-roue est un muret de protection placé le long du parapet ou de la glissière d'un pont pour écarter les roues des voitures. Il a aussi pour fonction d'empêcher la lame des chasse-neige de heurter la glissière et les lampadaires et de canaliser l'eau de ruissellement vers les drains.

La hauteur du chasse-roue au-dessus de la chaussée varie de 150 mm à 250 mm et sa largeur de 150 mm à 600 mm. Pour éviter les dommages fréquents aux glissières et aux lampadaires, le côté intérieur du chasse-roue doit se situer à au moins 50 mm en avant des lisses de la glissière. La figure 10.4-1 illustre des chasse-roues.

Le trottoir est une plate-forme habituellement surélevée par rapport à la chaussée, que l'on construit d'un seul ou des deux côtés de la structure pour permettre le passage des piétons. Son côté intérieur a les mêmes fonctions qu'un chasse-roue.

La hauteur du trottoir au-dessus de la chaussée varie de 150 mm à 250 mm et sa largeur, de 750 mm à 1 500 mm en région rurale et de 1 200 mm à 2 000 mm en zone urbaine. La figure 10.4-2 illustre des trottoirs.

Le chasse-roue et le trottoir peuvent être construits en béton, en enrobé bitumineux ou en bois. Leur côté intérieur peut aussi être une bordure en béton préfabriqué ou en granite, ou une cornière en acier galvanisé. Certains trottoirs sont fixés en porte-à-faux sur le côté extérieur des structures lorsque la largeur de la chaussée est trop étroite pour permettre leur installation. La figure 10.4-3 illustre des trottoirs en porte-à-faux.

Des conduits pour câbles téléphoniques, de fibres optiques et électriques sont souvent enrobés dans le béton du chasse-roue et du trottoir ou suspendus sous ces derniers.

Les défauts du chasse-roue

Les défauts du chasse-roue peuvent affecter la sécurité des automobilistes et sont reliés aux défauts des matériaux le constituant.

Le chasse-roue pour certaines configurations (les dimensions ou la forme; exemple : le côté intérieur trop incliné) peut être surmonté et même devenir un tremplin pour les véhicules; il peut être un danger pour les automobilistes et exposer la glissière et les lampadaires à des dommages plus fréquents.

Des changements brusques dans son alignement ou une interruption sans transition à l'extrémité de la structure peuvent constituer des obstacles très dangereux pour les véhicules.

Les défauts du trottoir

Les défauts du trottoir peuvent affecter la sécurité des piétons et des automobilistes et sont reliés aux défauts des matériaux le constituant.

Le trottoir pour certaines configuration (les dimensions ou la forme; exemple : le côté intérieur trop incliné) peut, comme pour le chasse-roue, être surmonté et même devenir un tremplin pour les véhicules; il présente donc un grave danger pour les piétons et les automobilistes.

Des cavités dues à l'éclatement du béton, des trous causés par la rouille ou résultant de l'arrachement d'une planche, des clous qui ressortent à la surface, des planches endommagées par la pourriture ou non assujetties peuvent être la cause de blessures pour les usagers. Une surface glissante en temps de pluie ou qui favorise la formation de flaques d'eau ou de plaques de glace présente aussi des risques pour les piétons.

Des boulons manquants ou des éléments de support endommagés par la corrosion de l'acier présentent aussi des risques pour les piétons qui empruntent un trottoir fixé en porte-à-faux sur le côté extérieur de la structure.

Des changements brusques dans l'alignement du côté intérieur, des pièces de bois non assujetties qui encombrent la chaussée, une interruption sans transition à l'extrémité de la structure sont autant d'obstacles très dangereux pour les véhicules.

Note : La hauteur du chasse-roue et du trottoir est mesurée des côtés intérieurs du chasse-roue et du trottoir à partir de la surface de roulement, sans accumulations de gravier, sable ou autres. S'il y a accumulation le long du chasse-roue ou du trottoir, un nettoyage pourrait être nécessaire afin d'éviter que ces derniers deviennent des tremplins pour les véhicules.

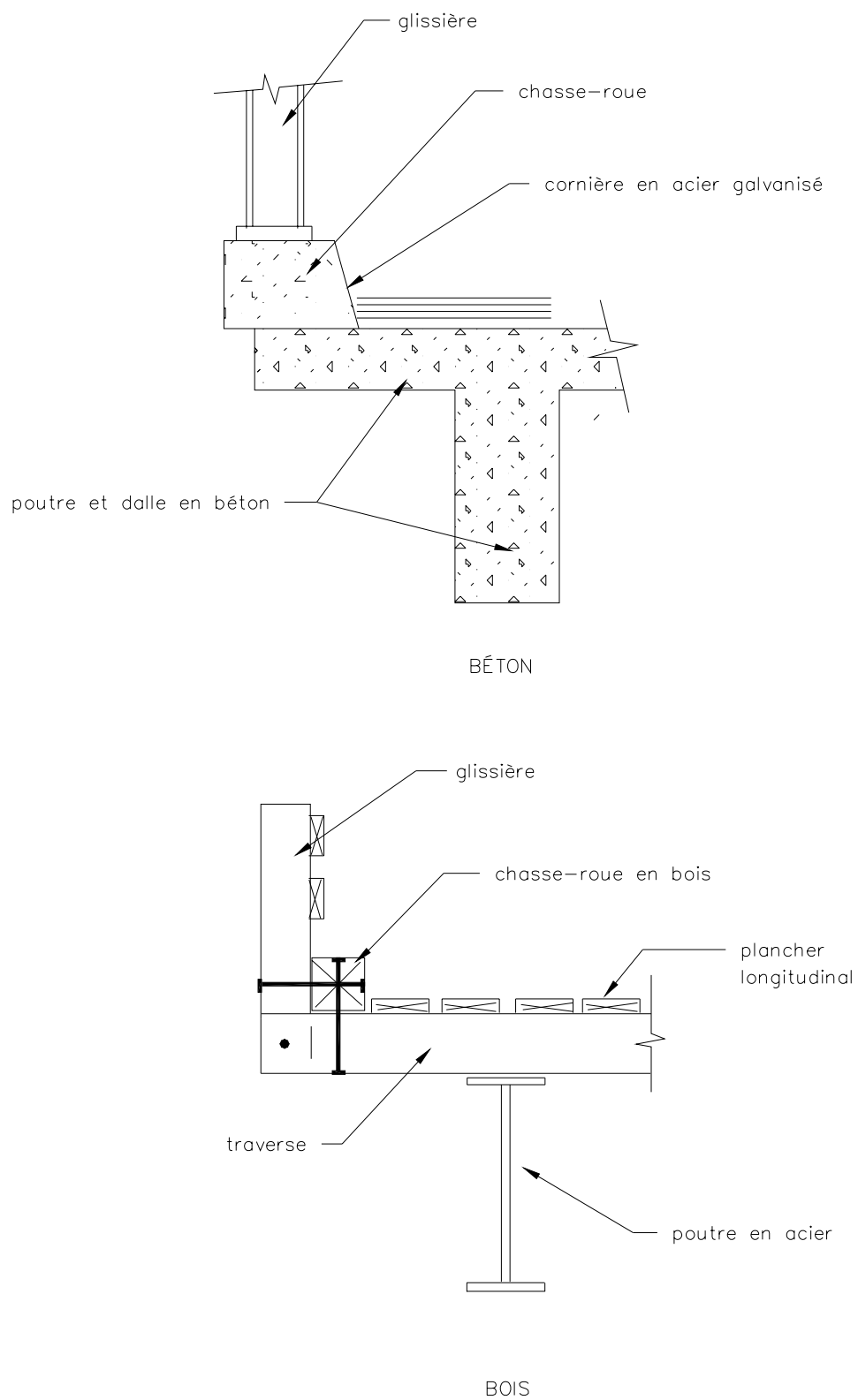


Figure 10.4-1 Chasse-roues

11.4 LA GLISSIÈRE RIGIDE EN BÉTON

Sur certains ponts, le dispositif de retenue est remplacé par une glissière rigide en béton. C'est souvent vrai pour les glissières des rampes d'échangeurs et de ponts où les voies en sens inverses sont rapprochées et séparées par une glissière rigide qui est souvent surmontée d'un écran visuel.

La glissière rigide en béton, d'une hauteur variant de 880 à 1 140 mm, est habituellement profilée suivant le type New-Jersey (figure 11.4), profil qui semble être le plus sécuritaire pour les automobilistes. Étant composée de béton armé, la glissière rigide n'est habituellement pas affectée par l'impact des véhicules. Aussi les principaux défauts qui l'affectent sont les défauts de matériaux propres au béton armé.

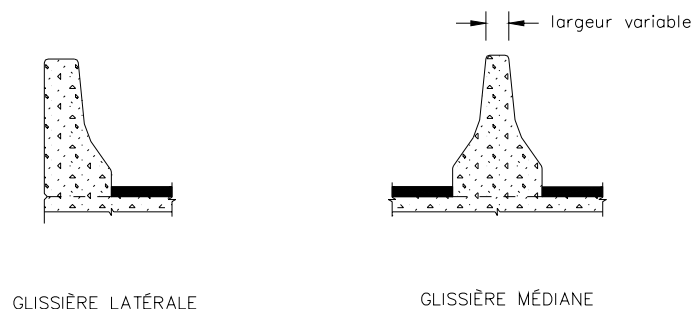


Figure 11.4 Glissières rigides en béton

11.5 LES DÉFAUTS DES DISPOSITIFS DE RETENUE

Le comportement d'une glissière est jugé à sa capacité de protéger et de guider la circulation des véhicules le long d'un pont et d'empêcher les véhicules de quitter accidentellement la route ou de s'aventurer en sens inverse. Le garde-fou, quant à lui, est jugé à sa capacité de protéger et de guider la circulation des piétons et des cyclistes le long d'un pont. Tout ce qui nuit à ce comportement est considéré comme un défaut. Les défauts suivants sont les plus courants.

Les défauts de matériaux

Les défauts de matériaux du béton, de l'acier, du bois et de l'aluminium peuvent, lorsqu'ils sont importants, affecter le comportement des dispositifs de retenue.

Le dispositif de retenue

Les défauts faisant suite au heurt d'un dispositif de retenue par un véhicule sont très variables. Ils peuvent aller d'une simple bosse plus ou moins profonde à la perte complète d'un de ses panneaux.

Le bris de boulons d'ancrage

Un boulon d'ancrage peut être rouillé ou sectionné ou son écrou peut être mal serré ou absent. Le boulon peut être ancré trop profondément dans le béton, si bien que la partie filetée disponible est trop courte pour visser l'écrou complètement.

Les défauts des glissières semi-rigides

Les glissières semi-rigides prolongeant les glissières du pont aux approches sont parfois d'une hauteur différente de celle des glissières du pont. L'espacement de poteaux supportant les glissières semi-rigides est parfois trop grand, si bien que leur rigidité est trop faible par rapport à celle des glissières du pont adjacentes. Les glissières semi-rigides peuvent être mal reliées aux glissières du pont, peuvent mal protéger l'extrémité des glissières du pont et sont quelquefois absentes.

Les défauts des joints

Les boulons des joints peuvent être lâches, absents ou ne pas avoir de rondelles ou d'écrous. Les joints ne permettent pas toujours le mouvement nécessaire à la dilatation des pièces, certains trous ronds auraient dû être ovalisés. Certains joints ou l'absence de joints entre les lisses assurent parfois mal leur continuité.

Les défauts des anciens modèles

Les anciens modèles de dispositif de retenue présentent de nombreux défauts lorsqu'on les examine en fonction des normes actuelles, soit :

- Hauteur trop faible;
- Résistance trop faible aux efforts latéraux;
- Lisses non continues;
- Lisses non placées devant les poteaux;
- Dimensions des ouvertures de plus de 150 mm dans le cas des dispositifs de retenue de trottoirs.

Toutefois, tant que ces modèles sont en bon état et pourvu qu'ils soient conformes aux critères de sécurité et aux exigences techniques qui étaient en vigueur au moment de la construction, ces défauts sont tolérables.