

**ÉCOLE SPÉCIALE DES TRAVAUX PUBLICS
DU BATIMENT ET DE L'INDUSTRIE**

M. LÉON EYROLLES, C. ✱,  I., Ingénieur-Directeur

RÈGLEMENT DU 8 JANVIER 1915

du Ministère des Travaux Publics

POUR LE

CALCUL ET LES ÉPREUVES

DES PONTS MÉTALLIQUES

SUIVI DE

NOTES POUR SON APPLICATION

par M. D. MATHIEU

Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur du Cours de Stabilité
des Constructions à l'École spéciale des Travaux Publics

PARIS

ÉCOLE SPÉCIALE DES TRAVAUX PUBLICS
Rue Du Sommerard, Rue Thénard et Boulevard Saint-Germain

1926

PROPRIÉTÉ DU DIRECTEUR DE L'ÉCOLE
Tous droits réservés.

I

RÈGLEMENT DU 8 JANVIER 1915

DU

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS

POUR LE

CALCUL ET LES ÉPREUVES

DES PONTS MÉTALLIQUES

CHAPITRE PREMIER

PONTS-RAILS SUPPORTANT DES VOIES FERRÉES DE LARGEUR NORMALE

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
§ 1^{er}. — Bases des calculs de stabilité	
<p>ARTICLE PREMIER. — Charge permanente. — On introduira dans les calculs la charge permanente effective, et il en sera justifié.</p>	<p>ARTICLE PREMIER. — Pour les ouvrages de types courants, on pourra évaluer la charge permanente soit d'après l'exemple d'ouvrages existants, soit à l'aide de tableaux numériques, de formules expérimentales ou d'abaques.</p> <p>Ce mode de justification sera également admis dans les avants-projets et les projets sommaires, qui ne comportent pas d'avant-métré détaillé.</p> <p>Suivant l'usage, la charge permanente sera supposée à répartition uniforme, à moins qu'il n'en puisse résulter d'erreur sensible <i>par défaut</i> sur les efforts à calculer.</p>
<p>ART. 2. — Surcharges-train-type; Surcharges virtuelles. — La surcharge introduite dans les calculs sera constituée par un train type, composé de deux machines avec tenders, placées en tête, et suivies de wagons chargés.</p> <p>Les dimensions et les poids des machines, des tenders et des wagons sont indiqués sur le tableau et la figure ci-après*.</p>	<p>ART. 2. — * La locomotive, le tender et le wagon chargé, dont on a formé le train-type, diffèrent sensiblement des véhicules actuellement en service sur les chemins de fer français. On s'est proposé de distribuer la surcharge d'une façon simple et régulière, en vue de faciliter le calcul numérique des ponts. Les seules conditions que l'on se soit imposées, dans la détermination du train-type, sont, d'une part, la limitation à 20 tonnes de la charge portée par un essieu, et, d'autre part, une répartition des poids telle que ce train donnât lieu, en toute circonstance et dans tous les éléments d'un pont, à des efforts un peu supérieurs à ceux que produisent les trains les plus lourds circulant, dans l'état présent, sur le réseau français.</p>

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>On assimilera un train placé sur le pont à un écran rectangulaire plein de 3 mètres de hauteur, dont le côté inférieur serait situé à 0 m. 50 au-dessus du rail.</p> <p>Pour la vérification de l'équilibre statique du tablier et des piles métalliques sous la poussée du vent, on envisagera l'hypothèse d'un train formé de wagons vides, dont le poids par mètre courant de voie serait réduit à 1.250 kilogs.</p> <p>ART. 4. — Effets de la température; Influences diverses. — Toutes les fois que l'ossature d'un ouvrage métallique ne pourra se contracter ou se dilater librement, il sera tenu compte de l'influence des changements de température sur ses conditions de stabilité*.</p> <p>Quand les efforts supportés par les éléments d'un pont métallique en service pourront être aggravés par une cause différente de celles énoncées précédemment, il appartiendra aux Ingénieurs de discerner cette cause, d'en apprécier le rôle et l'importance, et de la faire intervenir dans les calculs de stabilité. Si cette cause se rattache à la surcharge d'épreuve, ses effets seront ajoutés à ceux dus au poids de ladite surcharge. Il en sera de même pour le vent**.</p> <p>ART. 5. — Montage des ponts; Lancement; Manœuvre des ponts mobiles. — Toutes les fois que les opérations de montage et de mise en place d'un pont, prescrites ou prévues dans le projet, seront susceptibles de déterminer dans certains éléments des efforts supérieurs à ceux qu'ils auraient à supporter dans l'ouvrage en service, on en tiendra compte dans les calculs de résistance de ces pièces.</p>	<p>au vent. Il en devra être tenu compte dans les calculs.</p> <p>Il arrive presque toujours que le vent produit ses effets maxima quand sa direction est horizontale et perpendiculaire à l'axe du chemin de fer. Exceptionnellement, les Ingénieurs pourront être conduits à calculer, soit au point de vue de l'équilibre statique, soit au point de vue de l'équilibre élastique, les effets d'un vent orienté obliquement soit par rapport à l'horizontale, soit par rapport à l'axe du chemin de fer. Il leur appartiendra, en pareille circonstance, de déterminer la direction dangereuse à envisager, et d'évaluer les effets du vent soufflant dans cette direction.</p> <p>ART. 4. — * Il conviendra de justifier la valeur admise dans les calculs pour l'écart maximum de température par rapport à la moyenne.</p> <p>En général, sous le climat de la France, on peut tabler sur un écart de $\pm 27^\circ$ qui, pour l'acier et la fonte employés dans la construction des ponts, correspond sensiblement à une dilatation ou à une contraction linéaire de $\pm 0,0003$, soit trois dixièmes de millimètre par mètre.</p> <p>** La prescription du Règlement relative aux influences diverses, vise principalement les ouvrages exécutés dans des conditions exceptionnelles : ponts courbes, défaut d'invariabilité dans la direction horizontale ou la direction verticale d'appuis sur piles ou culées que le calcul théorique suppose absolument fixes, etc...</p> <p>Dans le calcul d'un pont biais, ou d'un pont portant une voie en courbe, on tiendra compte de la dissymétrie des surcharges, etc...</p> <p>ART. 5. — * Il sera toutefois loisible aux Ingénieurs de confier cette tâche à l'entrepreneur par une clause du cahier des charges, laissant toute latitude à celui-ci pour le choix du procédé de montage, ou bien le chargeant des études en vue d'un procédé déterminé. C'est alors à l'entrepreneur qu'il incombera de formuler, avec calculs de stabilité à l'appui, s'il est nécessaire, ses propositions pour le montage et</p>

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>Il en sera ainsi notamment quand la mise en place devra s'opérer par lancement.*</p> <p>Cette prescription vise, d'une manière générale, toutes les circonstances anormales ou temporaires, qui seraient de nature à modifier dans un sens défavorable les conditions de stabilité du pont, en dehors du service normal.</p> <p>Elle s'applique en particulier à la manœuvre des ponts mobiles, pendant laquelle le passage des trains est suspendu.</p>	<p>la mise en place, et de les soumettre à l'acceptation des Ingénieurs.</p>
<p>§ 2. — Conduite des calculs</p>	
<p>ART. 6. — Équilibre statique; Équilibre élastique. — Il sera justifié de la stabilité du pont, au point de vue de l'équilibre statique, toutes les fois que les causes extérieures agissant sur lui paraîtront susceptibles de provoquer un déplacement anormal de l'ensemble ou d'une partie de l'ouvrage, par translation ou rotation.*</p> <p>En ce qui touche l'équilibre élastique, on calculera les efforts subis par les divers éléments de l'ossature métallique, et l'on s'assurera que le travail élastique correspondant, pour chacun, à l'effort maximum qu'il aurait à supporter, ne dépasse pas la limite de sécurité dont il sera parlé dans les articles II et suivants.</p> <p>Les calculs seront effectués conformément aux principes et par les procédés de la Résistance des Matériaux.**</p> <p>ART. 7. — Section brute et section nette. — Le calcul du travail élastique, ou de la fatigue du métal sera basé sur la section nette de chaque pièce, obtenue en retranchant de la section brute les vides tels que trous de rivets et de boulons.</p>	<p>ART. 6. — * Les causes extérieures visées dans cet article sont celles énumérées dans les articles 1, 2, 3 et 4, et, mais seulement en ce qui touche la manœuvre des ponts mobiles, dans l'article 5.</p> <p>Les Ingénieurs indiqueront le coefficient de sécurité qu'ils auront jugé convenable d'admettre. Pour les ponts fixes, ce coefficient devra, autant que possible, n'être pas inférieur à 1,5, mais des circonstances particulières pourront justifier, le cas échéant, un relèvement notable de ce minimum.</p> <p>** Aucune méthode particulière, numérique ou graphique, n'est prescrite ou recommandée. Les Ingénieurs ont toute latitude pour procéder comme ils le jugeront convenable. Si toutefois la marche suivie comportait une innovation sur les errements consacrés par la pratique, ils auraient à justifier que leur méthode offre toute garantie au point de vue de l'exactitude et de la précision des résultats.</p> <p>ART. 7. — Dans les projets sommaires, il sera loisible aux Ingénieurs de baser le calcul du travail élastique sur la section brute, sans déduction des vides, à la condition de multiplier le résultat obtenu par un coefficient de majoration convenable.</p> <p>Pour les pièces composées de tôles et de profilés assemblés par rivets, on pourra, dans les circonstances ordinaires, admettre <i>a priori</i> que la section nette représente en moyenne les 833 millièmes</p>

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>ART. 8. — <i>Travail élastique ou fatigue du métal.</i> — On calculera séparément, pour chaque pièce ou section de l'ossature métallique, les efforts <i>principaux</i> dus à chacune des causes énumérées dans les articles 1, 2, 3, et le cas échéant, dans l'article 4, et l'on en déduira les valeurs correspondantes du travail élastique ou fatigue du métal en kilogrammes par millimètre carré; sauf à totaliser ensuite les résultats partiels, ainsi qu'il sera dit à l'article 11.</p> <p>S'il y a lieu d'appliquer les prescriptions de l'article 5, les calculs correspondants seront faits à part.</p> <p>Le calcul des efforts <i>secondaires</i> n'est pas demandé. Il a été tenu compte, pour la fixation des limites de sécurité inscrites dans le Règlement, de la fatigue supplémentaire que les divers éléments des ponts métalliques peuvent éprouver de ce chef. Il est toutefois fait exception pour les barres de treillis ou de triangulation des poutres principales ou fermes maîtresses. En raison de l'aggravation du travail qui résulte pour ces pièces de la rigidité et de l'excentricité de leurs attaches sur les membrures, on frappera les efforts principaux d'une majoration, qui, dans les conditions ordinaires de la pratique, sera de un dixième en sus. Il appartiendra d'ailleurs aux Ingénieurs, dans les cas exceptionnels où ils jugeraient que les efforts secondaires doivent atteindre une importance anormale dans d'autres éléments du pont, d'en faire état par une majoration convenable des efforts principaux, ou ce qui revient au même, des sections correspondant à ces efforts, arrêtée d'après les règles de l'art et les enseignements de la pratique*.</p>	<p>de la section brute, et adopter en conséquence le coefficient de majoration 1, 2.</p> <p>ART. 8. — * En outre des efforts <i>principaux</i>, calculables par les méthodes classiques de la Résistance des Matériaux, certains éléments des ponts sont soumis à des efforts dits <i>secondaires</i>, qui sont dus à différentes causes, parmi lesquelles on peut citer les suivantes :</p> <p>Flexion d'une pièce sous l'influence de son poids propre ou de la pression directe du vent, alors que le calcul théorique suppose expressément que cette pièce est simplement comprimée ou tendue ;</p> <p>Moments de flexion, dits couples d'encastrement, dus à la rigidité des assemblages à rivets ou boulons, à l'excentricité des attaches, etc..., alors que le calcul théorique suppose les pièces articulées à leurs deux extrémités ;</p> <p>Actions dynamiques résultant, soit d'un choc, soit d'une variation très rapide, presque instantanée, du travail élastique sous le passage en vitesse d'une surcharge mobile. Ces actions se manifestent dans certains éléments des ponts, soit par des mouvements périodiques oscillatoires ou vibratoires, soit par des déplacements désordonnés avec secousses (fouettement des barres. — ferraillement des ponts).</p> <p>On doit aussi considérer comme la conséquence d'un effort secondaire le voilement qui se manifeste parfois dans les pièces fléchies, lorsque celles-ci ont une rigidité latérale insuffisante, dans la direction perpendiculaire au plan de flexion. Cette déformation, que l'on peut prévenir en maintenant la pièce par des renforts latéraux (<i>nervures, goussets, entretoises, cornières de bordure</i>), aggrave la fatigue et affaiblit la résistance.</p> <p>On ne s'astreint presque jamais au calcul des efforts secondaires. Il est admis conventionnellement qu'ils n'entraînent qu'un accroissement modéré du travail élastique, en vue duquel on dispose d'une marge de sécurité largement suffisante, par l'écart ménagé intentionnellement entre la limite pratique de fatigue et la limite d'élasticité du métal. Il n'est fait d'exception, dans le</p>

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>ART. 9. — <i>Pièces comprimées.</i> — Pour toute pièce soumise à un effort normal de compression, le travail élastique, obtenu en divisant cet effort par la section nette, sera multiplié par un coefficient de majoration de la forme $1 + MN \frac{l^2}{r^2}$, afin de tenir compte de la tendance au flambement.</p>	<p>Règlement, que pour les barres de treillis ou de triangulation des poutres principales ou fermes maîtresses. La majoration indiquée de un dixième, qui doit compenser l'excès de fatigue dû à la rigidité et à l'excentricité des assemblages, n'est pas fixée impérativement. Quand des mesures spéciales auront été adoptées par l'auteur d'un projet en vue d'atténuer ou même de faire disparaître ces efforts secondaires, il aura la faculté d'abaisser ou même de supprimer la majoration des efforts principaux. Par contre, il conviendra de la relever au-dessus de 10 %, si, eu égard aux dispositions du treillis, ce chiffre apparaissait comme insuffisant.</p> <p>Pour les autres éléments de l'ossature métallique : longerons, entretoises, barres de contreventements, membrure, etc., la majoration des efforts principaux, pour compenser les efforts secondaires, sera une mesure d'un caractère exceptionnel. Il appartiendra aux Ingénieurs ou aux Constructeurs, lorsqu'ils apprécieront que, dans une pièce de cette catégorie, la fatigue secondaire dépasse les conditions normales, soit de calculer le travail supplémentaire correspondant pour l'ajouter à celui dû aux efforts principaux, soit tout simplement de tenir compte des circonstances défavorables envisagées, en majorant dans une proportion convenable les valeurs fournies par le calcul des efforts principaux ou, ce qui revient au même, les sections déterminées d'après ces efforts non majorés.</p> <p>On pourra arrêter le taux de cette majoration d'après les errements consacrés par la pratique, sans s'astreindre à un calcul théorique, dont les indications seraient, dans l'espèce, souvent sujettes à caution.</p> <p>ART. 9. — * A titre d'exemple, voici les valeurs du facteur numérique M dans quatre cas théoriques :</p> <p>1, pour une pièce articulée à ses deux extrémités ;</p> <p>$\frac{1}{2}$, pour une pièce articulée à une extrémité et encastree à l'autre.</p>

RÉGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>La lettre <i>M</i> désigne un facteur numérique qui dépend du mode de fixation de la pièce sur des éléments voisins*.</p> <p>La lettre <i>N</i> désigne un facteur numérique qui dépend de l'élasticité du métal**.</p> <p>La lettre <i>r</i> désigne soit le rayon de gyration minimum de la section transversale, soit son rayon de gyration dans le plan où la pièce est susceptible de s'infléchir sur la longueur <i>l</i>.</p> <p>ART. 10. — Assemblages. — On calculera les efforts maxima auxquels seront soumis les assemblages mutuels des éléments du pont.</p> <p>On en déduira, pour les rivets ou boulons, le travail élastique au cisaillement ou à l'extension (<i>arrachement des têtes</i>)*.</p>	<p>$\frac{1}{4}$, pour une pièce encastrée à ses deux extrémités;</p> <p>4, pour une pièce encastrée à une extrémité et libre à l'autre (<i>mtl</i>).</p> <p>Il appartiendra aux Ingénieurs d'apprécier dans quelle mesure un assemblage rigide maintenant fixe une section de la pièce comprimée réalise l'encastrement. Presque toujours, il ne faut tabler en pratique que sur un encastrement <i>imparfait</i>.</p> <p>** A titre d'exemple, on peut indiquer la valeur 0,0001 pour le coefficient numérique <i>N</i> applicable à l'acier laminé ou moulé que l'on emploie couramment dans la construction des ponts.</p> <p>ART. 10. — * Les efforts secondaires, dont le calcul n'est pas demandé, aggravent parfois dans une notable proportion la fatigue des rivets ou boulons, principalement dans les assemblages rigides situés à la jonction de deux éléments distincts de l'ossature (couples d'encastrement).</p> <p>Il est utile d'appeler sur ce point l'attention des Ingénieurs, parce que les assemblages de cette catégorie, et en particulier les attaches des longerons sur les pièces de pont ou entretoises, et les attaches de celles-ci sur les fermes maîtresses, ont été assez souvent reconnus des parties faibles de la construction, ainsi que l'a démontré une plus grande fréquence dans la rupture ou le relâchement des rivets.</p> <p>Le renforcement éventuel d'un assemblage est un problème d'ordre pratique, qui relève de la technique des constructions.</p> <p>Il convient donc de se baser ici sur les enseignements de l'expérience et de suivre les errements des praticiens, plutôt que de recourir à des hypothèses contestables et difficiles à justifier.</p>

RÉGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p style="text-align: center;">§ 3. — Justification de la stabilité</p> <p>ART. 11. — Limites de sécurité. — On calculera séparément, ainsi qu'il a été dit à l'article 8, les valeurs du travail élastique correspondant, pour chaque élément ou section du pont, aux causes énumérées dans les articles 1, 2, 3 et 4, en se plaçant, pour les influences variables (art. 2, 3 et 4), dans les conditions les plus défavorables, conformément aux règles établies par la Résistance des Matériaux, et frappant, s'il y a lieu, les résultats bruts de ce calcul, des majorations nécessaires (<i>Pièces comprimées. Efforts secondaires</i>).</p> <p>Les lettres suivantes désignent, pour un même élément du pont et un même genre de travail, les résultats ainsi obtenus :</p> <p>Charge permanente (Art. 1)..... <i>c</i> Surcharge (Art. 2)..... <i>d</i> Pression du vent (Art. 3). { à 150 kil.... <i>v</i> { à 250 kil.... <i>w</i> Températures et causes diverses (Art. 4), à l'exception de celles qui se rattachent à la surcharge ou au vent, et dont les effets doivent être ajoutés à <i>d, v</i> ou <i>w</i>..... <i>t</i></p> <p>Le pont sera considéré comme stable au point de vue de l'équilibre élastique, ou de la fatigue du métal, si ces valeurs du travail satisfont aux conditions qu'expriment les inégalités suivantes :</p> <p>(1) $0,4(c+t) + d \leq S_1$ (2) $c+t+d \leq R_1$ (3) $0,4(c+t) + d + v \leq S_2$ (4) $c+t+d+v \leq R_2$ (5) $0,4(c+t) + w \leq S_3$ (6) $c+t+w \leq R_3$</p> <p>Les lettres S_1, R_1, S_2, R_2, S_3 et R_3, désignent des limites de sécurité qui dépendent : 1° de la nature et de la qualité du métal employé ; 2° du genre de travail envisagé : extension, compression, glissement ou cisaillement.</p> <p>Ces limites seront considérées comme des maxima. Les Ingénieurs auront toute</p>	<p>ART. 11. — * La règle de sécurité (1) est applicable toutes les fois que le rapport $\frac{d}{c+t}$ est plus grand que le rapport $\frac{S_1 - 0,4 R_1}{R_1 - S_1}$.</p> <p>S'il en est autrement, on doit recourir à la règle (2).</p> <p>La valeur totale du travail admissible, à laquelle conduit la règle (1), s'exprime par la relation :</p> $c+t+d = \frac{S_1 \left(1 + \frac{d}{c+t}\right)}{0,4 + \frac{d}{c+t}}$ <p>Pour appliquer la règle (1), le procédé le plus simple et le plus commode consis-</p>

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>latitude pour se tenir au-dessous pour certaines parties ou pièces de l'ossature métallique, lorsqu'ils le jugeront convenable, soit en raison de circonstances spéciales à l'ouvrage projeté, soit pour des motifs d'ordre pratique, relevant de la technique des constructions métalliques. Ils ne seront astreints en pareil cas à fournir de justifications que s'il en devait résulter une augmentation sensible dans le poids de la charpente métallique, et par suite dans la dépense d'exécution du pont, sans que cette augmentation apparût <i>a priori</i> comme inévitable.</p> <p>Il leur sera également loisible de dépasser ces limites, lorsqu'ils apprécieront que cette mesure ne peut porter atteinte à la stabilité. Mais si le dépassement est de quelque importance, ils auront à le justifier au double point de vue de la sécurité et de la durée du pont (<i>à moins, bien entendu, qu'il ne s'agisse d'une construction provisoire ou temporaire</i>).</p>	<p>tera à n'introduire, dans les calculs de stabilité relatifs à la charge permanente, que les quatre dixièmes de cette charge, et à réduire dans le même rapport les efforts dus aux causes visées par l'article (4), qui interviennent dans le calcul du travail <i>t</i>, en ne considérant par exemple que les quatre dixièmes de l'écart maximum admis pour la température. Si l'on ajoute à ces efforts principaux réduits l'effort principal effectif dû à la surcharge, le travail correspondant, pour la pièce envisagée, au total ainsi obtenu devra être inférieur ou tout au plus égal à la limite de sécurité fixe S_1.</p> <p>Les mêmes observations s'appliquent aux règles (3), (4), (5), et (6) qui ne diffèrent des règles (1) et (2) qu'en ce que les limites de sécurité ont été relevées.</p> <p>** La stricte application d'une règle uniforme à tous les éléments d'une construction, sans exception aucune, ne serait pas à l'abri de toute critique. Il a été admis que les Ingénieurs pourraient, avec juste raison, se tenir au-dessous des limites de sécurité réglementaires pour certaines pièces essentielles, ou dont le calcul manquerait de précision. Pour d'autres éléments, au contraire, dont la résistance n'influe pas sur la stabilité de l'ossature proprement dite, il n'y aura nul inconvénient à dépasser ces limites. Il doit être bien entendu qu'aucune justification ne sera demandée, quelle que soit l'augmentation de poids qui en puisse résulter, lorsque la réduction du travail au-dessous de la limite réglementaire sera imposée par une sujétion d'ordre pratique, comme celles qui se rapportent aux épaisseurs et aux largeurs minima des plats et profilés employés couramment dans la construction métallique, à la nécessité de se ménager une place suffisante pour la pose des rivets ou boulons d'assemblage, à la convenance d'éviter l'emploi de pièces trop grêles et dépourvues de rigidité, etc.</p> <p>Dans le cas où les Ingénieurs parviendraient, soit par des recherches théoriques plus approfondies, soit par des constatations expérimentales probantes, à fournir une évaluation plus approchée</p>

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES												
<p>Aucune limite de sécurité n'est imposée explicitement pour les opérations de montage et mise en place des ponts (Art. 5). Il appartiendra aux Ingénieurs et aux Constructeurs de formuler à cet égard leurs propositions, en justifiant qu'elles ne peuvent ni rendre aléatoires ou dangereuses les opérations dont il s'agit, ni porter atteinte à la stabilité du pont en service, qui serait compromise si le métal avait dû, dans certains éléments essentiels, travailler au-delà de la limite d'élasticité. Une grande réserve est recommandée en ce qui touche l'aggravation de fatigue dans les assemblages à rivets; il pourrait être opportun, le cas échéant, de renforcer ces assemblages, sans en faire autant pour les pièces elles-mêmes qu'ils réunissent.</p> <p>ART. 12. — <i>Acier laminé ou moulé.</i> — Les limites de sécurité seront les suivantes :</p> <p>Extension ou compression :</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>$S_1 = 8 \text{ k. } 00$</td> <td>$R_1 = 12 \text{ k.}$</td> </tr> <tr> <td>$S_2 = 8 \text{ k. } 50$</td> <td>$R_2 = 12 \text{ k. } 50$</td> </tr> <tr> <td>$S_3 = 9 \text{ k. } 00$</td> <td>$R_3 = 13 \text{ k. } 00$</td> </tr> </table> <p>Glissement ou cisaillement. — Les limites énoncées ci-dessus, pour l'extension et la compression, seront réduites de un cinquième.</p> <p>ART. 13. — <i>Rivets.</i> — Les limites de sécurité seront les suivantes :</p> <p>Cisaillement :</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>$S_1 = 6 \text{ k.}$</td> <td>$R_1 = 8 \text{ k.}$</td> </tr> <tr> <td>$S_2 = 6 \text{ k. } 375$</td> <td>$R_2 = 8 \text{ k. } 50$</td> </tr> <tr> <td>$S_3 = 6 \text{ k. } 75$</td> <td>$R_3 = 9 \text{ k.}$</td> </tr> </table> <p>Extension (Arrachement des têtes). — Le calcul du travail à l'extension ne sera pas demandé s'il n'est pas fait état, par l'auteur</p>	$S_1 = 8 \text{ k. } 00$	$R_1 = 12 \text{ k.}$	$S_2 = 8 \text{ k. } 50$	$R_2 = 12 \text{ k. } 50$	$S_3 = 9 \text{ k. } 00$	$R_3 = 13 \text{ k. } 00$	$S_1 = 6 \text{ k.}$	$R_1 = 8 \text{ k.}$	$S_2 = 6 \text{ k. } 375$	$R_2 = 8 \text{ k. } 50$	$S_3 = 6 \text{ k. } 75$	$R_3 = 9 \text{ k.}$	<p>des efforts réels supportés par les éléments d'un pont, il ne leur serait pas interdit de proposer des limites de sécurité plus élevées que celles inscrites dans le Règlement, en justifiant que leurs propositions réservent une marge de stabilité convenable.</p> <p>*** On peut citer des exemples où pour le montage des charpentes métalliques, à la vérité provisoires, des constructeurs expérimentés n'ont pas craint de relever à 18 k. le travail de l'acier laminé sans éprouver aucun mécompte. Il semblerait imprudent d'aller au-delà, quelles que fussent les conditions de l'opération à faire. Il est arrivé quelquefois qu'à la suite d'une manœuvre de lancement d'un pont à travées solidaires, qui, d'ailleurs, avait parfaitement réussi, des déformations permanentes ont été constatées dans les poutres principales, preuve irrécusable que la limite d'élasticité du métal avait été dépassée. Ce n'est pas un exemple à suivre, toute déformation permanente d'un ouvrage métallique étant l'indice d'une détérioration du métal, et diminuant la stabilité et les garanties de durée de la construction.</p> <p>ART. 12. — * Pour le travail au glissement ou au cisaillement, chaque limite S ou R sera les huit dixièmes de la limite correspondante pour l'extension ou la compression.</p> <p>On prendra par exemple :</p> $S_1 = \frac{8}{10} \times 8 \text{ k.} = 6 \text{ k. } 40$ $R_2 = \frac{8}{10} \times 12,50 = 10 \text{ k.}$ <p>ART. 13. — * Les limites S_1, S_2, et S_3, pour le travail au cisaillement des rivets, sont les trois quarts des limites correspondantes pour l'acier laminé ou moulé travaillant à l'extension ou à la compression.</p> <p>** En ce qui touche l'extension ou arrachement des têtes, la règle inscrite dans le Règlement peut être mise sous la forme</p>
$S_1 = 8 \text{ k. } 00$	$R_1 = 12 \text{ k.}$												
$S_2 = 8 \text{ k. } 50$	$R_2 = 12 \text{ k. } 50$												
$S_3 = 9 \text{ k. } 00$	$R_3 = 13 \text{ k. } 00$												
$S_1 = 6 \text{ k.}$	$R_1 = 8 \text{ k.}$												
$S_2 = 6 \text{ k. } 375$	$R_2 = 8 \text{ k. } 50$												
$S_3 = 6 \text{ k. } 75$	$R_3 = 9 \text{ k.}$												

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>du projet, de la résistance du rivet à ce genre d'effort pour justifier de la solidité de l'assemblage dont il fait partie. S'il en est autrement, le travail à l'extension ne dépassera pas le tiers de la limite admissible au cisaillement, calculée comme il vient d'être dit pour l'assemblage en question**.</p> <p>Il ne sera demandé aucune justification pour les assemblages où la fatigue des rivets serait notablement inférieure aux maxima énoncés ci-dessus***.</p> <p>Par contre, ces limites ne pourront être dépassées qu'en cas de nécessité démontrée****.</p> <p>ART. 14. — <i>Fonte.</i> — On n'emploiera jamais la fonte pour la confection des pièces susceptibles de travailler à l'extension, soit par traction directe, soit par flexion.*</p> <p>En ce qui touche le travail de compression, il ne sera fait usage que des règles de sécurité (2), (4) et (6) de l'article 11. Les limites applicables seront les suivantes : $R_1 = 6 \text{ k.5}$ $R_2 = R_3 = 7 \text{ k.}$</p> <p>ART. 15. — <i>Qualité des métaux visés par les articles 12, 13 et 14.</i> — Les qualités des métaux visés par les articles 12, 13 et 14 sont celles définies et prescrites dans le Cahier des Charges général du Ministère des Travaux Publics, pour la construction des ponts (1).</p>	<p>suivante : le calcul du travail à l'extension ne sera demandé que si l'auteur du projet en fait état pour justifier de la stabilité de l'assemblage. On admettra en ce cas qu'au point de vue de la résistance trois rivets travaillant également à l'arrachement des têtes équivalent à un seul rivet travaillant au cisaillement.</p> <p>*** Il arrive fréquemment que les règles pratiques relevant de la technique des constructions qui se rapportent aux diamètres, aux écartements mutuels et au nombre de rangées de rivets constituant un assemblage, conduisent à abaisser très notablement la fatigue de ces pièces au-dessous du taux maximum autorisé. Il existe même, dans tous les ouvrages métalliques, une forte proportion de rivets qui ne transmettent aucun effort calculable : rivets de serrage des paquets de tôles, rivets de bordure, etc. Leur cas est assimilable à celui des pièces accessoires ou auxiliaires dont les praticiens reconnaissent l'utilité ou la nécessité, bien qu'il ne soit tenu aucun compte de leur présence dans les calculs de stabilité : fourrures, etc.</p> <p>**** Ce cas pourra se présenter, par exemple, lorsque des circonstances locales obligeront à donner au tablier d'un petit pont une épaisseur très faible, eu égard à sa portée.</p> <p>ART. 14. — * Les éléments de l'ossature métallique d'un pont-rail, susceptibles de travailler à l'extension, soit par traction simple, soit par flexion, seront toujours exécutés en acier moulé, laminé ou forgé.</p>

(1) Le tableau suivant extrait du Cahier des Charges général du Ministère des Travaux Publics du

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES																		
<p>ART. 16. — <i>Autres métaux.</i> — Toutes les fois que les Ingénieurs auront prévu l'emploi, dans la construction d'un pont, de métaux autres que ceux visés dans les articles 12, 13, 14 et 15, ils devront formuler, en ce qui touche les limites de sécurité à admettre, des propositions sur lesquelles l'Administration statuera*. Il en sera ainsi notamment pour la mise en œuvre d'aciers forgés, d'aciers à grande résistance, de câbles en fils d'aciers, de chaînes, etc.</p> <p>ART. 17. — <i>Pièces spéciales.</i> — En dehors des éléments de la charpente métallique, particulièrement visés par les articles 11, 12, 13, 14, 15 et 16, les ponts comportent souvent des pièces spéciales : articulations, galets, rotules, sabots, balanciers, ancra-ges, organes de mécanisme, etc... Il appartiendra aux Ingénieurs ou aux constructeurs d'arrêter suivant les règles de l'art les dimensions à attribuer à ces pièces, en raison des efforts à leur faire supporter*.</p>	<p>ART. 16. — * En général, la justification des limites de sécurité proposées consistera dans l'énonciation des conditions prescrites par le cahier des charges, en ce qui touche la limite d'élasticité, la limite de résistance et l'allongement de rupture du métal, et, le cas échéant, la fragilité. D'autres considérations peuvent, d'ailleurs, être envisagées, telles que la perfection des moulages quand il s'agit de fontes décoratives.</p> <p>ART. 17. — Il a été jugé impossible de formuler aucune règle précise pour les pièces spéciales en raison de la variété de leurs formes, et de la diversité des conditions de leur emploi. Elles sont d'ailleurs le plus souvent fabriquées avec des métaux présentant des qualités particulières (Art. 16).</p> <p>On appelle l'attention des Ingénieurs sur ce fait que les limites de sécurité énoncées dans les articles précédents ne sont pas applicables <i>de plano</i> à ces pièces.</p> <p>On sait, par exemple, que, pour les chariots de dilatation des ponts, le travail élastique de compression, rapporté à la section horizontale d'un galet cylindrique de roulement, est parfois abaissé au-dessous du dixième de la limite de sécurité admise usuellement pour le métal, acier ou fonte (art. 13 et 14). Pour les billes de roulement, que l'on emploie quelquefois dans les ponts tournants, la réduction est encore plus forte.</p>																		
<p>29 Octobre 1913, indique les conditions minima de résistance et d'allongement auxquelles doivent satisfaire les aciers moulés et les aciers laminés.</p> <p>L'allongement de rupture est mesuré sur une longueur entre repères déterminée par la formule : $L = \sqrt{66.67 S}$, où la lettre S désigne la section de l'éprouvette.</p>																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">DÉSIGNATION DES MATIÈRES</th> <th colspan="2">CHARGES EN KILOGRAMMES PAR MILLIMÈTRE CARRÉ DE LA SECTION PRIMITIVE</th> <th rowspan="2">ALLONGEMENTS de rupture mesurés entre repères</th> </tr> <tr> <th>A la limite d'élasticité</th> <th>A la rupture</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Acier moulé.....</td> <td>24</td> <td>50</td> <td>12 %</td> </tr> <tr> <td>Aciers laminés : Tôles unies, plats et barres rondes, carrées ou profilées ..</td> <td>24</td> <td>42</td> <td>25 %</td> </tr> <tr> <td>Rivets.....</td> <td>20</td> <td>38</td> <td>28 %</td> </tr> </tbody> </table>	DÉSIGNATION DES MATIÈRES	CHARGES EN KILOGRAMMES PAR MILLIMÈTRE CARRÉ DE LA SECTION PRIMITIVE		ALLONGEMENTS de rupture mesurés entre repères	A la limite d'élasticité	A la rupture	Acier moulé.....	24	50	12 %	Aciers laminés : Tôles unies, plats et barres rondes, carrées ou profilées ..	24	42	25 %	Rivets.....	20	38	28 %
DÉSIGNATION DES MATIÈRES	CHARGES EN KILOGRAMMES PAR MILLIMÈTRE CARRÉ DE LA SECTION PRIMITIVE		ALLONGEMENTS de rupture mesurés entre repères																
	A la limite d'élasticité	A la rupture																	
Acier moulé.....	24	50	12 %																
Aciers laminés : Tôles unies, plats et barres rondes, carrées ou profilées ..	24	42	25 %																
Rivets.....	20	38	28 %																

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>Toutes les fois qu'elles seront exposées à l'usure par frottement ou friction, il en sera tenu compte dans la détermination des épaisseurs, des clauses particulières pourront être insérées dans le cahier des charges du projet, en ce qui touche la dureté épidermique du métal dans les surfaces frottante, et le dressage plus ou moins parfait de ces surfaces**.</p>	<p>** En ce qui touche les articulations, la limite de sécurité à la compression sur la surface de contact de la cheville et du trou dépendra de la dureté du métal. Elle devra être telle que l'on n'ait pas à redouter l'ovalisation du trou et l'amai-grissement de la cheville, conséquences d'une usure progressive par friction.</p>
<p>§ 4. — <i>Épreuves des ponts</i></p>	
<p>ART. 18. — <i>Calcul des flèches.</i> — On fournira à l'appui du projet d'exécution, le calcul des flèches sous l'action de la charge permanente et sous l'action de la surcharge réglementaire.</p>	<p>ART. 18. — Il suffira, en général, de calculer la flèche au milieu de chaque travée. Pour les ponts en arc, ainsi que pour les ouvrages très importants ou de types exceptionnels, il pourra être utile ou intéressant de calculer les flèches en d'autres points : reins des arcs, articulations de fermes dans les cantilevers, etc... Toutes les fois que l'on sera fixé d'avance sur la composition exacte du train devant servir aux essais, il conviendra de faire le calcul des flèches pour ce train, concurremment avec le train-type, ou avec le train qui aura servi de base aux calculs de stabilité. Il ne sera demandé qu'un calcul <i>sommaire</i>, basé sur les résultats déjà obtenus pour le train-type. Le calcul de la flèche due à la charge permanente permettra, le cas échéant, de déterminer la cambrure ou contre-flèche à donner au pont, en vue de renseigner à cet égard le constructeur.</p>
<p>ART. 19. — <i>Epreuves.</i> — Les ponts dont les poutres principales auront été entièrement confectionnées à l'atelier, avant d'être transportées à pied d'œuvre, ne seront pas soumis aux épreuves : il sera seulement procédé à la visite des ouvrages, après leur mise en service. Cette dispense des épreuves pourra toutefois être révoquée par l'Ingénieur des travaux ou l'Ingénieur du contrôle*.</p> <p>Pour les ponts dont les fermes maitresses seront composées de tronçons ou d'éléments dont l'assemblage aura été fait</p>	<p>ART. 19. — * Si l'Ingénieur des travaux ou l'Ingénieur du contrôle éprouve des doutes sur la qualité du travail exécuté à l'atelier, ou sur les soins apportés dans le transport ou la mise en place, ceux des ponts de cette catégorie qu'il aura désignés, seront soumis soit aux épreuves complètes, soit seulement à une partie d'entre elles.</p> <p>** Si les exigences du trafic le rendent nécessaire, un tablier métallique pourra être livré à la circulation avant les épreu-</p>

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>à pied d'œuvre, chaque travée sera soumise à deux genres d'épreuves, l'une par poids mort, et l'autre par poids roulant**.</p> <p>ART. 20. — <i>Composition des trains d'épreuves.</i> — Les épreuves seront faites au moyen de trains formés de deux machines attelées en tête et de wagons chargés. Le poids moyen par mètre courant du train d'épreuve pour la plus grande travée à éprouver se rapprochera autant que possible de celui du train-type défini à l'article 2, ou tout au moins de celui du train le plus lourd appelé à circuler sur la voie considérée. Les longueurs des trains seront fixées comme il suit : Pour les ponts à travées indépendantes, la longueur mesurée entre essieux extrêmes sera au moins égale à la plus grande ouverture. Pour les ponts à travées solidaires, cette longueur devra être suffisante pour que le train couvre entièrement les deux plus grandes travées consécutives.</p> <p>ART. 21. — <i>Ponts à une seule voie ou à voies indépendantes.</i> — Epreuves par poids mort. — Le train sera placé successivement dans les positions correspondant aux plus grands efforts dans les fermes maitresses ou les poutres principales. Il suffira toutefois, en général, d'opérer comme il suit : a) Pour les ponts à travées indépendantes, le train d'essai sera amené successivement sur chaque travée, de manière à la couvrir entièrement, puis à en couvrir une moitié seulement, les machines étant placées en tête du train. Il séjournera dans chacune de ces positions pendant dix minutes au moins*. b) Pour les ponts à travées solidaires, avec poutres continues, chaque travée sera d'abord chargée isolément comme il vient d'être dit. A cet effet, le train d'essai sera coupé à la longueur voulue. Quand les poutres seront à âme pleine, l'épreuve par surcharge sur demi-travée sera supprimée, aussi bien pour les travées</p>	<p>ves, soit partiellement, soit en totalité. Il devra, en ce cas, être procédé aux épreuves réglementaires dans le plus bref délai possible.</p> <p>ART. 21. — *Lorsqu'un pont comportera des travées identiques, les épreuves par poids mort pourront n'être effectuées que</p>

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>indépendantes que pour les travées solidaires*.</p> <p>c) Pour les ponts en arc, on chargera d'abord sur toute l'ouverture, puis sur chaque moitié seulement, et enfin dans la partie médiane, du quart aux trois quarts de la portée*.</p> <p>Epreuves par poids roulant. — Elles seront au nombre de deux. On fera circuler le même train sur le pont, d'abord à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure, puis à celle de 40 kilomètres à l'heure.</p> <p>Toutefois, l'épreuve à la vitesse de 40 kilomètres à l'heure pourra être ajournée jusqu'à l'époque où la voie aux abords sera suffisamment consolidée.</p> <p>Si, cette question de solidité mise à part, la situation de la voie aux abords du pont ne permettait pas de réaliser en toute sécurité les vitesses indiquées ci-dessus, la marche du train serait ralentie en conséquence**.</p> <p>ART. 22. — Ponts à double voie. — Pour les ponts portant deux voies, l'épreuve par poids mort se fera d'abord isolément sur chaque voie, comme il a été dit dans l'article précédent, puis simultanément sur les deux voies.</p> <p>Il en sera de même de l'épreuve par poids roulant. L'épreuve simultanée des deux voies se fera au moyen de deux trains marchant côte dans le même sens, aux vitesses prescrites.</p> <p>ART. 23. — Ponts de types exceptionnels ou portant plus de deux voies. — Pour les ponts dont le type ne rentrera dans aucune des trois catégories visées à l'article 21 ou qui porteront plus de deux voies, les dispositions des épreuves seront réglées par une clause spéciale du projet.</p> <p>A défaut, elles seront arrêtées par l'Administration supérieure sur la proposition des Ingénieurs du Contrôle, le concessionnaire ou l'entrepreneur entendu.</p> <p>ART. 24. — Mesure des flèches. — On</p>	<p>sur des travées ou des groupes de travées dissemblables. Toutefois, cette dispense ne serait pas maintenue s'il y avait des motifs sérieux de supposer que deux travées identiques ou deux groupes identiques, puissent se comporter différemment sous l'action du poids mort, ou bien si ultérieurement les épreuves par poids roulant venaient à donner des indications discordantes en ce qui touche les flèches observées.</p> <p>** A titre d'exemple typique, on peut citer le cas d'un pont situé à l'entrée d'une gare terminus.</p> <p>ART. 23. — Les dispositions des épreuves seront déterminées par les Ingénieurs d'après les résultats des calculs de stabilité, de façon à réaliser les plus grands efforts dans les fermes maîtresses ou poutres principales.</p> <p>ART. 24. — Il est recommandé de faire</p>

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>mesurera, au cours des épreuves, la flèche maximum au milieu de chaque travée.</p> <p>Immédiatement après les épreuves de chaque pont, la partie métallique sera visitée dans tous ses détails.</p> <p>Pour tous les ponts à travées solidaires ou en arcs, les niveaux des points les plus bas des sections des poutres ou des arcs, au milieu de chaque travée et à ses extrémités, seront repérés avant les épreuves à deux points fixes, choisis de manière à permettre de constater, après l'enlèvement de la surcharge, et ensuite à une époque quelconque, les déformations qui se seraient produites; on repérera par rapport aux mêmes points le dessus de chacun des appuis.</p> <p>Le procès-verbal des épreuves contiendra les renseignements nécessaires pour permettre de retrouver ultérieurement ces repères.</p> <p>A ce procès-verbal sera annexé un tableau comparatif des flèches calculées et des flèches observées.</p> <p>ART. 25. — Contrôle des épreuves. — Pour les ouvrages construits ou entretenus par des concessionnaires, les épreuves seront faites en présence d'un Ingénieur chargé du Contrôle; les procès-verbaux détaillés, dont elles devront être l'objet, seront soumis à l'Administration.</p> <p style="text-align: center;">§ 5. — Dispositions diverses</p> <p>ART. 26. — Dispositions à prendre pour faciliter la visite et l'entretien. — On s'attachera à rendre faciles la visite, la peinture et la réparation des parties métalliques et on fera connaître, s'il y a lieu, dans les mémoires à l'appui des projets, les mesures prises à cet effet.</p> <p>ART. 27. — Distance au rail le plus voisin des pièces les plus rapprochées de la voie. — Lorsque la voie ne présente pas de dé-</p>	<p>usage, pour le mesurage des flèches, d'appareils enregistreurs chronométriques, qui, pour l'épreuve par poids roulant, fournissent le relevé graphique de la ligne d'influence des déplacements verticaux, et permettant de contrôler la vitesse des trains.</p> <p>Ces appareils peuvent servir, en outre, à mesurer, avant ou après les épreuves, les déplacements dus aux changements de température. Les relevés graphiques, ainsi obtenus pour le pont non surchargé, permettront, le cas échéant, de faire subir aux flèches mesurées pendant les épreuves les corrections nécessaires pour éliminer les effets de la température.</p> <p>Enfin l'enregistrement des mouvements vibratoires de la charpente métallique permet d'apprécier la fatigue dynamique due au passage du train en vitesse, qui vient en augmentation du travail statique calculé pour la surcharge au repos.</p> <p>ART. 26. — Les prescriptions de l'article 26 s'appliquent à la fois à la disposition des pièces métalliques et aux installations spéciales destinées à donner un accès facile aux différentes parties de la construction. On devra chercher à rendre les principales pièces accessibles sans échafaudages spéciaux, et sans qu'il soit nécessaire de circuler le long des poutres dans des conditions dangereuses.</p> <p>ART. 27. — Le contour fixé par l'article 27 a été déterminé en vue de réserver aux goussets, consoles, etc..., un espace aussi</p>

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
vers, les pièces de l'ouvrage métallique devront rester en dehors du gabarit A. B. C. D. E. F. G. H. J. K. L. M. tel qu'il est défini au croquis ci-contre, et au tableau ci-après.	grand que possible, sans que les ponts métalliques présentent au passage des trains des obstacles plus rapprochés de la voie que les autres ouvrages d'art ; on devra, en outre, tenir compte, dans l'étude

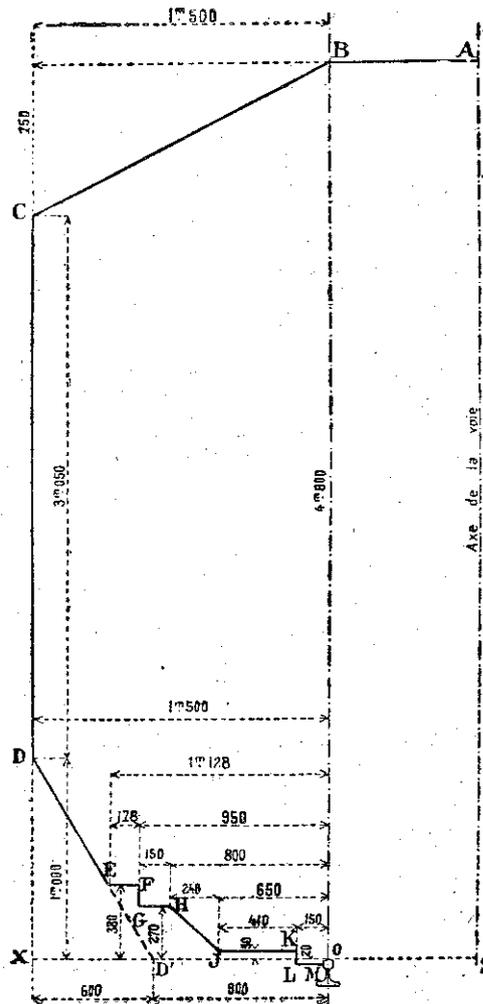


Tableau numérique définissant le gabarit

DÉSIGNATION DES SOMMETS	ABSCISSES — Distance à l'axe vertical O B	ORDONNÉES — Distance à l'axe horizontal S X passant par le sommet du rail
Ligne brisée A. B. C. D. D'		
Sommet B.	0	+ 4 ^m 800
— C.	+ 1 ^m 500	+ 4 ^m 050
— D.	+ 1 ^m 500	+ 1 ^m 000
— D'	+ 0 ^m 900	0
Ligne brisée E. F. G. H. J. K. L. M. O.		
Sommet E.	+ 1 ^m 128	+ 0 ^m 380
— F.	+ 0 ^m 950	+ 0 ^m 380
— G.	+ 0 ^m 950	+ 0 ^m 270
— H.	+ 0 ^m 800	+ 0 ^m 270
— J.	+ 0 ^m 560	+ 0 ^m 030
— K.	+ 0 ^m 150	+ 0 ^m 030
— L.	+ 0 ^m 150	— 0 ^m 020
— M.	au contact du rail	— 0 ^m 020
— O.	0	0

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
Si la voie présente du dévers, les lignes A. B. C. D. D', restent fixes par rapport à l'axe vertical passant par le milieu du rail et à l'axe horizontal passant par le sommet du rail bas ; la partie E. F. G. H. J. K. L. M. du gabarit pivote autour du point O (sommet du rail adjacent) d'un angle correspondant au dévers, le point mobile E glissant sur la droite fixe DD'.	des projets, de la nécessité de ménager aux agents circulant à pied sur la voie les moyens de se garer d'une manière facile et sûre.
ART. 28. — <i>Limitation du poids des machines qui pourront circuler sur les ponts sans autorisation préalable.</i> — Ne pourra avoir lieu sans une autorisation spéciale du Ministre des Travaux publics, la mise en circulation sur les ponts de locomotives dont un essieu porterait une charge supérieure à 22 tonnes, ou dont le poids total et le mode de répartition de ce poids entre essieux seraient tels que le moment fléchissant maximum déterminé par cette locomotive dans une travée indépendante ayant pour ouverture la longueur totale soit de la machine-tender, soit de la machine avec son tender, dépassât de plus de un dixième celui que produirait dans la même travée le train-type défini à l'article 2, mais réduit à une seule machine de tête, suivie des wagons chargés.	ART. 28. — La réserve formulée dans l'article 28 n'a pas pour but de limiter les poids des machines. Elle oblige l'exploitant, lorsqu'il soumettra à l'approbation ministérielle un nouveau type de machine, à justifier qu'il n'imposera pas soit aux ouvrages d'art de son réseau, soit aux ouvrages d'art des lignes sur lesquelles il se propose de mettre ce type en service, des surcharges notablement supérieures à celles en vue desquelles les ponts métalliques auront été calculés. Il doit être entendu que la comparaison de la nouvelle machine à la machine type sera faite sur la base des charges normales de leurs essieux respectifs.
ART. 29. — <i>Déroptions aux prescriptions du Règlement. Réduction du poids du train-type.</i> — L'Administration se réserve d'apprécier les cas exceptionnels qui pourraient motiver des dérogations quelconques au présent Règlement. En particulier, lorsqu'on aura à construire un ouvrage neuf sur un chemin de fer dont les conditions d'établissement ou d'exploitation seront telles qu'il ne puisse circuler sur ce pont que des trains notablement plus légers que le train-type défini à l'article 2, il pourra être dérogé aux prescriptions du dit article sur une autorisation spéciale du Ministre des Travaux publics, définissant la surcharge à admettre pour cet ouvrage dans les calculs de stabilité et les épreuves.	
ART. 30. — <i>Anciens ponts.</i> — Le règlement ne vise que les ouvrages neufs dont les travaux seront exécutés postérieurement à la date de sa mise en vigueur.	

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>Toutefois son application ne sera pas obligatoire, mais seulement facultative, pour les ouvrages neufs dont les projets auront été soumis à l'approbation de l'Administration avant le 1^{er} Janvier 1916.</p>	

CHAPITRE II

PONTS-RAILS SUPPORTANT DES VOIES FERRÉES ÉTROITES
A LA LARGEUR D'UN MÈTRE

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES	
<p>ART. 31. — <i>Conditions à remplir.</i> — Toutes les dispositions du Chapitre premier, relatives aux ponts-rails à voie normale, sont applicables sans changement aux ponts-rails à voie d'un mètre, sauf les modifications indiquées ci-dessous pour les Articles 2, 3, 20, 21, 27 et 28.</p> <p>(Article 2). — Le train-type servant de base aux calculs de stabilité est défini par le tableau et la figure ci-après :</p>		
DÉSIGNATION	MACHINE-TENDER	WAGON CHARGÉ
Longueur totale.....	10 mètres	8 mètres
Nombre d'essieux.....	5	2
Écartement de deux essieux consécutifs.....	1 m. 50	4 mètres
Distance d'un tampon à l'essieu voisin.....	2 mètres	2 —
Charge par essieu.....	10 tonnes	10 tonnes
Poids total.....	50 —	20 —
Poids moyen par mètre de longueur.....	5 —	2 tonnes 5

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>Pour le calcul des pièces du tablier qui portent le train (<i>longerons sous rails, pièces de pont, entretoises ou poutrelles</i>) ainsi que pour le calcul des poutres principales dans les ponts dont l'ouverture ne dépasse pas 13 m., on envisagera le cas où le troisième essieu de la première machine porterait 14 tonnes, la charge du premier essieu et celle du cinquième essieu étant réduites à 8 tonnes.</p> <p>(Art. 3). — On admettra que la pression du vent sur un mètre carré de surface verticale puisse s'élever à 20 kilogrammes, mais que le passage des trains est interrompu lorsqu'elle atteint 100 kilogs.</p> <p>(Art. 20). — Les trains d'épreuve seront composés avec le plus lourd matériel propre à la ligne sur laquelle est situé le pont métallique.</p> <p>(Art. 21). — La seconde épreuve par poids roulant sera faite à la vitesse de 35 km. à l'heure.</p> <p>(Art. 27). — Le contour à l'intérieur duquel aucune pièce du pont ne devra faire saillie sera déterminé dans chaque cas, en tenant compte des minima de hauteur et de largeur autorisés pour les ouvrages d'art, sur la ligne à laquelle appartiendra le pont à construire.</p> <p>(Art. 28). — La charge d'essieu maximum, dont le passage ne pourra avoir lieu sur le pont sans autorisation spéciale, est fixée à 12 tonnes.</p>	

NOTA. — Les calculs et les épreuves des tabliers métalliques des ponts à établir sur les voies ferrées d'intérêt local (en dehors des voies de communication du domaine public national) font l'objet d'une circulaire du 25 février 1916. (Voir ci-après.)

CHAPITRE III

PONTS-ROUTES SUPPORTANT DES VOIES DE TERRE

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>ART. 32. — <i>Dispositions générales.</i> — Les dispositions du chapitre premier, relatives aux ponts-rails à voie normale, qui sont contenues dans les articles 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 23, 25, 26 et 30, sont applicables sans changement aux ponts routes.</p> <p>Les autres articles sont supprimés, ou modifiés comme il suit :</p> <p>ART. 33. — <i>Surcharges. Convoi-type.</i> — (Art. 2). — Trottoir. — Le trottoir sera surchargé par poids mort, à raison de 560 k. par mètre carré.</p> <p>Chaussée. — On admettra que la chaussée soit divisée en zones longitudinales de 2 m. 25 de largeur, dont chacune sera surchargée par un convoi de véhicules à traction mécanique.*</p> <p>La division en zones sera effectuée de manière que l'axe de la chaussée coïncide soit avec l'axe d'une zone centrale, soit avec la limite séparative de deux zones contiguës.</p> <p>Si la largeur de la chaussée n'est pas exactement divisible par 2,25, il restera le long de chaque bordure de trottoir une bande étroite, ayant moins de 1 m. 125 de largeur, qui ne sera pas couverte par la surcharge mobile : on appliquera sur cette bande une surcharge morte de 560 k. par mètre carré, comme sur le trottoir.</p> <p>Chaque convoi est constitué par une file de véhicules à quatre roues, dans laquelle on intercale un seul véhicule à six roues.</p> <p>Le centre de gravité de chaque véhicule est sur l'axe de la zone de 2 m. 25 qu'il occupe.</p> <p>Les caractéristiques de ces véhicules et leur disposition en convoi sont définies par le tableau et la figure ci-après :</p>	<p>ART. 33. — * Le véhicule-type du Règlement ne ressemble en aucune façon aux voitures automobiles lourdes admises à circuler sur les routes françaises. Mais il leur est équivalent au point de vue des conditions qui seules influent sur les calculs de stabilité et sur les épreuves des ponts : largeur de la zone occupée — charge maximum d'un essieu — poids moyen par mètre courant de convoi.</p> <p>On s'est proposé d'attribuer à la surcharge roulante une composition aussi uniforme et aussi simple que possible, de façon à écarter des calculs toute complication, et à rendre facile et rapide leur vérification. Il suffit que ces véhicules hypothétiques, disposés en convoi comme il est indiqué, produisent, en toutes circonstances, des effets égaux ou un peu supérieurs (<i>efforts totaux et déplacements verticaux</i>) à ceux que donneraient les voitures automobiles ou hippomobiles circulant effectivement sur les routes.</p>

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>Véhicules à quatre roues</p> <p>Nombre des essieux 2 Charge par essieu 7 t. Poids total..... 14 t.</p> <p>Véhicule à six roues**</p> <p>Nombre des essieux 3 Charge de l'essieu central 12 t. 6 Charge d'un essieu latéral..... 4 t. 2 Poids total..... 21 t.</p> <p>Dispositions communes aux deux véhicules-types</p> <p>Largueur de la voie..... 1 m. 80 Ecartement de deux essieux consécutifs du convoi..... 5 m. Poids moyen du convoi par mètre courant..... 1 t. 4</p>	<p>** Quand on sera conduit, pour la détermination d'un effort maximum, à placer le véhicule à six roues en tête du convoi, il sera loisible au calculateur de supprimer le premier essieu de ce véhicule (chargé à 4 t. 2), pour faciliter et abrégier les opérations numériques ou graphiques. Ce cas pourra notamment se présenter dans la recherche des efforts tranchants maxima, pour une poutre à travées indépendantes ou solidaires.</p>
	<p>*** Il est recommandé aux auteurs des projets de pont de n'apporter aucun changement dans la disposition du convoi et dans les dimensions des véhicules, à moins qu'ils n'aient des motifs d'espèce pour le faire, et de se borner à modifier les poids des essieux en opérant autant que possible par réduction proportionnelle.</p>
<p>Les limites transversales des régions du trottoir et de la chaussée portant la surcharge morte de 560 kilogram. par mètre carré, les extrémités des convois et la position attribuée au véhicule à 6 roues seront déterminées dans chaque cas par la condition de réaliser l'effort maximum dans la partie ou dans l'élément du pont soumis au calcul.</p> <p>L'Administration se réserve d'autoriser l'introduction, dans les calculs de stabilité, de surcharges plus élevées lorsqu'en raison de circonstances particulières l'ouvrage à construire devra soit être soumis à une circulation exceptionnellement intense, soit livrer passage à des véhicules ou à des convois très lourds. La surcharge par mètre carré de trottoir pourra alors être relevée au-dessus de 560 k., sans jamais dépasser 720 k. Pour les surcharges roulantes, l'Administration statuera sur les propositions des Ingénieurs.</p> <p>L'Administration se réserve d'autoriser l'introduction dans les calculs de stabilité</p>	<p>Si, par exemple, on réduit à $\frac{560}{1,4}$, ou 400 k., la surcharge morte du trottoir et à $\frac{1\ t. 400}{1,4}$, ou 1000 k. le poids, par mètre courant, du convoi, il conviendra de réduire proportionnellement les charges des différents essieux, savoir :</p> <p>Véhicule à quatre roues.. 5 t. au lieu de 7 t. Véhicule à six roues : Essieu central..... 9 t. au lieu de 12 t. 6 Essieux latéraux..... 3 t. au lieu de 4 t. 2</p> <p>Il est bien entendu qu'il ne s'agit là que d'une simple recommandation, qu'il ne faut</p>

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>de surcharges moins élevées, lorsqu'en raison de circonstances particulières l'ouvrage à construire ne devra être soumis qu'à une circulation exceptionnellement faible ou bien n'aura à supporter que le passage de véhicules d'un poids réduit.</p> <p>La surcharge uniforme par mètre carré de trottoir ne pourra jamais être abaissée au-dessous de 400 k. Pour les surcharges roulantes, l'Administration statuera sur les propositions des Ingénieurs, sans que le poids par mètre courant du convoi puisse être abaissé au-dessous de 1.000 k.***</p> <p>ART. 34. — <i>Pression du vent.</i> — (Art. 3). — Les prescriptions de l'article 3 du chapitre premier sont applicables aux ponts-routes en ce qui touche <i>seulement</i> le vent exerçant la pression de 250 k. par mètre carré de surface verticale, quand le pont ne supporte aucune surcharge, ni sur les trottoirs ni sur la chaussée.</p> <p>Dans les calculs relatifs aux effets produits par des surcharges, on admettra qu'il n'y a pas de vent.</p> <p>ART. 35. — <i>Justification de la stabilité; Limites de sécurité.</i> — (Art. 11). — On calculera séparément, ainsi qu'il a été dit à l'article 8, les valeurs du travail élastique correspondant pour chaque élément ou section du pont aux causes énumérées dans les articles 1, 33, 34 et 4, en se plaçant, pour les influences variables, dans les conditions les plus défavorables, conformément aux règles établies par la Résistance des Matériaux, et frappant, s'il y a lieu, les résultats bruts de ce calcul des majorations nécessaires (<i>Pièces comprimées — Efforts secondaires</i>).</p> <p>Les lettres suivantes désignent, pour un même élément du pont, les résultats ainsi obtenus :</p> <p>Charge permanente..... c Surcharge..... d Pression du vent à 250 kgs..... w Température et causes diverses, à l'exception de celles qui se rattachent à la surface ou au vent, et dont les effets doivent être ajoutés à d ou w... t</p> <p>Le pont sera considéré comme stable au point de vue de l'équilibre élastique ou de la fatigue du métal si les valeurs du travail</p>	<p>pas suivre aveuglément, si l'on a des raisons sérieuses pour l'écartier.</p>

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>satisfont aux conditions qu'expriment les inégalités suivantes :</p> <p>(1) $0,6(c+t) + d \leq S_2$ (2) $c+t+d \leq R_2$ (3) $0,6(c+t) + w \leq S_3$ (4) $c+t+w \leq R_3$.</p> <p>Le texte de l'article 11 est, pour le surplus applicable sans changement aux ponts-routes.</p> <p>Pour l'acier moulé ou laminé, les limites de sécurité à envisager dans les calculs sont celles désignées par les mêmes lettres S_2 et R_2, S_3 et R_3, dans l'article 12 du chapitre relatif aux ponts-rails.</p> <p>ART. 36. — <i>Fonte.</i> — (Art. 14). — On n'emploiera jamais la fonte dans la confection des pièces exposées à subir un effort d'extension <i>simple</i>.</p> <p>Les limites de sécurité seront les suivantes :</p> <p>Compression : $R_2 = R_3 = 7 k.$ Extension dans les <i>pièces fléchies</i> : $R_2 = R_3 = 1 k. 50.$</p> <p>ART. 37. — <i>Épreuves.</i> — (Art. 19, 20, 21, 22). — Chaque travée sera soumise à deux genres d'épreuves : l'une par poids mort, l'autre par poids roulant.</p> <p>Pour l'épreuve par poids mort, la surcharge sera uniformément de 400 k. par mètre carré de tablier, sur les trottoirs et</p>	<p>ART. 35. — * La règle de sécurité (1) est applicable tant que le rapport $\frac{d}{c+t}$ est supérieur au rapport $\frac{S_2 - 0,6 R_2}{R_3 - S_2}$.</p> <p>S'il en était autrement, c'est la règle (2) qu'il faudrait envisager.</p> <p>La valeur totale du travail admissible, à laquelle conduit la règle (1), est exprimée par la formule :</p> $c+t+d = \frac{S_2 \left(1 + \frac{d}{c+t}\right)}{0,6 + \frac{d}{c+t}}$ <p>ART. 36. — Pour le calcul des pièces en fonte, on se servira exclusivement des règles (2) et (4) de l'article 35, où figure la limite de sécurité R.</p> <p>L'emploi de la fonte dans la construction des ponts-routes en arc est souvent justifié soit par une raison d'économie, soit par un motif d'esthétique. Contrairement à ce qui a lieu pour les ponts-rails, cette pratique a donné des résultats satisfaisants, hormis les cas où l'on avait adopté des dispositions vicieuses ou médiocres. On se l'explique aisément par cette double circonstance : que la charge permanente est, dans tous les ouvrages de cette catégorie, considérablement plus importante, en comparaison de la surcharge, que dans les ponts-rails; et que l'effet dynamique des surcharges mobiles est insignifiant, par rapport à celui des trains de chemins de fer.</p> <p>On a estimé que, dans ces conditions, il y avait lieu d'admettre l'emploi de la fonte dans les pièces fléchies exposées à subir un travail d'extension, à condition que ce travail ne dépassât pas la limite peu élevée inscrite dans le Règlement.</p> <p>ART. 37. — * Lorsqu'un pont comportera des travées identiques, l'épreuve par poids mort <i>pourra</i> n'être effectuée que sur des travées, dissemblables (voir le commentaire de l'article 21).</p> <p>** Lorsqu'on fera usage, pour les épreuves de véhicules à traction mécanique, il</p>

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>la chaussée : la surcharge de la chaussée pourra être constituée, en totalité ou en partie, par les véhicules devant servir à la seconde épreuve*.</p> <p>Pour l'épreuve par poids roulant, on emploiera, autant que faire se pourra, les vé-</p>	<p>sera toujours facile de connaître leurs poids avec une exactitude suffisante. Comme il pourrait n'en être pas de même pour les véhicules attelés, il paraît utile d'indiquer ici deux schémas de convois tirés par des chevaux.</p> <p>hicules les plus lourds, à traction de chevaux ou à traction mécanique, dont la circulation sur les routes est autorisée.</p> <p>Ils seront disposés en files, dont le nombre sera, <i>autant que possible</i>, égal au quotient de la largeur de la chaussée par le nombre 2,25.</p> <p>On tâchera de les rapprocher suffisamment dans chaque file pour que leur poids total, rapporté à la surface de la chaussée, atteigne en moyenne au moins 400 k. par mètre carré, et se rapproche, autant qu'on le pourra, de la moyenne plus élevée correspondant au dispositif de surcharge introduit dans le calcul des fermes maîtresses**</p> <p>Le convoi formé de tombereaux de 6 tonnes à un essieu, trainés chacun par deux chevaux en file, représente un poids par mètre courant d'à peu près 925 kil.</p> <p>Le convoi formé de chariots de 16 tonnes à deux essieux, trainés chacun par huit chevaux sur deux files, représente un poids, par mètre courant d'à peu près 1350 kil.</p> <p>On pourra également se servir pour les épreuves d'un véhicule de 11 tonnes à un seul essieu, trainé par cinq chevaux sur une seule file.</p>

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>Pour les ponts à travées indépendantes, et pour les ponts en arc, la longueur commune des files sera au moins égale à la plus grande portée.</p> <p>Pour les ponts à travées solidaires, avec poutres continues, cette longueur sera suffisante pour couvrir entièrement les plus grandes travées consécutives.</p> <p>Dans le cas où il y aurait difficulté à réunir le nombre de véhicules nécessaires pour constituer toutes les files, on se bornerait à couvrir la chaussée sur la moitié de sa largeur, en maintenant sur l'autre moitié la surcharge par poids mort de 400 kilos par mètre carré.</p> <p>Il sera procédé aux épreuves par poids mort de la manière suivante :</p> <p>Pour les ponts à travées indépendantes, la surcharge sera étendue aussi uniformément que possible sur toute la largeur du tablier.</p> <p>Pour les ponts à travées solidaires, avec poutres continues, chaque travée sera d'abord éprouvée isolément comme il vient d'être dit, puis on chargera simultanément les deux travées contiguës à chaque pile, à l'exclusion de toutes les autres.</p> <p>Pour les ponts en arc, chaque travée sera chargée sur une moitié seulement de l'ouverture, puis sur la totalité de sa portée, puis sur l'autre moitié, puis en dernier lieu dans la partie médiane.</p> <p>On procédera à l'épreuve par poids roulant en faisant circuler de bout en bout du pont les files de véhicules, à une vitesse comprise entre 4 k. et 8 k. à l'heure.</p> <p>On fera passer en outre sur le pont un véhicule comprenant un essieu aussi lourd que possible avec maximum de 12 tonnes, à la vitesse autorisée pour la circulation sur route de ce véhicule.</p> <p>Aggravation ou atténuation des épreuves. — Toutes les fois que l'Administration aura autorisé, en vertu de l'article 43, l'introduction dans les calculs de stabilité de surcharges plus fortes ou plus faibles que les surcharges réglementaires, on relèvera, s'il est possible, ou l'on réduira dans la même proportion les surcharges d'épreuves, par poids mort ainsi que par poids roulant.</p>	

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>ART. 38. — Mesure des flèches. — (Art. 24). — Les prescriptions de l'article 24 sont applicables aux ponts-routes, avec cette seule modification que le repérage des points bas de la partie métallique par rapport à deux points fixes ne sera obligatoire que pour les travées ayant une ouverture supérieure à 20 mètres.</p> <p>ART. 39. — Passage sur le pont de chargements exceptionnels. — (Art. 28). — Ne pourra avoir lieu qu'en vertu d'une autorisation spéciale délivrée par le Préfet, sur l'avis conforme de l'Ingénieur en Chef, le passage, sur la chaussée du pont, de chargements notablement supérieurs à ceux adoptés dans les calculs de stabilité, soit au point de vue de la charge d'un essieu, soit en ce qui touche le poids total et l'empattement envisagés simultanément.</p> <p>L'autorisation pourra stipuler certaines conditions moyennant lesquelles le passage sera permis.</p> <p>Elle pourra s'appliquer à tous les véhicules d'un type et d'un poids déterminés, et être alors valable pour une durée non définie. Mais, dans ce dernier cas, l'effet de l'autorisation pourra être temporairement suspendu par décision de l'Ingénieur en Chef. Elle sera, en outre, révocable à toute époque par le Préfet, sur la proposition de l'Ingénieur en Chef.</p> <p>ART. 40. — Ponts mixtes. — Les dispositions relatives aux ponts-routes, sont applicables aux ponts mixtes, qui livrent passage à une route et à une voie ferrée, sous la réserve de compléter la surcharge afférente aux zones du tablier réservées à la circulation routière (<i>chaussée et trottoirs</i>) par l'adjonction du train-type défini dans les Chapitres I et II du Règlement (art. 2, 29 et 31).</p> <p>Toutefois le travail élastique total, y compris l'effet de la surcharge complète, ne devra pas dépasser 8 k. 50 pour les longrions sous rails et 9 k. pour les entretoises ou pièces du pont portant la voie ferrée.</p> <p>Pour les épreuves par poids mort et par poids roulant, on se conformera en ce qui touche la voie ferrée aux dispositions des Chapitres I et II du Règlement, et en ce qui</p>	<p>ART. 39. — La prescription inscrite dans l'article 39 n'a pas pour objet de définir et de limiter les poids et dimensions des véhicules admis à circuler sur les routes. Son but est d'empêcher le passage sur un pont de véhicules plus lourds que ceux en vue desquels il a été calculé, si sa stabilité pouvait être compromise de ce chef, alors même que ces véhicules seraient autorisés à circuler librement sur les portions courantes de route aboutissant à l'ouvrage.</p> <p>ART. 40. — On pourra envisager, dans le calcul d'un pont mixte, le cas d'un train couvrant le tablier de bout en bout et soumis à l'action d'un vent de 150 kilogrammes, en laissant libres les trottoirs et les portions de chaussée non occupées par la voie. Mais il est peu vraisemblable que ce dispositif de surcharge puisse donner des résultats plus défavorables que celui de la surcharge complète, trains avec poids mort et voitures sur la partie du tablier réservée à la circulation routière, <i>sans vent</i>.</p> <p>Pendant les épreuves, la vitesse du train sera limitée au maximum autorisé à la traversée du pont. Cette vitesse pourra toutefois n'être réalisée que pendant les essais par poids morts de la chaussée.</p> <p>Il sera loisible aux Ingénieurs, par un</p>

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>touche les zones affectées à la circulation routière à celles du Chapitre III.</p> <p>ART. 41. — <i>Dérogations aux prescriptions du Règlement.</i> — (Art. 29). — L'Administration se réserve d'apprécier les cas exceptionnels qui pourraient motiver des dérogations quelconques aux prescriptions du présent Règlement.</p>	<p>motif de sécurité, de réduire pendant l'épreuve par poids roulant, la vitesse du train à celle des véhicules circulant sur la chaussée, ou même de maintenir le train immobile.</p>

CHAPITRE IV

PONTS-CANAUx

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>ART. 42. — <i>Dispositions spéciales.</i> — Les dispositions relatives aux ponts-routes sont applicables aux ponts-canaux, sauf les modifications ci-après :</p> <p>Charge permanente. — On calculera la charge permanente en relevant de 0 m. 30 le niveau de l'eau correspondant au mouillage normal.</p> <p>Cet exhaussement du niveau pourra être augmenté dans les cas exceptionnels où, pour une raison quelconque, il y aurait lieu de prévoir une variation plus importante dans le niveau du plan d'eau du bief.</p> <p>On ajoutera en outre 300 k. par mètre carré au poids du trottoir, sur toute son étendue.</p> <p>Surcharge d'épreuve. — Aucune surcharge d'épreuve n'est à considérer dans les calculs.</p> <p>Pression du vent. — On tablera exclusivement sur la pression maximum de 250 k. par mètre carré de surface verticale, en admettant la présence de bateaux sur l'ouvrage.</p> <p>On ajoutera en conséquence à la surface au vent du pont lui-même (<i>bâche comprise</i>) un rectangle plein de 1 m. 50 de hauteur au-dessus de la bâche, auquel on attribuera la même longueur qu'au pont.</p> <p>Limites de sécurité. — Étant donné qu'aucune surcharge d'épreuve n'intervient dans le calcul des ponts-canaux, les limites de sécurité seront celles R₁ et R₂ indiquées pour les ponts rails (<i>articles 12, 13 et 14</i>), les premières se rapportant au cas où il n'y a pas de vent, et les secondes au cas où le vent souffle à raison de 250 k. de pression par mètre carré de surface verticale. On admettra, comme pour les ponts-routes, que la fonte puisse travailler à l'extension</p>	<p>ART. 42. — * Dans le cas où l'on aurait à prévoir l'organisation le long du canal d'un service de halage mécanique, avec tracteurs circulant sur le chemin de halage, il pourrait être opportun de tenir compte du passage de ces tracteurs sur la banquette de halage, mais seulement pour le calcul des éléments constitutifs des trottoirs.</p> <p>** Pour les pièces qui, par leur position, seraient particulièrement exposées à l'oxydation, l'épaisseur indiquée par le calcul devra être augmentée en conséquence.</p>

RÈGLEMENT	COMMENTAIRES EXPLICATIFS INSTRUCTIONS FACULTATIVES
<p>dans une pièce fléchie, avec un maximum de 1 k. 50. **</p> <p>Calcul des flèches. — Dans le calcul des flèches, on se basera sur la charge permanente définie ci-dessus, avec relèvement du mouillage normal et chargement des trottoirs.</p> <p>Épreuves. — L'Épreuve consistera dans la mesure des flèches, avant et après le remplissage de la bache au maximum de hauteur fixé précédemment, sans appliquer la charge de 300 kgs par mètre carré sur les trottoirs.</p> <p>Immédiatement après les épreuves, l'ouvrage sera visité dans toutes ses parties; en outre, on repèrera à deux points fixes, avant l'épreuve, les niveaux des points les plus bas des sections des poutres au milieu de chaque travée et à ses extrémités, de manière à pouvoir, après la mise en charge et à une époque quelconque, mesurer les déformations qui se seraient produites. On repèrera, par rapport aux mêmes points, le dessus de chacun des appuis.</p> <p>Le procès-verbal des épreuves contiendra les renseignements nécessaires pour permettre ultérieurement de retrouver ces repères.</p> <p style="text-align: right;"><i>Le Ministre des Travaux Publics,</i> MARCEL SEMBAT.</p>	

II

INSTRUCTION DU 15 FÉVRIER 1921

POUR

LE CALCUL ET LES ÉPREUVES

DES PONTS MÉTALLIQUES ET EN BÉTON ARMÉ

INSTRUCTION DU 15 FÉVRIER 1921
POUR LE CALCUL ET LES ÉPREUVES DES PONTS MÉTALLIQUES
ET EN BÉTON ARMÉ

Cette instruction annexée à la circulaire du Ministre de l'Intérieur du 15 février 1921, s'applique aux ouvrages métalliques sous chaussée du service vicinal seulement.

Elle reprend les règles posées par le précédent, sous réserve des quelques modifications que nous allons indiquer ci-après :

Art. 33 du Règlement de 1915.

Au lieu de donner comme limite inférieure de la charge roulante un poids de 1.000 kilogs au mètre courant, le règlement de 1921 donne comme limite inférieure des charges roulantes le convoi de chariots de 6 tonnes dont le schéma est indiqué a propos des épreuves.

Remarque. — Au sujet des efforts dus aux effets de la température, aux causes diverses, au montage, au lancement, les prescriptions de la circulaire de 1921 sont les mêmes que celles qu'indique le Règlement de 1915 pour les ponts à voie ferrée normale (articles 4 et 5).

Il en est de même en ce qui concerne la conduite des calculs et la formule à employer pour le flambage.

Article 35 du Règlement de 1915.

A la place des formules indiquées par le

Règlement de 1915, la circulaire de 1921 impose les formules suivantes :

$$0,6(c+t)+d \leq S_1 \quad c+t+d \leq R_1$$

$$0,6(c+t)+w \leq S_2 \quad c+t+d+w \leq R_2.$$

Les lettres ont même signification dans les deux cas, mais les valeurs données aux limites de travail sont les suivantes :

$$S_1 = 8 \text{ k. } 5 \quad R_1 = 12 \text{ k. } 5$$

$$S_2 = 9 \text{ k. } \quad R_2 = 13 \text{ k. }$$

Pour la fonte on prendra :
compression :

$$R_1 = R_2 = 7 \text{ k.}$$

extension des pièces fléchies :

$$R_1 = R_2 = 1 \text{ k. } 5.$$

Remarque. — La circulaire de 1921 précise les qualités des métaux à employer en répétant le tableau qui figure à l'article 15 du Règlement de 1915.

Epreuves. — A ce sujet l'article 19 de la circulaire de 1921 répète les prescriptions de l'article 37 du Règlement de 1915 et donne les mêmes schémas pour les convois à employer.

Ponts en béton armé. — La circulaire de 1921 se borne à prescrire que les calculs seront conduits conformément aux prescriptions de la circulaire d'octobre 1906.

III

NOTES

SUR L'APPLICATION DU RÈGLEMENT DU 8 JANVIER 1915

RELATIF AUX

PONTS MÉTALLIQUES

Par M. D. MATHIEU

CHAPITRE PREMIER

PONTS-RAILS SUPPORTANT DES VOIES FERRÉES DE LARGEUR NORMALE

§ 1. — Base des calculs de stabilité

ARTICLE PREMIER. — Ainsi que nous le verrons dans les articles suivants, le travail admissible n'est plus *constant*, comme dans le Règlement précédent du 29 août 1891 où il était fixé, par exemple, à 8 k. 50 pour les poutres en acier de longueur inférieure à 30 mètres. Dans le Règlement de 1915 le travail, même pour les petits ouvrages, variera avec la portée et dépendra de la charge permanente. C'est pour cela que dans cet article il est dit qu'il faudra introduire dans les calculs la charge permanente effective et qu'elle devra être justifiée.

Pour pouvoir commencer les calculs d'un pont, il faut donc connaître *a priori* le poids propre supporté par la pièce à calculer, ce qui ne pourra se faire que par comparaison avec un projet déjà exécuté. Faute de renseignements, on pourra, dans les calculs d'un avant-projet, et pour les ponts des 3 types courants, adopter pour les poutres les charges données pour les formules suivantes; p étant le poids par mètre courant de file de rail.

Poutres jumelles : $p \text{ k.} = 300 + 60 l$;

Poutres latérales à âmes pleines :
 $p \text{ k.} = 750 + 25 l$;

Poutres à treillis avec voie inférieure :
 $p \text{ k.} = 330 + 45 l$.

(Le tout : platelage en tôle.)

Il est bien entendu que ces poids sont tout à fait approximatifs, qu'ils dépendent des procédés de construction employés et des détails d'exécution.

ART. 2. — L'article 2 donne le schéma

du train qu'il conviendra d'adopter dans les calculs ; on constate que les poids ont considérablement augmenté par rapport à ceux du Règlement de 1891 : la locomotive est de 100 t. au lieu de 56 t., le tender de 60 t. au lieu de 24 t. et les wagons de 40 t. au lieu de 16.

Le poids par mètre courant de machine est de 6.366 k. pour le Règlement de 1891 et de 10.000 k. pour le Règlement de 1915, si on y comprend le tender on a respectivement 5.230 k. et 8.000 k. par mètre courant.

Il en résulte que les moments fléchissants, par exemple, pour des portées variant de 0 à 30 mètres, sont augmentés d'environ 60 p. 100 par rapport à ceux du train-type de 1891.

On remarquera que pour les poutres principales de ponts dont la portée est inférieure à 16 mètres (*exactement 16 m. 308*) ? le Règlement est formel : Le cas de l'essieu central surchargé à 24 t. n'est à envisager dans le calcul des poutres principales que pour les ponts de portée $\leq 16 \text{ m. } 00$ ainsi que pour le calcul des pièces qui portent directement le train (p. de ponts, longerons), l'essieu central de la première machine est porté à 26 tonnes, au lieu de 20 tonnes, le premier et le cinquième essieux étant réduits à 17 tonnes. Il y aura donc à considérer deux hypothèses de surcharges. Nous donnons, dans le tableau ci-dessous, les valeurs des moments fléchissants et des efforts tranchants maximum pour des portées variant de 1 à 50 mètres et par file de rail.

Portées	Moments fléchissants	Efforts tranchants
1	3.250	13.000
2	6.500	15.500
3	10.565	18.000
4	18.000	21.375
5	26.250	23.950
6	35.153	26.875
7	47.000	28.964
8	59.500	31.250
9	72.000	33.333
10	84.500	35.000
11	97.000	37.273
12	109.500	39.167
13	122.000	40.769
14	135.958	42.857
15	150.861	44.667
16	165.776	46.250
17	182.500	48.235
18	200.000	50.000
19	217.500	51.579
20	236.563	53.000
21	257.500	54.762
22	280.000	56.591
23	302.500	58.478
24	325.000	60.650
25	347.500	62.800
26	371.625	65.000
27	397.500	67.407
28	425.000	69.643
29	452.500	71.724
30	480.000	73.667
31	507.500	75.806
32	535.000	77.813
33	562.500	79.697
34	591.771	81.765
35	623.573	83.714
36	658.404	85.556
37	693.244	87.568
38	731.118	89.474
39	770.833	91.282
40	810.563	93.000
41	850.305	94.878
42	890.060	96.667
43	931.307	98.372
44	973.550	100.000
45	1.015.846	101.778
46	1.058.274	103.478
47	1.100.704	105.106
48	1.143.545	106.667
49	1.188.472	108.367
50	1.233.403	110.000

Calcul des longerons :

a) *Moments fléchissants.* — C'est toujours la machine avec essieu central de 26 tonnes qui est à considérer et c'est la roue

n° 3 qui produira le moment maximum. En appliquant le théorème de Barré, démontré dans le Cours, on obtient la valeur de ce moment en kilogrammes par les formules suivantes et par file de rail :

$$\text{Entre 0 et 2 m. 627 : } M = 3250 l.$$

$$\text{Entre 2 m. 627 et 3 m. 297 :}$$

$$M = 5750 l - 7500 + \frac{2446}{l}.$$

$$\text{Entre 3. 297 et 5. 675 : } M = 8250 l - 15000.$$

$$\text{Entre 5. 675 et 6. 293 :}$$

$$M = 10375 l - 27750 + \frac{3917}{l}.$$

b) *Efforts tranchants.* — Les efforts tranchants maximum s'obtiendront en plaçant la roue centrale de 13000 k. au droit de l'appui jusqu'à la portée de 4 m. 725. C'est ensuite la roue n° 2 de 10000 k. qui est à considérer. On obtient ainsi les formules suivantes :

$$\text{Entre 0 et 1 m. 50 : } T = 13000.$$

$$\text{Entre 1.50 et 3.000 : } T = 23000 - \frac{15000}{l}.$$

$$\text{Entre 3.00 et 4.725 : } T = 31500 - \frac{40500}{l}.$$

$$\text{Entre 4.725 et 7.324 : } T = 41500 - \frac{87750}{l}.$$

Charges sur les entretoises :

Les charges transmises par les longerons aux entretoises seront maximum lorsque l'essieu central de 26 tonnes sera placé au-dessus de l'entretoise.

Dans ces conditions, on obtient les formules suivantes :

$$\text{Entre 0 et 1 m. 50 : } V = 13.000 \text{ k.}$$

$$\text{Entre 1.50 et 3.00 : } V = 33000 - \frac{30000}{l}.$$

$$\text{Entre 3.00 et 7.00 : } V = 50000 - \frac{81000}{l}.$$

Diagramme des moments fléchissants et des efforts tranchants maximum produits par le passage du train :

Nous avons exposé dans le Cours, à propos du train-type de 1891, les 3 méthodes (analytique, graphique, lignes d'influence) que l'on peut adopter pour obtenir ces diagrammes en donnant la préférence aux deux dernières. Il va sans dire que ces méthodes sont également applicables au train-type de 1915.

On peut aussi, après avoir déterminé le moment maximum produit dans la poutre considérée, tracer une parabole ayant pour ordonnée du sommet la valeur de ce maximum et pour tangente au droit des appuis l'effort tranchant maximum en ce point. L'abscisse du sommet de cette parabole sera donc égale à $2M_{\max} : T_{\max}$. Ce procédé empirique a été indiqué par M. Valat, ingénieur principal à la Compagnie de l'Est.

Le Règlement dit que les ingénieurs sont autorisés à remplacer le train-type par une surcharge virtuelle. Dans son *Cours de Ponts Métalliques*, M. Resal dit que les courbes représentées par les équations suivantes, enveloppent très exactement les contours des moments fléchissants ou efforts tranchants produits par la surcharge mobile dans les ponts droits à travées indépendantes :

$$M = \frac{1}{2} x(l-x) \left(q + s \frac{(l-2x)^2}{l^2} \right)$$

$$T = \frac{1}{2} q \frac{(l-x)^2}{l} + \frac{1}{2} s \frac{(l^2-x^2)}{l}$$

Les nombres q et s étant variables avec la portée et devant être déterminés au moyen d'une épure préalable faite d'après les procédés habituels.

Il nous paraît plus simple, dans ces conditions, de faire cette épure, qui n'est pas longue et ne présente aucune difficulté, tout de suite pour le cas qui est à envisager.

Pour les poutres continues et les poutres en arc la méthode des lignes d'influence avec l'emploi des surcharges du convoi nous paraît aussi préférable à celle des surcharges virtuelles, puisqu'il faut démontrer que celles-ci produisent des efforts supérieurs ou au moins égaux à ceux du convoi-type.

Art. 3. — Les prescriptions de cet article relatif à la pression du vent sont les mêmes que celles du Règlement de 1891, sauf que le vent de 270 k. par mètre carré est réduit à 250 k. et celui de 170 k. à 150 k.; en outre, dans ce dernier cas, la pression s'exerce sur la surface complète du train. L'augmentation de travail admissible (voir article n° 12) est de 0 k. 50, au lieu de 1 k. pour le vent de 150 k.; elle est de 1 k. pour le vent de 250 k.

D'après ces prescriptions, on aurait pour les schémas représentés par les figures

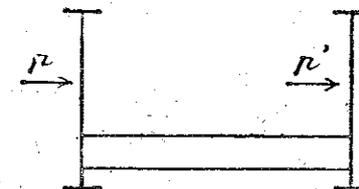
a), b), c), les valeurs suivantes : pour les efforts dus par mètre courant de pont au vent, A étant la surface brute totale de la première poutre par mètre courant, vides compris et B sa surface nette, déduction faite des vides; A' et B' les mêmes quantités rapportées à la deuxième poutre.

1° Cas de la figure a) :

$$v = pB + p'B'$$

p' pression sur la deuxième poutre étant

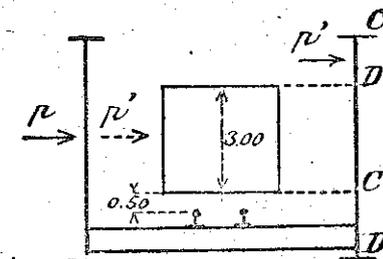
$$\text{donnée par la formule } p' = p \left(1 - \frac{B}{A} \right).$$



2° Cas de la figure b) :

$$w = pB + 3p' + p' \times$$

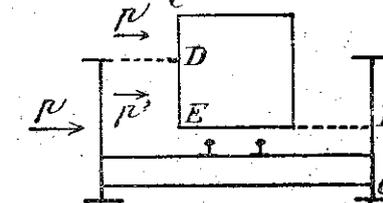
(Surface nette CD + Surface nette C'D')



3° Cas de la figure c) :

$$w = pB + p \text{ Surface } CD + p' \times$$

(Surface DE + Surface nette FG)



Le nouveau règlement attire l'attention des ingénieurs sur les cas particuliers où il conviendrait d'examiner également l'hypothèse d'un vent orienté obliquement soit

par rapport à l'horizontal, soit par rapport à l'axe du chemin de fer.

Nous avons indiqué dans le Cours la manière de déterminer la surcharge virtuelle à ajouter à la surcharge réelle, dont il est question dans cet article, pour tenir compte des efforts de torsion que peut produire l'action du vent sur une ossature métallique.

ART. 4. — Cet article prescrit de tenir compte d'une variation de température de $\pm 27^\circ$ quand l'ossature métallique à calculer ne peut se dilater librement, cas d'un arc posé sur deux rotules par exemple. Le coefficient de dilatation de l'acier étant égal à 0,000012, la variation de $\pm 27^\circ$ correspond à une dilatation ou à une contraction linéaire de $0,000012 \times 27 =$

0,000324, soit sensiblement $\pm 0,0003$ par mètre.

Il est dit dans cet article qu'il y aura à tenir compte des efforts produits par des influences diverses, telles que : dénivellation des appuis, écartements des culées d'un pont en arc, dissymétrie des surcharges, etc., toutes causes que nous avons étudiées dans le Cours et dont il y a lieu de tenir compte dans les calculs de stabilité d'un projet bien étudié.

ART. 5. — Les calculs relatifs au montage et au lançage des ponts sont généralement établis par le constructeur, car ils dépendent des moyens dont il dispose, il est bon, comme il est dit plus loin, à l'article 12, de ne pas dépasser, dans ces opérations, un travail de 18 kilos par millimètre carré.

§ 2. — Conduite des calculs

ART. 6. — Nous remarquons, dans l'article 6, relatif à l'équilibre statique que le coefficient de sécurité des ponts fixes, c'est-à-dire le rapport entre le moment de stabilité et le moment de renversement devra, autant que possible, ne pas être inférieur à 1,5.

ART. 7. — Le calcul du travail élastique, comme dans le Règlement de 1891, devra être basé sur la section nette de chaque pièce, c'est-à-dire déduction faite des trous de rivets. Dans un avant-projet, il est dit qu'on pourra calculer le travail élastique avec la section brute et frapper d'un coefficient de majoration de 1,2 les résultats obtenus.

ART. 8. — Il est dit dans cet article que les calculs ne seront établis que pour les efforts principaux, ainsi que cela se fait habituellement, parce qu'il a été tenu compte, pour la fixation des limites de sécurité de la fatigue supplémentaire provenant des efforts secondaires. Il est fait toutefois exception pour les barres de treillis dont on frappera les efforts principaux d'une majoration de un dixième en sus.

ART. 9. — La formule à adopter pour la vérification du flambage est définie par le nouveau Règlement, tandis qu'elle était laissée à l'initiative des ingénieurs dans

celui de 1891. Nous avons vu, dans le Cours, que le travail d'une pièce comprimée devait satisfaire à l'inégalité suivante :

$$\frac{P}{S} \leq Rf \leq \frac{R}{1 + MN \frac{l^2}{r^2}}$$

Rf charge admissible est donc une variable dépendant des dimensions de la pièce. Il paraît plus simple d'avoir à comparer, dans une note de calculs, tous les résultats fournis par les calculs aux limites de sécurité prescrites R et par suite on écrit l'équation ci-dessus sous la forme :

$$\frac{P}{S} \left(1 + MN \frac{l^2}{r^2} \right) \leq R.$$

C'est-à-dire que le travail à la compression simple $\frac{P}{S}$ doit être multiplié par le coefficient de majoration de la parenthèse ; le facteur M dépend du mode de fixation de la pièce aux extrémités, N = 0,0001 pour l'acier laminé ou moulé.

ART. 10. — Rien de particulier à signaler. Les calculs relatifs aux assemblages par boulons ou par rivets ont été indiqués dans les différentes parties du Cours relatives à ce sujet.

§ 3. — Justification de la stabilité

ART. 11 et 12. — Les prescriptions de ces articles, relatives aux limites de sécurité sont entièrement nouvelles par rapport à celles des règlements antérieurs. Nous sommes en présence de deux groupes d'inégalités à satisfaire, chacun d'eux comprenant 3 cas suivants :

- a) qu'il n'y a pas de vent ;
- b) un vent de 150 kilogs ;
- c) un vent de 250 kilogs.

Le premier groupe d'inégalités est caractérisé par ce fait qu'on considère seulement pour l'évaluation des efforts totaux les quatre dixièmes des efforts produits par la charge permanente et les variations de température.

D'après les notations adoptées $c =$ charge permanente, $d =$ surcharge permanente, $t =$ température, $v =$ vent de 150 k., $w =$ vent de 250 k., on doit avoir pour l'acier :

$$(1) \begin{cases} 0,4(c+t) + d < 8 = S_1 \\ 0,4(c+t) + d + v < 8 \text{ k. } 50 = S_2 \\ 0,4(c+t) + d + w < 9 \text{ k. } = S_3 \end{cases}$$

Le deuxième groupe d'inégalités correspond à la somme des efforts statiques comme on le fait habituellement, sans réduction ni majoration ; les limites pour l'acier sont les suivantes :

$$(2) \begin{cases} c + t + d < 12 \text{ k. } = R_1 \\ c + t + d + v < 12 \text{ k. } 50 = R_2 \\ c + t + d + w < 13 = R_3 \end{cases}$$

Le premier groupe d'inégalités a été obtenu en se basant sur les considérations suivantes. On sait que lorsqu'il n'y a que des charges statiques, une construction présente toute stabilité lorsque les efforts ne dépassent pas la limite d'élasticité, soit 24 k. pour l'acier laminé. Pour tenir compte des erreurs de calculs, des efforts secondaires, des majorations de surcharge, etc., on se tient en dessous de cette valeur et on se fixe le maximum du travail à 12 k., soit la moitié de la limite d'élasticité.

En ce qui concerne les effets produits par la charge roulante, il y a lieu de tenir compte des chocs, des vibrations, etc., et par suite, le travail calculé, comme si ces charges étaient au repos, doit être multiplié par un coefficient dynamique μ . On doit donc avoir

$$c + \mu d < 12 \text{ k.}$$

Il est évident que le coefficient μ doit varier avec l'ouverture de l'ouvrage et, par suite avec le rapport $\frac{c}{d}$, il sera d'autant

plus grand que la portée du pont sera plus petite. Ce coefficient pourra donc être exprimé par une expression de la forme

$$\mu = \beta - \gamma \frac{c}{d}. \text{ Nous allons calculer } \beta \text{ et } \alpha$$

pour satisfaire à la première équation du groupe (1).

$$\text{On a } c + \mu d = c + \left(\beta - \gamma \frac{c}{d} \right) d < 12$$

$$\text{Ou } c + \beta \gamma - \gamma c < 12 \quad c(1 - \gamma) + \beta d < 12.$$

$\left(\frac{1 - \gamma}{\beta} \right) c + d < \frac{12}{\beta}$, en comparant à l'inégalité du Règlement $0,4c + d < 8$, on en déduit :

$$\frac{1 - \gamma}{\beta} = 0,4 \text{ et } \frac{12}{\beta} = 8 \text{ d'où } \gamma = 0,4 \quad \beta = 1,5.$$

Le coefficient dynamique serait donc $\mu = 1,5 - 0,4 \frac{d}{c}$.

Pour les petites pièces où c est sensiblement nul devant d , on aurait $\mu = 1,5$ soit 50 p. 100 d'augmentation du travail calculé pour des charges statiques ; il n'y a pas de majoration pour $\gamma = 1$, ce qui correspond à $\frac{c}{d} = 1,25$ ou à $\frac{d}{c} = 0,8$, qui sera rarement obtenu, même pour de grands ouvrages.

Les calculs peuvent être présentés de deux manières différentes que nous allons examiner successivement.

Première méthode de calcul :

Il n'est pas nécessaire de vérifier les deux groupes d'inégalités car on peut rechercher à partir de quelle limite le groupe (1) est plus défavorable que le groupe (2). Si nous posons, pour simplifier, $c + t = a$ les premières inégalités de chacun des deux groupes sont :

$$\begin{aligned} 0,4a + d &< S_1 \\ a + d &< R_1 \end{aligned}$$

En posant $\frac{S_1}{R_1} = \alpha$,

On a : $0,4a + d < \alpha R_1$

D'où : $\frac{0,4a + d}{\alpha} < R_1 < a + d$
 $(0,4 - \alpha)a < d(\alpha - 1)$

Et : $\frac{d}{a} > \frac{0,4 - \alpha}{\alpha - 1} > \frac{0,4 - R_1}{R_1 - 1}$

$$\frac{0,4R_1 - S_1}{S_1 - R_1} > \frac{S_1 - 0,4R_1}{R_1 - S_1}$$

qui est la formule indiquée dans les instructions complétant le Règlement. Si nous remplaçons, dans cette inégalité, S_1 et R_1 respectivement par leurs valeurs, 8 k. et 12 k. prescrites dans l'article 12, on obtient $\frac{d}{c+t} > 0,8$, ou $\frac{d}{c} > 0,8$ si la température n'intervient pas, comme dans le cas des ponts à poutres droites.

Nous en concluons donc que dans le calcul des ponts à poutres droites, tant que les effets produits par la surcharge sont supérieurs aux huit dixièmes des effets produits par la charge permanente, il n'y a à se préoccuper que du premier groupe d'inégalités.

Pour des ponts courants d'ouverture ne dépassant pas 50 mètres, nous trouvons que le rapport $\frac{d}{c} = \frac{\text{surcharge}}{\text{charge permanente}}$ a les valeurs suivantes :

Type à poutres jumelles — 5 à 6.

Type à poutres latérales jusqu'à 25 mètres — 6 à 3.

Grandes poutres à treillis jusqu'à 40 mètres — 3 à 1,8.

Ponts sous ballast — 1,7 à 1,5.

Poutrelles enrobées — 3 à 1,5.

Nous voyons donc que pour des ponts de moyenne importance (ouverture plus petite que 50 mètres, le rapport $\frac{d}{c}$ est toujours plus grand que 0,8 et par suite il suffit de s'occuper du premier groupe des inégalités sans avoir égard au second.

La seule modification par rapport au Règlement de 1891 consistera donc à prendre les 0,4 de la charge permanente, au lieu de la charge totale, le reste des calculs se fera comme autrefois, avec cette simplification que nous n'aurons qu'une limite de travail à ne pas dépasser, qui est la même pour toutes les pièces du pont, entretoises, poutres ou longerons.

Les mêmes conclusions sont applicables au cas des deux dernières inégalités du groupe (1) dans lesquelles on fait intervenir l'action du vent.

Deuxième méthode de calcul :

La méthode qui vient d'être exposée présente l'inconvénient de ne pas montrer à quel taux réel de travail se trouvent soumises les différentes pièces de l'ossature métallique et il paraît préférable de déterminer le travail admissible auquel on est autorisé, eu égard à la charge permanente de la pièce à calculer, et de faire tous les calculs en prenant pour base ce travail admissible, ainsi qu'on le faisait autrefois avec le Règlement de 1891.

Le travail admissible s'obtient en transformant les inégalités du groupe (1). D'après l'équation :

$$0,4(c+t) + d \leq S_1$$

On tire :

$$c+t \leq \frac{S_1}{0,4 + \frac{d}{c+t}}$$

D'où :

$$c+t+d \leq \frac{S_1 + d(0,4 + \frac{d}{c+t})}{0,4 + \frac{d}{c+t}}$$

$$\frac{S_1 + \frac{S_1 d}{c+t}}{0,4 + \frac{d}{c+t}} \leq \frac{S_1 (1 + \frac{d}{c+t})}{0,4 + \frac{d}{c+t}}$$

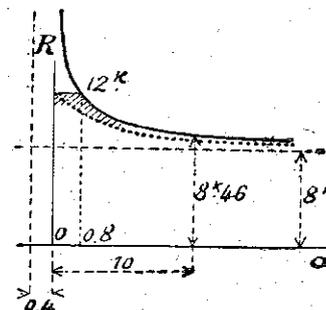
qui est la formule indiquée dans les commentaires. Il est entendu que la valeur du travail $c+t+d$ donnée par cette formule ne devra pas dépasser la limite fixée par la première formule du groupe (2), c'est-à-dire 12 kilogs par millimètre carré.

Pour les ponts à poutre droite à une

travée $t=0$ et le travail admissible en posant $\frac{d}{c} = \alpha$ est donné par la formule

$$R = 8 \frac{1 + \alpha}{0,4 + \alpha}$$

Si on porte en abscisses les valeurs de α et en ordonnées les valeurs correspondantes de R on obtient une hyperbole équilatère ayant pour asymptote verticale $\alpha = -0,4$ et pour asymptote horizontale $y = 8$ k. Cette courbe n'est à considérer,



d'après ce que nous avons vu ci-dessus, qu'à partir de l'abscisse $\alpha = 0,8$ qui correspond à $R = 12$ k. Le travail autorisé varie donc entre les limites extrêmes de 8 k. et de 12 k., suivant les différents types de ponts et la courbe montre que dès que

l'on atteint la valeur 10 pour $\alpha = \frac{d}{c}$, à laquelle correspond $R = 8$ k. 46, les variations sont très faibles.

A titre d'indication générale, nous donnons ci-dessous les valeurs moyennes du travail autorisé pour quelques types de ponts et qui pourront servir de base pour un avant-projet :

Poutres jumelles : $R = 8$ k. 50 par millimètre carré.

Poutres latérales, jusqu'à 10 mètres : $R = 8$ k. 50.

Poutres latérales, de 10 à 30 mètres : $R = 9$ k. 50.

Grandes poutres à treillis de 25 à 40 mètres : $R = 9$ k. 50 à 10 k. 20.

Ponts sous ballast : $R = 10$ k. 50.

Ponts à poutrelles enrobées : $R = 9$ k. 50.

Pour les petites pièces, où la charge permanente est négligeable vis à vis de la surcharge, on a $c = 0$ $\alpha = \infty$ et $R = 8$ k. ;

on peut donc adopter cette valeur pour la détermination des sections à donner aux longerons et aux entretoises, quitte à les modifier ensuite dans le projet définitif en tenant compte du travail autorisé par suite de la charge permanente que ces pièces supportent.

L'inégalité $c+t+w < 13$ k. ne paraît guère devoir être employée, car si on la compare $c+t+d+v < 12$ k. 50, il faudrait que les efforts produits par un vent de 100 k. fussent supérieurs à ceux qui ont été obtenus pour la surcharge du train sans vent (w étant égal à 250 k. et v à 150 k.).

Il convient aussi de remarquer que l'inégalité $0,4(c+t) + w < 9$ k. s'applique à la détermination des sections à donner aux barres de contreventements, elle n'interviendra pas dans le calcul des poutres.

Cette inégalité ne tient aucun compte de l'alternance des efforts produits dans les barres.

Nous allons comparer le travail admissible

$$R = 8 \frac{1 + \alpha}{0,4 + \alpha} \quad (1)$$

donné par la formule du nouveau Règlement avec celui qui est obtenu en appliquant la formule relative aux efforts de même sens.

$$R = 8 \text{ k.} + 4 \frac{A}{B} \quad (2)$$

indiqué dans les instructions annexées au Règlement de 1891.

Pour cela, nous allons transformer cette dernière formule en remplaçant les notations A et B par celles de la formule (1.)

On a :

A = effort minimum = charge permanente = c

B = effort maximum = charge permanente + surcharge = $c + d$

d'où :

$$R = 8 + 4 \frac{c}{c+d} = 8 \left(1 + \frac{c}{2(c+d)} \right) = 8 \left(\frac{1,5c+d}{c+d} \right)$$

et en posant comme précédemment $\frac{d}{c} = \alpha$ on obtient :

$$R = 8 \frac{1,5 + \alpha}{1 + \alpha} \quad (2 \text{ bis})$$

Pour les différentes valeurs de α , les valeurs correspondantes de R fournies par l'équation (2 bis) seront représentées par une hyperbole équilatère ayant pour asymptote verticale $\alpha = -1$ et pour asymptote horizontale $R = 8$ k., comme pour la formule (1) du nouveau règlement. On a de même $R = 12$ k. pour $\alpha = 0$. La courbe correspondante à la formule (2 bis) a été tracée en pointillé sur la figure précédente, elle diffère très peu de celle du Règlement de 1915. Voici pour quelques valeurs de α , les valeurs correspondantes de R dans les deux cas examinés.

α	0	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16
R (1915)	12 k.	11.43	10	9.41	9.09	8.75	8.57	8.46	8.39	8.33	8.29
R (1891)	12 k.	10	9.33	9	8.80	8.57	8.74	8.36	8.31	8.27	8.24

En résumé, pour des efforts de même sens, les deux formules sont sensiblement équivalentes, mais le Règlement de 1915 ne prescrit rien de spécial dans le cas où les efforts limites sont de sens contraire, cas où il était fait application de la formule $R = 8 - 4 \frac{C}{B}$ dans le Règlement de 1891.

ART. 13. — Il y a lieu de remarquer dans cet article relatif au cisaillement des rivets que les limites de sécurité S_1, S_2, S_3 du groupe (1) sont les trois quarts des limites correspondantes pour l'acier laminé à l'extension ou à la compression, tandis que dans le Règlement de 1891 la réduction n'était que de un cinquième. Quant aux valeurs R_1, R_2, R_3 du groupe (2) ces valeurs sont environ les deux tiers des valeurs correspondantes données à l'article 12, qui sont relatives à l'extension.

ART. 14. — La fonte ne pourra être employé dans les ponts-rails que dans les pièces soumises uniquement à des efforts de compression. Cet article ne prévoit plus de réduction de charge permanente pour le calcul du travail admissible et il fixe ce travail à 6 k. 50 sans vent et à 7 k. si l'on tient compte de cette action.

ART. 15. — Cet article définit les qualités des matériaux dont les limites de sécurité ont été données dans les articles précédents. Ces qualités sont celles qui ont été prescrites dans le cahier des charges général du Ministère des Travaux Publics du 29 octobre 1913, elles sont les mêmes que celles du Règlement de 1891, sauf que l'al-

longement de rupture de l'acier laminé est de 25 p. 100 au lieu de 22 p. 100. On y définit aussi les valeurs de la limite d'élasticité, ce qui n'avait pas lieu dans le Règlement de 1891. Il y a lieu de remarquer également que les éprouvettes au lieu de présenter une longueur fixe entre repères doivent, pour la mesure de l'allongement de rupture, avoir des repères dont l'écartement $l = \sqrt{66.67 S}$, S étant la section de l'éprouvette. On sait que les allongements sont proportionnels aux dimensions des éprouvettes et que les éprouvettes de for-

mes géométriquement semblables donnent les mêmes allongements relatifs.

Les essais sont donc comparables entre eux si on a : $l^2 = KS$.

Pour certaines raisons d'ordre pratique et expérimental, on a adopté pour K la valeur $66,67 = \frac{2}{3}$ qui correspond à une éprouvette normale de base $S = 600$ cm² ($d = 27.64$) et de longueur 200 m/m entre repères.

Il n'est pas fait mention dans cet article de l'alésage des trous de rivets après poinçonnage, ainsi que cela était prescrit dans l'article correspondant du Règlement de 1891; nous pensons que cela n'a pas été indiqué parce qu'il est d'usage actuellement d'opérer toujours de cette manière pour toutes les pièces qui entrent dans la construction des ponts métalliques.

ART. 16. — Cet article est relatif aux métaux autres que ceux qui ont été visés dans les articles précédents. Il convient dans chaque cas particulier de faire des propositions spéciales sur lesquelles l'Administration statuera. En particulier il n'y a pas de dispositions réglementaires pour les câbles en acier des ponts suspendus, des transbordeurs, etc.

ART. 17. — Rien de particulier à signaler dans cet article qui fait mention des chariots de dilatation, axes d'articulation, etc. Les limites de travail admissibles ne sont pas prescrites étant données les conditions spéciales que ces appareils ont à remplir, nous les avons données dans le Cours ainsi que les méthodes à calcul que l'on peut suivre.

§ 4. — Epreuves des ponts

ART. 18 à 25. — Les différents articles de ce paragraphe relatif aux épreuves de ponts présentent beaucoup de simplifications par rapport à ceux qui leur correspondent du Règlement de 1891. L'une des plus importantes consiste en ce qu'il ne sera pas fait d'épreuves pour les ponts dont les poutres principales auront été confectionnées à l'atelier avant d'être transportées à pied d'œuvre (Art. 19)

Les épreuves par demi-travée pour les

poutres à âme pleine, qui ne présentaient aucun intérêt pratique, sont également supprimées (Art. 21).

Enfin, il n'est plus demandé, pour les poutres à trois travées indépendantes, de nivellement avant les épreuves des points les plus bas des poutres, au milieu de chaque travée et à leurs extrémités, ainsi que leur repérage à deux points fixes; cette opération n'est exigée que pour les ponts à travées solidaires ou en arcs.

§ 5. — Dispositions diverses

ART. 26 à 30. — Rien de particulier à signaler dans ces articles qui sont relatifs aux dispositions à prendre pour faciliter la visite et l'entretien, au nouveau gabarit à

observer pour la circulation des trains sur le pont, à la limitation du poids des machines, etc.

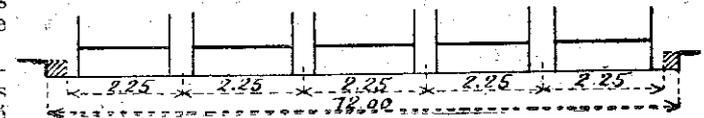
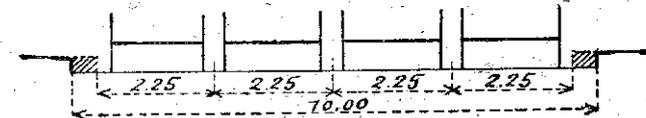
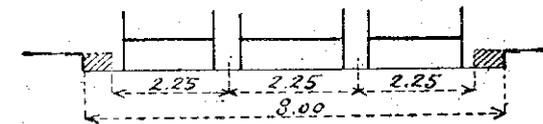
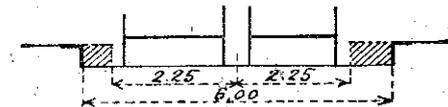
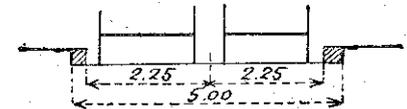
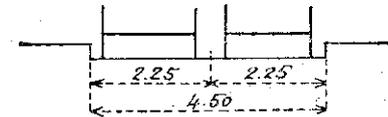
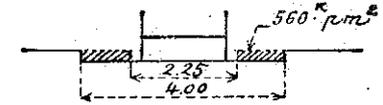
CHAPITRE III

PONTS-ROUTES SUPPORTANT DES VOIES DE TERRE

ART. 32 — Toutes les dispositions du Chapitre 1^{er} relatif aux ponts-rails et qui ne se rapportent pas aux surcharges et aux limites de sécurité sont applicables aux ponts-routes.

ART. 33. — Cet article définit la surcharge par mètre carré et le convoi-type à adopter dans les calculs de résistance. Une grande simplification a été apportée par rapport aux articles correspondants du Règlement de 1891, il n'y a plus qu'un seul convoi-type au lieu de trois et un seul travail admissible. La largeur de la chaussée est divisée en zones longitudinales de 2 m. 25 de largeur placées symétriquement par rapport à l'axe de la chaussée, on a ainsi les groupements représentés par les figures suivantes, il n'y a plus à placer, comme dans le Règlement de 1891, l'une des roues contre la bordure d'un trottoir. La largeur de la voie est de 1 m. 80 au lieu de 1 m. 70. On remarquera que la surcharge uniformément répartie à placer sur le trottoir ou sur la chaussée, soit sur la surface totale, soit sur les bandes non couvertes par la surcharge mobile, est de 560 kilogr. par mètre carré, c'est-à-dire 1,4 fois celle du Règlement de 1891.

D'après un article publié par M. Goupil dans le *Génie Civil*, il a été



vérifié que le nouveau convoi-type était plus défavorable que les rouleaux compresseurs et que les ponts-routes calculés d'après ces données pouvaient livrer temporairement passage aux trains de la voie de 1 mètre à double traction, s'ils sont placés dans l'axe de la chaussée, et à un simple traction s'ils longent le trottoir, étant entendu que la circulation routière est interrompue.

Quant aux entretoises et aux longerons, les efforts sont plus grands avec le convoi-type qu'avec les charges du train-type de 1 mètre.

Nous donnons ci-dessous le tableau des moments fléchissants et des efforts tranchants maxima produits par une file du convoi-type et par une bande de 1 mètre de largeur ou de 2 m. 25 de largeur chargée d'au poids mort de 560 k. par mètre carré.

PORTÉE	CONVOIS TYPE		PORTÉE	SURCHARGE DE 560 kilos PAR MÈTRE CARRÉ			
	Moments	Efforts tranchants		LARGEUR 1 mètre		LARGEUR 2 m. 25	
				Moments	Efforts tranchants	Moments	Efforts tranchants
	kgms	kgms		kgms	kgms	kgms	kgms
1	3150	12600	1	70	280	157	630
2	6300	12600	2	280	560	630	1260
3	9450	12600	3	630	840	1417	1890
4	12600	12600	4	1120	1120	2520	2520
5	15750	12600	5	1750	1400	3937	3150
6	18900	13300	6	2520	1680	5670	3780
7	22050	13800	7	3430	1960	7717	4410
8	25200	14175	8	4480	2240	10080	5040
9	28350	14467	9	5670	2520	12757	5670
10	32156	14700	10	7000	2800	15750	6300
11	36750	15527	11	8470	3080	19057	6930
12	42000	16217	12	10080	3360	22680	7560
13	47250	16800	13	11830	3640	26617	8190
14	52500	17300	14	13720	3920	30870	8820
15	57750	17733	15	15750	4200	35437	9450
16	63000	18550	16	17920	4480	40320	10080
17	68250	19271	17	20230	4760	45517	10710
18	73500	19911	18	22680	5040	51030	11340
19	78750	20484	19	25270	5320	56857	11970
20	84000	21000	20	28000	5600	63000	12600
21	92750	21800	21	30870	5880	69457	13230
22	101500	22527	22	33880	6160	76230	13860
23	110250	23191	23	37030	6440	83317	14490
24	119000	23800	24	40320	6720	90720	15120
25	127750	24360	25	43750	7000	98437	15750
26	136500	25146	26	47320	7280	106470	16380
27	145250	25874	27	51030	7560	114817	17010
28	154000	26550	28	54880	7840	123480	17640
29	162750	27179	29	58870	8120	132457	18270
30	171500	27767	30	63000	8400	141750	18900
31	183750	28542	31	67270	8680	151357	19530
32	196000	29269	32	71680	8960	161280	20160
33	208250	29952	33	76230	9240	171517	20790
34	220500	30594	34	80920	9520	182070	21420
35	232750	31200	35	85750	9800	192937	22050

PORTÉE	CONVOIS TYPE		PORTÉE	SURCHARGE DE 560 kilos PAR MÈTRE CARRÉ			
	Moments	Efforts tranchants		LARGEUR 1 mètre		LARGEUR 2 m. 25	
				Moments	Efforts tranchants	Moments	Efforts tranchants
	kgms	kgms		kgms	kgms	kgms	kgms
36	245000	31967	36	90720	10080	204120	22680
37	257250	32692	37	95830	10360	215617	23310
38	269500	33379	38	101080	10640	227430	23940
39	281750	34031	39	106470	10920	239557	24570
40	294000	34650	40	112000	11200	252000	25200
41	309750	35410	41	117670	11480	264757	25830
42	325500	36133	42	123480	11760	277830	26460
43	341250	36823	43	129430	12040	291217	27090
44	357000	37482	44	135520	12320	304920	27720
45	372750	38111	45	141750	12600	318937	28350
46	388500	38865	46	148120	12880	333270	28980
47	404250	38587	47	154630	13160	347917	29610
48	420000	40279	48	161280	13440	362880	30240
49	435750	40943	49	168070	13720	378157	30870
50	451500	41580	50	175000	14000	393750	31500

Les moments fléchissants maxima s'obtiennent en plaçant l'essieu de 12 t. 6 au milieu de la portée, sauf pour les portées comprises entre 9 m. 33 et 10 m. 590 pour lesquelles il y a à considérer les deux essieux de 12 t. 6 et de 4 t. 2; l'abscisse du moment maximum, en appliquant le théorème de Barré se trouve alors égal à :

$$\frac{l}{2} \pm 0,625$$

Les efforts tranchants calculés dans le tableau correspondent à l'essieu de 12 t. 6 placé au droit de l'appui.

ART. 34. — Les prescriptions relatives à l'action du vent sont les mêmes que celles du Règlement de 1891, il n'y a à compter sur cette pression que lorsqu'il n'y a aucune surcharge, ni sur les trottoirs ni sur la chaussée; toutefois cette pression est évaluée à 250 k. par mètre carré de surface verticale au lieu de 270 k.

ART. 35. — Cet article donne les limites de sécurité à admettre dans les calculs de résistance, comme il n'y a pas de vent avec surcharge, les trois inégalités de chacun des groupes (1) et (2) se réduisent à deux qui sont les suivantes :

$$(1) \begin{cases} 0,6(c+t) + d \leq 8 \text{ k. } 50 \\ 0,6(c+t) + w \leq 9 \text{ k. } \end{cases}$$

$$(2) \begin{cases} c+t+d < 12 \text{ k. } 50 \\ c+t+w \leq 13 \text{ k. } \end{cases}$$

On remarquera que la réduction à apporter aux efforts produits par la charge permanente est de 6 dixièmes tandis qu'elle est de quatre dixièmes pour les ponts-rails.

Les inégalités (1) sont applicables tant que le rapport $\frac{d}{c+t}$ est supérieur au rap-

port $\frac{S_2 - 0,6 R_2}{R_2 - S_2}$. Pour des travées indépen-

dantes $t=0$, si l'on remplace S_2 et R_2 respectivement par leurs valeurs 8 k. 50 et

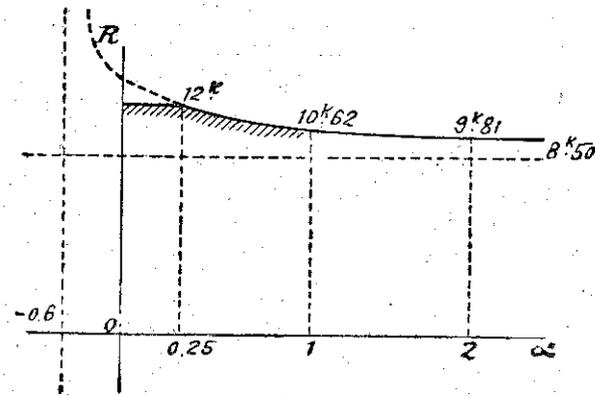
12 k. 50 on trouve $\frac{d}{c} \geq \frac{1}{4}$, inégalité qui sera

presque toujours satisfaite; il n'y aura donc pas à s'occuper du groupe des inégalités (2).

Pour les travées indépendantes le travail admissible est donné par la formule :

$$R = c + d = \frac{8,50 \left(1 + \frac{d}{c}\right)}{0,6 + \frac{d}{c}} = 8 \text{ k. } 50 \frac{1 + \alpha}{0,6 + \alpha}$$

Si on porte en abscisses les valeurs de α et en ordonnées celles du travail admissible R, on obtient une hyperbole équilatère ayant pour asymptote $x = -0,6 = \alpha$ et $y = 8 \text{ k. } 50$. D'après la première inégalité



du groupe (2) cette hyperbole ne doit être considérée qu'à partir de $R = 12 \text{ k. } 50$ qui correspond à $\alpha = \frac{d}{c} = 0,25 = \frac{1}{4}$.

En faisant les mêmes calculs que pour les ponts-rails on trouve $\frac{1-\gamma}{\beta} = 0,6 \frac{12}{\beta} = 8,50$ d'où $\gamma = 0,565$ et $\beta = 1,411$ le coefficient dynamique est $\mu = 1,411 - 0,565 \frac{c}{d}$ pour les petites pièces $c = 0 \mu = 1,411$ soit une majoration de 40 p. 100 environ. Ce coefficient est égal à 1 pour $\frac{c}{d} = \frac{0,411}{0,565} = 0,726$ ou $\frac{d}{c} = 1,3$ auquel correspond un tra-

vail admissible de 10 k. environ par millim.

A titre d'indication nous pouvons donner que pour un avant-projet on peut admettre pour une première approximation les valeurs suivantes pour R :

jusqu'à 8 m. de portée $R = 9 \text{ k. } 70$
de 8 à 12 m. $R = 10 \text{ k. } 40$
de 12 à 20 m. et au-dessus $R = 11 \text{ k.}$

on atteindra rarement la valeur limite $R = 12 \text{ k. } 50$ qui correspond à une charge permanente quadruple de la surcharge.

L'inégalité $0,6(c+t) + w \leq 9 \text{ k.}$ ne paraît guère devoir être employée, car le vent donnera des efforts généralement inférieurs à ceux qui seront donnés pour la surcharge.

En résumé, le calcul des ponts-routes se fera, comme autrefois, sauf que l'on tiendra compte seulement des six dixièmes du poids propre.

On ajoutera les moments et efforts tranchants dus à la surcharge et on fera les épures des distributions de tables pour la limite admissible de 8 k. 50.

ART. 36. — On a admis l'emploi de la fonte pour les ponts-routes en arc; le travail admissible à la compression est de 7 k. et à l'extension de 1 k. 50, soit pour le travail $c+t+d$, soit pour $c+t+w$. Il n'est pas fait de réduction pour les efforts dus à la charge permanente.

ART. 37 et suivants. — Ces articles sont relatifs aux épreuves, mesures des flèches, etc. et ne présentent rien à signaler particulièrement.

APPLICATION

PONT-ROUTE DE 6 MÈTRES DE LARGEUR ET DE 12 MÈTRES DE PORTÉE

Le tablier métallique du pont-route dont il s'agit est composé de deux poutres principales placées sous les trottoirs. Ces poutres sont reliées entre elles par des entretoises espacées de 1 m. 50 sur lesquelles s'appuient les voutins en béton qui supportent la chaussée. La largeur de la

D'après le règlement, le moment fléchissant maximum dû aux surcharges roulantes sera obtenu en plaçant les essieux de 12600 k. au droit de l'entretoise dans la po-

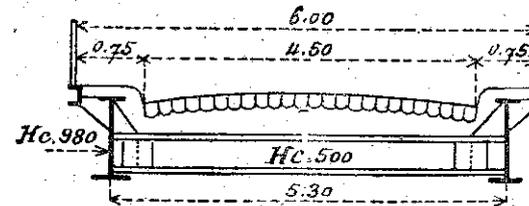


Fig. 1

chaussée est de 4 m. 50 et celle des trottoirs de 0 m. 75, le schéma de la fig. 1 montre la coupe transversale de ce tablier.

Calcul des entretoises. — Moments fléchissants. — La portée des entretoises est de 5 m. 30 et la charge uniformément répartie de 2.400 k. par mètre courant. Le moment fléchissant maximum produit par cette charge est :

$$M_1 = \frac{p l^2}{8} = \frac{2400 \times 5,30^2}{8} = 8427 \text{ kgmt}$$

Le module de résistance de la section de l'entretoise représentée fig. 2 est $\frac{1}{v} = 0,003061$, trous de rivets déduits. Le travail maximum dû à la charge permanente a pour valeur :

$$C = \frac{8427}{3061} = 2 \text{ k. } 7 \text{ par m/m}^2$$

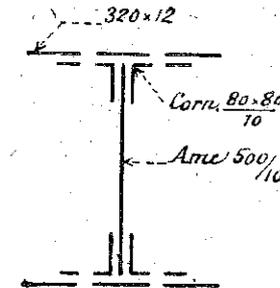


Fig. 2

sition indiquée sur la fig. 3. La largeur de la chaussée étant exactement de 4 m. 50, il n'y aura pas de bandes à surcharger de

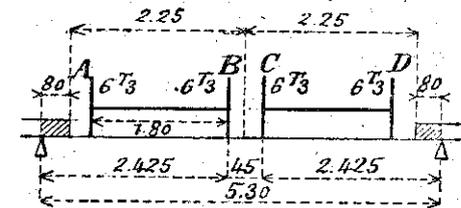


Fig. 3

560 k. par mètre carré, celle-ci ne régnera que sur les trottoirs.

Le moment maximum sera produit sous les roues B ou C, la réaction d'appui étant égale à 12600 k., sa valeur sera :

$$M_2 = 12600 \times 2,425 - 6300 \times 1,800 = 19215 \text{ kgmt}$$

Au-dessus de l'entretoise nous avons une bande de trottoir de 0 m. 40 de largeur, les écartements d'entretoise étant de 1 m. 50 le poids total dû à la surcharge de 560 k. est égal à $560 \times 0.40 \times 1.50 = 336$ k. Le moment maximum dû à cette charge est :

$$M_3 = 336 \times 0,40 - 336 \times \frac{0,40}{2} = 67 \text{ kgmt}$$

Le moment fléchissant total dû aux surcharges a donc pour valeur :

$$M_2 + M_3 = 19215 + 67 = 19282 \text{ kgmt}$$

et le travail correspondant :

$$d = \frac{19282}{3061} = 6 \text{ k. 3}$$

La section de l'entretoise satisfait bien aux prescriptions du Règlement puisque l'on a :

$$0,6c + d = 0,6 \times 2 \text{ k. 7} + 6 \text{ k. 3} = 7 \text{ k. 9} < 8 \text{ k. 50} = S_2$$

$$c + d = 2 \text{ k. 7} + 6 \text{ k. 3} = 9 \text{ k.} < 12 \text{ k. 50} = R_2$$

Efforts tranchants. — L'effort tranchant dû à la charge permanente est :

$$T_1 = \frac{pl}{2} = \frac{2400 \times 5,30}{2} = 6360 \text{ k.}$$

L'effort tranchant dû à la surcharge des trottoirs et au convoi est :

$$T_2 = 336 \text{ k.} + 12600 \text{ k.} = 12936 \text{ k.}$$

L'assemblage sur la poutre est fait par 8 rivets de 20 millimètres de diamètre travaillant à double section, la surface totale à cisailer est ainsi de $8 \times 2 \times 314 = 5024$ millim. carrés.

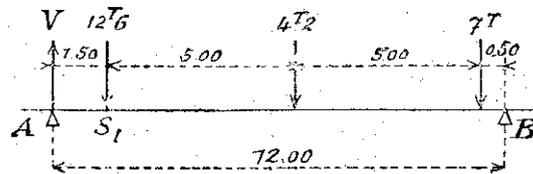


Fig. 4

On a :

$$c = \frac{6360}{5024} = 1 \text{ k. 3}$$

$$d = \frac{12936}{5024} = 2 \text{ k. 6}$$

$$0,6c + d = 0,6 \times 1,3 + 2,6 = 3 \text{ k. 4} < 6 \text{ k. 375} = S_2$$

$$c + d = 1,3 + 2,6 = 3 \text{ k. 9} < 8 \text{ k. 50} = R_2$$

Calcul des poutres principales. — La charge permanente est de 4400 k. et le moment fléchissant maximum correspondant :

$$M_1 = \frac{4400 \times 12^2}{8} = 79200 \text{ kgmt}$$

Pour faire l'épure de distribution des tables nous ne devons ajouter aux moments produits par la surcharge que les 0,6 de cette valeur, soit $0,6 \times 79200 = 47520$ kgmt. On a ainsi tracé la parabole des moments réduits dus à la charge permanente représentée fig. 8.

Les trottoirs ayant chacun 0 m. 75 de largeur, la surcharge de 560 k. par mètre carré donne par mètre courant $560 \times 0,75 = 420$ k. Les moments fléchissants correspondants seront représentés par une parabole dont l'ordonnée du sommet sera égale à :

$$\frac{pl^2}{8} = \frac{420 \times 12^2}{8} = 7560 \text{ kgmt.}$$

Pour tracer la courbe des moments fléchissants produits par le passage du convoi nous avons considéré les sections de la poutre situées au droit des entretoises. On voit a priori que les moments produits dans ces sections seront maxima quand on y placera l'essieu de 12 t. 6. On obtient ainsi les dispositions de charges et les valeurs suivantes pour les moments fléchissants :

Section I.

$$V = \frac{(7000 \times 0,50) + (4200 \times 5,50) + (12600 \times 10,50)}{12} = 11342 \text{ k.}$$

$$M_1 = 11342 \times 1,50 + 17013 \text{ kgms}$$

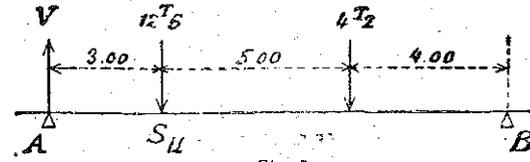


Fig. 5

Section II.

$$V = \frac{(4200 \times 4,00) + (12600 \times 9,00)}{12} = 10850 \text{ k.}$$

$$M_{II} = 10850 \times 3,00 = 32550 \text{ kgms}$$

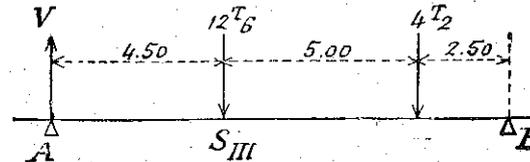


Fig. 6

$$V = \frac{(4200 \times 2,50) + (12.600 \times 7,50)}{12} = 8750 \text{ k.}$$

$$M_{III} = 8750 \times 4,50 = 39375 \text{ kgms}$$

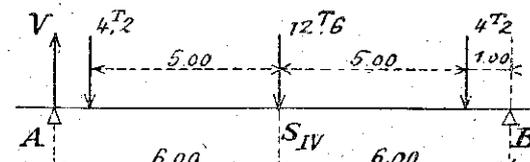


Fig. 7

$$V = \frac{(4200 \times 2) + 12600}{12} = 10500 \text{ k.}$$

$$M_{IV} = 10500 \times 6 - 4200 \times 5 = 42000 \text{ kgms}$$

En ajoutant ces moments à ceux qui sont dus à la charge permanente réduite et à la surcharge de 560 k. on obtient la courbe des moments totaux représentés fig. 8. On a indiqué sur cette figure les moments de résistance correspondants aux différentes

épaisseurs de tables pour la valeur limite admissible $S_2 = 8 \text{ k. 50}$, et on voit qu'e ce contour enveloppe bien celui des moments fléchissants, la distribution des tables adoptée satisfait donc aux prescriptions du Règlement.

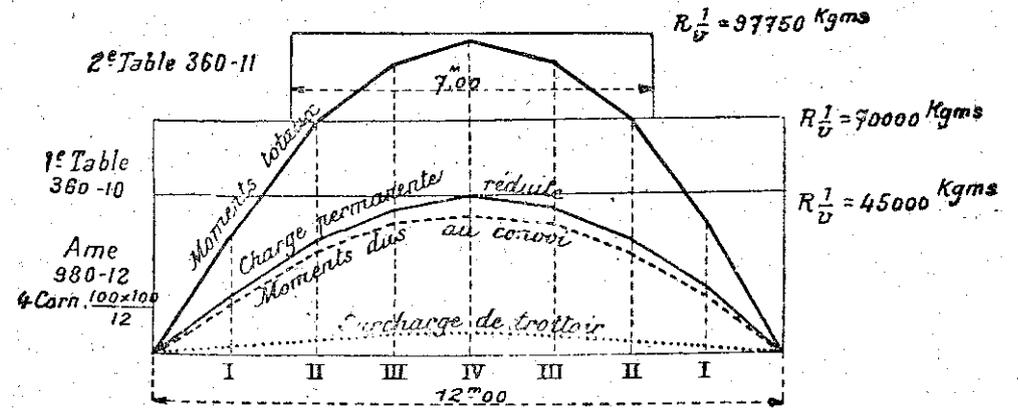


Fig. 8

Échelle. — Longueurs : 8 millimètres par mètre. — Moments : 5 millimètres par 10.000 kilogrammètres.

Le module de résistance $\frac{I}{v}$ de la section IV du milieu de la poutre étant égal à 0,011500, on a :

$$c = \frac{7920}{11500} = 6 \text{ k. } 9$$

$$d = \frac{42000 + 7560}{11500} = 4 \text{ k. } 3$$

$$0,6c + d = 4,1 + 4,3 = 8 \text{ k. } 4 < 8 \text{ k. } 5 < S_2$$

$$c + d = 6,9 + 4,3 = 11 \text{ k. } 2 < 12 \text{ k. } 5 < R_2$$

Efforts tranchants. — L'effort tranchant dû à la charge permanente est :

$$T_1 = \frac{pl}{2} = \frac{4400 \times 12}{2} = 26400 \text{ k.}$$

La surcharge de 560 k. par mètre carré de trottoir, soit 420 k. par mètre courant de poutre donne :

$$T_2 = \frac{420 \times 12}{2} = 2520 \text{ k.}$$

En ce qui concerne la surcharge du convoi, le maximum de l'effort tranchant s'obtient en plaçant l'essieu de 12600 k. au droit de l'appui (fig. 9), on a ainsi :

$$T_3 = 12600 + \frac{(7000 \times 2) + (4200 \times 7)}{12} = 16217 \text{ k.}$$

L'effort tranchant total dû à la surcharge est ainsi $T_2 + T_3 = 2520 + 16217 = 18737 \text{ k.}$

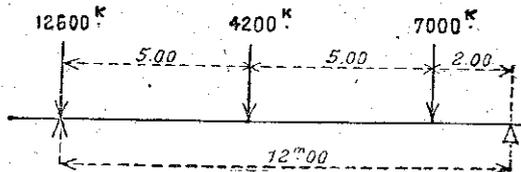


Fig. 9

Cisaillement longitudinal de l'âme. — Le cisaillement de l'âme est donné par la formule :

$$R = \frac{TMs}{Ie}$$

Au droit de l'appui la section est composée d'une âme de $980 \times 12,4$ corn. $\frac{100 \times 100}{12}$

et d'une table supérieure et inférieure de 360×10 , le moment statique M_s se rapporte à la demi-section située au-dessus de l'axe neutre. En prenant le millimètre pour

unité on trouve $\frac{M_s}{I} = 0,00116$. Le cisaillement de l'âme par millimètre aura les valeurs suivantes :

$$c = \frac{26400 \times 0,00116}{12} = 2 \text{ k. } 6$$

$$d = \frac{18737 \times 0,00116}{12} = 1 \text{ k. } 8$$

$$0,6c + d = 3,36 < \frac{4}{5} S_2 < \frac{4}{5} 8 \text{ k. } 5 < 6 \text{ k. } 8$$

$$c + d = 4 \text{ k. } 4 < \frac{4}{5} R_2 < \frac{4}{5} \times 12 \text{ k. } 50 < 10 \text{ k.}$$

Cisaillement des rivets d'attache des cornières à l'âme. — Le travail de cisaillement est donné par la formule :

$$R' = \frac{T M's}{2 \frac{\pi d^2}{4} \Delta z}$$

$M's$ est le moment statique de la partie attachée à l'âme, deux cornières et une table. On a en prenant le millimètre pour unité $\frac{M's}{I} = 0,08 \frac{2\pi d^2}{4} = 830$. Le cisaillement des rivets par millimètre carré aura les valeurs suivantes :

$$c = \frac{26400 \times 0,08}{830} = 2 \text{ k. } 5$$

$$d = \frac{18737 \times 0,08}{830} = 1 \text{ k. } 8$$

$$0,6c + d = 3,36 < S_2 < 6 \text{ k. } 375$$

$$c + d = 4 \text{ k. } 3 < R_2 < 8 \text{ k. } 50$$

TABLE DES MATIÈRES

I. — Règlement du 8 janvier 1915, du Ministère des Travaux Publics pour le Calcul et les Épreuves des Ponts métalliques :

	PAGES
CHAPITRE PREMIER. — Ponts-rails supportant des voies ferrées de largeur normale...	5
§ 1 ^{er} . — Bases des calculs de stabilité.....	5
§ 2. — Conduite des calculs.....	9
§ 3. — Justification de la stabilité.....	13
§ 4. — Épreuves des ponts.....	18
§ 5. — Dispositions diverses.....	21

CHAPITRE II. — Ponts-rails supportant des voies ferrées étroites à la largeur d'un mètre.....	23
---	----

CHAPITRE III. — Ponts-routes supportant des voies de terre.....	27
---	----

CHAPITRE IV. — Ponts-canaux.....	33
----------------------------------	----

II. — Instruction du 15 février 1924 pour le calcul et les épreuves des Ponts métalliques et en béton armé.....	37
---	----

III. — Notes sur l'application du Règlement du 8 janvier 1915, relatif aux Ponts métalliques, par M. D. Mathieu :	
---	--

CHAPITRE PREMIER. — Ponts-rails supportant des voies ferrées de largeur normale...	43
§ 1 ^{er} . — Bases des calculs de stabilité.....	43
§ 2. — Conduite des calculs.....	46
§ 3. — Justification de la stabilité.....	47
§ 4. — Épreuves des ponts.....	51
§ 5. — Dispositions diverses.....	51

CHAPITRE III. — Ponts-routes supportant des voies de terre.....	53
---	----

APPLICATION. — Pont-route de 6 mètres de largeur et de 12 mètres de portée.....	57
---	----