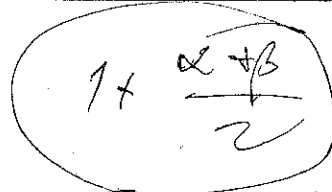


DISTRIBUTION
VB
1
20 - 21 - 22 - 25
31 - 32
41 - 41 bis - 42 - 43 - 43 bis - 44

RECTIFICATIFS



Paris, le 31 décembre 1963

**RÈGLES CONCERNANT LA VÉRIFICATION
DE LA RÉSISTANCE DES PONTS MÉTALLIQUES
SOUS RAILS**

SOMMAIRE

CHAPITRE 1
Application
de la
Circulaire
du
7 août 1930

CHAPITRE 2
Méthodes
d'études
des
circulations

PARAGRAPHE 1
Circulaire du
7-8-30

PARAGRAPHE 2
Contraintes
limites à
admettre

PARAGRAPHE 3
Conduite
des
calculs

PARAGRAPHE 4
Vérifications
expérimentales

PARAGRAPHE 1
Méthode
normale

PARAGRAPHE 2
Mesures d'ordre

Article 1. — Objet de la notice	1
Article 2. — Principes	1
Article 3. — Principes	2
Article 4. — Contraintes admissibles - Compression et traction - Cisaillement - Ames - Attaches ..	2
Article 5. — Portée des pièces	4
Article 6. — Coefficient de majoration dynamique	4
Article 7. — Calcul des treillis	5
Article 8. — Rigidité des attaches des barres de treillis	5
Article 9. — Excentricité des attaches des barres de treillis	5
Article 10. — Flambage	5
Article 11. — Encastrement des pièces de pont et longerons	5
Article 12. — Vent	6
Article 13. — Cisaillement des ames	6
Article 14. — Entretoises des ponts à poutres jumelles	6
Article 15. — Précautions à prendre pour les vérifications expérimentales	6
Article 16. — Interprétation des mesures	7
Article 17. — Vérification expérimentale des contraintes de cisaillement	8
Article 18. — Vérification des contraintes de la rivure	8
Article 19. — Généralités	9
Article 20. — Principes	9
Article 21. — Détermination de Q	10
Article 22. — Calcul de q	11
Article 23. — Etude de la circulation	11
Article 24. —	11

Pages

ANNEXE : Tableau de résistance des ouvrages d'une ligne (Règlement de 1927).

Article 1 ♦ Objet de la notice.

La présente notice a pour objet d'unifier et de préciser les règles à suivre pour l'étude des possibilités de circulation sur les ponts métalliques sous rails établis antérieurement à l'application de la Circulaire Ministérielle du 19 août 1960.

Le Chapitre 1 « **Application de la Circulaire du 7 août 1930** » rappelle les directives de l'Administration supérieure et les précise, notamment en ce qui concerne les contraintes à admettre et les conditions dans lesquelles doivent être effectués certains calculs. Il donne des indications détaillées sur les précautions à prendre dans les vérifications expérimentales et l'interprétation des résultats obtenus.

Le Chapitre 2 « **Méthodes d'étude des circulations** » indique une méthode normale permettant, une fois effectué un travail d'ensemble préliminaire, de vérifier, par simple superposition de deux graphiques, si une surcharge est admissible ou non sur une ligne donnée, au point de vue des passages inférieurs métalliques.

La méthode suppose que les calculs des ouvrages sont établis suivant le Règlement de 1927 ; les calculs faits d'après les règlements antérieurs doivent donc être révisés. On pourra, en attendant se contenter de substituer à la méthode normale une méthode provisoire qui permet d'obtenir approximativement les mêmes résultats en se basant seulement sur les résultats des calculs sous Règlement de 1891, calculs qui figurent dans les dossiers d'ouvrages anciens.

CHAPITRE 1

APPLICATION DE LA CIRCULAIRE DU 7 AOUT 1930

PARAGRAPHÉ 1

CIRCULAIRE DU 7 AOUT 1930

Article 2 ♦ Principes.

La circulaire ministérielle du 7 août 1930 a posé des règles pour apprécier si un tablier métallique peut ou non être maintenu en service pour une circulation envisagée.

Les calculs sont effectués d'après les indications du Règlement de 1927 (1).

Un ouvrage est considéré comme suffisant (2) si la contrainte théorique de ses pièces rapportée à la section nette ne dépasse pas

les 2/3 de la limite élastique pour le fer et l'acier,

le 1/3 de la limite de rupture pour la fonte.

(1) La résistance de la plupart des ouvrages existants ayant déjà été évaluée par rapport au convoi défini en 1927 par le règlement, on continuera jusqu'à nouvel ordre à utiliser cette base de comparaison. Les surcharges à envisager pour la vérification seront celles indiquées par la circulaire n° 27 du 14 octobre 1944 compte tenu de la ligne sur laquelle l'ouvrage est situé.

(2) La circulaire de 1930 considère également comme suffisants les ouvrages métalliques dont la contrainte, calculée d'après les indications du Règlement de 1891, ne dépasse pas de plus de 33 % les contraintes limites fixées par ce Règlement. Mais, comme ces ouvrages satisferont également à la vérification prévue dans la présente note, cette vérification suffit.

Lorsque la contrainte théorique est supérieure aux limites ci-dessus mais qu'elle ne dépasse pas
 les 4/5 de la limite élastique pour le fer et l'acier,
 les 2/5 de la limite de rupture pour la fonte,
 on procède à des constatations expérimentales et l'ouvrage est considéré comme suffisant si les contraintes effectives restent inférieures
 aux 2/3 de la limite élastique pour le fer et l'acier,
 ou 1/3 de la limite de rupture pour la fonte.

PARAGRAPHE 2

CONTRAINTES LIMITES A ADMETTRE (1)

Article 3 ♦ Principes.

L'application des règles ci-avant exige la connaissance, pour chaque pièce étudiée, de la limite élastique des fers et aciers et de la limite de rupture des fontes. Ces éléments apparaissent généralement dans les procès-verbaux des ponts récents mais, pour les ouvrages plus anciens, les procès-verbaux de réception n'ont pas toujours été conservés ou ne donnent que des renseignements insuffisants.

On pourrait envisager d'effectuer des essais sur le métal des ouvrages examinés, mais la prise d'échantillons n'est pas toujours possible sans inconvénients ; les caractéristiques du métal varient souvent de façon sensible d'une pièce à l'autre d'un ouvrage ; les résultats accusés par divers laboratoires pour des échantillons pratiquement identiques présentent quelquefois des divergences non négligeables. On est ainsi conduit à étudier les tabliers d'après les limites élastiques et limites de rupture les plus faibles de celles constatées sur les métaux de nos ouvrages, au cours des nombreux essais effectués depuis 1930 sur les chemins de fer français.

Les valeurs à considérer sont les suivantes :

		Traction (hectobars) (kg/mm ²)	Compression (hectobars) (kg/mm ²)
Fer	limite élastique	21	21
Acier doux	limite élastique	24	24
Fonte	limite de rupture	12	54

Article 4 ♦ Contraintes admissibles.

Compression et traction. — La circulaire de 1930 précise le rapport entre les contraintes admissibles et la limite élastique du métal. On est ainsi conduit à des résultats voisins de ceux qu'on obtiendrait en suivant les errements du règlement de 1960 relatif aux ouvrages neufs.

(1) Il est rappelé que 1 kg/mm² = 0,980665 hectobar, soit 1 hectobar avec la tolérance de 2% admise sur la fiche d'instruction S.N.C.F. FI 00-101 approuvée en juin 1962.

Cisaillement. — La circulaire de 1930 ne donne par contre aucune indication concernant les taux limites de cisaillement, de sorte que l'on est obligé de procéder par comparaison :

AMES :

Les calculs devant être effectués conformément aux errements du règlement de 1927, on serait tenté d'admettre une contrainte limite rapportée à la section nette égale aux $8/10^e$ de la contrainte de traction ou de compression. Dans ces conditions, on ne tiendrait pas compte du désir de prudence accrue vis-à-vis des contraintes de cisaillement exprimé par la Circulaire Ministérielle de 1960.

Pour cette raison, il paraît préférable d'admettre une contrainte limite rapportée à la section brute égale aux $6/10^e$ de la contrainte de compression, soit $7/10^e$ rapportée à la section nette.

Il faut, du reste, noter que la difficulté d'interprétation des mesures, conduit généralement à s'en tenir au taux théorique sous réserve de l'examen visuel prévu au paragraphe 4.

ATTACHES :

Tôles. — On adoptera les mêmes contraintes de cisaillement que pour les âmes. Les mesures effectuées sur les éléments attachés permettent parfois de tenir compte plus exactement des efforts.

Rivets. — La considération des contraintes ci-dessus dans la Circulaire de 1960, conduit à des contraintes limites de cisaillement plus élevées que celles que l'on pourrait déduire du Règlement de 1927.

Le tableau suivant donne les contraintes admissibles R_1 et les contraintes théoriques R_2 au-dessous desquelles on peut comparer à R_1 , non les contraintes théoriques, mais celles qui résultent de constatations expérimentales.

		R_1 (hectobars) (kg/mm ²)	R_2 (hectobars) (kg/mm ²)
Fer	Traction ou compression	14,0	16,8
	Cisaillement	9,8	11,8
	Cisaillement des rivets	12,8	15,4
	Arrachements des têtes de rivets	4,0	4,8
Acier doux	Traction ou compression	16,0	19,2
	Cisaillement	11,2	13,5
	Cisaillement des rivets	12,8	15,4
	Arrachements des têtes de rivets	4,0	4,8
Fonte	Traction	4,0	4,8
	Compression	18,0	21,6
	Cisaillement	4,0	4,8

Quand il y a lieu de faire intervenir dans le calcul, les effets du vent, les contraintes R_1 et R_2 sont majorées uniformément de 1 hectobar (1 kg/mm²).

Pour les tabliers en fer, les Régions peuvent toutefois proposer, dans les cas particuliers (pièces de forte section en métal de très bonne qualité), des limites plus élevées, sans dépasser celles qui correspondraient à une limite élastique à la traction de 25 hectobars (25 kg/mm²), maximum admis par le Service Technique des Transports. Les contraintes à adopter sont alors fixées par la Direction des Installations fixes, par cas d'espèces et après essais du métal de l'ouvrage.

PARAGRAPHE 3

CONDUITE DES CALCULS

Les calculs doivent être conduits conformément au Règlement de 1927. Pour divers points donnant lieu à incertitude, on utilise les indications ci-après. Pour certains cas particuliers, les Régions peuvent proposer des dérogations motivées aux règles ainsi fixées. La Direction des Installations fixes indique alors la règle à prendre en définitive.

Article 5 ♦ Portée des pièces.**POUTRES :**

Appuis à rotule. — L'axe théorique est supposé confondu avec celui de la rotule.

Appuis sans rotule. — L'axe théorique est supposé passer par le tiers intérieur de la surface d'appui.

Appuis intermédiaires des poutres continues. — L'axe théorique est supposé confondu avec l'axe de la surface d'appui sur pile. La portée est comptée d'axe en axe théorique.

PIECES DE PONT :

La portée est prise égale à la distance d'axe en axe des poutres sur lesquelles elles s'attachent, parallèlement à la pièce de pont.

LONGERONS :

La portée est prise égale à la distance d'axe en axe des pièces de pont sur lesquelles ils s'attachent parallèlement au longeron.

Article 6 ♦ Coefficient de majoration dynamique.

Il est calculé conformément au règlement de 1927 dont les dispositions applicables aux ponts-rails ont été reprises dans la Circulaire Ministérielle de 1960. Les conditions d'application de ce coefficient sont précisées à l'article 5 de la Notice technique VB 91 a.

En principe, le coefficient de majoration dynamique à considérer est le même, quelle que soit la vitesse.

Toutefois, pour des ouvrages particuliers en excellent état, qu'il paraît prématuré de remplacer ou de renforcer, les Régions peuvent proposer à la Direction des Installations fixes de limiter la vitesse sur ces

ouvrages et de ne faire état, dans les calculs, que d'un coefficient $1 + \frac{\alpha + \beta}{2}$ au lieu de $1 + \alpha + \beta$ si

la vitesse est fixée à 20 ou 30 km/h et d'un coefficient égal à 1, si la vitesse est fixée à 10 km/h. La Direction des Installations fixes fera exécuter, le cas échéant, des expériences en vitesse et indiquera s'il y a lieu ou non d'admettre un coefficient de majoration réduit.

Cette réduction du coefficient dynamique n'a été admise par décision ministérielle du 4 février 1944 que moyennant les conditions rappelées ci-après :

« Cette autorisation ne vaut que pour les ouvrages anciens des lignes à faible circulation, à l'exclusion des ouvrages nouveaux et des ouvrages situés sur les lignes à trafic important. Elle est conditionnée par le respect des règles suivantes :

« a) des panneaux indicateurs de vitesse seront placés de part et d'autre des ouvrages à une distance suffisante de ceux-ci pour en permettre le franchissement à la vitesse autorisée ;

« b) sur les ouvrages en question, il ne sera fait usage que de rails en parfait état, exempts de dénivellations locales et dont les joints auront été comblés par soudure ;

« c) la flexibilité de la voie sera, autant que possible, uniformisée aux abords des ponts et sur les platelages. A cet effet, il y aura lieu, en général, de renforcer les traverses de voie voisines du tablier, tout en évitant les appuis intermédiaires sur les maçonneries. »

Elle entraîne donc des dépenses et des sujétions non négligeables dont il convient de tenir compte avant de proposer de la faire jouer.

La valeur du coefficient de majoration dynamique pourra éventuellement être déterminée expérimentalement, d'accord avec la Division des Ouvrages d'Art et la Subdivision des Recherches et Essais, si les résultats escomptés d'après les essais déjà entrepris sur les tabliers du même type permettent de réduire l'importance du renforcement ou même de le supprimer totalement.

Article 7 ♦ Calcul des treillis.

Les treillis multiples sont calculés suivant les règles habituelles de la résistance des matériaux, en partageant également l'effort tranchant entre les divers systèmes de triangulation.

Toutefois, les treillis multiples d'un degré de multiplicité égal ou supérieur à 4, fixés à leurs points de croisement sur des montants espacés d'une distance inférieure à la hauteur de la poutre, sont calculés en partageant l'effort tranchant entre les diverses barres d'une section, proportionnellement aux sections brutes des barres. On vérifiera, dans ce cas, que le montant est capable de supporter les différences correspondantes d'efforts entre les deux panneaux.

Article 8 ♦ Rigidité des attaches des barres de treillis.

On tient compte de la rigidité des attaches des barres de treillis, en appliquant la majoration forfaitaire de 1/10^e des efforts prévue par le Règlement du 10 mai 1927.

Article 9 ♦ Excentricité des attaches des barres de treillis.

Sauf circonstances particulières, on applique les formules réglementaires avec le coefficient d'encastrement proposé dans le Règlement, pour les treillis d'un degré de multiplicité inférieur à 4. Dans le cas de treillis multiples d'un degré égal ou supérieur à 4, on tient compte de l'excentricité des attaches par une majoration forfaitaire de 10 pour cent.

Article 10 ♦ Flambage.

On applique la formule d'Euler réglementaire, en se basant sur une longueur libre égale à la distance entre axes des nœuds de treillis et en admettant une demi-articulation aux nœuds. Cette hypothèse correspond à la valeur moyenne généralement admise. Elle a été en outre vérifiée expérimentalement dans quelques cas particuliers. Il sera toujours possible de procéder à des mesures expérimentales en accord avec la Division des Ouvrages d'Art lorsque le flambement apparaîtra comme l'élément déterminant du renforcement.

Article 11 ♦ Encastrement des pièces de pont et longerons.

Lorsque l'attache de ces pièces, calculées en admettant une rotation autour du rivet placé le plus bas, peut supporter un moment égal à 20 % du moment dans la pièce considérée comme libre, on prend pour moment en travée les 80/100^e du moment en travée libre. Dans le cas contraire, on table sur le moment en travée libre.

On applique quelquefois les résultats des mesures faites sur certaines pièces à des pièces analogues d'un même ouvrage (pièces de pont, longerons, barres de treillis voisines ou semblablement disposées).

Cette pratique est admissible à condition de veiller à ne l'appliquer qu'à des pièces qui puissent vraiment être considérées comme identiques et en vérifiant cette condition par des mesures sur plusieurs d'entre elles. Si les résultats obtenus aux essais ne sont pas sensiblement égaux, il faut procéder à des essais plus étendus.

Cette pratique est également appliquée pour les membrures de petits ouvrages identiques, mais elle est en général à écarter si la pose et l'état de la voie ne sont pas les mêmes.

Les mesures sont toujours faites par des agents spécialisés du Contrôle des Ouvrages d'Art au passage des trains dont les caractéristiques sont choisies de façon à provoquer des déformations, à mesurer aussi grandes que possible.

Les appareils sont des extensomètres dont l'étalonnage et la régularité de fonctionnement sont vérifiés fréquemment. Quand on ne dispose que d'un intervalle de temps très limité et que l'on veut surtout se rendre compte des conditions générales du travail d'un ouvrage, par exemple lors de sa mise en service, on peut simplement faire observer chaque appareil par un opérateur exercé au cours de déplacements lents (6 à 10 km/h) et continus de la surcharge d'essais. Mais lorsqu'il s'agit de connaître avec précision la contrainte dans une section d'un élément déterminé, il est plus sûr d'effectuer les lectures définitives avec le train arrêté (1). La position d'arrêt, qui correspond autant que possible au maximum des efforts constatés aux appareils, est soigneusement repérée.

Au cours des mesures dans une section, on fait déplacer légèrement le train, de manière à bien reconnaître la position qui provoque la plus grande déformation ; on répète la mesure, le train ayant dégagé l'ouvrage et revenant stationner dans la position la plus défavorable, on déplace légèrement les appareils lorsqu'on se trouve à proximité d'un point singulier (nœud de barre, proximité du couvre-joint) ou que le fonctionnement des extensomètres ne paraît pas parfait.

Article 16 ♦ Interprétation des mesures.

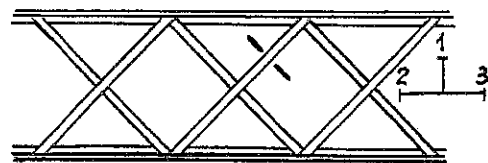
Des déformations mesurées, on déduit la contrainte du métal (tenir compte, le cas échéant, du coefficient d'étalonnage), en se basant sur les coefficients d'élasticité ci-après :

Fer et acier	20 000 hectobars (20 000 kg/mm ²)
Fonte	10 000 hectobars (10 000 kg/mm ²)

Les nombres obtenus ne sont pas directement comparables à ceux donnés par le calcul ; ils varient, en général, suivant le point de la section où les mesures ont été faites, tandis que le calcul indique un taux uniforme moyen, et ils résultent de déformations qui dépendent surtout de la section pleine des pièces, tandis que les calculs sont relatifs aux sections nettes, trous de rivets déduits. Ils doivent donc subir une double correction.

Pour une membrure, on place un appareil sur chaque bord ; la contrainte moyenne brute est la moyenne des 2 chiffres trouvés et la contrainte en section nette s'obtient en multipliant cette contrainte moyenne brute par le rapport de la largeur de la semelle à la largeur diminuée de celle des trous de rivets.

Pour une barre de treillis, on place trois appareils non en ligne droite, au milieu de la longueur libre. Admettant que la déformation est plane, on en déduit la contrainte en tout point et l'effort total supporté. Le quotient de l'effort total par la section nette, majoré de 10 % pour tenir compte de la rigidité des nœuds, donne la contrainte en section nette.



(1) La Subdivision des Essais et Recherches de la Direction des Installations fixes dispose d'appareils permettant de mesurer les contraintes sous passage en vitesse tenant compte des effets dynamiques réels et permettent ainsi par comparaison aux contraintes statiques de déterminer les majorations dynamiques applicables dans les calculs.

Ces mesures, extrêmement précieuses mais entraînant des dépenses relativement élevées, doivent être demandées par l'intermédiaire de la Division des Ouvrages d'Art de la Direction des Installations fixes qui s'assure de leur utilité et en exploite les résultats.

Article 12 ♦ Vent.

Dans les études de circulation, on ne considère que la pression du vent à 150 daN/m^2 (150 kg/m^2).

Article 13 ♦ Cisaillement des âmes.

On calcule le cisaillement par la formule classique en multipliant l'effort tranchant par le quotient du moment statique brut de la demi-section par le moment d'inertie brut. On néglige donc l'effet des trous de l'âme, notamment au voisinage des attaches des longerons et pièces de pont.

Article 14 ♦ Entretoises des ponts à poutres jumelles.

Les entretoises des ponts à poutres jumelles échappent, en général, à un calcul précis en raison de leurs dispositions particulières et de l'incertitude des charges qui leur sont appliquées par suite de la répartition assurée par le rail et la longrine.

Les calculs qui peuvent en être faits ont donc essentiellement pour but de donner une indication sur les points particulièrement faibles de ces pièces, sans qu'on y attache pour cela une valeur décisive. Leur tenue en service, l'efficacité de l'entretoisement des poutres principales qu'elles assurent, resteront donc les éléments essentiels pour l'évaluation des surcharges qu'elles peuvent être appelées à supporter. Si, dans les cas douteux, on est conduit à admettre des circulations plus défavorables que celles qui empruntaient antérieurement l'ouvrage, il faut procéder à un examen sur place quelques mois après le passage des nouvelles circulations et revenir sur l'autorisation accordée si les constatations ne sont pas pleinement satisfaisantes.

PARAGRAPHE 4

VÉRIFICATIONS EXPÉRIMENTALES

Les vérifications expérimentales permettent de se rendre compte si les déformations élastiques des ouvrages correspondent à celles que l'on peut déduire des hypothèses de calcul.

Les mesures soignées donnent des résultats plus certains que le calcul, qui ne peut tenir compte exactement d'effets difficiles à évaluer, comme ceux de la liaison de pièces secondaires ou de la transmission effective des charges. On peut déduire de telles mesures des contraintes que l'on considère comme effectives.

Article 15 ♦ Précautions à prendre pour les vérifications expérimentales.

Les mesures donnent des résultats d'autant plus probants que les déformations enregistrées sont plus grandes, c'est-à-dire que les surcharges utilisées sont plus importantes. On doit donc toujours chercher à effectuer les mesures sous le matériel le plus défavorable qu'on puisse amener sur l'ouvrage. Pour des raisons analogues, les expériences anciennes, faites sous des surcharges relativement faibles et sur des ouvrages qui ont pu se modifier depuis, doivent être considérées comme douteuses. Pour l'admission de nouvelles circulations, on ne devra se baser, autant que possible, que sur des essais datant de moins de vingt ans.

Lorsque l'on est conduit à entreprendre des mesures pour vérifier la contrainte dans certains éléments, il faut profiter de la présence du train d'essais pour mesurer les contraintes partout où les valeurs théoriques dépassent les limites habituelles et non pas seulement là où elles sont les plus fortes. Il peut en effet, se présenter des circonstances telles que la contrainte mesurée ne soit pas la plus grande là où la contrainte théorique est la plus forte.

La contrainte à comparer aux contraintes calculées, celle qui doit intervenir dans les études des circulations, est la contrainte en section nette calculée comme il est dit ci-dessus. Toutefois, si la contrainte en section brute au point le plus fatigué de la section est plus grande, circonstance qui dénote des efforts secondaires importants, notamment d'excentricité d'attaches, c'est cette contrainte maximale en section brute qui doit être retenue.

Quelles que soient les précautions prises dans l'exécution des essais, les renseignements qu'on en déduit peuvent comporter des erreurs dues, par exemple, à une fixation défectueuse des appareils, à un mauvais choix de l'emplacement dans la section (efforts secondaires venant en déduction de l'effort principal au point éprouvé), à l'imprécision ou à la confusion de certaines lectures, aux effets des conditions atmosphériques (température, etc.) sur les appareils, à l'incertitude sur les charges d'épreuves et sur le coefficient d'élasticité du métal. On doit donc prendre garde de n'accepter définitivement les résultats des mesures qu'après un examen critique, quand ils diffèrent notablement de ceux trouvés par le calcul.

Chaque procès-verbal d'essais doit comporter une note annexe indiquant comment se comparent les contraintes mesurées et les contraintes calculées et justifiant quantitativement l'ordre de grandeur des majorations ou réductions constatées. Une fois les calculs revus et les sections des pièces bien vérifiées, si des divergences considérables et inexplicables apparaissent, notamment dans les ouvrages simples (dans les pièces encastrées sur d'autres à leurs extrémités, il convient, le cas échéant, d'introduire dans les calculs les moments d'encastrement résultant des essais, au lieu des moments forfaitaires pris en compte dans le cas général), il y a lieu de reprendre les essais avec un soin particulier avant de considérer comme certains les résultats expérimentaux.

En dehors des cas particuliers, où le mode de montage initial de l'ouvrage ou des réglages ultérieurs ont provoqué une répartition d'efforts sous charge permanente différente de celle obtenue en supposant la charge permanente agissant après coup sur l'ouvrage en place, on peut admettre que les réductions ou majorations constatées aux essais sous les surcharges s'appliquent également aux charges permanentes.

Article 17 ♦ Vérifications expérimentales des contraintes de cisaillement.

La contrainte de cisaillement n'étant pas mesurable directement, la connaissance des déformations dans trois directions permet de construire le cercle de Mohr des contraintes du point considéré et d'en déduire la contrainte maximale de cisaillement. Ces mesures sont faites par la Subdivision des Recherches et Essais par jauges électriques.

Toutefois, la difficulté d'effectuer ces mesures dans des parties perturbées par la présence d'éléments de renforcement (raidisseurs rapprochés, etc...) rend parfois impossible l'obtention de résultats certains.

Dans ces cas particuliers, où les calculs courants sont nettement pessimistes, on vérifiera par un examen visuel attentif que les âmes et leurs renforts sont en parfait état. On comparera alors les contraintes calculées aux limites théoriques R_2 au lieu de R_1 .

Article 18 ♦ Vérification des contraintes de la rivure.

Pour la rivure, on ne peut procéder à des essais directs ; toutefois, il est loisible d'appliquer à la contrainte théorique des rivets d'attache des barres de treillis, les coefficients de majoration ou de minoration obtenus sur les barres (travail moyen en section brute). On devra, en général, juger de la tenue de la rivure par un examen visuel et un sondage des rivets. Cet examen pourra, faute de mieux, tenir lieu de vérification expérimentale, mais s'il conduit à admettre des circulations plus défavorables que celles qui empruntaient antérieurement l'ouvrage, il convient de le renouveler quelques mois après le passage des nouvelles circulations et de revenir sur l'autorisation accordée si l'état de la rivure s'est modifié.

CHAPITRE 2

MÉTHODE D'ETUDE DES CIRCULATIONS

Article 19 ♦ Généralités.

Toute étude de circulation doit permettre de déterminer si la circulation est admissible et, si elle ne l'est pas, quels sont les ouvrages à renforcer.

D'une manière générale, l'étude comporte une comparaison entre un tableau ou graphique correspondant à la résistance effective des ouvrages et un tableau ou un graphique correspondant aux effets de la circulation envisagée.

PARAGRAPHE 1

MÉTHODE NORMALE

Article 20 ♦ Principe.

Pour établir le tableau de la résistance des ouvrages, on détermine, pour chacun d'eux, compte tenu des limites réglementaires R , la contrainte utile qu'il peut supporter, déduction faite de la part de la charge permanente c . En rapportant la contrainte $R-c$ à celle que produirait le train-type de 1927, on obtient un coefficient de résistance Q caractérisant l'élément d'ouvrage considéré.

Une circulation donnée peut être caractérisée par le rapport q des efforts qu'elle provoque dans une pièce donnée à ceux qui résulteraient du passage du train-type de 1927. Pratiquement, la contrainte maximale se manifeste au même point et les coefficients de majoration dynamique sont les mêmes; aussi, les rapports q ne dépendent-ils que des portées des pièces et peuvent se calculer sans se rapporter à un ouvrage particulier.

La comparaison des valeurs q et Q permet de déterminer si un ouvrage peut livrer passage à la circulation.

Cette comparaison peut se faire à simple vue. Pour chaque ligne, il est établi, une fois pour toutes, un graphique sur lequel un ouvrage est représenté par un point ayant pour abscisse la portée et pour ordonnée Q . Pour chaque circulation, on trace sur papier-calque une courbe dont les abscisses correspondent aux portées et les ordonnées à q . Reportant le calque sur le graphique, les seuls ouvrages dont il y a lieu d'examiner le renforcement sont ceux dont les points figuratifs se trouvent au-dessous de la courbe. Leur contrainte est calculable immédiatement par la formule :

$$\left. \begin{aligned} n &= c + \frac{R-c}{Q} q \\ &= c + qd \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} c \text{ contrainte sous charge permanente.} \\ d \text{ contrainte sous train-type 1927, majoration dynamique comprise.} \end{array}$$

Article 21 ♦ Détermination de Q.

Les notes des calculs des dossiers une fois établies sous la surcharge du train-type de 1927 et suivant les errements du Règlement correspondant, on peut relever pour chaque ouvrage, chaque pièce et chaque nature d'effort les contraintes maximales et les valeurs :

- c : contrainte sous charge permanente,
- d : contrainte sous charge du Règlement de 1927.
majoration dynamique comprise,
- v : contrainte sous le vent à 150 daN/m² (150 kg/m²)

qui y correspondent. Si la contrainte maximale, vent compris, dépasse de plus de 1 kg la contrainte maximale sans vent, c'est la contrainte avec vent qui est à retenir ; dans le cas contraire, c'est la contrainte sans vent. On calcule alors, pour le point le plus fatigué :

$$Q_1 = \frac{R - c}{d \text{ calculé}} \quad (\text{ou} \quad \frac{R + 1 - c - v}{d \text{ calculé}})$$

Si l'ouvrage a été ausculté, on détermine également les valeurs :

$$Q_3 = \frac{R}{d \text{ mesuré}} - \frac{c}{d \text{ calculé}}$$

(cette valeur peut, dans certains cas, ne pas correspondre au même point que la valeur Q₁).

$$\text{et } Q_2 = \frac{1,2 R}{d \text{ calculé}} - \frac{c}{d \text{ calculé}}$$

$$(\text{ou} \quad \frac{1,2 R}{d \text{ calculé}} - \frac{c + v - 1}{d \text{ calculé}})$$

c'est la plus petite des valeurs Q₂ et Q₃ qui est alors à retenir pour Q.

Le tableau de résistance des ouvrages (**modèle de l'Annexe 1**) donne, pour tous les ouvrages d'une ligne et les diverses natures d'efforts, les portées considérées pour les pièces (l'espacement dans le cas des pièces de pont) et les coefficients Q à retenir (Q₁ s'il n'y a pas eu auscultation, le plus petit des coefficients Q₂, Q₃ s'il y a eu auscultation).

Pour les ouvrages de section variable ou de types spéciaux (poutres continues, arc, etc.), il arrive que la contrainte maximale ne corresponde pas à l'effort maximal. Les valeurs de Q sont bien entendu toujours calculées d'après la contrainte maximale. Mais si la contrainte maximale est obtenue en ne couvrant, avec un train, qu'une partie de la travée, ce n'est pas la portée de cette travée qui déterminera q mais généralement la distance entre les points où la ligne d'influence relative à la section et à l'effort considérés présente une ordonnée nulle ; on devra indiquer cette longueur comme portée fictive quand elle diffère sensiblement de la portée effective. Pour des barres de treillis des panneaux intermédiaires, par exemple, la portée fictive est la distance de la barre à l'appui le plus éloigné.

Une fois achevé le tableau des ouvrages d'une ligne, on en établit un résumé : tableau ou graphique, donnant, pour chaque portée et chaque nature d'effort, la valeur Q correspondant à l'ouvrage le plus faible. Les indications précédentes supposent que les ouvrages sont en bon état et conformes aux dossiers. Aussi, les tabliers dont les éléments présentent des réductions d'épaisseur ou des défauts diverses doivent être signalés sur les tableaux Q tant qu'ils n'ont pas été remis en état, de manière à permettre de tenir compte de leur résistance effective dans l'étude des circulations à autoriser.

Article 22 ♦ Calcul de q.

q est simplement le rapport, dans une pièce librement posée de longueur l, des efforts dus à la circulation envisagée aux efforts dus au train-type de 1927 :

$$q = \frac{d \text{ circulation}}{d}$$

q est pratiquement le même, qu'on fasse intervenir ou non le coefficient de majoration dynamique et le calcul en est fait sans tenir compte de ce coefficient.

Pour étudier les ouvrages faibles sur lesquels on envisage le passage avec limitation de vitesse, on calculera, toutefois :

$$q_0 = \frac{\text{effort correspondant à la circulation sans majoration dynamique}}{\text{effort correspondant au train-type avec majoration dynamique}}$$

q_0 sera ainsi égal à $\frac{q}{1 + \alpha + \beta}$, $1 + \alpha + \beta$ étant le coefficient de majoration dynamique.

Les valeurs de q et q_0 sont reportées par nature d'efforts et par portée sur un tableau ou graphique (calque).

Article 23 ♦ Etude de la circulation.

Il suffit de comparer le résumé des valeurs de Q et les valeurs de q et q_0 pour les diverses portées.

Si Q dépasse q pour toutes les portées, la circulation est admissible.

Si certaines valeurs de Q sont inférieures à q_0 , la circulation n'est pas admissible.

Si aucune valeur de Q n'est inférieure à q_0 , mais si certaines sont inférieures à q, la circulation est admissible moyennant des restrictions de vitesse sur certains ouvrages.

Dans le dernier cas, les ouvrages faibles sont décelés dans le tableau général par la condition $Q < q$, la contrainte correspondant à la circulation envisagée est :

$c + q^d$ (ou $c + v + q^d$), sans restriction de vitesse,

$c + q_0^d$ (ou $c + v + q_0^d$) si la vitesse est limitée à 10 km/h,

$\left(\frac{c + q^d}{2} + \frac{c + q_0}{2}\right)$ ou $\left(\frac{c + v + q^d}{2}\right) + \left(\frac{c + v + q_0^d}{2}\right)$ si la vitesse est limitée à 30 km/h.

PARAGRAPHE 2

MESURES D'ORDRE**Article 24 ♦**

Les études de circulation sont faites par les Régions, conformément aux directives de l'IG VB 1 a.

Les Régions tiennent, à cet effet, une collection des tableaux des coefficients Q, mise constamment à jour à l'occasion des renforcements ou des remplacements d'ouvrages.

Le Directeur des Installations fixes :

VAUBOURDOLLE