Zeitschrift: IABSE publications = Mémoires AIPC = IVBH Abhandlungen
Band: 4 (1936)

Artikel: Action des agents atmosphériques et des fumées
Autor: Widman, P.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-5102

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

ACTION DES AGENTS ATMOSPHÉRIQUES ET DES FUMÉES.

WIRKUNG DER WITTERUNGSEINFLÜSSE UND DER RAUCHGASE.

ATMOSPHERIC AND SMOKE FUME ACTION.

P. WIDMAN, Ingénieur Principal du Matériel des Voies et du Service des Eaux du Chemin de fer du Nord, Paris.

Les agents atmosphériques et notamment les fumées, ont une action corrosive très vive sur les constructions métalliques, ils peuvent également entraîner des détériorations importantes des ouvrages en béton armé.

Pour s'en tenir au métal, dont les applications sont plus anciennes que celles du béton armé et pour lequel on a pu établir des statistiques de quelque valeur, on a estimé à plus d'une vingtaine de millions de tonnes par an — soit environ le 1/3 de la production totale mondiale — la destruction par la rouille causée par les intempéries, l'eau, les fumées et les gaz industriels [1]).

Il est donc d'une importance capitale pour les utilisateurs de ponts et de charpentes, de connaître le processus de cette action corrosive, les dégâts très étendus qu'elle peut entraîner dans le constructions insuffisamment protégées, enfin les moyens de protection actuellement reconnus comme efficaces pour éviter ces dégats.

Cette préoccupation doit être particulièrement vive chez l'Ingénieur de Chemin de Fer qui est chargé de maintenir aux constructions en service et par les moyens les plus économiques, une résistance aussi voisine que possible de leur résistance initiale et cela, malgré les causes spéciales de destruction auxquelles elles sont soumises et malgré leur grand nombre et leur grande dispersion.

La présente étude n'a d'autre but que de rassembler la documentation que possèdent, à ce sujet, les grands Réseaux de Chemins de Fer Français et d'exposer l'état actuel de la question. Cette documentation présente du reste un intérêt particulier en ce sens qu'elle ne résulte pas d'examens sporadiques et partiels mais bien d'inspections périodiques approfondies.

Ces inspections permettent de grouper par nature ou par emplacement, les défectuosités et avaries constatées et d'en tirer des enseignements pour l'amélioration des types d'ouvrages d'art.

L'étude de l'action des agents atmosphériques et des fumées sera divisée en 2 parties:

I. Constructions métalliques.
II. Constructions en béton armé.

Dans chacune de ces parties, on examinera d'abord les constatations faites, ensuite les mesures prises pour assurer la protection des ouvrages.

I. Constructions métalliques.

A. Constatations.

L'action des agents atmosphériques et des fumées sur les constructions métalliques se traduit par leur oxydation, laquelle se manifeste par la formation de rouille ou hydrate ferrique. Cette oxydation ne peut du reste se produire que dans une atmosphère renfermant une certaine proportion d'humidité, ce qui est toujours pratiquement le cas.

Laissant de côté les différentes théories qui ont été échafaudées pour expliquer le mécanisme de la corrosion [2]), on peut dire que la rouille dès qu'elle a pu se former, se propage indéfiniment, l'hydrate ferrique cédant au métal voisin non attaqué de l'oxygène qu'il reprend du reste immédiatement à l'air ambiant pour former à nouveau de l'hydrate ferrique et ainsi de suite.

Cette action continue est favorisée par la présence dans l'atmosphère de particules solides en suspension, surtout si leur dépôt s'accompagne de condensation d'humidité atmosphérique à la surface du métal.

La corrosion superficielle du métal qui en résulte — dont la première phase est caractérisée par la formation de fissures imperceptibles — entraîne un affaiblissement de la résistance qui est beaucoup plus prononcé dans le cas des efforts alternés qui ouvrent et referment ces fissures en exerçant sur l'atmosphère ambiante un effet de succion suivi d'expulsion, que dans le cas d'une sollicitation statique.

Causes de l'oxydation.

L'oxydation des parties métalliques est due [3]):

A l'action de l'air humide qui agit sur l'ensemble de l'ossature et qui est particulièrement active au voisinage des grandes masses d'eau telles que les rivières, les marais, les lacs et surtout la mer qui rend l'air salin et dont les embruns constituent une solution éminemment corrosive en raison des chlorures et des traces d'acide chlorhydrique et de chlore libre qu'ils renferment.

A l'action des eaux pluviales, notamment quand les dispositions de la construction permettent leur stagnation au contact des pièces métalliques, l'eau se saturant d'oxygène et d'acide carbonique au contact de l'air pour donner une solution à la fois oxydante et acide bien que fortement diluée.

A l'action des vapeurs corrosives ou d'eaux alcalines ou acides circulant au voisinage ou au contact de l'ossature et résultant de la proximité de certaines usines.

A la présence prolongée, au contact de certaines parties de l'ossature, de matières étrangères pouvant retenir l'humidité (poussières et gravats, végétation, matériaux tels que: sable, gravier, ballast, etc...).

Enfin à l'action des fumées de locomotives qui s'exerce surtout sur les parties inférieures des ossatures et plus particulièrement au droit des jets de vapeur d'échappement.

---

[1]) Voir Génie Civil du 21 juin 1924.
Iron Age du 24 janvier 1924.
Génie Civil du 12 février 1927.

[2]) Voir notamment:
L'usure et la corrosion dans les ouvrages métalliques par M. J. Jacquart. Annales des Ponts et Chaussées 1925 — IV.
L'entretien des ponts métalliques par H. A. de Conty — Génie Civil du 28/2/25.

[3]) Il convient de signaler, pour mémoire, cette action sortant du cadre de la présente étude, que l'oxydation des parties métalliques peut être due à certains phénomènes électrolytiques provoqués par des courants vagabonds provenant de canalisations supportées par l'ouvrage et insuffisamment protégées.

Les causes d'oxydation qui viennent d'être énumérées n'ont du reste pas toutes la même valeur.

L'action des agents atmosphériques, notamment, est, en général, relativement peu importante en regard de celle des fumées de locomotives: en effet, bien qu'intéressant toutes les parties des ouvrages et plus particulièrement celles de leurs surfaces sur lesquelles peuvent se produire des condensations ou sur lesquells l'écoulement et l'évaporation des eaux sont défectueux, elle est généralement d'ordre purement chimique et se produit à la température ambiante.

L'action des fumées de locomotives, au contraire, est à la fois d'ordre chimique et d'ordre mécanique; elle se produit en outre, à une température assez élevée.

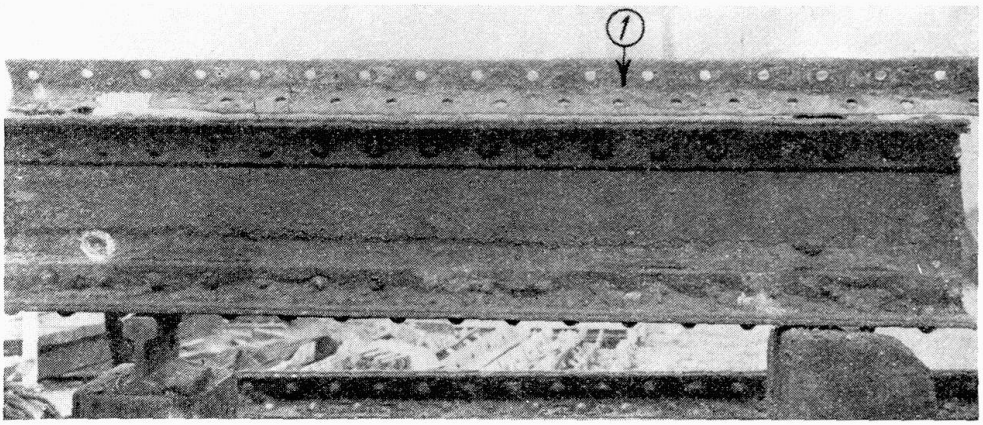

Fig. 1.
Unverkleideter nichttragender Längsträger vorheriger Abschlußträger.
1 Oberer Gurtwinkel des Längsträgers.
Longeron non enrobé et non porteur ayant servi de garde-grève.
1 Cornière membrure supérieure de longeron.
Non-encased, non-carrying longitudinal beam, formerly ballast retaining beam.
1 Angle-iron of upper boom of longitudinal beam.

L'effet chimique dû aux gaz actifs est toujours prépondérant; il est aggravé par les brûlures produites par la vapeur, les fumées et les vapeurs corrosives; il est particulièrement actif aux endroits où existent des condensations et vapeurs acides.

L'effet mécanique dû à la projection violente de jets de vapeur et de fumée et de particules solides — poussières, escarbilles — est analogue à celui d'un jet de sable sous pression; il met à nu le métal et favorise la propagation des avaries dues aux gaz et aux agents atmosphèriques. Il s'atténue du reste très vite lorsque la hauteur libre sous l'ouvrage augmente.

Il est particulièrement sensible:

Aux abords des gares, au-dessus des voies sur lesquelles stationnent les machines et surtout de celles où se produisent de fréquents démarrages, le jet d'échappement frappant le dessous des poutres avec toute sa force laquelle n'est pas alors atténuée par le courant d'air provoqué par la marche; cette action est du reste considérablement augmentée en cas de patinage au démarrage.

En pleine ligne, au-dessus des voies en rampe.

L'exemple ci-après, illustré de photographies montre l'importance des altérations et des destructions que peuvent opérer les agents atmosphériques et les fumées.

Pont biais de 4 m 500 d'ouverture droite pour le passage des voies départ et retour Pontoise au-dessus de la voie départ Chantilly au kil. 4.485 de la ligne de Paris à la Frontière de Belgique par Lille et par Valenciennes (Paris à Creil par Epluches).

Cet ouvrage en acier reconstruit en 1904 est constitué par des entretoises reposant sur les culées en maçonnerie et réunies par des longerons sur certains desquels sont boulonnées des traverses ou les longrines des voies.

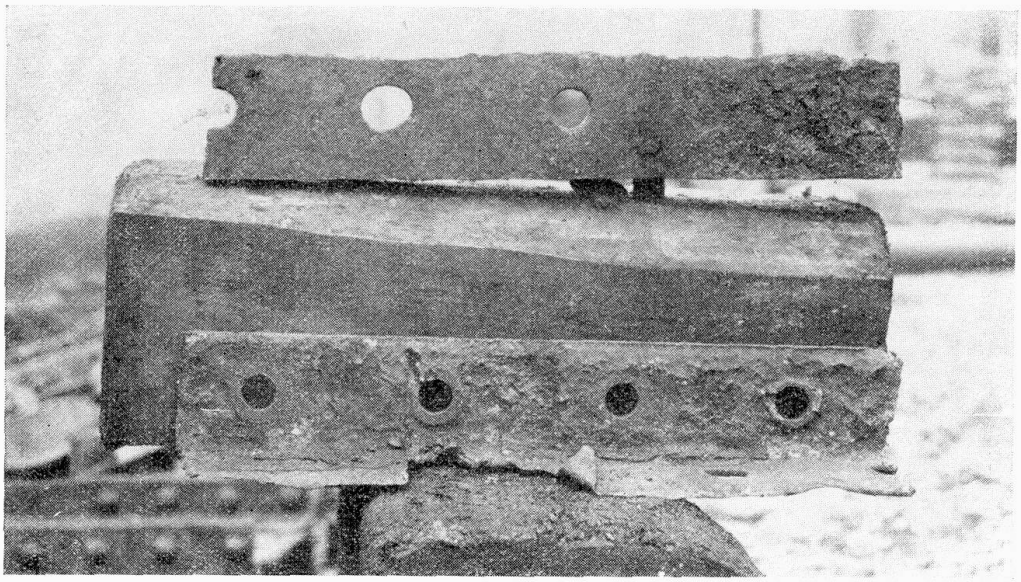

Fig. 2.
Oberer Gurtwinkel des Längsträgers. — Cornière membrure supérieure de longeron.
Angle-iron of upper boom of longitudinal beam.

Il franchit à 4 m 45 en moyenne au-dessus du plan de roulement des rails la voie principale parcourue par les nombreux trains rapides qui se dirigent vers l'Angleterre et vers la Belgique. Bien que soumis à l'action prolongée des fumées dont l'évacuation est rendue particulièrement difficile par la grande longueur (82 mètres) du passage inférieur résultant du biais très prononcé (8° 15′ 1″), l'enrobement des parties basses par le béton armé a protégé les membrures inférieures des pièces mais une oxydation très accentuée avec réduction importante des sections s'est fait sentir sur les âmes et les membrures supérieures.

Les photographies fig. 1, 2 et 3 montrent l'état de quelques pièces exceptionnellement oxydées de l'ossature métallique au moment où la remise en état du tablier a été entamée[4]).

La photographie fig. 1 montre notamment les traces très nettes de l'oxydation au contact des terres d'un longeron non enrobé et non porteur ayant servi de garde grève.

[4]) Cette remise en état a fait l'objet d'un article de M. M. Coffre et Jenn, Ingénieurs Principaux au Réseau du Nord Français qui a paru dans le numéro de septembre 1935 de la Revue Générale des Chemins de Fer.

B. Mesures prises pour assurer la protection des ouvrages métalliques contre l'action des agents atmosphériques et des fumées.

La résistance à la corrosion des ouvrages métalliques dépend à la fois:

a) des dispositions générales plus ou moins judicieuses adoptées dans leur construction;
b) des dispositifs spéciaux de protection qui leur sont appliqués;
c) enfin de la nature du métal qui les constitue.

a) Dispositions à adopter dans la construction.

Indépendamment de l'action générale des agents atmosphériques sur tous les éléments des constructions métalliques, la corrosion locale de celles-ci est favorisée par le contact prolongé de fumées, d'eaux, de matières humides, etc... Elle est d'autant plus à craindre qu'elle est moins facile à découvrir.

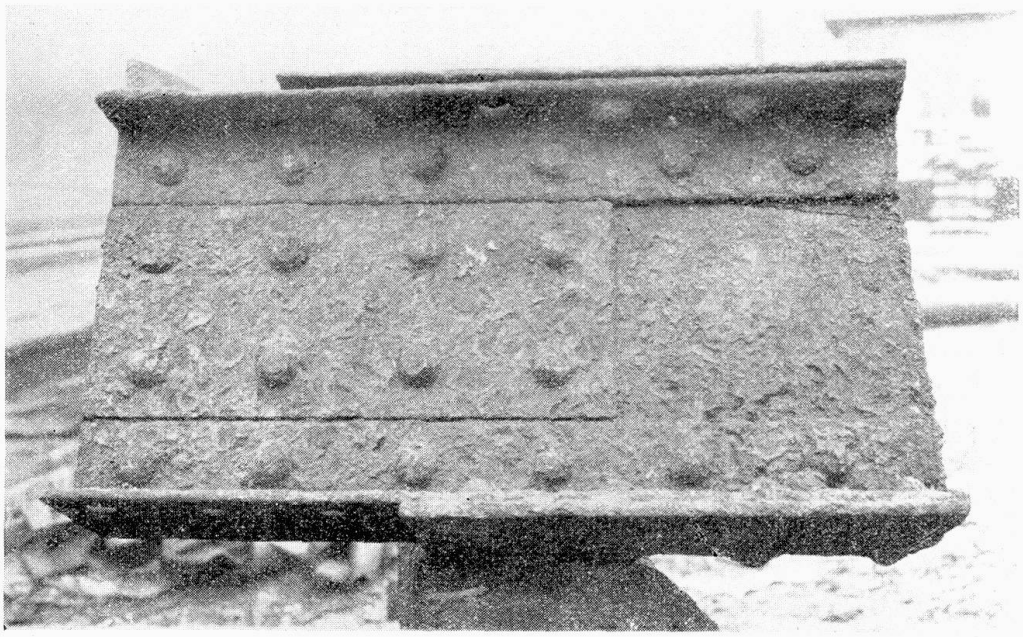

Fig. 3.
Ende eines Längsträgers. — Extrémité d'un longeron. — End of longitudinal beam.

Il importe donc que les dispositions adoptées dans la construction assurent dans toute la mesure du possible l'aération et l'accès des surfaces insuffisamment dégagées, l'étanchéité des joints, l'écoulement des eaux, l'évacuation facile des matières étrangères, l'isolement des surfaces en contact avec les terres ou avec le ballast.

Si les ouvrages de construction récente remplissent à peu près ces conditions, il est loin d'en être de même pour les ouvrages un peu anciens.

Voici différents points sur lesquels la réalisation de dispositions de construction simples facilitant la visite et l'entretien est particulièrement à recommander.

Ossature proprement dite.

Tout d'abord, il convient de signaler, pour mémoire, car cette condition n'est pas toujours réalisable en raison des nécessités du tracé, l'intérêt qu'il y a, quand on le peut, à ménager au-dessus des rails une hauteur libre aussi

grande que possible afin d'éloigner le sous-poutre des ouvrages métalliques de la section terminale des cheminées de locomotives[5]).

Par ailleurs, de tous les types de tabliers métalliques, ceux qui comportent des poutres jumelées reliées par entretoises porteuses, recouvertes d'une tôle étanche et formant caissons (fig. 4), des membrures formant caisson (fig. 5), sont particulièrement vulnérables à l'action des agents atmosphériques.

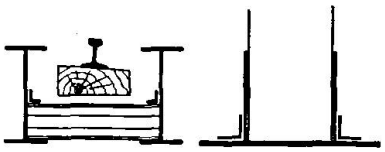

Fig. 4. Fig. 5.

Lorsque ces types d'ouvrages ne peuvent être évités, ce qui est souvent le cas, notamment pour les ponts à poutres jumelées qui réalisent pour une portée donnée l'épaisseur de tablier minimum, il convient, si le tablier n'a pas besoin d'être étanche, de pratiquer, en quantité suffisante des trous d'écoulement d'eau.

Dans le cas contraire, notamment s'il s'agit de tabliers à poutres jumelées, on peut appliquer à froid sur les parois du caisson une forte épaisseur d'un corps gras protecteur, tel par exemple, qu'un enduit d'asphalte plastique, composé d'asphalte en poudre et d'huile lourde de pétrole, amené à la consistance du mastic.

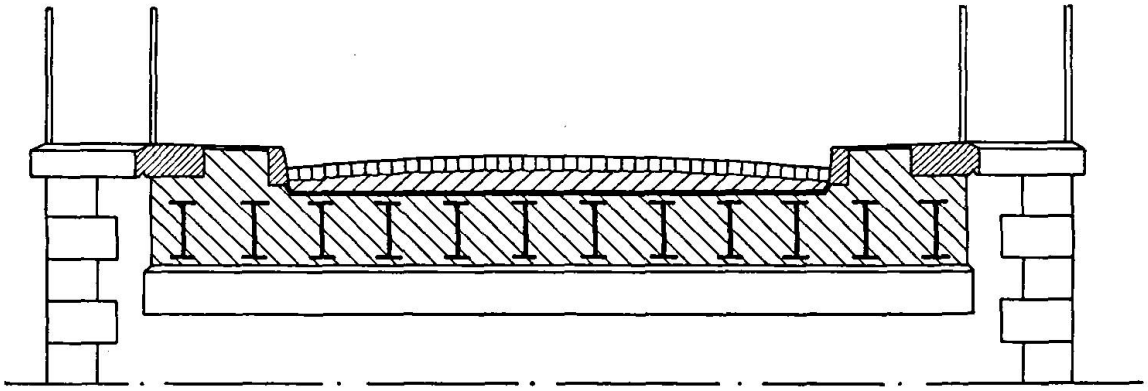

Fig. 6.

Enfin, toutes les cavités entre laminés non jointifs doivent être bouchées soit par des fourrures, soit par du ciment, du mastic au minimum de fer ou de l'asphalte plastique.

Lorsque les circonstances le permettent, le choix d'un type de pont à poutrelles enrobées de béton (fig. 6) est particulièrement à recommander.

Rivure.

Afin d'assurer un bon contact des pièces assemblées et d'éviter ainsi une rivure lâche qui provoquerait l'écartement des tranches par foisonnement de la rouille et favoriserait la propagation de l'humidité ou des fumées dans des parties d'accès difficile, le Cahier des Charges pour l'exécution des constructions métalliques des Grands Réseaux Français prescrit que, dans les tabliers des ponts, l'espacement entre axes des rivets, sera au plus égal à cinq fois leur diamètre.

Abouts.

Dans la plupart des tabliers anciens les abouts des ossatures reposant sur les culées sont au contact direct de la chaussée, du ballast ou des terres. Ces

[5]) Les cahiers des charges français les plus récents imposent un minimum de 4 m 80.

parties cachées maintenues dans un état d'humidité permanent, ne peuvent être visitées et entretenues et subissent une corrosion rapide.

Pour remédier à cette situation, il convient de dégager les abouts de tabliers et, après les avoir grattés et repeints, de les isoler du terrain par des murettes en briques ou par des dalles amovibles en béton armé.

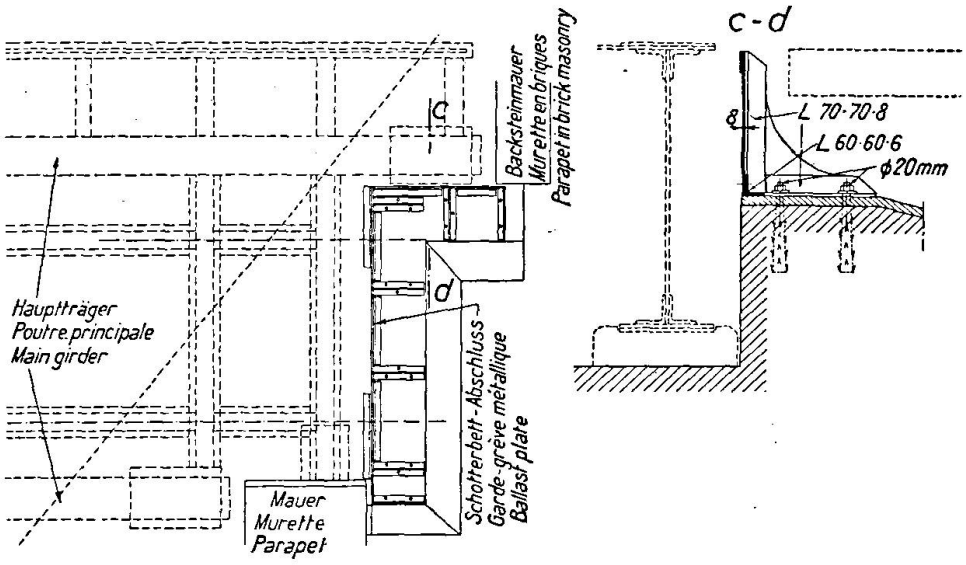

Fig. 7.
Schotterbett-Abschluß. Allgemeine schematische Anordnung.
Garde-grève métallique. Plan général schématique.
Ballast retaining plate. General arrangement in plan.

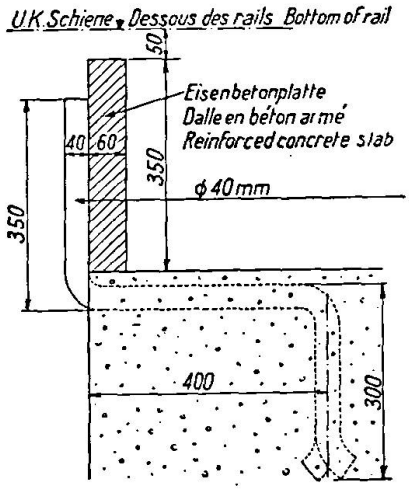

Fig. 8.

Schotter-Abschluß in Eisenbeton.

Garde-grève en béton armé.

Ballast retaining in reinforced concrete.

Dans les tabliers modernes, la protection des abouts est réalisée par l'un des moyens suivants:

1° Isolement complet en maintenant un espace libre entre les parties métalliques d'about et le ballast de la chaussée.

2° Protection par masques en métal ou en béton armé. Ces masques généralement amovibles sont désignés sous le nom de „garde-grève".

Les fig. 7 et 8 donnent un modèle de garde-grève de chacun de ces types.

3° Protection des abouts difficilement accessibles par enrobement dans du béton, cet enrobement pouvant être au contact des terres ou du ballast ou bien en être isolé par une murette.

Platelages.

Les platelages en tôle striée qui favorisent la stagnation des eaux semblent devoir être proscrits et remplacés par des platelages en tôle lisse qui présentent, par ailleurs, le gros avantage de réaliser un excellent contreventement horizontal.

Pour éviter que l'eau ne séjourne dans les dépressions qui s'y forment en service, il convient, si le tablier n'a pas besoin d'être étanche de percer des trous d'écoulement des eaux aux points convenables ou bien encore de faire usage de tôles perforées ou de tôles non jointives. Si le tablier doit être étanche, on doit prévoir les dispositions nécessaires pour canaliser les eaux et les recueillir au dessous.

Dans les ponts modernes, le platelage ne reçoit aucun enduit, mais il est disposé de manière à assurer l'évacuation des eaux vers des points de rassemblement où des canalisations les dirigent jusqu'aux appuis de l'ouvrage.

Joints entre métal et maçonnerie.

Lorsque les nécessités de la construction conduisent à des contacts entre métal et maçonnerie, il convient de prendre garde aux décollements qui peuvent se produire entre les 2 matériaux et ouvrir ainsi un passage aux eaux ou aux fumées; les chapes nécessaires doivent alors être prévues, chapes dont le bon entretien ultérieur est une condition absolument capitale pour la conservation des ossatures métalliques.

b) Dispositifs spéciaux de protection.

Les dispositifs spéciaux de protection peuvent être classés en deux grandes catégories:

α) les revêtements anti-rouille;
β) les masques.

α) *Revêtements anti-rouille.*

Les revêtements anti-rouille sont directement appliqués sur le métal. Ils doivent posséder les propriétés suivantes:

Neutralité chimique vis-à-vis du métal.
Adhérence parfaite.
Résistance chimique et mécanique.
Flexibilité leur permettant de suivre les contractions et les dilatations.
Imperméabilité aux liquides et aux gaz.
Absence de craquelures.

Ils comprennent:

1° les peintures;
2° les enrobements;
3° la métallisation par projection.

1° Peintures.

Les peintures sont d'un usage courant pour la protection des ouvrages métalliques. Elles sont formées de 2 constituants: un liant d'huile de lin et un pigment. Pour offrir le maximum de résistance, elles doivent être composées de produits d'excellente qualité et n'être appliquées que sur des surfaces parfaitement débarrassées à la brosse métallique, au grattoir, par martelage ou par décapage au jet de sable des produits de la corrosion. Aussi, pour entourer leur fabrication et leur exécution du maximum de garanties les grands Réseaux français ont ils élaboré un Cahier des Charges qui précise la nature, la provenance et la qualité des matériaux à employer ainsi que la composition et le

mode d'exécution des peintures. Aux termes de ce Cahier des Charges, les ouvrages métalliques sont expédiés à pied d'oeuvre recouverts d'une première couche de peinture appliquée à l'atelier, peinture qui, pour les ponts métalliques, est, en général du minium de plomb. A pied d'oeuvre, des raccords à une couche au minium de plomb sont exécutés partout où la peinture a été endommagée. Il est ensuite appliqué une couche supplémentaire puis une ou deux couches d'une peinture de couleur agréée par le Réseau. Sur les ouvrages en service les peintures sont réfectionnées en moyenne tous les 5 ans; ce délai peut d'ailleurs être réduit pour certains ponts ou certaines parties d'ossature plus particulièrement exposés.

Dans le choix à faire entre les différentes peintures, on doit avoir égard à la nature des agents d'altération et à la persistance plus ou moins grande de leur action. Aussi, les grands Réseaux français tiennent-ils à jour un tableau des peintures qu'ils ont agréées, classées suivant diverses conditions d'emploi:

ouvrages exposés aux fumées;
ouvrages situés dans des conditions ordinaires;
ouvrages exposés à l'air salin;
ouvrages exposés au contact permanent de l'eau (intérieur des réservoirs par exemple).

Les peintures ne sont inscrites à ce tableau qu'après des essais parfaitement définis dont la durée est de plusieurs années.

Il convient, par ailleurs, de signaler qu'à la suite de nombreux essais et d'analyses de laboratoire, le Réseau du Nord Français a établi, pour une peinture type, la composition suivante:

Liant { huile de lin (Qualité Bombay) suit au borate de manganèse
Essence de térébenthine française (à l'exception du white spirit).

Pigment { 90 % de sesquioxyde de fer naturel dit „oligiste micacé" finement broyé
10 % de graphite en poudre fine.

Dans ses adjudications de peintures, le Réseau du Nord impose cette composition chimique, laissant aux divers fournisseurs la possibilité d'améliorer la qualité des produits obtenus grâce aux soins apportés dans la fabrication.

Malgré les garanties que donnent les règles exposées ci-dessus, les Réseaux Français estiment qu'aucune des peintures employées jusqu'à présent ne s'est montrée suffisamment efficace pour la protection de la partie basse des ouvrages métalliques à débouché restreint en hauteur et sous lesquels existe une forte circulation de machines, en raison, notamment, de la quasi impossibilité de les laisser bien sécher avant qu'elles ne soient à nouveau soumises à l'action chimique et mécanique des fumées. Seul le minimum de plomb résiste assez bien.

2° *Enrobements.*

Enrobements en béton armé. Les Réseaux français emploient depuis assez longtemps l'enrobement par le béton armé des parties d'ossature directement soumises aux fumées des locomotives. Ces enrobements doivent constituer une surface plane continue favorisant l'évacuation rapide des fumées.

L'un des modes de construction assez fréquemment appliqués présente les caractéristiques suivantes (fig. 9). On prépare, à l'avance, des augets en béton armé soigné que l'on remplit de mortier plastique et qui sont ensuite appliqués fortement, au moyen de serre-joints, et jusqu'à prise complète du

mortier, au contact des surfaces inférieures des membrures; des solins en mortier riche raccordent les augets et les faces latérales des pièces.

Les armatures de suspension des augets doivent être accrochées le mieux possible à l'ossature. Dans certains cas, on leur a même fait traverser l'âme.

Ce mode de protection est d'une efficacité absolue à la condition expresse qu'il soit exécuté dans de bonnes conditions[6]). Des sondages pratiques dans des enrobements installés depuis plus de 30 ans au-dessus de vois extrêmement fréquentées à quelques centimètres à peine de l'orifice des cheminées de locomotives ont révélé que le métal à protéger était resté intact. Il en était du reste de même du béton et des armatures des augets.

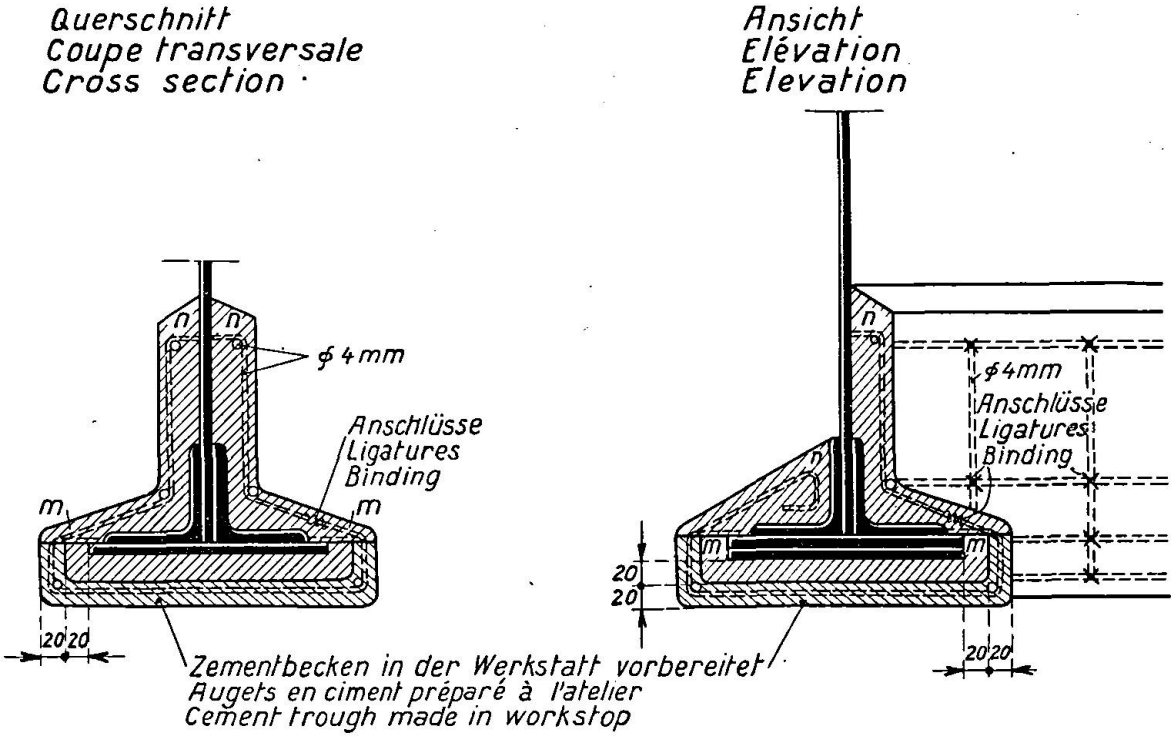

Fig. 9.

Schutzumhüllung der unteren Teile der Fahrbahnkonstruktion ohne Stichbogen.
Bemerkung: Diese Konstruktion ist anwendbar auf Hauptträger, Querträger, Längsträger, Bleçhe, Winkel und Gurtungen. Im besonderen stellt sie eine Verbindung zwischen Querträger und Randträger dar.

Type de revêtement protecteur des parties basses de l'ossature des tabliers métallique sans voûtelettes.
Nota: Le tracé ci-dessous est applicable en principe, qu'il s'agisse de poutres, d'entretoises, longerons ou pièces secondaires en tôle, cornières et semelles assemblées. Il représente plus spécialement un assemblage d'entretoise et de poutre de rive.

Protection encasing of the lower partions of the decking construction, without jack arches.
Note: The above design is applicable to main girders, cross girders, longitudinal beams, to plated elements of secondary nature, angles and compound flanges. Here it specially represents a connection between cross girders and external girders.

Les seuls inconvénients de ce mode de revêtement sont:

Son prix de revient relativement élevé, d'ailleurs compensé par une conservation parfaite des ouvrages et la suppression des dépenses de peinture.

Son poids qui augmente la surcharge des tabliers.

[6]) Une adhérence incomplète a été constatée sur des ponts rails pour lesquels l'exécution avait eu lieu sur tablier en service.

Son épaisseur (0 m 04 à 0 m 05) qui réduit la hauteur libre disponible.

Dans certains tabliers métalliques récents un hourdis général en béton armé, supportant la chaussée ou le ballast de la voie, enrobe toute la partie basse des tabliers (entretoises et membrures inférieures des poutres). Les figures 10 et 11 représentent un pont sous voie ballastée de ce type.

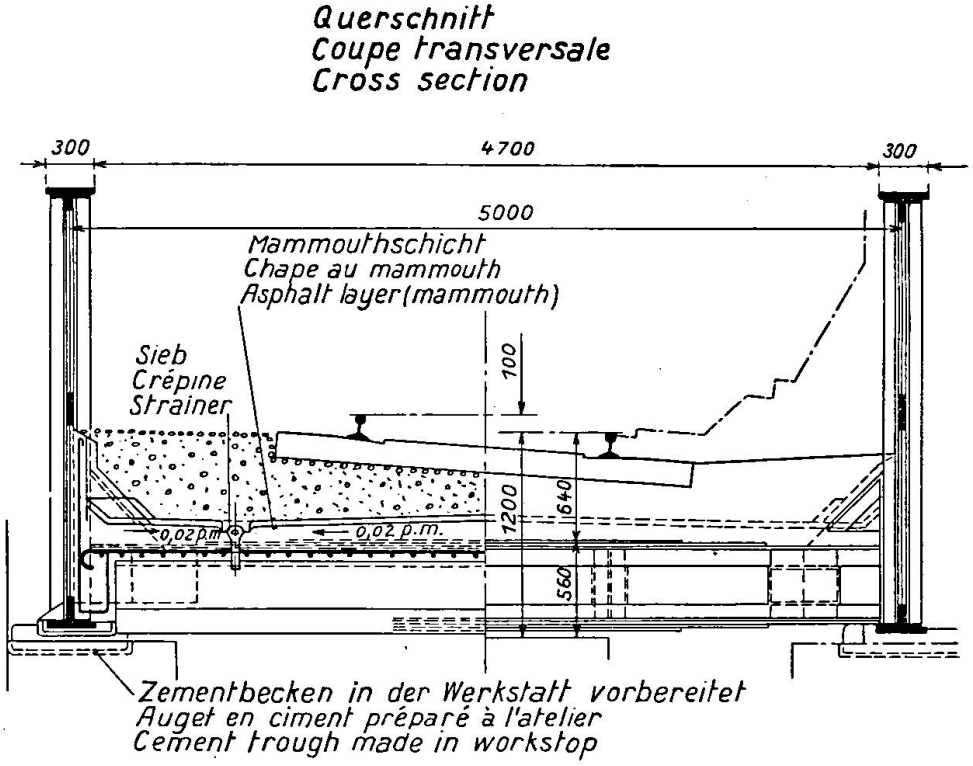

Fig. 10.

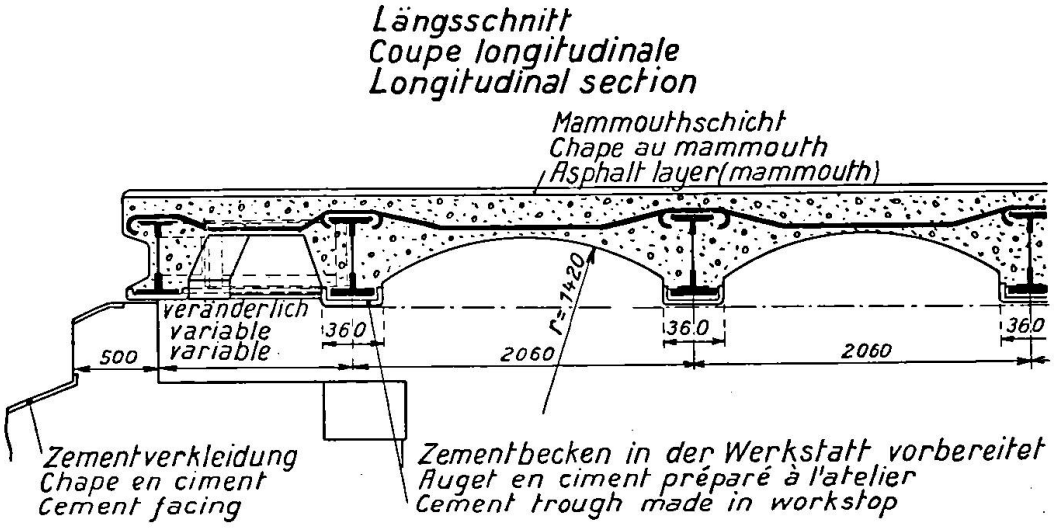

Fig. 11.

Enrobement par projection au „Cement Gun“. Le „Gunitage“ ou procédé d'enrobement par projection de mortier riche en ciment, au moyen d'appareils à air comprimé dits „cement gun“, n'a pas donné de bons résultats sur les Chemins de Fer de Ceinture qui l'ont essayé: l'adhérence du ciment a laissé à désirer et l'on a constaté à bref délai des fissurations de l'enduit.

3° Métallisation par projection.

Ce procédé consiste à projeter sur la surface à protéger un brouillard métallique provenant de la pulvérisation d'un métal fondu dans le chalumeau d'un pistolet portatif.

L'une des variantes d'application — le procédé Schoop, dans lequel le métal protecteur provient de la fusion d'un fil — a fait l'objet, en août 1923, de deux essais effectués par le Réseau de l'Etat pour la protection d'une partie de poutre du hall des messageries de la gare St-Lazare.

Un an après l'application, la couche de protection ne présentait plus d'adhérence sensible sur les fers.

β) Masques.

Les masques diffèrent des revêtements en ce qu'ils ne sont pas directement appliqués sur les parties métalliques qu'ils doivent protéger: ils jouent le rôle d'écran interposé entre ces parties et les jets de vapeur et de fumées.

Ils peuvent être rattachés à 2 grandes catégories:

1° les parafumées;
2° les planchers.

1° Parafumées.

Les parafumées, généralement placés dans l'axe et au-dessus des voies particulièrement fréquentées, réalisent la protection locale des parties d'ossature

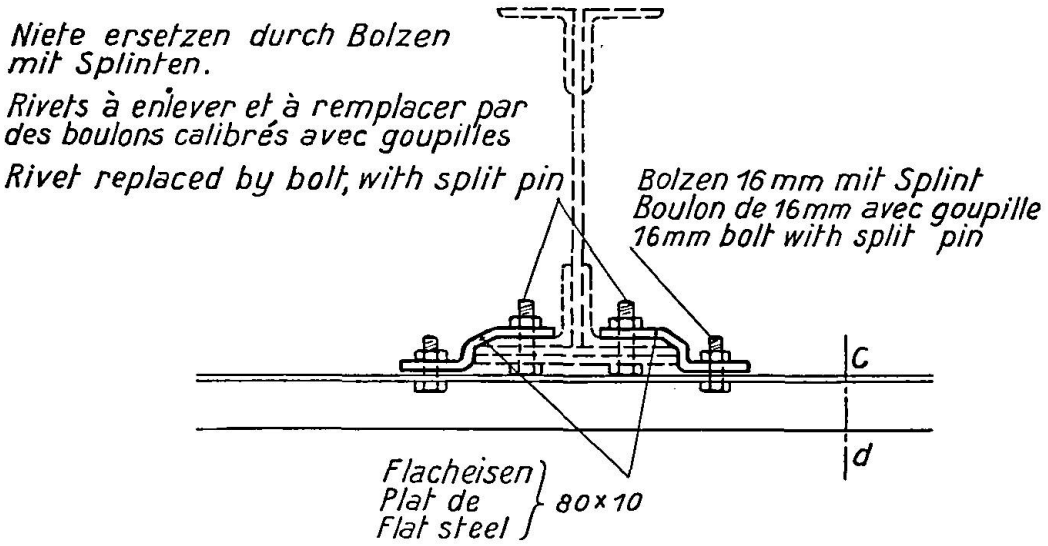

Fig. 12.

situées à l'aplomb de ces voies, en diffusant les jets de vapeur et supprimant leur action mécanique. Pour éviter qu'ils ne soient tournés par les fumées et afin de leur permettre de canaliser les fumées et de les rejeter à l'extérieur de la région à protéger, on leur donne généralement la forme d'une surface prismatique ou cylindrique à axe parallèle à la voie. Les figures 12 et 13 donnent les dispositions généralement adoptées.

Les parafumées ne protègent que des surfaces restreintes; cette protection est du reste imparfaite car il est arrivé que des fumées se soient logées entre les parties basses de l'ossature métallique et le parafumée protecteur qui, dans ces conditions, n'a pas empêché l'attaque du métal; ils empêchent ou compliquent la visite des pièces principales à moins, comme on le fait maintenant, qu'ils

n'aient été prévus démontables. Par contre, ils peuvent être d'un rendement appréciable en raison de leur prix relativement peu élevé. Ils semblent convenir plus particulièrement pour des ouvrages flexibles ou soumis à de fortes vibrations pour lesquels les enrobements risqueraient de donner des mécomptes.

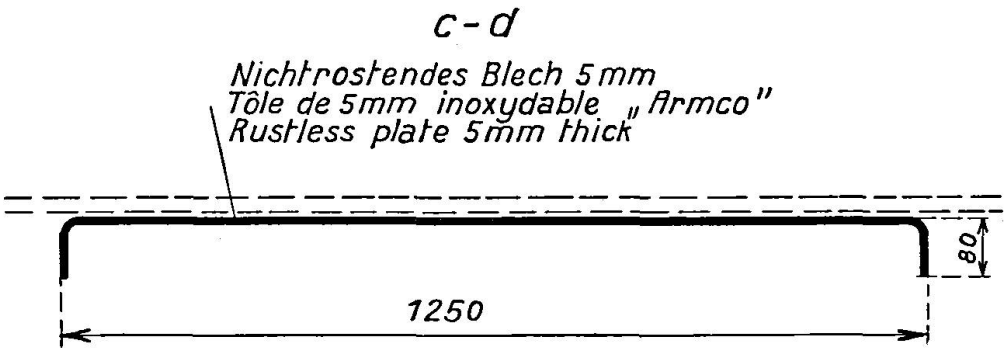

Fig. 13.

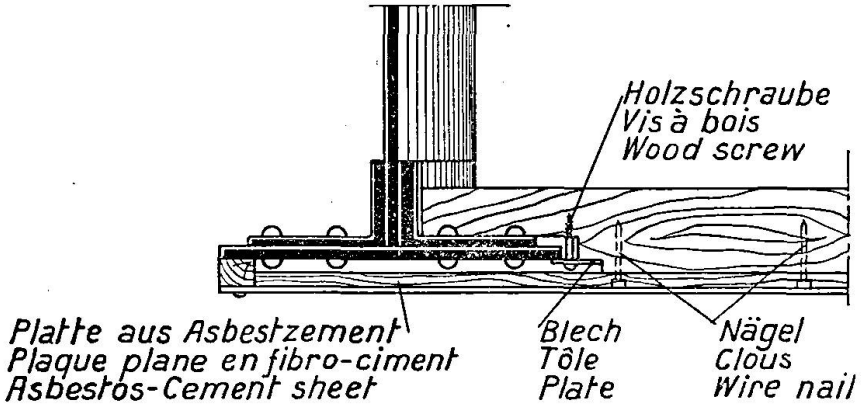

Fig. 14.

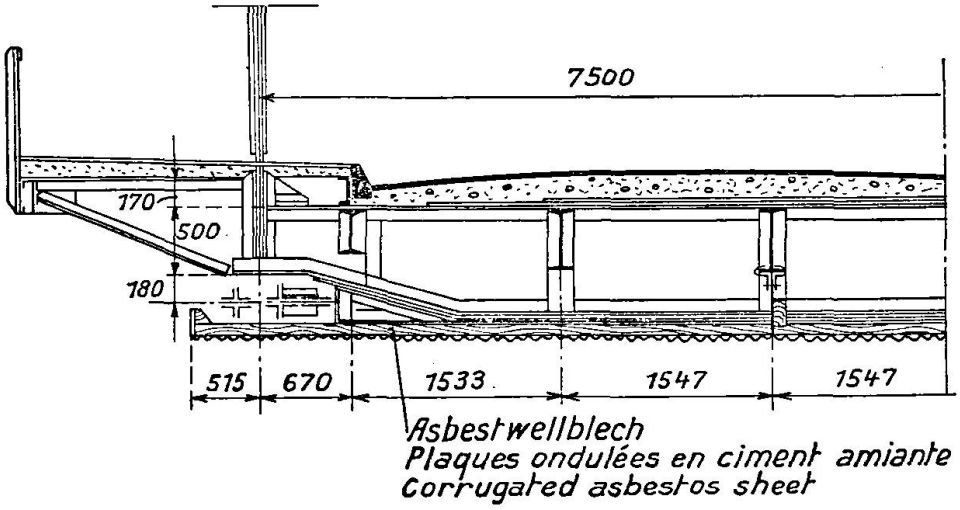

Fig. 15.

Généralement métalliques, on les prévoit actuellement en tôle inoxydable: acier au cuivre, aciers Apso, Armco, etc...

Toutefois, il existe sur quelques réseaux français des parafumées en plaques planes de fibro-ciment (fig. 14) ou en plaques ondulées de ciment-amiante (fig. 15).

D'autres escomptent de bons résultats de parafumées en bois ignifugé qu'ils viennent de mettre à l'essai.

2° *Planchers.*

Chaque fois qu'on le peut, il semble que l'établissement d'un plancher général en béton armé sous l'ossature soit désirable. Ce plancher devrait pouvoir supporter le poids d'un homme pour permettre la remise en peinture des pièces de l'ossature situées au-dessus du plancher.

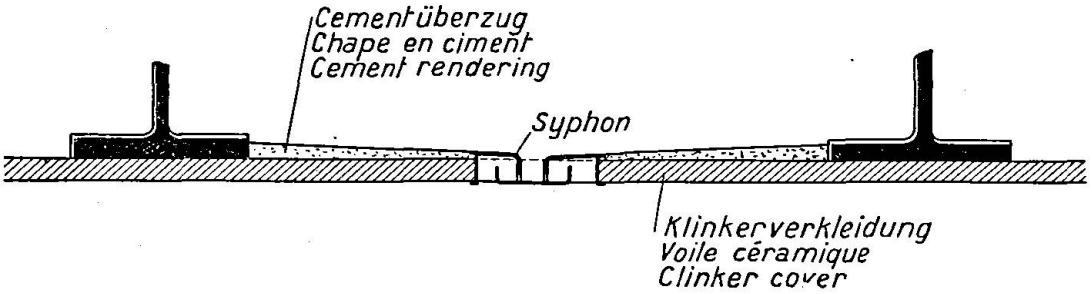

Fig. 16.

Au lieu d'un plancher en béton armé, certains Réseaux constituent sous leurs ouvrages un plafond, soit en plaques de fibro-ciment, soit en voile céramique (fig. 16), soit encore en briques spéciales (cas du Pont de l'Europe à Paris où des briques Poyet[7]) ont été appliquées sous le hourdis enrobant les membrures inférieures des poutres principales) (fig. 17).

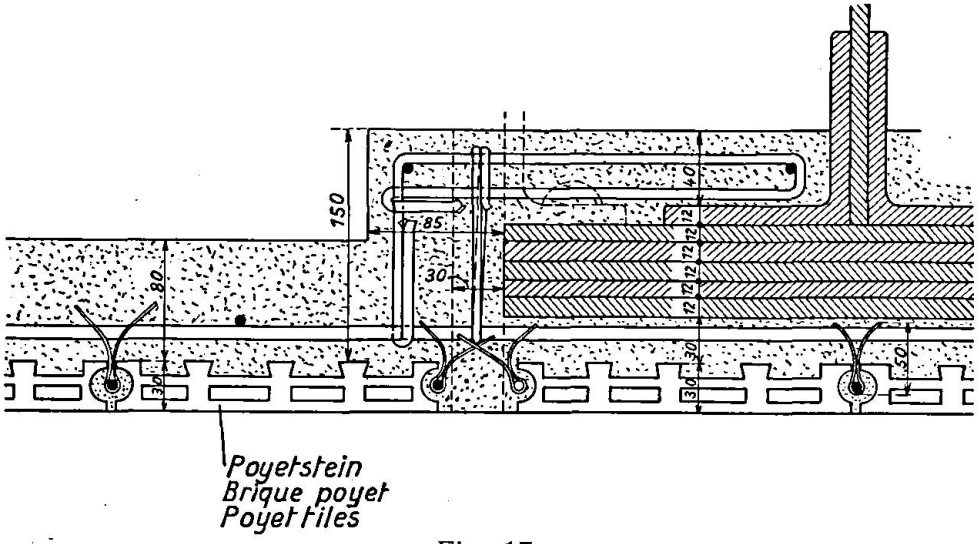

Fig. 17.

„Europa"-Brücke, Paris. Schutz durch Poyet-Steine.
Pont de l'Europe à Paris Protection par briques Poyet.
„Europe"-bridge in Paris. Protection by Poyet-bricks.

Ces plafonds, qui doivent constituer une surface plane continue facilitant une évacuation plus rapide des fumées que des cellules où elles tourbillonnent, sont relativement difficiles à fixer car, en général, on doit pouvoir les déposer pour permettre une visite facile des pièces basses de l'ossature, à moins que l'on ne puisse circuler au-dessus, dans l'épaisseur du tablier: pour les plaques

[7]) Voir 2e partie: Constructions en béton armé.

de revêtement un dispositif simple consiste à les poser sur un support en tôle et cornières fixé sur les éléments inférieurs de l'ossature du tablier (fig. 18).

C. Emploi de métaux inoxydables.

Depuis quelques années, de nombreuses recherches poursuivies avec succès par les métallurgistes de différents pays ont permis d'améliorer considérablement les qualités anti-corrosives des métaux couramment employés dans la construction.

Parmi les premières réalisations de l'espèce, il convient de citer le fer pur „Armco", fabriqué pour la première fois vers 1910 en Amérique et couramment employé maintenant en France pour la constitution de différentes pièces telles que des parafumées, etc... La grande pureté du fer „Armco" — le total des impuretés qui engendrent la rouille est au plus égal à 0,16 % — lui confère une résistance remarquable à la corrosion.

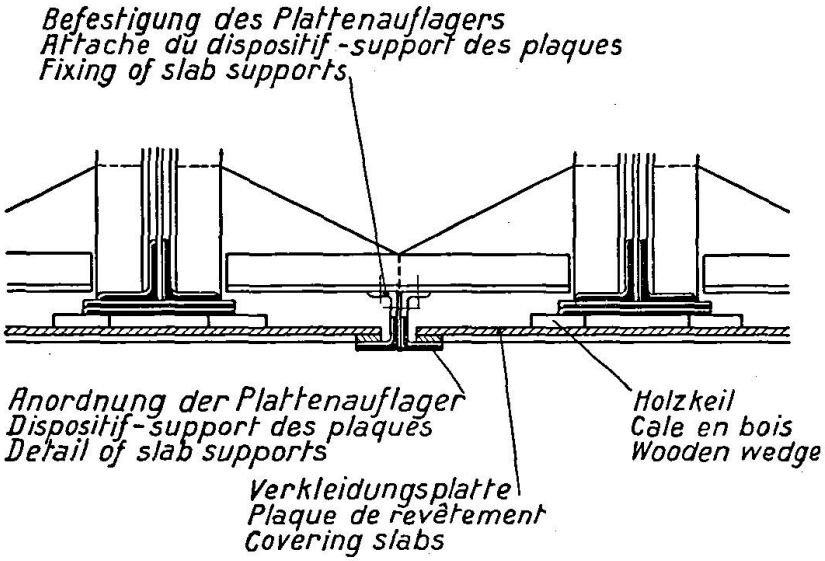

Fig. 18.

Par ailleurs, les recherches poursuivies en vue d'augmenter les qualités mécaniques des aciers de construction, recherches qui ont abouti à la création des aciers à haute résistance, ont montré la nécessité d'accroître corrélativement leur résistance à la corrosion en raison de la diminution des dimensions des sections nécessaires.

Les additions de cuivre — même à teneur relativement faible — ont été reconnues particulièrement efficaces à ce point de vue.

La circulaire ministérielle française du 7 février 1933, relative à l'emploi dans la construction des ponts et charpentes, des aciers à haute résistance Ac 54 et Ac 50, prescrit que cette teneur doit être d'au moins 0,25 %.

En fait, les nouveaux aciers dits „semi-inoxydables" et à haute limite élastique, fabriqués par les usines françaises, possèdent une résistance à la corrosion qui, sans être absolue, est cependant beaucoup plus grande que celle des aciers ordinaires. Soumis aux intempéries et même aux vapeurs acides, ces aciers se recouvrent d'une pellicule protectrice résistante qui favorise, par ailleurs, l'adhérence de la peinture ou des enduits.

Toutefois, les applications de ces aciers sont encore trop récentes et trop peu développées pour qu'il soit possible de se prononcer définitivement au sujet de leur résistance à la corrosion.

D. Conclusions.

Il résulte de l'exposé qui précède qu'aucun des dispositifs de protection jusqu'ici employés n'est absolument sans défaut compte tenu des divers points de vue auxquels on doit se placer: efficacité, économie, simplicité, légèreté, facilité de visite...

Il est à souhaiter que les applications des aciers „inoxydables" confirment les espoirs que leur apparition a fait naître, notamment en ce qui concerne leur résistance à la corrosion.

L'emploi simultané d'aciers de l'espèce et d'une peinture métallique de bonne qualité semble devoir constituer le remède le plus simple et le plus économique contre la corrosion d'ouvrages par ailleurs correctement établis, sauf à le compléter, au droit de l'échappement des locomotives, par des dispositifs appropriés (parafumées, enrobements...).

II. Constructions en béton armé.

A. Constatations.

Le béton armé étant une association de deux matériaux dont l'un, l'acier, doit normalement être entièrement recouvert de l'autre, le béton, il semblerait à priori que l'action des agents atmosphériques et des fumées sur les ouvrages de l'espèce, dût se limiter à ce dernier matériau qui y est seul directement exposé.

En fait, les effets les plus désastreux résultent de l'action des éléments agressifs sur l'acier des armatures lorsque celles-ci ont pu être atteintes par suite de la porosité du béton.

a) Action sur le béton.

Bien que la question soit très controversée, il est possible, que les fumées et l'humidité conjuguées attaquent le ciment.

En fait, l'action nocive des divers éléments agressifs sur le béton lui-même n'a pas été constatée.

C'est ainsi que des enrobements en béton armé établis par le Réseau du Nord comme indiqué dans la première partie de l'étude ont pu rester exposés 34 ans à l'action directe, très proche et extrêmement fréquente des fumées (gare de Paris) sans que le béton des augets enveloppants ait subi la moindre atteinte. La bonne tenue du béton entraînant celle des armatures, il n'a effectivement été constaté aucune altération de celles-ci, cependant faibles (ronds de 5 m/m de diamètre et fils de fer de 1⁵ m/m). Le métal des petits fils de fer du grillage mécanique est resté à l'état de neuf, malgré sa proximité — 5 m/m à peine — de la surface extérieure exposée aux fumées.

Tout récemment encore, la démolition d'un pont-route en béton armé, construit en 1911 en gare de Blanc Mesnil au kil. 11.550 de la ligne de Paris à Soissons, a permis de reconnaître la parfaite tenu du béton. La photographie fig. 19 montre l'état du béton et des armatures de l'un des blocs déposés.

b) Action sur les armatures.

Les armatures peuvent être attaquées et provoquer des désordres dans la construction lorsqu'elles sont soumises aux actions nocives. Cela se présente dans les cas suivants:

a) mauvaise mise en place des barres qui, avant coulée du béton, viennent au contact des coffrages et restent apparentes après décoffrage ou sont

recouvertes d'une très faible couche de béton qui n'adhère pas: l'oxydation attaque ces armatures, le béton voisin se délite et l'altération s'accentue (fig. 20);

b) défectuosités du béton qui se laisse pénétrer par les agents agressifs.

Cette pénétration peut être due ou bien à la formation à la surface du béton, d'avaries constituant des amorces de fissures susceptibles d'atteindre la région des armatures, ou bien à un manque de compacité du béton.

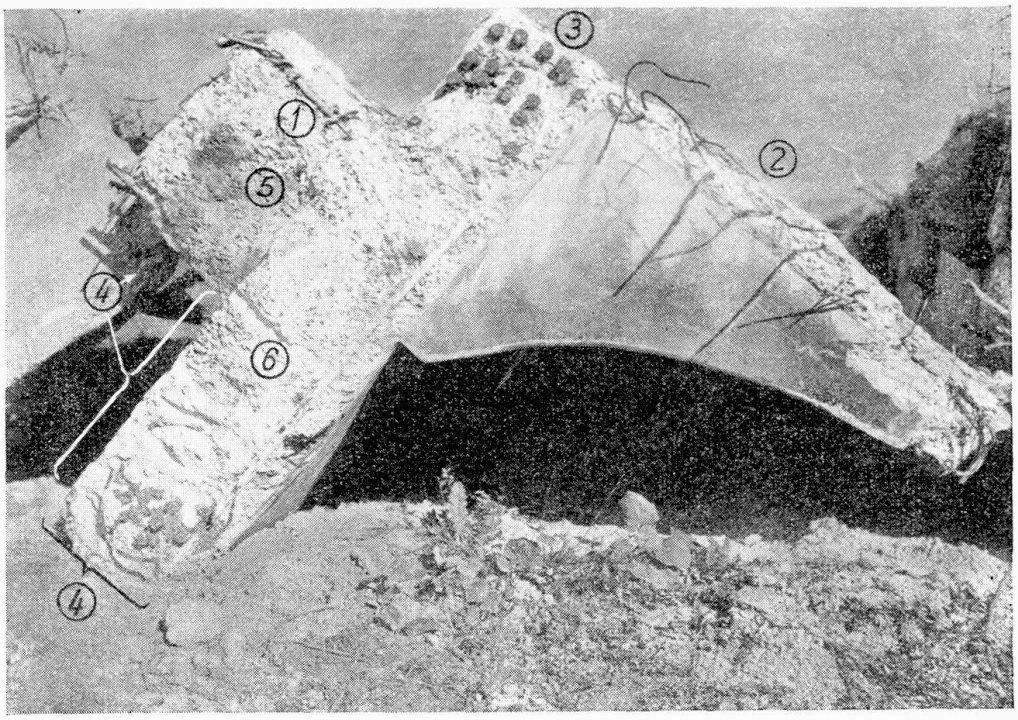

Fig. 19.

1 Hohlsteine unter Fahrbahn
2 Hohlsteine unter Gehweg
3 Gerammter Beton und genaue (richtige) Bewehrung
4 Träger direkt dem Einfluß von Rauchgasen ausgesetzt.
5 Querträger
6 Randträger.

1 Hourdis sous chaussée
2 Hourdis sous trottoir
3 Béton compact et armatures correctes
4 Poutres soumises directement à l'action des fumées.
5 Entretoise
6 Poutre de rive.

1 Hollow tiles under roadway
2 Hollow tiles under footpath
3 Compact concrete and correct reinforcement
4 Beam directly exposed to smoke fumes
5 Cross beam
6 End beam.

Dans ces différents cas, si l'air, et surtout les fumées, arrivent au contact des armatures, celles-ci s'oxydent et l'augmentation de volume due au foisonnement de l'oxyde arrive à faire éclater le béton en augmentant ainsi la facilité de pénétration des agents nocifs; la chute du béton de recouvrement peut même s'en suivre exposant ainsi les armatures à l'action directe de ces agents.

Mais il faut remarquer que l'examen de morceaux de béton ainsi détachés a permis de reconnaître que le béton proprement dit n'était pas attaqué, bien que les canaux constitués par les pores du béton ou les fissures soient enduits de suie.

Avaries de surface.

En ce qui concerne les avaries de surface, les constatations faites sur des bâtiments en béton armé du Réseau du Nord, ont permis de les classer en 5 catégories:

Le „faïençage" caractérisé par une infinité de fissures filiformes et qui est dû soit à un dosage trop riche du béton, soit à un séchage trop rapide, soit enfin au manque d'arrosage préalable des surfaces à enduire.

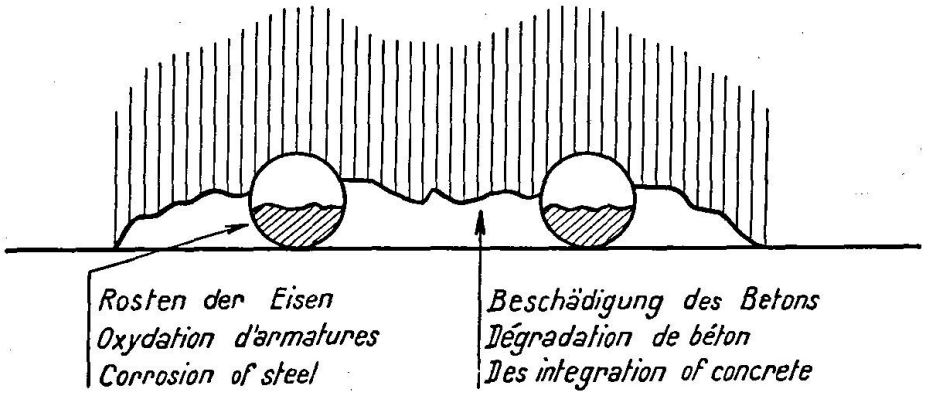

Fig. 20.

Le „cloquage" caractérisé par un décollement de l'épiderme et qui est dû soit à la congélation de l'eau infiltrée dans le béton à la suite d'un faïençage, soit à un défaut d'adhérence, la maçonnerie de support n'ayant pas été suffisamment mouillée ou nettoyée.

Le „soufflage" caractérisé par un détachement du béton par morceaux suivant le tracé des armatures. Le soufflage est occasionné par l'oxydation des armatures comme il est dit ci-dessus.

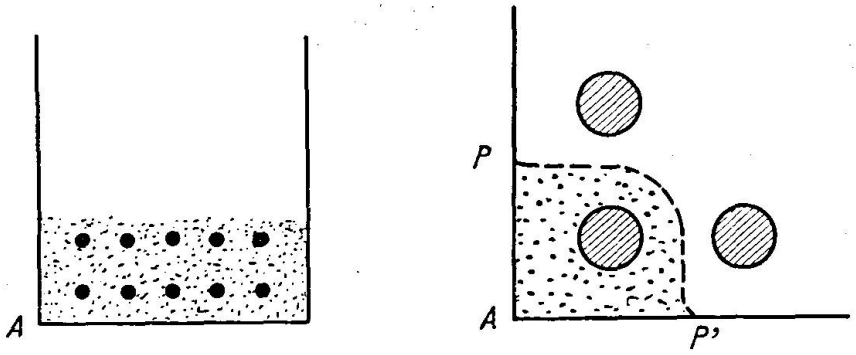

Fig. 21.

La „fissuration" due soit à des mouvements de la construction, soit au retrait du béton, soit à des contractions provoquées par les variations de température ou de l'état hygrométrique de l'air.

„L'effritement" caractérisé par la désagrégation du béton qui se raye à l'ongle. L'effritement est dû à un dosage trop faible en liant, à l'emploi d'un ciment altéré ou à l'effet de la gelée sur le béton frais.

Le cloquage ne se produit que sur les surfaces comportant un enduit. C'est le faïençage et la fissuration qui sont, en général, les avaries les plus fréquemment observées.

Manque de compacité.

C'est là une des causes les plus graves de ce que l'on appelle improprement, à notre avis, l'„attaque" du béton armé.

On constate sur les ponts en béton armé dont la compacité est imparfaite, qu'au voisinage des surfaces extérieures du béton, notamment des angles tels que „*A*" (fig. 21), le béton qui a coulé difficilement, s'est mal tassé, a aquis une compacité insuffisante et garde une consistance „spongieuse"; la suie, les fumées, l'humidité pénètrent dans les cavités de cette „éponge" et attaquent les armatures en provoquant la formation de pellicules d'oxyde de fer. L'oxyde, par son foisonnement, élargit les pores qui se transforment en fissures, puis en crevasses. L'effet des lignes de moindre résistance qui se forment ainsi peut aller jusqu'à provoquer le détachement de fragments tels que *P P'*.

La gravité de ces phénomènes est d'autant plus grande qu'on ne peut que très difficilement en suivre la progression.

Cette cause de détérioration peut et doit être supprimée par une exécution soignée ainsi qu'il est indiqué dans le chapitre suivant.

B. Mesures prises pour assurer la protection des ouvrages en béton armé contre l'action des agents atmosphériques et des fumées.

Si l'on admet l'exactitude de ce qui a été dit au paragraphe précédent, les ouvrages en béton armé n'ont pas besoin de protection spéciale à la condition expresse qu'ils aient été correctement établis.

Au contraire, si l'on craint qu'à la longue des altérations puissent se produire (par exemple, sous des ouvrages bas où les machines stationnent), il peut être intéressant de mentionner les différents modes de protection du béton armé qui ont été expérimentés.

On examinera successivement:

a) les dispositions les meilleures à adopter dans la construction;
b) les dispositifs spéciaux de protection.

a) Dispositions à adopter dans la construction.

Les dispositions à adopter dans la construction sont relatives, soit à l'étude, soit à l'exécution.

α) Etude.

Au point de vue de l'étude, il convient d'adopter des formes assurant une aération suffisante de toutes les parties exposées aux fumées et, notamment, d'éviter les caissons et cavités susceptibles de les retenir. Il convient donc, lorsque cela est possible, d'adopter pour les ponts franchissant les voies ferrées des tabliers constitués par une dalle pleine.

Les distances des armatures principales entre elles et aux parois des coffrages doivent être suffisantes pour permettre l'accès facile autour de chacune d'elles des plus gros éléments employés dans la constitution du béton, ainsi que le remplissage de tous les vides. En particulier, la distance aux parois des coffrages doit être suffisamment grande pour que les barres soient soustraites aux attaques provoquées par les différences de température entre béton et métal ou par une destruction superficielle du béton. Les instructions ministérielles françaises du 19 juillet 1934, relatives à l'emploi du béton armé prescrivent que les distances des armatures aux parois ne descendraient pas au-dessous de 35 m/m s'il s'agit d'ouvrages à la mer, ou de 20 m/m s'il s'agit d'autres ouvrages.

Le Réseau du Nord Français impose dans ses constructions les distances indiquées sur la fig. 22.

Par ailleurs, le souci de la protection des ouvrages contre l'action et les infiltrations de l'eau, conduit à prévoir aux points convenables des chapes dont la bonne exécution et le bon entretien sont des conditions capitales pour leur conservation.

β) Exécution.

Au point de vue de l'exécution, il convient d'assurer la mise en place correcte des armatures dans les coffrages, l'emploi d'un béton convenablement dosé et mis en oeuvre afin de réaliser une compacité absolue et de prendre enfin toutes les mesures susceptibles d'éviter la formation et le développement des fissures.

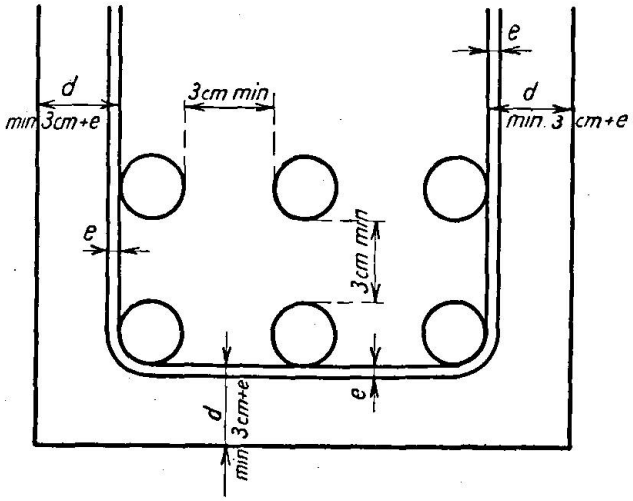

Fig. 22.
Schematische Anordnung der Bewehrung für alle Teile des Stahlskelettes.
Schéma montrant le principe de la disposition des armatures dans toutes les pièces de l'ossature.
General arrangement of reinforcement for all parts of the steel skeleton.

1° Mise en place des armatures.

En ce qui concerne la mise en place des armatures, les cahiers des charges doivent prescrire aux constructeurs, l'emploi de dispositifs efficaces tels que des cales par exemple pour le maintien des intervalles nécessaires pendant les opérations de ferraillage et de coulée du béton.

2° Compacité du béton: vibration et pervibration.

Par ailleurs, la nécessité d'obtenir un béton compact a conduit les constructeurs à provoquer artificiellement l'agitation du béton pendant la coulée pour faciliter le cheminement de ses éléments à travers les armatures et réaliser un „tassement" aussi poussé que possible. Ainsi qu'on le sait, la mise en vibration est provoquée par des appareils vibrateurs agissant tantôt sur les coffrages ou les armatures, tantôt à la surface même du béton comme dans les revêtements ou les hourdis, tantôt dans la masse même du béton (béton „per vibré") au moyen de vibrateurs „flottant" dans la dite masse.

Sous l'influence de cette mise en vibration, la compacité et la densité augmentent et, dans une certaine mesure, l'étanchéité et même la résistance. Du béton de consistance assez sèche placé dans une boîte plate — pour le moulage des dalles, par exemple — qu'on agite par secousses courtes et très rapides, diminue sensiblement de volume et se loge de mieux en mieux dans

le réseau des armatures. Il devient donc évidemment plus compact, c'est à dire moins poreux ce qui évite les infiltrations et la corrosion par les fumées et autres agents nocifs.

Tous les ponts récents sont exécutés en béton vibré ainsi que le prescrivent du reste les cahiers des charges, notamment ceux du Réseau du Nord Français.

A cette occasion, il convient de signaler que les chalands en béton armé de faible épaisseur qui ont servi au déplacement du cintre unique utilisé pour l'exécution des trois arches du pont Albert Louppe sur l'Elorn à Plougastel (Bretagne) sont restés parfaitement étanches pendant le transport malgré la pression extérieure, grâce à la compacité du béton vibré qui les constitue.

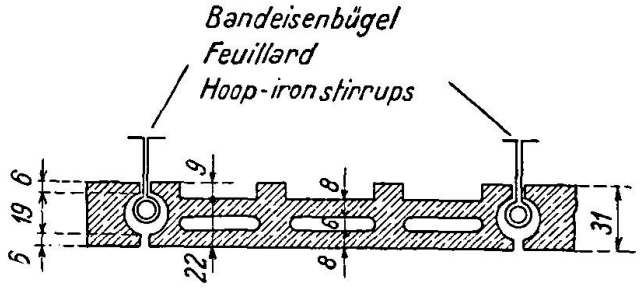

Fig. 23.

3° Lutte contre la fissuration.

Les fissures semblent résulter, notamment, du retrait. Bien qu'elles soient généralement superficielles, il convient de se prémunir contre leur développement possible en prenant toutes les dispositions voulues pour réduire l'importance du retrait, en agissant sur la granulométrie, sur la quantité d'eau de gâchage qui apparait comme un des facteurs les plus importants, ainsi que sur les moyens de mise en oeuvre.

Il est, en outre, souvent possible de prendre des dispositions pour qu'une partie importante du retrait d'un ouvrage soit effectuée avant son achèvement, ou avant la liaison de ses différentes parties entre elles, ou avant sa fixation définitive sur ses appuis. Il y a donc lieu d'encourager les constructeurs à rechercher les moyens propres à diminuer les effets du retrait.

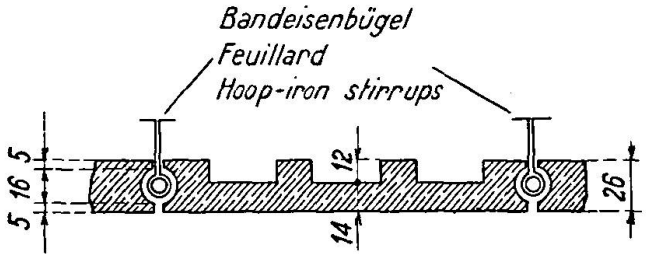

Fig. 24.

b) Dispositifs spéciaux de protection.

Les dispositifs de protection qui ont été essayés par certains Réseaux non persuadés de l'immunité du béton bien fait contre l'action des agents atmosphériques et des fumées peuvent être rattachés à deux grandes classes:

α) les revêtements;
β) les masques.

a) Revêtements.

Les revêtements sont directement appliqués sur le béton.

Ils comprennent:

1° les revêtements en briques spéciales;
2° les revêtements en planches;
3° les enduits de ciment;
4° les peintures.

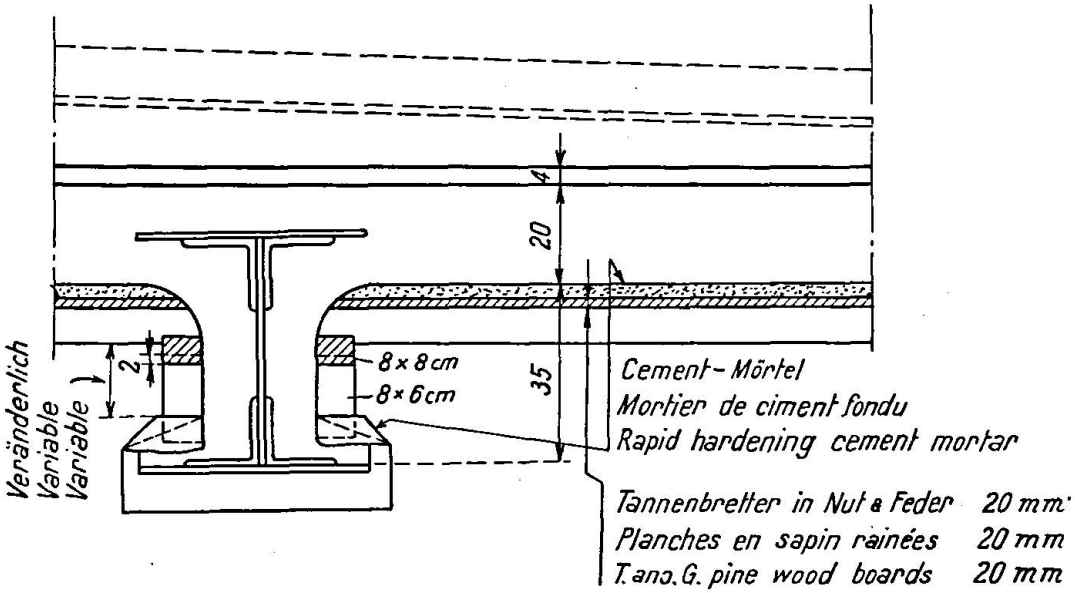

Fig. 25.

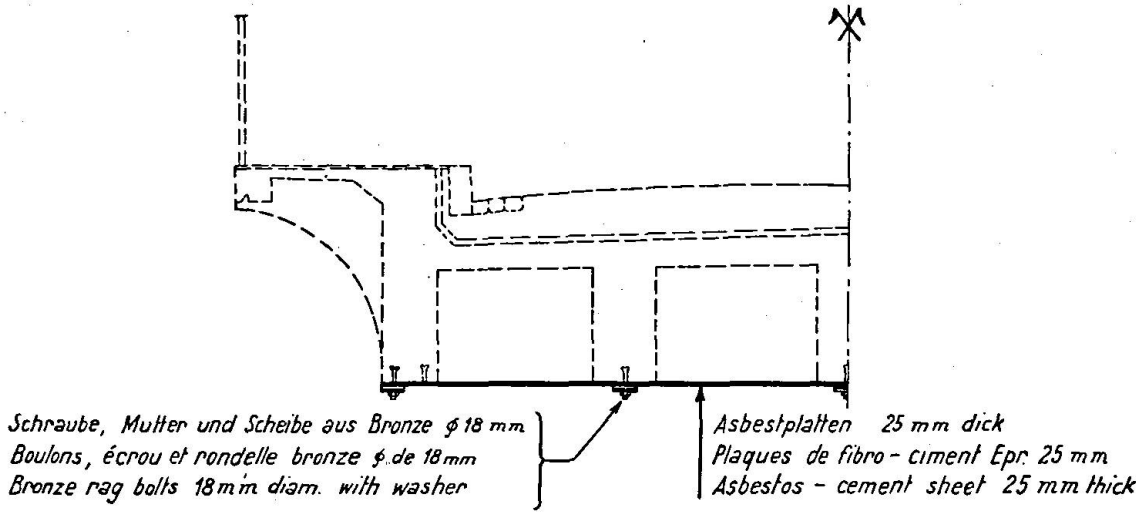

Fig. 26.

1° Revêtements en briques spéciales.

Des revêtements de l'espèce sont employés par le Réseau de l'Etat: des briques spéciales Poyet (fig. 23) ou Lambert (fig. 24) posées à bain de mortier de ciment après remplacement préalable, s'il y a lieu, des parties mauvaises et renforcement des armatures, ont donné de bons résultats.

Le Réseau de l'Etat emploie également ce mode de revêtement sur des ouvrages neufs. Les briques de l'espèce doivent être soumises à une réception sévère.

2° Revêtements en planches.

Des revêtements de hourdis en planches jointives sur mortier de ciment fondu ont été utilisés, notamment sur le Réseau de l'Etat (fig. 25). Ces revêtements semblent également donner satisfaction.

3° Enduits de ciment.

Par contre, des enduits comprimés en ciment appliqués après construction, expérimentés par les Réseaux de l'Etat et des Ceintures, n'ont pas donné satisfaction, l'adhérence étant mauvaise. Des enduits riches en ciment incorporé, au contraire, au moment du coffrage du béton paraissent devoir donner de bons résultats.

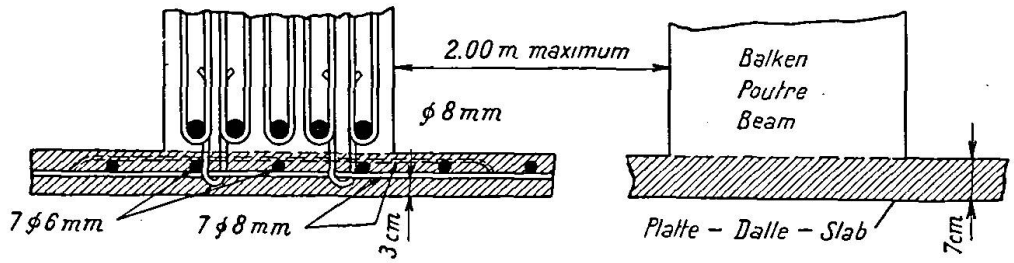

Fig. 27.

4° Peintures.

De nombreux produits pour la protection du béton ont été proposés. Certains d'entre eux ont été mis à l'essai sur les Réseaux et se sont bien comportés, les fumées de locomotives notamment, ne paraissant pas leur avoir fait subir d'atteintes sensibles.

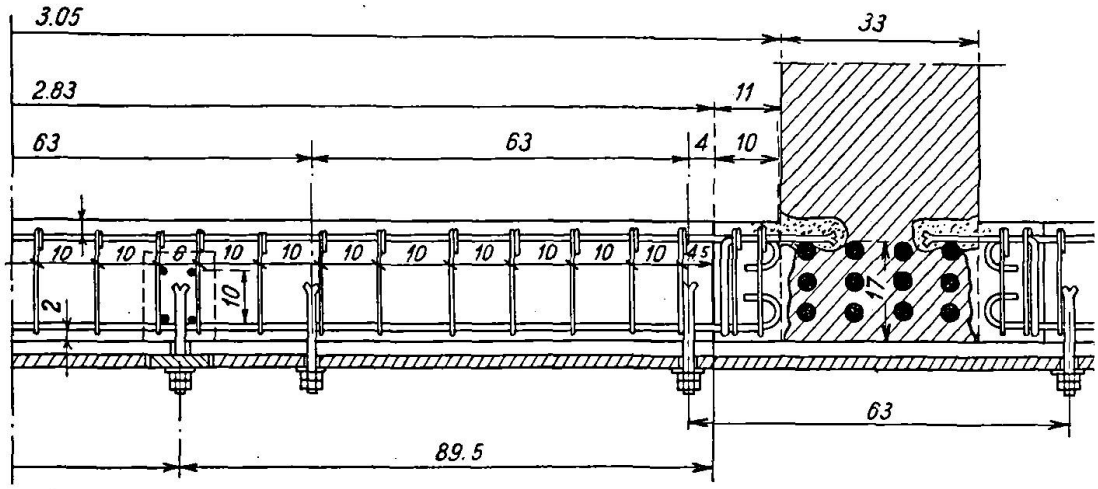

Fig. 28.

β) Masques.

On classera dans les masques les modes de protection qui ne sont pas directement appliqués sur le béton.

Ils comprennent:

1° les parafumées;
2° les planchers totaux ou partiels.

1° Parafumées.

Différents réseaux ont utilisé des parafumées en panneaux de fibro-ciment. Il semble que ce mode de protection soit peu recommandable en raison de sa fragilité et des difficultés de visite.

2° Planchers.

Certains réseaux, notamment le P. L. M., prévoient sous les tabliers nervurés en béton armé un platelage général de protection en fibro-ciment (fig. 26) ou en béton armé à dosage riche (fig. 27 et 28) situé dans le plan inférieur des poutres principales. Des ouvertures sont ménagées, s'il y a lieu, dans ce platelage, pour permettre la visite des encaissements.

La fixation du fibro-ciment se fait par boulons en bronze scellés dans l'ossature.

L'épaisseur des plaques qui semblent particulièrement efficaces et durables doit être d'au moins 25 m/m pour leur permettre de résister à la violence des jets de vapeur et de fumée lancés par les locomotives.

C. Conclusions.

Les modes de protection, qui viennent d'être examinés ne semblent pas indispensables. Ils alourdissent et compliquent par ailleurs la construction. C'est surtout du mode et des qualités d'exécution que dépend la bonne tenue de la construction.

L'auto-protection du béton réalisée par une mise en place correcte des armatures, une compacité complète de la masse et un mode opératoire soigné évitant d'exposer tout ou partie de l'ouvrage à l'action des surcharges, avant prise complète du ciment, semblent constituer le meilleur remède contre les agents atmosphériques et les fumées, dont l'action purement chimique sur le béton même parait négligeable.

Résumé.

Les agents atmosphériques et notamment les fumées ont une action corrosive très vive sur les constructions métalliques et peuvent également entraîner des détériorations importantes des ouvrages en béton armé.

La résistance à la corrosion des ouvrages métalliques dépend à la fois:

Des dispositions générales de leur construction dont les plus recommandables sont indiquées.

Des dispositifs spéciaux de protection qu'ils comportent et qui comprennent les revêtements anti-rouille (peintures, enrobements, métallisation par projection) et les masques (parafumées et planchers).

De la nature du métal qui les constitue.

Aucun des dispositifs de protection jusqu'ici employés n'est absolument sans défaut mais l'emploi simultané d'aciers „inoxydables“ et d'une peinture métallique de bonne qualité semble constituer le remède le plus simple et le plus économique contre la corrosion d'ouvrages correctement établis, sauf à le compléter, au droit de l'échappement des machines par des dispositifs appropriés.

Les ouvrages en ciment armé bien exécutés résistent à l'action des agents atmosphériques et des fumées, action qui n'est guère nocive que pour les armatures. L'auteur indique les dispositions à adopter dans la construction tant pour l'étude que pour l'exécution. Il décrit ensuite des dispositifs spé-

ciaux de protection qui ont été parfois employés mais qui ne sont pas indispensables et qui comprennent:

Des revêtements (revêtements en briques spéciales, revêtements en planches, enduits de ciment, peintures)

et des masques (parafumées, planchers).

Zusammenfassung.

Die atmosphärischen Einflüsse und besonders der Rauch haben eine stark angreifende Wirkung auf Stahlbauten und können auch Zerstörungen an Eisenbetonbauwerken verursachen.

Der Widerstand von Stahlbauten gegen diese Angriffe hängt gleichzeitig von folgendem ab:

Allgemeine Anordnung, wofür die empfehlenswertesten angegeben sind.

Besondere Schutzanordnungen daran, wie die Verkleidung gegen Rost (Anstriche, Umhüllungen, Metallisierung mit Druckspritzverfahren), sowie Schutzschilder (Rauchschilder und Platten).

Art des Metalles.

Keines der bis jetzt angewendeten Schutzmittel ist absolut sicher, sondern die gleichzeitige Verwendung von rostfreien Stählen und guten metallischen Anstrichen scheint das einfachste und billigste Verfahren gegen die Korrosion darzustellen. Daneben kann es noch über dem Lokomotivkamin durch besondere Anordnungen ergänzt werden.

Gut ausgeführte Eisenbetonbauten widerstehen den atmosphärischen Einflüssen und dem Rauch, die fast nur die Bewehrung angreifen. Der Verfasser zeigt die Anordnungen, die beim Entwurf und der Ausführung angewendet werden können. Er beschreibt daraus die besonderen Schutzeinrichtungen, die schon ausgeführt worden sind. Sie sind aber nicht absolut notwendig. Sie bestehen aus:

Verkleidungen (Verkleidungen mit besondern Steinen und Platten, Zementüberzüge, Anstriche).

Schutzschilder (Rauchschilder und Platten).

Summary.

The atmospheric influences and particularly smoke fumes have a strong attacking influence on steel structures and are capable too of causing destruction of reinforced concrete constructions.

The resistance of steel structures against such influences depends simultaneously on:

General arrangements, of which the most important are stated.

Special protection, such as coverings against rust (painting, encasings).

Spray-metal protection; smoke shields etc.

Nature of metal.

None of the means of protection up to-now in use can offer absolute protection. The simultaneous use of rustless steels and good quality metal points seems to offer the best and cheapest protection against corrosion. Special arrangements above locomotive-chimneys may still be required. Well-executed reinforced concrete structures withstand well to atmospheric influences, which only attack the reinforcements. The author shows arrangements which can be employed in project and execution. He describes particular arrangements of protection, which were executed, such as:

Encasing of special stones and slabs, cement coverings, paints protection shields etc.

Leere Seite
Blank page
Page vide