

Ponts économiques démontables en acier

Autor(en): **Orpiszewski, J.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes**

Band (Jahr): **16 (1890)**

Heft 3 & 4

PDF erstellt am: **30.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-15708>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

qui se produira à leur aval, mais ils ne seront jamais entraînés bien loin et ils tendront à s'enfoncer peu à peu dans le lit par suite des affouillements successifs opérés autour d'eux ; de sorte qu'après plusieurs rechargements successifs, le lit se trouvera à l'aval du contre-barrage, plus consolidé que jamais par une sorte de pavage en gros blocs, ayant une largeur tout simplement plus grande que celle qu'on lui avait attribuée au début.

(Note extraite du *Traité pratique du reboisement des montagnes*, par M. P. Demontzey.)

PONTS ÉCONOMIQUES DÉMONTABLES EN ACIER ¹

par J. ORPISZEWSKI, ingénieur.

Planches Nos 41, 42 et 43.

L'invention d'un modèle de pont bon marché et facilement transportable, constitue un problème de l'art de l'ingénieur aussi intéressant qu'important. L'utilité d'une invention semblable s'est toujours fait sentir au militaire, surtout maintenant que la rapidité des mouvements et la facilité des communications sont une des préoccupations les plus importantes de tous les états-majors. Les ponts transportables présentent aussi de grands avantages au civil dans les pays où les moyens de communication sont encore peu développés, ainsi que dans les cas d'interruption de communications importantes. Aussi les compagnies de chemins de fer devraient-elles en avoir toujours en approvisionnement ; ces ponts pourraient même servir pendant la construction et remplacer avantageusement les ponts provisoires.

Les premiers essais de réalisation du problème sont dus à M. Eiffel ; déjà en 1879 il avait créé un type de pont démontable en acier, dont on a fait une large application d'abord en Cochinchine et au Tonkin pendant la campagne, et plus tard en France même, surtout dans des buts militaires ; l'usage s'en est maintenant généralisé et les compagnies de chemins de fer français s'en servent également. — Dans ces derniers temps les ponts de l'ingénieur Brochocki ont aussi attiré l'attention concurremment avec ceux du système Eiffel.

Nous dirons donc quelques mots sur ces deux systèmes de ponts.

Ponts démontables système Eiffel.

Ces ponts se composent, comme les ponts ordinaires, de poutres principales de rive, reliées par des entretoises ; les entretoises sont reliées par des longerons qui portent le platelage. La construction est complétée par des contreventements horizontaux et un treillis. Les poutres principales se composent de trois sortes d'éléments : panneaux triangulaires ou courants, panneaux extrêmes ou demi-panneaux et pièces droites.

Panneaux courants triangulaires. Ils se composent de triangles formés de cornières assemblées avec des goussets, le tout est rivé à l'atelier. Chaque panneau (fig. 1) forme un élément invariable. Tous les panneaux sont assemblés identiquement, c'est-à-dire que les cornières sont toujours tournées uniformément par rapport aux goussets, de façon à ce que chaque panneau présente une surface plane et que l'on puisse toujours appliquer un panneau contre l'autre.

¹ Travail tiré de l'article de M. Zielinski, ingénieur des ponts et chaussées, dans la *Revue technique* de Varsovie, janvier et février 1890.

Demi-panneaux extrêmes. Ils sont semblables aux précédents comme construction, le montant vertical est seulement renforcé par une contre-fiche (fig. 2).

Pièces droites. Ce sont de simples cornières qui servent à former les semelles inférieures. La fig. 3 montre le mode d'assemblage de ces pièces pour former une poutre. Les panneaux courants sont placés les uns à la suite des autres en deux séries juxtaposées et en croisant les joints, il ne reste plus qu'à relier les sommets inférieurs des triangles pour former la poutre. Ces sommets sont reliés par les pièces droites qui sont boulonnées à l'aide de forts boulons en acier. La poutre est terminée par un demi-panneau. Nous donnons à la suite fig. 5-14 les diagrammes de diverses combinaisons de ce système. Les trous qui laissent passer les boulons d'assemblage sont percés avec le plus grand soin, et les boulons remplissent très exactement le vide.

Entretoises. Les entretoises relient les poutres principales, qu'elles dépassent un peu. Elles sont boulonnées aux montants verticaux et portent une contre-fiche.

Contreventements horizontaux. Enfin la stabilité latérale est donnée par des contreventements horizontaux généralement en fers plats assemblés aux entretoises.

Toutes les pièces sont en acier, ce qui rend la construction relativement très légère parce qu'on peut sans aucune crainte admettre 10 à 12 kilos par mm² dans les calculs de résistance. On pourrait diminuer les poids en faisant varier les sections mais on perdrait le grand avantage de l'uniformité des pièces. Ces ponts sont, malgré leur légèreté et leurs assemblages à boulons, remarquablement rigides, et ne le cèdent en rien aux ponts rivés. Au reste on sait que les Américains chez lesquels les constructions métalliques sont très employées, ont beaucoup plus largement appliqué dans leurs ouvrages définitifs les assemblages à boulons que les constructeurs européens.

Le groupement des panneaux constitue une vraie poutre à treillis dont les éléments sont absolument invariables ; malgré un très léger jeu que l'on ne peut éviter dans les assemblages à boulons, on peut dire qu'il n'y a aucun déplacement appréciable des panneaux les uns par rapport aux autres. Il n'y aurait qu'une déformation des éléments triangulaires qui puisse amener un gauchissement de la poutre ; au reste les faibles flèches que ces ouvrages ont données dans les essais sont un garant de leur bonne conception.

Les ponts du système Eiffel se montent très facilement et très rapidement. Le nombre des pièces a été réduit au minimum, elles sont très faciles à distinguer les unes des autres, et les pièces de même espèce sont identiques, en sorte qu'on peut les croiser sans aucun inconvénient et se servir d'ouvriers quelconques pour le montage.

Piles et culées. On fait aussi de la façon la plus élémentaire les piles et les culées. Le bord de la rivière légèrement consolidé sert de culée, on pose à terre une pièce de bois qui reçoit la poutre. D'autres fois, si la rive est trop plate on fait une petite culée en maçonnerie brute ; souvent deux pieux moisés à leur sommet en font l'office ; en Cochinchine et au Tonkin pour beaucoup de ponts de ce système on s'est servi de pieux à vis moisés.

Les ponts Eiffel sont calculés une fois pour toute, on fabrique les pièces sans nouvelles études. Mais on peut avec quelques

modifications, créer des types correspondant à des ouvertures et à des surcharges variables. Si la largeur de l'espace à franchir dépasse l'ouverture maxima admissible pour la résistance de section dont on dispose, on peut encore se servir de la même section de poutre en plaçant quelques palées et la faisant travailler comme une poutre continue. Les palées seront formées de pièces de charpente ou de pieux à vis en fer. Les fig. 12 et 13 représentent une disposition de ce genre ainsi que le montage proposé par M. Eiffel. On monte la poutre sur la rive et on la glisse, la poutre sert elle-même de pont de service pour la construction des palées. Les moises qui sont destinées à relier la tête des pieux servent de guide pour leur fonçage.

La poutre représentée sur le dessin est du type de 1^m56 de hauteur, l'ouverture maxima pour ce type est de 15 m.; cette poutre peut, si elle est convenablement chargée sur ses travées antérieures, supporter en port à faux un poids de 1 $\frac{1}{2}$ tonne représentant le poids des pieux et des ouvriers. On peut enfin, si cela ne suffit pas ou si on ne veut pas faire de palées intermédiaires, grouper les éléments de façon à avoir une hauteur double (fig. 14, 15, 16) et arriver avec ce même type à 30 m. de portée.

Type pour chemin de fer. Ce type est exécuté suivant les mêmes principes que les précédents; le type pour voie normale de 1^m50 se compose aussi de panneaux triangulaires (fig. 17) et de demi-panneaux (fig. 18) ainsi que de pièces droites. On peut former deux sortes de poutres :

1° Poutres à double treillis de 3^m08 de hauteur pour portées allant de 3 m. en 3 m. jusqu'à 30 m. d'ouverture.

2° Poutres à double treillis et de hauteur double 5^m90, pour portées allant de 3 m. en 3 m. jusqu'à 45 m. d'ouverture.

Ce système qui permet de doubler les treillis et la hauteur de la poutre est fort avantageux puisque l'on peut atteindre des portées aussi considérables sans aucun danger; il faut ajouter qu'en moyenne le poids du mètre courant est faible comme on peut le voir dans le tableau suivant. Les fig. 19 et 20 représentent un exemple de poutre pour chemin de fer assemblée pour 45 m. d'ouverture. Ces poutres sont calculées pour pouvoir supporter de 5000 à 5300 kilos de surcharge par mètre courant pour 45 m. d'ouverture avec un coefficient de résistance maximum de 12 kilos par millimètre carré. Le poids des éléments est faible, ils peuvent tous être facilement maniés, la pièce la plus lourde c'est l'entretoise qui pèse 440 kilos. Le panneau triangulaire pèse 415 kilos, toutes les autres pièces sont beaucoup plus légères. Comme dimension ces pièces sont exécutées de manière à avoir place sur un wagon plat sans dépasser nullement les gabarits de chargement des chemins de fer français. Le montage se fait aussi comme pour les ponts route, à moins qu'on ne préfère le faire sur place avec des échafaudages. Quand on fait glisser la poutre après l'avoir assemblée sur la rive, on se sert d'un *avant-bec* fait toujours suivant le même système, il pèse au total 1205 kilos et a 12 m. de longueur.

Le lancement peut se faire soit en faisant avancer le pont sur de petits wagonnets spéciaux, soit au moyen de galets. Pour un pont de 21 m. de portée il faut six wagonnets et 25 m. de voie ou bien 10 galets qui avec leurs plateaux pèsent 550 kilos. Pendant le lancement on charge la partie restée à terre pour en porte à faux. Dans les constructions de ce genre faites par

équilibrer celle l'armée ce sont les soldats eux-mêmes qui servent de contre-poids.

Le lancement se fait de la manière suivante :

Sur la plate-forme où s'assemble la construction on dispose des galets, 5 paires sont suffisantes; le pont monté, il suffit de 8 hommes pour le faire avancer sur ces galets; lorsqu'il a avancé de 14 m., il faut charger la partie antérieure de 2000 kilos au moins pour contrebalancer le poids du porte à faux. On continue ensuite à le faire avancer jusqu'à ce que l'avant-bec ait touché la rive opposée; on transporte alors sur l'autre rive les galets devenus libres, on les installe sous l'avant-bec et l'on termine l'opération. Il ne reste plus qu'à démonter l'avant-bec, faire le platelage et la pose de la voie. Le lancement d'un pont de 21 m. d'ouverture ne prend pas plus d'une heure, on ne compte pas plus de 2 heures pour le grand modèle de 45 m. d'ouverture qui n'exige non plus aucun engin spécial pour être mis en place.

Systeme Brochocki.

Ces ponts ne se composent que de pièces droites de faible longueur et absolument symétriques à leurs extrémités, en sorte que pour monter le pont on peut les prendre indifféremment dans tous les sens. Leur forme les rend très faciles à transporter. La plupart des assemblages se font au moyen de tourillons clavetés passant dans des œillets d'acier; quelques autres sont encore plus simples, ils se composent seulement d'une boucle et d'un crochet. Il est facile de concevoir qu'avec une semblable disposition le montage d'un pont doit s'effectuer facilement et très vite. Les ponts du système Brochocki se composent de deux poutres de rives munies d'entretoises et de contreventements en haut et en bas. Les entretoises inférieures soutiennent les longerons sur lesquels repose le platelage. Toutes les pièces sont en acier et peuvent se classer en 5 types :

1° *Pièces des poutres principales* (fig. 24). Ces pièces, semelles et barres de treillis sont terminées à chaque extrémité par des œillets en acier forgé; pour assembler les pièces entre elles on fait entrer dans ces œillets des tourillons qui sont ensuite clavetés; ces assemblages constituent les nœuds du treillis.

2° *Entretoises inférieures et supérieures.* Elles sont terminées à chaque extrémité par les tourillons en acier forgé qui servent à l'assemblage et dont nous venons de parler (fig. 25). En outre, ces entretoises portent des boucles qui servent à accrocher les contreventements horizontaux, ainsi que des morceaux de cornières et des étriers pour recevoir le platelage et les longerons (fig. 28).

3° *Contreventements horizontaux.* Dans chaque angle formé par les entretoises et les poutres principales s'accroche une barre de contreventement, elles se réunissent au milieu du pont et sont assemblées au moyen d'un boulon et d'un écrou (fig. 29). On peut donc les tendre à volonté.

4° *Longerons* (fig. 28). Ce sont des poutrelles qui passent dans un étrier rivé aux entretoises; elles s'accrochent chacune à la poutrelle suivante et forment un longeron continu.

5° *Contre-fiches.* Petites pièces d'acier munies à une extrémité d'un crochet au moyen duquel elles peuvent être attachées aux entretoises et à l'autre extrémité d'un œillet où peut passer

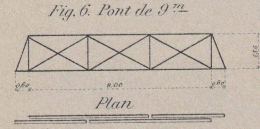
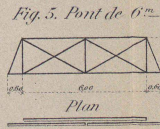
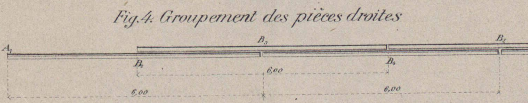
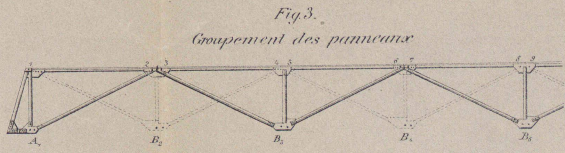
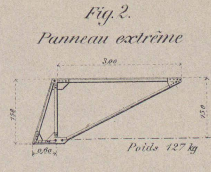
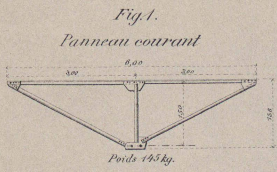
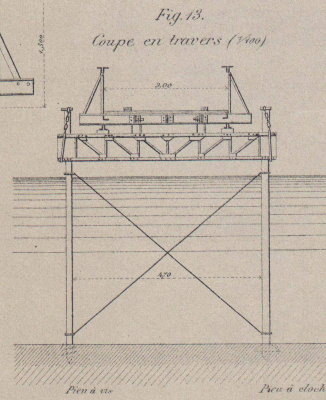
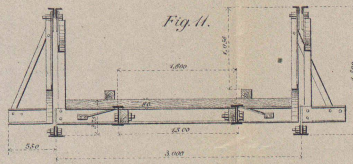
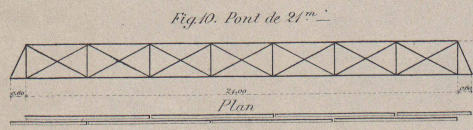
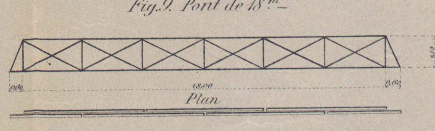
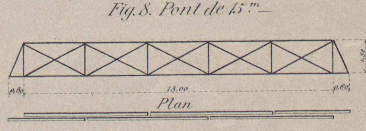
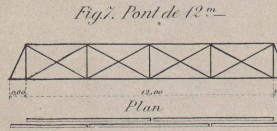
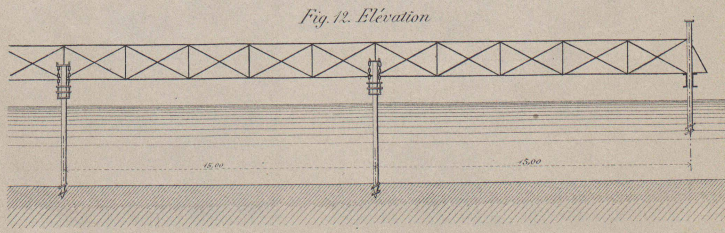


Diagramme de l'arrangement de poutres avec des panneaux de 6^m - (Fig. 5 à 10)



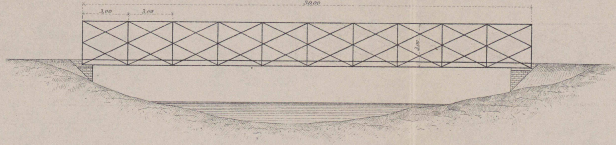
Poutre continue sur pieux à vis (Fig. 12, 13)



Seite / page

leer / vide /
blank

Pont assemblé de hauteur double
Fig. 15.—Elevation (1/20)



Poids par mètre-cube

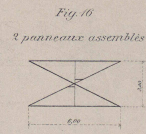


Fig. 17

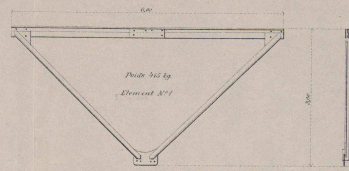
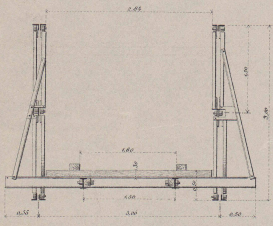


Fig. 15
Coupe en travers (1/2)



Pont de 45m d'ouverture (Fig. 19 et 20)

Fig. 19.—Coupe en travers

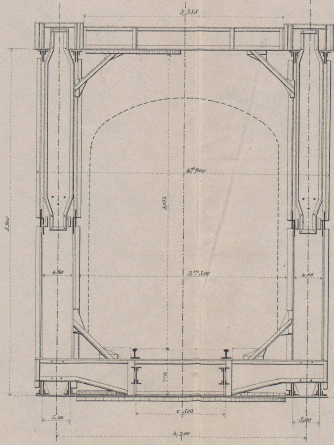


Fig. 20.—Elevation (1/20)

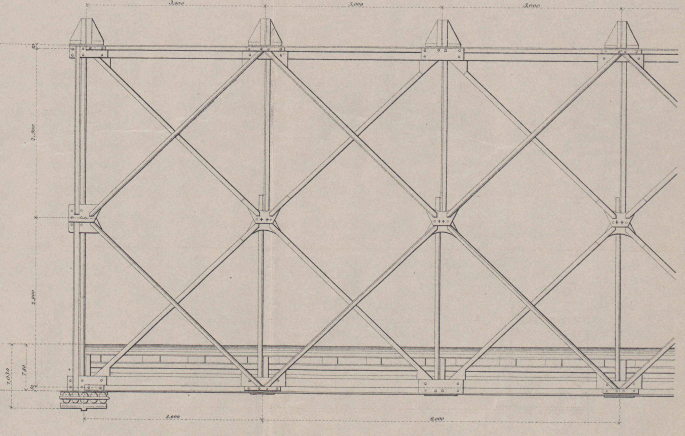
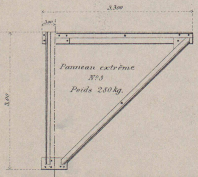
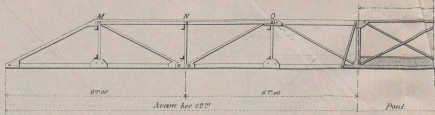


Fig. 18



Avant bec

Fig. 21.—Elevation



Coupe aux points M, N, O.

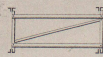
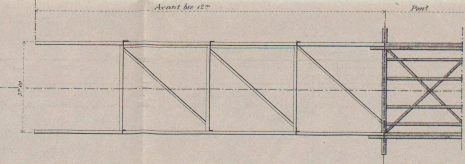
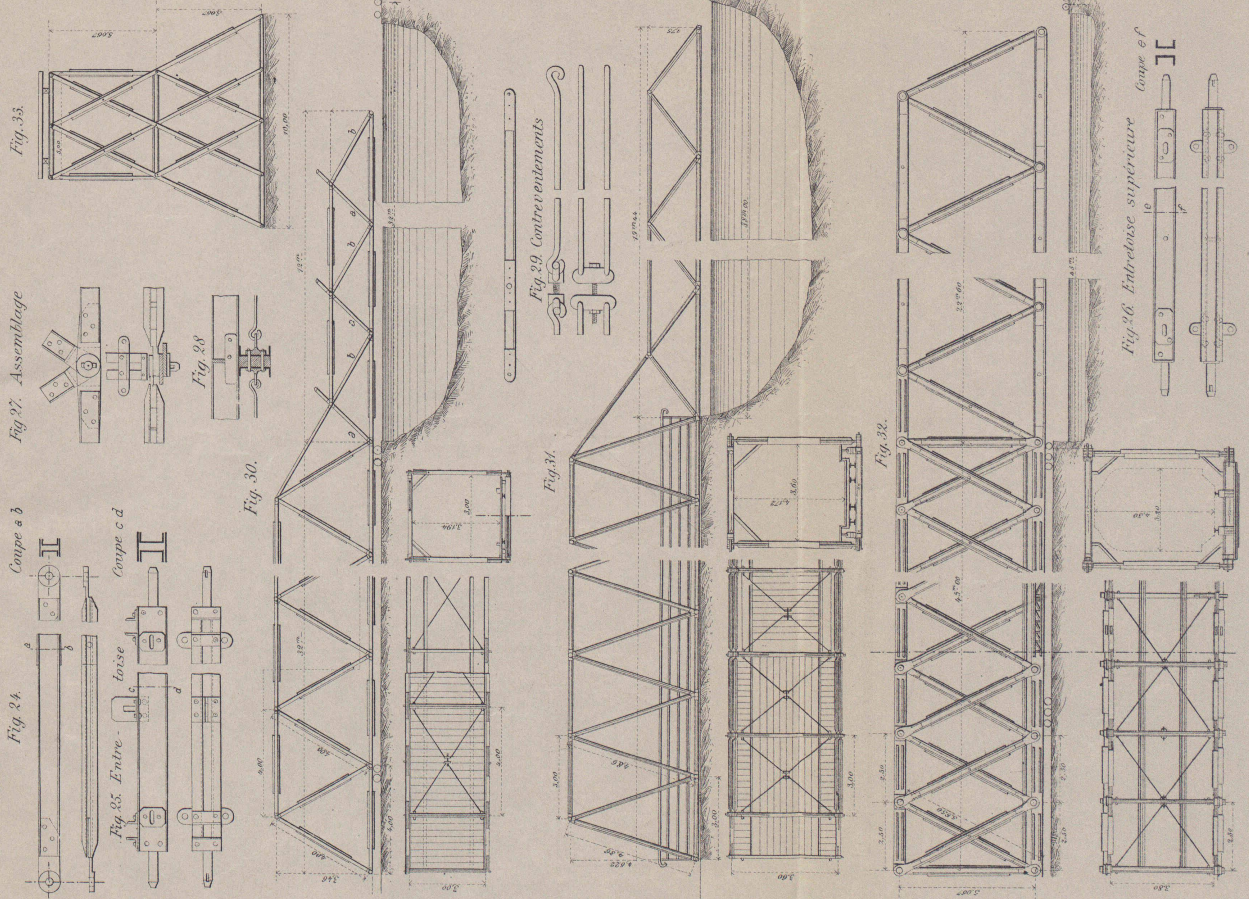


Fig. 23.—Plan



Seite / page

leer / vide /
blank



L. TH. J. CHAMPOLLÉ, L'ÉDITEUR

Seite / page

leer / vide /
blank

PONTS DÉMONTABLES, SYSTÈME EIFFEL

Type et destination du pont	Ouverture	Largeur libre entre les poutres	Hauteur de la poutre	Poids de la construction		Surcharge admise dans les calculs		Observations
				par mètre courant	Total pour la portée maxima	par mètre carré	Genre de surcharge	
	Mètres	Mètres	Mètres	Kg.	Kg.	Kg.		
Passerelle, tablier au sommet	4.40 à 30.80	2.00	1.32	241 à 220	6 761	200 à 150	Foule et bétail.	Platelage reposant directement sur les entretoises.
Passerelle pour soldats, platelage au bas	6 à 24	2.84	1.56	264.5	6 348	300 à 225	Chars d'artillerie pesant 2300 kg., attelés de 6 chevaux à 500 kg. chacun.	Platelage en bois reposant sur 6 longerons en acier.
Pont-route avec deux trottoirs, platelage inférieur	a) 12 à 24	3.80	2.12	560 à 543	13 038	300	Chars de 6 t. à un essieu ou 8 t. à 2 essieux.	Platelage en bois sur 4 longerons en acier.
	b) 12 à 20	3.60		701 à 689	13 778			300
Pont pour chemin de fer Decauville, voie de 0 ^m 60	6 à 21	2.85	2.06	342 à 309	6 486	400 à 300	Locomotive de 6 t. wagons à 900 kg. par m. c.	Voie à la partie inférieure, traverses en bois.
Pont pour chemin de fer à voie étroite de 1 m.	12 à 20	2.85	2.12	485 à 474	10 414	—	Locomotive de 12 t. à 2 essieux avec wagons de 13 t.	Voie à la partie inférieure, posée sur longrines en métal.
Pont pour chemin de fer à voie normale de 1 ^m 50	a) 3 à 15	3.50	3.08	1482 à 1408	42 275	—	Surcharge maxima légale.	Voie à la partie inférieure, pas d'entretoises à la partie supér.
	b) 15 à 45	3.50	5.90	1956 à 1926	86 670			—

PONTS DÉMONTABLES, SYSTÈME BROCHOCKI

Type et destination du pont	Ouverture	Largeur libre entre les poutres	Hauteur de la poutre	Poids de la construction		Surcharge admise dans les calculs		Observations
				par mètre courant	Total pour la portée maxima	par mètre carré	Genre de surcharge	
	Mètres	Mètres	Mètres	Kg.	Kg.	Kg.		
Passerelle à piétons, platelage en bois à la partie inférieure	3.50 à 31.50	2.00	2.85	150 à 210	6 600	250	Foule ou bétail.	Poutres simples à triangles équilatéraux.
Passerelle pour soldats, platelage en bois à la partie inférieure	4 à 32	3.00	3.20	231 à 269	8 600	233	Infanterie à rangs rompus ou chars militaires de 2500 kg.	
Pont-route avec trottoirs, platelage à la partie inférieure	3 à 36	3.60	4.18	574 à 689	24 800	278	Chars à 1 essieu de 6000 kg., ou de 8000 kg. à 2 essieux.	Poutre simple à triangle isocèle.
Pont pour chemin de fer Decauville, voie de 0 ^m 60	2.40 à 36	3.00	3.68	643 à 700	25 200	400	Train avec véhicules pesant 12000 kg.	Poutre à treillis.
Pont pour voie de chemin de fer régional de 1 m.	2 à 36	3.00	3.81	918 à 1270	46 400	600	Train de locomotives de 28000 kg.	
Pont pour chemin de fer à voie normale de 1 ^m 50	2.50 à 45	3.80	4.58	1092 à 1672	75 200	1053	Train de locomotives pesant 51200 kg., soit charge maxima admise pour les essais.	

un tourillon pour les adapter à une des barres ou des montants du treillis.

De ces pièces on peut faire des ouvrages de différentes portées suivant les combinaisons adoptées, de même qu'avec le système précédent. La poutre (fig. 30) est la plus facile à faire et la plus légère, elle sert pour les transports militaires, les passerelles, les ponts pour les routes n'ayant pas de trop fortes charges à supporter; le type fig. 31, plus résistant, sert pour de plus grandes portées; le type fig. 32 peut être considéré comme type de ponts de chemins de fer; il y a une foule de combinaisons possible. Comme les pièces ne sont pas très lourdes, il y a une limite aux portées, il sera prudent de ne pas dépasser beaucoup une longueur de dix fois la hauteur de l'assemblage. On augmente de 60 % environ la résistance de la poutre en doublant les pièces.

Les pièces des ponts du système Brochocki peuvent encore servir à d'autres usages; on peut en faire l'armature de baraquements ou d'hôpitaux de campagne. Etagées, elles peuvent comme le montre la fig. 33, servir de palées pour les ponts provisoires.

Le montage se fait exactement comme pour les ponts du système Eiffel, on peut les monter sur échafaudage ou sur la rive et les lancer ensuite. Dans ce dernier cas on fait, toujours avec les mêmes pièces, un avant-bec plus léger (fig. 30, 31 et 32). Ces ponts sont construits par la société des forges de Commeny-Fourchambault; un modèle était exposé à l'Exposition de 1889. Les essais faits par le ministre de la guerre en France en 1887 pour des portées de 24 et 32 mètres ont donné des résultats tout à fait satisfaisants et M. Brochocki a été à la suite de ces essais décoré de la Légion d'honneur.

Les ponts du système Brochocki se recommandent surtout par leur grande simplicité et leurs assemblages par tourillons et clavettes qui les garantissent mieux que les boulons du danger de desserrage des pièces. En second lieu, l'avantage de pouvoir faire avec les mêmes pièces beaucoup de combinaisons et même des piles et d'autres constructions est une chose capitale dans les circonstances où ils sont appelés à servir.

Si les ponts du système Eiffel semblent présenter une plus grande rigidité à cause de leurs panneaux triangulaires rivés soigneusement à l'atelier, le système Brochocki offre infiniment plus de facilités de transport et de maniement. Les assemblages du système Brochocki qui n'exigent aucun boulon facilitent le montage, mais dans le système Eiffel une bonne partie des éléments arrive déjà toute montée de l'atelier. Les brillants résultats obtenus par M. Eiffel proviennent aussi, il faut l'avouer, de l'excellente exécution obtenue dans ses ateliers. Nous verrons ce qu'une plus longue application pratique donnera avec ceux du système Brochocki.

La partie délicate des deux systèmes est toujours l'assemblage, et surtout celui des entretoises avec les poutres principales. Dans le système Eiffel l'entretoise repose sur un gousset; soit les rivets du gousset soit la partie de l'entretoise qui travaille par cisaillement ont à subir des efforts très considérables concentrés en ce point. Dans le système Brochocki c'est un tourillon d'acier qui sert de pivot au nœud où ces efforts se concentrent; dans l'un et l'autre système l'assemblage paraît un peu grêle et doit présenter une usure rapide. Nous voudrions ajouter ici quelques prix, malheureusement ce renseignement nous manque, nous avons seulement entendu parler d'une offre d'une

maison suisse qui aurait exécuté des ponts démontables en acier pour le prix de 60-62 centimes le kilos.

Voici maintenant deux tableaux comparatifs des éléments principaux de divers ponts de ces systèmes.

CHEMIN DE FER DE LA JUNGFRAU

NOUVEAU SYSTÈME DE VOIE DE ED. LOCHER.

Traduction de la *Schweizerische Bauzeitung*, par A. VAUTIER.

Les systèmes ordinairement employés dans les chemins de fer de montagnes ne pourraient guère s'appliquer à celui de la Jungfrau, car les deux tiers supérieurs de cette ligne ne pourraient être établis à ciel ouvert à cause des intempéries; ils nécessitent un tunnel.

La traction par locomotive comme au Righi et au Pilate ne serait pas admissible dans un long tunnel à cause de la fumée, d'autre part les chemins funiculaires ne sont pas susceptibles de prendre un grand nombre de voyageurs à la fois et sont trop lents.

Un trajet de deux heures dans un tunnel avec plusieurs changements de voitures, ainsi qu'on l'avait projeté, serait sans contredit peu agréable et il importe d'offrir à la fois un grand nombre de places parce que la Jungfrau présente moins de jours de beau temps que le Righi et le Pilate. Il faut donc, pour que le chemin de fer soit rentable, profiter le plus possible des beaux jours.

Ces considérations m'ont donné l'idée, dit M. Locher, d'un système de voie pour lequel il a été pris un brevet. Voici ses dispositions:

La voie consiste en un tunnel qui s'élève directement, du fond de la vallée, au delà de Lauterbrunnen, jusqu'au sommet de la Jungfrau.

Le tracé est en ligne droite ou en courbes concaves de grands rayons. Le tunnel renferme deux tubes maçonnés de 3 mètres de diamètre placés l'un à côté de l'autre. Dans chacun d'eux circule un wagon de 20 mètres de longueur présentant environ 50 places assises.

L'entrée des wagons est ménagée à leur extrémité supérieure; ils sont éclairés par l'électricité et sont divisés en deux rangées de 25 sièges par un couloir central en escaliers.

Les roues des wagons ne sont pas placées sous la caisse comme cela a lieu ordinairement mais aux extrémités.

Chaque tube présente trois cours de rails, deux en bas et un en haut, à la clef. Les rails, dont la tête est rabotée, doivent être placés très juste, selon la pente et la direction du tunnel et selon la coupe transversale. Ils doivent être très solidement fixés à la maçonnerie.

Les parois du tunnel sont glacées très soigneusement au ciment après la pose des rails. Ce travail peut être fait avec une exactitude suffisante en se servant d'un gabarit tournant autour de l'axe du tube; c'est ce qui a fait choisir la section circulaire pour le tube.

Le wagon cylindrique doit être considéré comme un piston; il est propulsé de bas en haut par de l'air comprimé introduit à la partie inférieure du tube.

Le poids de ce piston chargé de 50 voyageurs sera approximativement de 10 tonnes. Sa section transversale est en nom-