

# ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DU DR. TOULOUSE

1067/0

BIBLIOTHÈQUE

DIRECTEUR

DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE ET GENIE

M. D'OCAGNE

## Ponts Improvisés

Ponts Militaires et Ponts Coloniaux

PAR

G. ESPITALIER ET F. DURAND



ECOLE CENTRALE DE LILLE



D0000004505

AIRIE OCTAVE DOIN

GASTON DOIN, EDITEUR-PARIS

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

106794

*M. Lucas*

1067/0



GASTON DOIN, Éditeur, PARIS

R. C. Seine N° 67.062

En raison des hausses continuelles sur les cartonnages,  
(imposées par les relieurs), le prix du présent ouvrage est  
majoré de 0 fr. 50.

1<sup>er</sup> Mars 1924

10679<sup>h</sup>

1067/0

*M. Kuen*





Octave DOIN et FILS, éditeurs, 8, place de l'Odéon, Paris

---

# ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

Publiée sous la direction du D<sup>r</sup> FOULOUSE,

---

BIBLIOTHÈQUE

## DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE ET GÉNIE

Directeur : M. D'OCAGNE

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées

Professeur à l'École des Ponts et Chaussées

Répétiteur à l'École Polytechnique

---

On oppose assez volontiers, dans le domaine de la mécanique appliquée, l'homme de la théorie à l'homme de la pratique. Le premier, enclin aux spéculations abstraites, est tenu pour préférer aux problèmes qu'offre la réalité ceux qui se prêtent plus aisément aux solutions élégantes et, par suite, pour être disposé à négliger, en dépit de leur importance intrinsèque, telles circonstances qui seraient de nature à entraver le jeu de l'instrument analytique; le second, au contraire, uniquement soucieux des données de l'empirisme, pour regarder toute théorie scientifique comme un luxe superflu dont il vaut mieux se passer.

Ce sont là des tendances extrêmes contre lesquelles il convient de se mettre en garde. S'il est vrai que certains

esprits, séduits par l'imposante beauté de la science abstraite, ont quelque répugnance à se plier aux exigences de la réalité, généralement difficiles à concilier avec une aussi belle harmonie de forme, que d'autres, en revanche, par crainte des complications qu'entraîne à leurs yeux l'appareil analytique, — peut-être aussi, parfois, en raison de leur manque d'habitude à le manier, — tendent à méconnaître les éminents services qu'on en peut attendre, il n'en reste pas moins désirable, pour le plus grand bien des applications, de voir réaliser l'union la plus intime de la théorie et de la pratique, de la théorie qui coordonne, synthétise, réduit en formules simples et parlantes les faits révélés par l'expérience, et de la pratique qui doit, tout d'abord, les en dégager. La vérité est que l'une ne saurait se passer de l'autre, que toutes deux doivent progresser parallèlement. Ce n'est pas d'hier que Bacon l'a dit : « Si les expériences ne sont pas dirigées par la théorie, elles sont aveugles ; si la théorie n'est pas soutenue par l'expérience, elle devient incertaine et trompeuse. »

Développant cette pensée, un homme qui, dans un domaine important de la Mécanique appliquée, a su réaliser, de la façon la plus heureuse, cette union si désirable, s'est exprimé comme suit<sup>1</sup> : « ... La théorie n'a point la prétention de se substituer à l'expérience ni de se poser en face d'elle en adversaire dédaigneux. C'est l'union de ces deux opérations de l'esprit dans une règle générale pour la recherche de la vérité qui constitue l'essence de la méthode : la théorie est le guide qu'on prend au départ, qu'on interroge sans cesse le long de la route, qui instruit toujours par ses réponses, qui indique le chemin le plus sûr et qui découvre l'horizon le plus vaste. Elle saura réunir dans une

<sup>1</sup> Commandant P. CHARBONNIER : *Historique de la Balistique Extérieure à la commission de Gêve*, p. 6.

même explication générale les faits les plus divers, conduire à des formules d'un type rationnel et à des calculs d'une approximation sûre.

« La science aura plus d'audace parce qu'elle aura une base plus large et plus solidement établie. Les résultats expérimentaux, au lieu de faire nombre, viendront à chaque instant contribuer à asseoir la théorie, et ce n'est plus en eux-mêmes que les faits seront à considérer, mais suivant leur place rationnelle dans la science. La théorie saura mettre l'expérimentateur en garde contre les anomalies des expériences, et l'expérience, le théoricien contre les déductions trop audacieuses de la théorie. »

Ces quelques réflexions pourraient servir d'épigraphe à la première moitié de la présente Bibliothèque consacrée à la MÉCANIQUE APPLIQUÉE. Elles définissent l'esprit général dans lequel sont conçus ses volumes : *application rationnelle de la théorie, poussée aussi loin que le comporte l'état actuel de la science, aux problèmes tels qu'ils s'offrent effectivement dans la pratique, sans rien sacrifier des impérieuses nécessités de celle-ci à la plus grande facilité des déductions de celle-là.*

Il ne s'agit pas, dans l'application scientifique ainsi comprise, de torturer les faits pour les forcer à rentrer, vaille que vaille, dans le cadre de théories, plus ou moins séduisantes, conçues à priori, mais de plier la théorie à toutes les exigences du fait ; il ne s'agit pas de forger des exemples destinés à illustrer et à éclairer l'exposé de telle ou telle théorie (comme cela se rencontre dans les Traités de mécanique rationnelle où une telle manière de faire est, vu le but poursuivi, parfaitement légitime), mais de tirer de la théorie toutes les ressources qu'elle peut offrir pour surmonter les difficultés qui résultent de la nature même des choses.

Quand les problèmes sont ainsi posés, ils ne se prêtent généralement pas à des solutions aboutissant directement à

des formules simples et élégantes ; ils forcent à suivre la voie plus pénible des approximations successives : mais définir par une première approximation l'allure générale d'un phénomène, puis, par un effort sans cesse renouvelé, arriver à le serrer de plus en plus près, en se rendant compte, à chaque instant, de l'écartement des limites entre lesquelles on est parvenu à le renfermer, c'est bel et bien faire œuvre de science ; et c'est pourquoi, dans une Encyclopédie qui, comme son titre l'indique, est, avant tout *scientifique*, la Mécanique appliquée a sa place marquée au même titre que la Mécanique rationnelle.

La seconde moitié de la Bibliothèque est réservée aux divers arts techniques dont l'ensemble constitue ce qu'on est ordinairement convenu d'appeler le GÉNIE tant civil que militaire<sup>1</sup> et maritime.

Ici, de par la force même des choses, l'exposé des principes s'écarte davantage de la forme mathématique pour se rapprocher de celle qui est usitée dans le domaine des sciences descriptives. Cela n'empêche d'ailleurs qu'il n'y ait encore, dans la façon de classer logiquement les faits, d'en faire saillir les lignes principales, surtout d'en dégager des idées générales, possibilité d'avoir recours à une méthode vraiment scientifique.

Telle est l'impression qui se dégagera de l'ensemble de cette Bibliothèque dont les volumes ont été confiés à des spécialistes hautement autorisés, personnellement adonnés à des travaux rentrant dans leurs cadres respectifs et, par cela même, pour la plupart du moins, ordinairement détournés du labeur de l'écrivain dont ils ont occasionnellement accepté la charge en vue de l'œuvre de mise au point dont les conditions générales viennent d'être indiquées.

<sup>1</sup> Le mot étant pris dans sa plus large acception et s'étendant tout aussi bien à la technique de l'*Artillerie* qu'à l'ensemble de celles qui sont plus particulièrement du ressort de l'arme à laquelle on applique le nom de *Génie*.

Il convient d'ajouter que le programme de cette Bibliothèque, — dont la liste ci-dessous fait connaître une première ébauche, susceptible de revision et de compléments ultérieurs, — s'étendra à toutes les parties qui peuvent intéresser l'ingénieur mécanicien ou constructeur, à l'exception de celles qui ont trait soit aux applications de l'Électricité, soit à la pratique de la construction proprement dite, rattachées, dans cette Encyclopédie, à d'autres Bibliothèques (29 et 33).

Les volumes seront publiés dans le format in-18 jésus cartonné; ils formeront chacun 400 pages environ avec ou sans figures dans le texte. Le prix marqué de chacun d'eux, quel que soit le nombre de pages, est fixé à 5 francs. Chaque volume se vendra séparément.

Voir, à la fin du volume, la notice sur l'ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE, pour les conditions générales de publication.

---





**TABLE DES VOLUMES**  
**ET LISTE DES COLLABORATEURS**

---

*Les volumes publiés sont indiqués par un \**

---

1. **Statique graphique.**
2. **Résistance des matériaux**, par A. MESNAGER, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées.
3. **Stabilité des constructions.** par A. AURIC et G. PIGEAUD, Ingénieur des Ponts et Chaussées.
4. **Cinématique appliquée. Théorie des mécanismes**, par E. EUVERTE, ancien capitaine d'artillerie.
- \* 5. **Dynamique appliquée**, par L. LECORNU, Ingénieur en Chef des Mines, Professeur à l'École Polytechnique.
6. **Régularisation du mouvement.**
- \* 7. **Chronométrie** par J. ANDRADE, Professeur à la Faculté des Sciences de Besançon.
- \* 8. **Hydraulique générale**, par A. BOULANGER, Professeur à la Faculté des Sciences de Lille.
9. **Pneumatique générale.**
10. **Machines hydrauliques.**
11. **Pompes et ventilateurs.**
12. **Air comprimé.**
13. **Moteurs thermiques**, par E. JOUGUET, Ingénieur au corps des Mines.
14. **Machines à vapeur**, par F. CORDIER, Chef d'escadron d'artillerie.
15. **Machines à combustion interne**, par A. WITZ, Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille, Correspondant de l'Institut.

16. Turbines à vapeur, par le Commandant F. CORDIER.
17. Chaudières et condenseurs, par le Commandant F. CORDIER.
- 18 a. Outils et machines-outils pour le travail des métaux sans enlèvement de matière, par C. CODRON, Ingénieur, Professeur à l'Institut industriel de Lille.
- 18 b. Outils et machines-outils pour le travail des métaux par enlèvement de matière, par C. CODRON.
- 18 c. Outils et machines-outils pour le travail du bois, par C. CODRON.
- 18 d. Machinerie de l'industrie du tabac et des matières similaires, par E. BELOT, Directeur des tabacs au Havre.
19. Appareils de levage, par G. ESPITALIER, Lieutenant-colonel du génie territorial.
20. Câbles téléodynamiques et transporteurs aériens, par A. GISCLARD, Lieutenant-colonel du génie territorial.
21. Mécanique des explosifs, par E. JOUQUET.
- \*22 a. Balistique extérieure rationnelle. Problème principal, par P. CHARBONNIER, Chef d'escadron d'Artillerie coloniale.
- \*22 b. Balistique extérieure rationnelle. Problèmes secondaires, par le Commandant CHARBONNIER.
- 22 c. Balistique extérieure expérimentale, par le Commandant CHARBONNIER.
- \*22 d. Balistique intérieure, par le Commandant CHARBONNIER.
- 22 e. Tir des armes portatives, par H. BATAILLER, Capitaine d'artillerie.
- \*23. Résistance et construction des bouches à feu, par L. JACOB, Colonel d'artillerie coloniale, Directeur du Laboratoire central de la Marine.
- \*24. Mécanique des affûts, par J. CHALLÉAT, Capitaine d'artillerie.
25. Armes automatiques, par L. CHAUCHAT, Chef d'escadron d'artillerie.
- \*26. Artillerie de campagne, par J. PALOQUE, Lieutenant-Colonel d'artillerie, professeur à l'École supérieure de Guerre.

- 26 a. Artillerie navale. Canons, Poudres, par le Colonel JACOB.
- 26 b. Artillerie navale. Projectiles, Affûts, Tourelles, Tir, par le Colonel JACOB.
27. Théorie du navire, par M. BOURDELLE, Ingénieur de la Marine, Professeur à l'École du Génie maritime
- 28 a. Constructions navales. Coque, par J. ROUGÉ, Ingénieur principal de la Marine.
- 28 b. Constructions navales. Accessoires, par J. ROUGÉ.
29. Machines marines, par P. DROSNE, Ingénieur de la Marine.
30. Chaudières marines, par P. DROSNE, Ingénieur de la Marine.
31. Torpilles.
32. Navigation sous-marine, C. RADIGUER, Ingénieur de la Marine.
33. Navigation aérienne, par R. SOREAU, Ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique.
- \*34. Technique du Ballon, par G. ESPITALIER.
- 35 a. Ponts en maçonnerie. Calculs et construction, par A. AURIC, Ingénieur des Ponts et Chaussées.
- \*35 b. Ponts métalliques. Calculs, par G. PIGEAUD, Ingénieur des Ponts et Chaussées.
- 35 c. Ponts métalliques. Construction, par G. PIGEAUD.
- 35 d. Ponts suspendus et Ponts à transbordeur, par LEINEKUGEL LE COCQ, Ingénieur de la Marine, Ingénieur de la maison F. ARNODIN, et G. ARNODIN Ingénieur constructeur.
36. Infrastructure des routes et chemins de fer.
37. Chemins de fer. Superstructure.
- \*38. Locomotives à vapeur, par J. NADAL, Ingénieur au corps des Mines, Adjoint à l'ingénieur en chef du matériel des chemins de fer de l'Etat.
- 39 a. Chemins de fer. Matériel de transport. Voitures à voyageurs, par E. BIARD, Ingénieur principal à la C<sup>ie</sup> de l'Est.
- 39 b. Wagons à marchandises, par E. BIARD.
- 39 c. Freinage du matériel de chemin de fer, par P. GOSSEREZ, Ingénieur au service du matériel roulant à la C<sup>ie</sup> de l'Est.

- 40. Chemins de fer. Exploitation technique.
- 41. Chemins de fer d'intérêt local.
- 42. Chemins de fer funiculaires et à crémaillère.
- 43. Tramways urbains.
- 44. Automobiles, par E. BORSCHNECK, Capitaine du Génie.
- 45. Bicyclettes et motocyclettes.
- 46. Navigation intérieure. Rivières et Canaux.
- 47. Fleuves à marées et estuaires, par L. L. GODARD, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.
- 48. Travaux maritimes.
- \* 49. Phares et signaux maritimes, par RIBIÈRE, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.
- 50. Hydraulique urbaine et agricole.
- 51 a. Mines. Méthodes d'exploitation, par L. CRUSSARD, Ingénieur au corps des Mines, Professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne.
- 51 b. Mines. Grisou, Explosions, Aérage, par L. CRUSSARD.
- 51 c. Mines. Travaux au rocher et Services généraux.
- \* 52. Ponts improvisés, par G. ESPITALIER et F. DURAND, Capitaine du Génie.
- \* 53 a. Fortification cuirassée, par L. DE MONDÉSIR, Lieutenant-Colonel du Génie, Professeur à l'École supérieure de Guerre.
- 53 b. Technique des cuirassements et bétonnage des places fortes, par G. ESPITALIER.

NOTA. — La collaboration des auteurs appartenant aux armées de terre et de mer, ou à certaines administrations de l'État, ne sera définitivement acquise que moyennant l'approbation émanant du ministère compétent.

---

# ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

du D<sup>r</sup> TOULOUSE, Directeur de Laboratoire à l'École  
des Hautes-Études.

Secrétaire général : H. PIÉRON, Agrégé de l'Université.

---

## BIBLIOTHÈQUE DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE ET GÉNIE

Directeur : M. D'OCAGNE

Ingenieur en chef des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées  
Répétiteur à l'École polytechnique.

---

# PONTS IMPROVISÉS



# PONTS IMPROVISÉS

---

## PONTS MILITAIRES ET PONTS COLONIAUX

PAR

**G. ESPITALIER** et **F. DURAND**

LIEUTENANT-COLONEL DU GÉNIE TERRITORIAL

CAPITAINE DU GÉNIE

---

Avec 99 figures dans le texte

---

PARIS

**OCTAVE DOIN ET FILS, ÉDITEURS**

8, PLACE DE L'ODÉON, 8

1909

Tous droits réservés



## INTRODUCTION

---

**Des circonstances où des méthodes improvisées s'imposent.** — S'il est bien vrai que les diverses méthodes expéditives, imaginées pour franchir rapidement les cours d'eau, ont pris naissance dans les nécessités de la guerre, il ne faudrait pas en conclure que ces procédés improvisés ne trouveront point, en dehors des opérations militaires, des applications nombreuses et d'un intérêt plus général, même en temps de paix.

Il suffit de citer les besoins spéciaux des travaux publics aux colonies, et, dans les vieux pays civilisés eux-mêmes, les catastrophes — trop fréquentes et toujours inopinées — auxquelles n'échappent pas les ouvrages permanents qui semblent pourtant construits pour l'éternité; ces catastrophes jettent une telle perturbation dans nos modernes besoins de communications, qu'on doit s'efforcer d'y porter un remède provisoire, mais presque instantané, incompatible avec les méthodes habituelles.

Les conditions mêmes d'une entreprise coloniale font surgir, en matière de travaux publics, des exigences particulières qui sont dominées, avant tout, par l'absence de moyens de transport, aussi bien que par la pénurie de matériaux ouvrés et d'une main-d'œuvre habile <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> G. ESPITALIER. 4.

Si l'on considère les deux périodes principales que traverse le développement d'une colonie — la première, de pénétration rapide, la seconde, d'organisation et d'outillage perfectionné — on conçoit immédiatement la nécessité d'approprier les méthodes de construction aux moyens dont on dispose, dans les limites, d'ailleurs, d'une sage économie. On se contente alors d'ouvrir de simples pistes et de franchir les cours d'eau par des ouvrages provisoires, forcément rudimentaires, destinés à supporter de faibles charges, et construits par des procédés de fortune, le plus souvent avec les matériaux trouvés sur place, principalement les bois des forêts : ce sont avant tout des ouvrages de circonstance.

La seconde période est caractérisée par la construction de véritables routes et de chemins de fer, qui exigent des ponts particulièrement solides. Soit qu'on construise alors des ouvrages mixtes, bois et fer, ou des ouvrages entièrement métalliques, les travaux exigent une main-d'œuvre délicate, difficile à trouver dans le pays, et il sera avantageux, le plus souvent, de préparer toute la charpente dans la métropole, de manière à n'avoir plus à pratiquer, sur place, qu'un travail de montage relativement facile, avec une équipe restreinte d'ouvriers adroits.

De même, on pourrait citer, sans sortir de chez nous, des accidents survenus, soit parce qu'une crue subite a emporté un pont, soit parce que les lois de la nature et la constitution intime des matériaux ont de subites révoltes contre les formules théoriques que les Ingénieurs cherchent à leur imposer.

S'il ne s'agit que de rétablir la circulation des piétons et des voitures, un simple ouvrage de circonstance y peut suffire : tel ce pont de Bozel que le service du Génie construisit si rapidement sur un torrent, dans le système Tarron, en 1904.

Un pont de chemin de fer est plus difficile à remplacer ; mais des matériels spéciaux, étudiés précisément pour les besoins de la guerre — un pont Marcille ou un pont Henry — apportent immédiatement la solution rapide dont on a besoin.

Ce n'est pas évidemment toujours la solution économique, parce qu'un pareil matériel a été construit, non pas pour s'appliquer à un seul cas bien déterminé, mais pour satisfaire à lui seul à tous les cas de la pratique ; et aussi parce que la nécessité d'un transport et d'un montage rapides impose de se borner à un petit nombre d'éléments, tous semblables et interchangeables, comme on l'a bien compris lorsqu'on a étudié les matériels de guerre.

De ces considérations il ressort clairement que tous les besoins qui peuvent se manifester, dans des circonstances si diverses, se présentent précisément à la guerre, et que, si l'on veut connaître les méthodes les plus propres à y satisfaire, c'est aux Ingénieurs militaires qu'il faut s'adresser, car ils ont étudié, depuis longtemps, toutes ces méthodes.

Et voilà pourquoi ponts improvisés et ponts militaires sont des termes à peu près synonymes.

**De l'importance des opérations de passage des rivières, à la guerre.** — Le succès, à la guerre, est lié en grande partie à la rapidité des mouvements de l'armée ; il dépend, par conséquent, des communications qui permettent aux troupes une facile marche en avant, en même temps qu'elles leur assurent une retraite opportune.

Il importe de leur ménager les moyens de forcer les obstacles naturels, et parmi ces obstacles, pendant bien longtemps, les forêts et les cours d'eau ont été considérés comme infranchissables.

En ce qui concerne les premiers, qu'on se rappelle les détours d'Attila, dans sa retraite, qui le portèrent sur Troyes, en Champagne, pour éviter la grande forêt d'Othe interceptant sa route ; qu'on se souvienne de l'impénétrable barrière que l'Argonne opposa si longtemps aux belligérants. C'était d'ailleurs, à la fois, un obstacle et une sauvegarde. Et, sans remonter à des époques aussi lointaines, il suffit d'évoquer les polémiques soulevées par la néfaste journée de Sedan, où l'on ergote sur la question de savoir s'il était possible à l'armée française de battre en retraite sur Verdun, par les chemins forestiers des bois de la Falizette et du Grand-Canton.

La civilisation a eu raison peu à peu des forêts ; elle en fait du papier et de la fumée. Ce qui nous reste de notre domaine forestier est éclairci, percé, aménagé pour l'exploitation méthodique, et l'on y peut circuler, sinon commodément, du moins avec une suffisante facilité dans la plupart des cas.

Les fleuves et les rivières, sans doute, n'ont pas subi des modifications aussi radicales et, si leur cours s'est régularisé, le volume de leurs eaux n'a pas diminué.

Les vallées n'offrent plus de grandes étendues inondées et marécageuses, que leur largeur même, à défaut de profondeur, rendait si difficiles à franchir. Le lit de chaque cours d'eau a été canalisé, rectifié, rétréci peut-être, mais approfondi en même temps, de telle sorte que les gués sont rares et que partout l'obstacle est égal à lui-même.

Sans doute il existe des ponts permanents, et ce sont ces ouvrages d'art que l'on considérait jadis comme les points obligés du passage. Nous parlions d'Attila, tout à l'heure : lorsque ses hordes se heurtèrent au Rhin, avant de faire irruption sur la Gaule, on les vit suivre la rive en descendant vers Mayence, en remontant jusque vers Cologne, et, à défaut d'indications précises, sur lesquelles les chroniques du temps sont muettes, ce n'est que par la connaissance des ponts permanents établis par les Romains sur le grand fleuve, que l'on peut conjecturer les points de passage principaux des bandes huniques, encore que, pour accélérer l'opération, le conquérant fit jeter bas les beaux arbres de la forêt hercynienne, pour construire des milliers de barques qui permirent à ses sauvages guerriers de faire irruption sur la rive gauloise par vingt points à la fois, dans les environs du confluent du Rhin et de la Moselle.

**Nécessité de matériels spéciaux pour ponts militaires.** — Dans une guerre, même conduite à la mo-

derne, les ponts permanents jouent, encore et toujours, un grand rôle. Les exemples sont nombreux dans les campagnes de Napoléon, où l'on voit la cavalerie lancée par le grand capitaine, le long de la rive, pour s'emparer d'un pont qui permettra de déboucher sur la rive opposée.

Mais, malgré tout, les ponts permanents ne sauraient suffire, pour plusieurs raisons : ils peuvent être détruits ; l'ennemi peut les occuper ou les couvrir ; ils constituent des défilés étroits dont on ne peut pas toujours se contenter, et le passage rapide d'une troupe un peu nombreuse exigera plusieurs points de passage assez rapprochés les uns des autres, car le franchissement d'une rivière est toujours une opération critique et qu'il importe d'abrèger ; enfin, il est de bonne tactique de surprendre l'ennemi en franchissant le fleuve en un point imprévu, où il faut créer de toutes pièces les moyens de passage.

Ces considérations suffisent à mettre en évidence la nécessité de doter les armées en campagne de ces moyens spéciaux qui permettront le franchissement rapide des cours d'eau, soit en employant un matériel combiné d'avance qui constitue les équipages réglementaires toujours prêts à être mis en œuvre, soit en improvisant des ponts de circonstance, avec les ressources trouvées sur place ou dans la région la plus voisine.

Tous ces ouvrages rapides ou improvisés constituent, à proprement parler, ce que l'on peut désigner sous le nom de *ponts militaires*.

Leur mode de construction et les particularités de leurs

## INTRODUCTION

organes sont sans doute du ressort de l'art militaire, mais ils intéressent aussi, d'une manière plus générale, tous les Ingénieurs, par les solutions ingénieuses qu'ont provoquées les conditions très spéciales où le problème s'est trouvé posé.

**Les premiers ponts militaires dans l'histoire.** — C'est ainsi que la nécessité fut de tous les temps, pour les troupes armées, de franchir des cours d'eau, soit pour tomber sur l'ennemi, soit pour se dérober à sa poursuite, et l'on se représente aisément les héros de la guerre de Troie échangeant des injures d'un bord à l'autre de l'Illissus, Athéné ayant oublié sans doute de jeter un pont sur ce torrent, pour la plus grande gloire des Achéens, ses clients. Homère ne nous raconte pas que ceux-ci aient suppléé l'oubli de la déesse ; mais, en des temps moins barbares, quoique encore fort reculés, les chroniqueurs de l'antiquité nous offrent des exemples de ponts militaires — et peut-être n'étaient-ils pas les premiers.

Alexandre le Grand — dont le génie militaire devait inspirer toute une pléiade d'ingénieurs et de poliorcètes — traversa l'Oxus sur un pont improvisé, porté sur des corps flottants faits de peaux de bêtes qu'on avait remplies de paille, de feuilles sèches, de mousse ou simplement sur des outres gonflées d'air<sup>1</sup>.

Annibal employa des procédés analogues pour franchir le Rhône ; mais ce fut César qui, le premier, systématisa les méthodes et organisa de véritables équipages de ponts

<sup>1</sup> THIVAL ; CÉSAR.

destinés à suivre ses troupes, en même temps qu'en toutes circonstances, il sut mettre à profit les ressources locales pour créer des ponts improvisés.

Celui qu'il établit pour passer le Rhin et se jeter en pays germain, entre Bonn et Cologne, est resté classique.

**Les ponts de César.** — « Voici donc, disent les *Commentaires* <sup>1</sup>, sur quel plan il fit construire le pont : on joignait ensemble, à deux pieds d'intervalle, deux poutres d'un pied et demi d'équarrissage, un peu aiguës par le bas, d'une hauteur proportionnée à la profondeur du fleuve. Introduites dans l'eau à l'aide des machines, elles y étaient fichées et enfoncées à coups de masse, non dans une direction verticale, mais obliquement et suivant le fil de l'eau. En face, et en aval, on plaçait deux autres pieux, assemblés de la même manière et tournés de manière à résister à la violence et à l'effort du courant. Sur ces quatre pieux, on posait une poutre de deux pieds d'équarrissage qui s'encastrait dans leur intervalle et était fixée à chaque bout par des chevilles. Ces quatre pilotis, reliés par des contrefiches (*quibus disclusis, atque in contrariam partem revinctis*), constituaient un ouvrage si solide, que, plus la rapidité du courant était grande, plus elle consolidait la construction. On jeta ensuite des poutrelles d'une traverse (ou chapeau) à l'autre, et l'on recouvrit le tout de fascines et de claies. En outre, des pieux fichés obliquement vers l'aval contrebutaient les pilotis, à la manière de contreforts, et servaient à briser le

<sup>1</sup> CÉSAR.

courant. Enfin, d'autres pieux étaient placés en avant du pont, à peu de distance, afin que, si les Barbares lançaient des troncs d'arbres ou des bateaux, pour rompre ces constructions, elles fussent ainsi protégées contre ces vaines tentatives et que le pont n'en eût pas à souffrir. »

Ce pont avait probablement 250 toises de portée, franchies en cinquante travées, et le travail ne demanda pas plus de dix jours.

Napoléon n'a pas, à l'égard de cet ouvrage, témoigné d'une admiration sans mélange et a marqué qu'un pareil travail n'avait rien d'extraordinaire : affaire d'époque, évidemment, et d'outillage. Celui de César permettait de construire un pont de pilotis et de battre des pieux obliques : c'était déjà quelque chose.

Quant aux équipages mobiles qui permettaient à l'armée de César de construire des ponts sur supports flottants, ils étaient composés de bateaux à carcasse d'osier fortement clayonnée et recouverte de peaux de bêtes ; parfois ces bateaux étaient simplement creusés au feu, dans de gros troncs d'arbres.

Quelque rudimentaire que fût ce matériel, il rendait de grands services. Il tomba pourtant en désuétude, peu à peu, à mesure que s'affirmait la décadence de l'empire romain. Au ix<sup>e</sup> siècle, il avait tout à fait disparu, et l'on ne trouva plus trace, nulle part, de ponts d'équipages et de ponts portatifs, jusqu'au xvii<sup>e</sup> siècle et à la guerre de Trente Ans.

**Les ponts au xvii<sup>e</sup> siècle.** — A cette époque,

les engins de guerre, en particulier les pièces d'artillerie et les approvisionnements de toutes sortes, constituaient des impedimenta à la fois considérables et fort pesants, et l'on ne pouvait plus se contenter de bateaux légers pour soutenir les ponts qui devaient leur livrer passage.

On construisit donc des bateaux en chêne, qui ne pesaient pas moins de 2 000 kilogrammes. Des poutrelles en sapin étaient jetées de l'un à l'autre de ces supports flottants et, pour former des travées de 6<sup>m</sup>,30 à 7<sup>m</sup>,90, devaient avoir 9 à 11 mètres de longueur. Les madriers en chêne destinés au tablier étaient assemblés en panneaux à l'avance, par deux ou trois, réunis au moyen de traverses clouées.

Ce matériel encombrant était évidemment d'un transport difficile : une voiture recevait le corps de support, une autre les agrès nécessaires pour une travée, et chacun de ces véhicules pesant 3 360 kilogrammes nécessitait un attelage de 12 ou 14 chevaux.

De pareils équipages manquaient donc de mobilité ; mais les équipages d'artillerie n'en avaient pas davantage et comprenaient eux-mêmes des voitures de 3 600 kilogrammes. Les méthodes de guerre, d'ailleurs, s'y trouvaient appropriées et ne comportaient pas des marches rapides ou des mouvements imprévus et pour ainsi dire instantanés.

On manœuvrait méthodiquement et lentement ; les passages de rivière étaient prévus longtemps à l'avance, ce qui donnait le temps de rassembler le matériel nécessaire sur le point déterminé où le pont devait être établi.

Ainsi furent jetés les ponts en aval d'Arnheim, par Turenne, en 1672, et par Montecuculli, en dessous de Mayence <sup>1</sup>.

C'étaient des opérations considérables qu'on s'efforçait d'éviter en franchissant les fleuves par d'autres moyens, et en faisant de longs détours, au besoin, pour trouver un endroit guéable, en trompant enfin l'ennemi, pour n'avoir pas à subir son feu pendant que l'armée était engagée dans l'eau.

Un de ces passages — celui du Rhin en 1672 — est resté fameux parce que le grand Roi y assistait, « que sa grandeur attachait au rivage », tandis que ses guerriers nageaient vers l'autre bord, et parce que Boileau, dans ses vers, lui a donné une allure épique.

En réalité, ce mode de franchissement n'avait été adopté que malgré les conseils de Condé, Louis XIV n'ayant pas daigné attendre l'achèvement d'un pont, opération qui fut terminée peu de temps après.

Fort heureusement le prince d'Orange n'était pas là ; pour s'opposer à cette manœuvre hasardeuse la cavalerie du général Wurtz mit peu d'énergie à culbuter les premiers nageurs, et le plus grand nombre des victimes furent celles qui se noyèrent, emportées par le courant.

**Les équipages de ponts au XVIII<sup>e</sup> siècle.** — La nécessité de recourir à des équipages relativement légers se fit sentir dès que la rapidité des marches et les qualités

<sup>1</sup> THIVAL, p. 116.

manœuvrières des troupes apparurent comme les plus sûrs éléments de la victoire. Les progrès de cette partie du matériel de guerre devaient suivre d'ailleurs ceux de l'artillerie.

Vers le commencement du xviii<sup>e</sup> siècle, on créa donc, en France, des bateaux en cuivre, longs de 5<sup>m</sup>,69, larges de 1<sup>m</sup>,65 et pesant seulement 336 kilogrammes.

Cet exemple fut suivi par toutes les grandes puissances qui adoptèrent des équipages légers, tout en conservant cependant des équipages lourds marchant avec l'arrière-garde et destinés au franchissement des fleuves larges et rapides.

**Le matériel Gribeauval.** — On constata bientôt d'ailleurs que, en diminuant dans une trop large mesure la force de support pour augmenter la mobilité des équipages de pont, ceux-ci devenaient inutilisables sur les grandes rivières ; que les pontons métalliques se dégradèrent rapidement pendant le transport et surtout pendant les opérations de chargement et de déchargement ; que ceux en fer blanc se rouillaient et que ceux en cuivre coûtaient fort cher.

Toutes ces raisons amenèrent le général Gribeauval, le réformateur de l'artillerie française, à réaliser, vers 1770, un équipage nouveau qui prit son nom. Cet équipage comprenait de grands bateaux en chêne (longueur, 11<sup>m</sup>,06 ; largeur, 2<sup>m</sup>,05 ; hauteur, 1<sup>m</sup>,58 ; poids, 1848 kilogrammes).

C'est ce matériel qui servit aux premières armées de la

République et de l'Empire. Napoléon n'en avait pas d'autre en 1805, pour passer le Danube ; mais il trouva les bateaux silourds qu'il renonça à les ramener en France et qu'il les fit vendre à Vienne. Il prescrivit en outre de chercher un mode de construction plus léger et l'on revint encore aux pontons en fer blanc.

**Les ponts au XIX<sup>e</sup> siècle et de nos jours.** — Enfin, en 1853, la France adopta des bateaux en bois d'un poids de 660 kilogrammes qui constituèrent pendant longtemps notre matériel réglementaire. Ces bateaux ne servent plus maintenant qu'à l'instruction des recrues dans les régiments du génie ; nous aurons néanmoins l'occasion de les décrire, pour les comparer aux bateaux modèle 1901 qui les ont remplacés et sont actuellement réglementaires.

Toutes les puissances se sont arrêtées également à des types de pontons dont le poids varie entre 450 et 800 kilogrammes et dont nous aurons à mentionner aussi les particularités <sup>1</sup>.

**Organisation des pontonniers en France.** — Dans les armées anciennes, alors même qu'il existait un matériel de guerre préparé à l'avance, le service des ponts militaires restait dans l'état inorganique qui caractérisait d'ailleurs tout ce qui n'était pas les armes combattantes.

Au xvii<sup>e</sup> siècle, cependant, les équipages étaient manœuvrés par des bateliers réunis en compagnies et auxquels on adjoignait des bateliers civils requis dans les

<sup>1</sup> VAN WETTER, p. 71-75.

localités avoisinant les points de passage. L'organisation était en quelque sorte régionale et les compagnies de soldats bateliers stationnaient près des principaux fleuves qu'elles étaient destinées à franchir. C'est ainsi qu'en 1730 Louis XV organisa d'une manière définitive la compagnie de la frontière d'Alsace, dont le siège était à Strasbourg et qui, vingt-cinq ans après, fit partie des *ouvriers militaires d'artillerie*, dont elle prit dès lors la tenue.

Il ne fallait compter, pour traîner les véhicules, que sur des chevaux de réquisition arrachés au labour et mal faits pour ce service. Les charretiers eux-mêmes, requis avec leurs chevaux, ne faisant point profession d'héroïsme, n'avaient d'autre hâte, dès que sifflaient les balles, que de dételar, en abandonnant sur place le matériel. Il importait de militariser tout ce personnel, et c'est ce qui fut réalisé par la création, en 1795, du corps des pontonniers.

L'insuffisance du personnel des bateliers et des charretiers de réquisition s'était, en effet, manifesté avec évidence, dès 1792, en même temps que les formes lentes et compassées de l'ancienne stratégie faisaient place à la rapidité des mouvements et des marches qui convenaient mieux à l'ardeur des jeunes troupes de la Révolution.

La création d'un corps spécial s'imposait : elle se fit, non pas sans doute d'un seul bloc bien ordonné, mais au gré des circonstances et des nécessités du moment.

« Dès le début de la guerre de 1792<sup>1</sup>, la corporation (des bateliers) de Strasbourg s'était fait remarquer par une

<sup>1</sup> Historique du corps des pontonniers.

telle exaltation révolutionnaire et un sentiment de patriotisme tel que le général Biron fut amené à en former une compagnie à l'armée du Rhin. Trois autres, levées successivement en Alsace, se réunirent à la première et formèrent un bataillon dont le chef, un nommé Derbellet, fut élu par les bateliers eux-mêmes.

« Lors de l'entrée des Français à Mayence, au mois d'octobre 1792, les bateliers de cette ville imitèrent leurs confrères de Strasbourg et formèrent aussi un bataillon de quatre compagnies, sous le nom de *pontoniers et matelots du Rhin*, qui se distingua, sous le commandement de Frédéric Hoffel, en 1793, aux armées du Rhin et de la Moselle. »

Après la capitulation de Mayence les deux bataillons furent réunis, sous l'appellation de *pontoniers et matelots français révolutionnaires* et s'adressèrent à la Convention pour obtenir leur statut officiel.

Leur pétition ne reçut satisfaction qu'en 1795, au moment où il fut décidé que l'artillerie serait réorganisée et comprendrait un *corps de pontonniers*.

Depuis lors, les pontonniers français prirent une part glorieuse dans les guerres de la Révolution et l'Epopée napoléonienne. Les souvenirs qu'évoque cette époque glorieuse, c'est avant tout Wagram, et c'est la Bérésina ; mais combien d'autres fastes s'inscrivent sur l'historique des corps, moins connus, moins fameux peut-être, aussi héroïques pourtant, qui portèrent nos pontonniers sur tous les grands fleuves de l'Europe !

Les pontonniers conservèrent longtemps leur organisation un peu particulière, qui en faisait un corps spécial tout en les rattachant à l'Artillerie à laquelle ils empruntèrent leurs officiers, jusqu'en 1894.

A cette date, le service des ponts d'équipages passa aux régiments du Génie.

**A quelle arme doivent appartenir les pontonniers ?** — Cette solution semblait la logique même, puisque les sapeurs ont été de tout temps chargés d'établir les communications de l'armée et qu'au point de vue même des ponts, c'est à eux qu'incombait le soin de construire tous ceux qui n'exigeaient pas le matériel d'équipage. La dualité était telle, et le partage des attributions si bizarrement hybride, que les pontonniers pouvaient bien construire un pont, mais que celui-ci était inaccessible tant que les sapeurs du Génie n'étaient pas venus faire les rampes d'accès.

Dès le début, les inconvénients de cet état de choses étaient tellement évident que le service du Génie réclamait qu'on lui donnât les pontonniers.

Le Général Foy<sup>1</sup> mentionne la querelle qui devait durer si longtemps et les arguments que l'on faisait valoir pour ne point amputer l'artillerie de ce corps parasite : c'est que l'artillerie dispose d'arsenaux bien outillés, de parcs immenses, d'un personnel et de chevaux nombreux, et qu'aucune autre arme ne possède au même degré les

<sup>1</sup> Général Foy.

ressources pour construire, atteler, manœuvrer les ponts mobiles.

Le plus spécieux de ces prétextes trouvait une facile réponse : car si, sur le champ de bataille, l'artillerie possède du personnel et des chevaux de trait plus que les autres armes, son personnel n'était point exercé au pontage, sauf les spécialistes, et quant au chevaux, elle était plus pressée de dételer l'équipage pour sauver ses canons, que de faire l'inverse pour tirer l'équipage d'embaras. On pourrait appuyer cette tendance de maints exemples.

En réalité, le suprême argument pour conserver les pontonniers à l'artillerie était un argument de sentiment.

Eh quoi ! disait-on, allez-vous arracher à cette mère quelques-uns de ses plus glorieux enfants, pour les donner à une marâtre ?

Peut-on supprimer d'un trait de plume le souvenir des énergiques pontonniers de la Bérésina ?

Or, si les travailleurs de la Bérésina comprenaient des pontonniers, les sapeurs du Génie y étaient aussi nombreux ; il y avait aussi des marins de la garde, et tous s'y sont magnifiquement comportés<sup>1</sup>.

**Les ponts de la Bérésina.** — A côté de la légende que Thiers<sup>2</sup> a popularisée, voici l'histoire appuyée sur des témoignages oculaires.

Au mois de novembre 1812, après quelques jours de

<sup>1</sup> G. BÉTHUYS et Cl. MANCEAU.

<sup>2</sup> THIERS.

repos à Smolensk, la Grande Armée avait repris son mouvement de retraite, en suivant la route d'Orscha ; mais avant qu'elle eût atteint la Bérésina, le pont de Borisof était tombé au pouvoir de l'ennemi, malheur irréparable, car c'était le seul qui pût permettre de franchir la rivière, et deux jours auparavant, par ordre de Napoléon, les pontonniers avaient brûlé l'équipage de ponts, pour que leurs attelages fussent employés à atteler l'artillerie.

L'avant-garde ennemie était déjà passée sur la rive opposée et l'armée française menaçait ainsi d'être cernée ; mais déjà le plan de l'Empereur est fixé. Tandis qu'il dessine sur Borisof une fausse attaque destinée à attirer les principales forces de l'amiral Tchitchagoff, le gros de l'armée file sur Studjanka, où se trouve le quartier général du général Oudinot et où les généraux Eblé, de l'artillerie, et Chasseloup-Laubat, du Génie, chargés de se concerter pour la construction des ponts, sont arrivés le 25 novembre, à 5 heures du matin.

Le personnel du général Eblé comprenait 400 pontonniers et artilleurs.

Le deuxième corps pouvait fournir 450 sapeurs du Génie et leurs officiers ; on leur adjoignit 4 capitaines de l'Etat-major du Génie.

Le matériel ne répondait malheureusement pas à ces ressources en hommes. L'équipage de ponts, comme nous l'avons dit, avait été brûlé à Orscha ; on avait cependant conservé les caissons d'outils de pontage et d'ouvriers en bois et en fer. Le général Eblé avait, en outre, eu la précaution de faire prendre, à chaque pontonnier, un outil,

15 à 20 grands clous et quelques-uns de ces clameaux en fer qui servent à relier les diverses pièces d'un pont.

Pour se procurer du bois, il fallut démolir des maisons et se contenter de leurs charpentes, tant pour construire les chevalets que pour tenir lieu de poutrelles et de madriers. On forgea des clous, des clameaux ou crampons ; enfin on travailla sans relâche toute la nuit.

L'Empereur avait décidé que trois ponts seraient jetés ; mais en présence de la pénurie des matériaux, il fallut par la suite se contenter de préparer deux passages.

Tandis que les pontonniers seuls s'étaient chargés de mettre en place le pont de gauche ; le pont de droite, à une centaine de mètres du premier, fut établi par les pontonniers et les sapeurs réunis.

Les troupes du Génie, aussitôt arrivées, s'étaient mises à construire des chevalets sous la direction du général d'artillerie Aubry — homme d'une activité extraordinaire — de son aide de camp et des officiers du génie.

Le 26 novembre, au matin, les chevalets et le reste du matériel étaient prêts. Napoléon donna l'ordre de jeter les ponts sous la protection d'une petite troupe de cavaliers qui passèrent à la nage et de fantassins transportés sur des radeaux construits à la hâte. Les Russes, fort heureusement, ne firent aucune opposition à la construction des ponts.

Le pont de droite, construit par le génie de la division Merle, fut lestement achevé, malgré les difficultés, avec l'aide des soldats de toutes armes, parmi lesquels notamment les artilleurs et les marins de la guerre « qui, plus

habitués à plonger, posaient les semelles en s'immergeant ; tous cependant, sans exception, concouraient à cette œuvre de dévouement. Les sapeurs étaient spécialement chargés de placer les chevalets à mesure qu'ils arrivaient des chantiers de confection. Pour ne pas déranger les hommes spéciaux, les détachements d'infanterie allaient chercher et transportaient les fascines, les chevalets et les rondins pour former le tablier du pont, car on n'avait pas assez de planches ; tous les madriers qu'on avait pu trouver étaient employés à faire les semelles, à placer sous les pieds des chevalets, afin d'éviter leur enfoncement dans la vase et de conserver au tablier une position horizontale. On put donner à la voie la largeur d'une pièce d'artillerie ou d'un caisson. Les pièces de brèlage pour maintenir les rondins formant le tablier furent assujetties aux têtes des chevalets au moyen de cordes à traits de voitures qui étaient disponibles et de liens en écorce de bouleau trouvés sur place <sup>1</sup> ».

On devine, par cette courte description empruntée à l'excellente relation du colonel du génie Paulin, qui a pris part à la construction du pont de droite, à quelles difficultés donnait lieu la pénurie de matériel.

A une heure de l'après-midi, le pont de droite était achevé. L'achèvement du pont de gauche fut un peu retardé par une mauvaise évaluation de la largeur à franchir, ce qui obligea à construire, au dernier moment, des chevalets supplémentaires.

Enfin les troupes du général Oudinot purent passer sur

<sup>1</sup> PAULIN.

la rive gauche, immédiatement suivies par le corps de Ney et la garde.

Il était temps; Tchitchagoff, furieux d'avoir pris le change, accourait pour barrer la route, avec ses trente-deux mille hommes, contre lesquels huit mille Français furent seuls à lutter tout d'abord. Malheureusement, la division Partouneau, qui couvrait l'armée du côté de Borisof, est forcée de mettre bas les armes, permettant à l'ennemi de se rabattre sur le point de passage.

C'est ainsi menacé sur ses flancs et sur ses derrières que le reste de l'armée française devait passer la Bérésina.

L'encombrement aux abords des ponts augmentait d'heure en heure, jusqu'au moment où une panique indescriptible vint changer la retraite en déroute.

Des mesures d'ordre avaient été prises au pont de droite, sur l'initiative de l'officier du Génie qui y commandait. Une compagnie de sapeurs du génie en armes était placée à l'entrée pour contenir les arrivants; une autre compagnie du Génie se tenait à la sortie, pour accélérer l'évacuation du débouché. Une consigne sévère ordonnait de ne laisser passer que les voitures purement militaires, canons, caissons, ambulances, et de crever à coups de baïonnette le ventre aux chevaux des voitures qui violeraient la consigne. L'infanterie devait rompre le pas; les cavaliers mettaient pied à terre.

Au pont de gauche, plus spécialement destiné aux voitures, au contraire, les mesures d'ordre furent insuffisantes. Le tablier était tellement raboteux que les chariots

lui imprimaient des secousses violentes, augmentées encore par l'allure rapide des véhicules qu'on fut impuissant à réprimer. A huit heures, trois chevalets s'écrasèrent. Il fallut courir à la recherche des ouvriers qui s'étaient laissé tomber auprès du feu, harassés de fatigue, et les ramener presque de force.

Le 27, à deux heures du matin, une nouvelle rupture, au point le plus profond de la rivière, interrompit encore la circulation pendant quatre heures. A quatre heures du soir, nouvelle interruption de deux heures.

Et, cependant, les troupes arrivaient en masse, avec leurs voitures et leurs chevaux, formant bientôt trente à quarante colonnes<sup>1</sup> qui, toutes, se pressaient, voulant passer à la fois. En vain le général Eblé et ses officiers s'efforçaient de rétablir l'ordre : ils ne pouvaient se faire écouter.

On atteignit ainsi le matin du 28. A ce moment l'attaque des Russes se prononça de tous les côtés avec violence. Les projectiles tombaient au milieu de cette cohue compacte qui, dans l'affolement et l'impuissance, s'ébranla vers la rivière, en écrasant officiers et soldats, et en précipitant des rangs entiers dans l'eau.

Le récit de la catastrophe est dans toutes les mémoires.

Elle était accomplie lorsque le feu cessa ; le général Eblé essaya de faire dégager les avenues pour faciliter l'écoulement des troupes à pied et des voitures attelées du 9<sup>e</sup> corps qui couvrait la retraite.

« Le 29 novembre, enfin, les dernières troupes d'ar-

<sup>1</sup> PAULIN.

rière-garde étaient passées. On brûla le pont supérieur, malgré les tirailleurs russes et les Cosaques. On démolit le pont inférieur en grande partie, en laissant subsister seulement quelques poutrelles, pour ne point couper toute retraite aux malheureux abandonnés sur la rive.

« Et le silence se fit enfin sur cette campagne tout à l'heure hurlante, sur cette rivière implacable qui roulait des morts et du sang. »

Qu'il nous soit permis, pour conclure, de répéter ici les paroles par lesquelles nous terminions, dans un autre ouvrage<sup>1</sup>, le triste récit du désastre qui coûta la vie à tant de nos soldats et acheva de démoraliser une armée sans pareille :

« De semblables événements laissent derrière eux plus d'un enseignement. S'ils montrent, dans la région serene de la philosophie, à combien peu tient la fortune des plus grands capitaines, ils ne sont pas sans projeter une lueur consolante sur tant d'ombres, au spectacle du dévouement, de l'abnégation poussée jusqu'à l'héroïsme, d'une poignée d'hommes, comme il s'en lèvera toujours dans notre armée au moment du danger.

« Pontonniers ou sapeurs, qu'importe ! Ils étaient tous là, obscurs travailleurs, faisant leur devoir, plongeant dans l'eau glacée lorsqu'il le fallait, travaillant jusqu'à l'épuisement, jusqu'à la mort ! Ne les séparons pas dans notre admiration. »

<sup>1</sup> ESPITALIER, 5.

---



# PONTS IMPROVISÉS

---

## CHAPITRE PREMIER

### CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

#### § 1. — DES OPÉRATIONS MILITAIRES DE FRANCHISSEMENT

**Connaissances générales nécessaires.** — Lorsqu'il s'agit de jeter un pont, pour franchir un cours d'eau, il est évident qu'il importe tout d'abord de se préoccuper de l'emplacement — imposé ou facultatif — des formes qu'affectent la vallée et le lit, de la profondeur et de la rapidité des eaux, de la nature des berges.

Or, tous ces éléments sont eux-mêmes liés entre eux par des lois générales dont la connaissance préalable facilitera singulièrement le choix des moyens à employer pour réaliser l'entreprise.

La géologie y a sa part, et la nature des terrains traversés peut jusqu'à un certain point faire prévoir le régime des fleuves et des rivières. C'est ce régime qui importe ; et les particularités qui le caractérisent serviront à déterminer d'une façon presque inéluctable, et à l'avance, le procédé de franchissement.

**Classification sommaire des moyens de franchissement.** — Ici, c'est un fleuve large et profond, où s'impose un pont de bateaux, ou plus généralement un ouvrage sur supports flottants.

Là, les eaux basses, un fond régulier, permettront l'établissement de supports fixes, des chevalets par exemple. Les circonstances, la hauteur de berges escarpées notamment, conduiront au contraire à construire un de ces ouvrages qui ne semblent rentrer dans aucune classification régulière et bien définie. C'est alors à l'initiative, à l'imagination de l'Ingénieur militaire de concevoir et d'exécuter l'ouvrage improvisé, avec les moyens dont il dispose, c'est-à-dire avec les ressources locales : c'est ce que l'on appellera un *pont de circonstance*.

**Caractéristiques d'un ouvrage militaire.** — Pour un ouvrage permanent, élevé en temps de paix, on aura le loisir de faire une étude complète du problème, de lever le plan et le nivellement des lieux, de raisonner le choix de l'emplacement et du système de construction le plus avantageux. Ce qui caractérise le problème militaire, c'est la manière imprévue dont il se pose, la promptitude de la décision, la rapidité de l'exécution.

Pour prendre une résolution, arrêter les dispositions nécessaires, et en poursuivre ensuite la réalisation avec une impeccable logique, l'officier auquel incombe une pareille opération n'a que quelques heures. Il lui faut le sang-froid qui lui fait apprécier d'un coup d'œil net la situation, une science profonde de son métier, qui lui inspire instantanément la solution la meilleure, le calme imperturbable qui lui permet de résister aux impatiences, légitimes certes, mais le plus souvent intempestives : il lui faut à peu près, en résumé, toutes les vertus militaires, et celles de l'Ingénieur par surcroît ; de telle sorte qu'un Eblé ou un Chasseloup-Laubat, sans matériel, presque sans outils, dans des circonstances désastreuses, préparant le

passage de la Bérésina, en improvisant les moyens, — encore que la fatalité, plus puissante que la science humaine, ait rendu vains leurs efforts — sont aussi grands qu'un stratège victorieux.

Et cet exemple est là pour démontrer que la prévoyance, à la guerre, est la première des vertus, car, si Napoléon n'avait pas, malgré la résistance du général Eblé, prescrit de détruire les équipages de ponts, le passage eut été établi plus vite, plus sûrement, et ce qui restait de cette admirable Grande Armée, dont les débris palpitants avaient encore les allures des lions blessés, était sauvée peut-être, rien que pour avoir franchi, en temps opportun, ce fossé marécageux et glacé.

**Les opérations préliminaires. Etude et reconnaissance.** — La responsabilité de l'officier chargé à l'improviste d'arrêter le point de passage, dans des limites de parcours assez étroites, par des considérations où, trop souvent, l'art de l'ingénieur est étranger, est ainsi des plus formidables qu'on puisse concevoir. Son rôle dans la détermination des moyens et dans l'exécution, est des plus difficiles, et l'on ne saurait s'y préparer avec trop de soin.

L'ordre donné, son œuvre commence. Parfois elle devance cet ordre, car l'ingénieur peut prévoir, d'après les mouvements mêmes de l'armée, qu'on va se heurter à un obstacle ; on ne l'a pas prévu (l'état major général ne songe pas toujours à tout — ce n'est pas une critique —) mais sa propre prévoyance y a pourvu.

Il nous souvient qu'au cours de l'expédition du Tonkin, le général en chef fit prévenir à l'improviste le directeur du Génie, qu'on aurait à franchir le fleuve Rouge le len-

demain ou le surlendemain. Que serait-il advenu, si, n'ayant pas pressenti de lui-même cette éventualité, cet ingénieur qui, d'ailleurs, a donné, dans d'autres circonstances, tant de marques de sa valeur, n'avait pas, sans attendre les ordres, pris soin de rassembler tout un convoi de jonques qui lui permit d'être prêt à l'heure dite ?

Une opération prévue à échéance plus ou moins longue peut être préparée par une étude préalable basée sur les renseignements généraux que l'on possède. Une carte à grande échelle, avec le modelé du terrain, la connaissance de la nature géologique du sol, peuvent à *priori* fournir d'utiles indications. Mais il sera toujours nécessaire de compléter ces données au moyen d'une reconnaissance bien faite par un officier instruit.

Cette reconnaissance comporte d'ailleurs toute une partie militaire, sur laquelle nous n'insisterons pas ici. Elle permettra également d'apprécier les ressources du pays en matériaux de toute nature, susceptibles de faciliter le travail ou même de l'exécuter entièrement, à défaut d'un matériel régulier d'équipages.

## § 2. — APERÇU GÉNÉRAL SUR LES COURS D'EAU

**Pente des cours d'eau.** — Suivant le point de son parcours où l'on aborde un fleuve ou une rivière, on peut prévoir à l'avance, jusqu'à un certain point, la vitesse contre laquelle on aura à lutter.

Cette vitesse, en effet, est liée à la pente générale de la vallée, qui va en décroissant à mesure qu'on s'éloigne de la source.

Cette considération permet de diviser le développement total d'un cours d'eau en trois régions :

Le *cours supérieur*, où la pente peut atteindre parfois  $0^m,06$  ou  $0^m,07$  par mètre, sans être inférieure à  $\frac{1}{1000}$ , et où toute navigation est impossible ;

Le *cours moyen*, où la pente est inférieure à  $\frac{1}{1000}$  : le lit s'élargit et la navigation devient facile ;

Le *cours inférieur*, enfin, ne présente plus qu'une pente presque insensible, par suite du dépôt progressif des alluvions. Le fleuve s'étale sur de grandes largeurs ; son lit, assez instable, s'encombre d'ilôts et de bancs de sable, rendant parfois pénible la navigation qui doit suivre un chenal souvent sinueux.

**Vitesse moyenne.** — La pente, qui a une influence prépondérante sur la vitesse des eaux, n'en est pourtant pas l'unique facteur. On sait, en effet, que cette vitesse, pour un débit déterminé, est en raison inverse de la surface du profil transversal.

Elle n'est pas la même, d'ailleurs, aux différents points de ce profil, les filets liquides les plus rapprochés des parois étant retardés par les frottements, de telle sorte que la vitesse va en décroissant de la région médiane supérieure jusqu'aux parois.

Si donc on parle de la *vitesse* d'un cours d'eau, il ne peut être question que de la *vitesse moyenne*, c'est-à-dire le *quotient du débit par la section*.

**Vitesse au thalweg.** — Or, la vitesse moyenne ne saurait être mesurée directement, puisque toute mesure,

au moyen d'appareils convenables, portera sur un point déterminé de la section et donnera uniquement la vitesse en ce point.

En particulier, le filet d'eau qui, à la surface, se trouve à l'aplomb de la plus grande profondeur du profil, c'est-à-dire au-dessus du thalweg, est celui qui a la plus grande vitesse, étant le mieux soustrait aux influences du frottement.

Cette vitesse maximum, dite *vitesse au thalweg*, est celle qu'on a le plus d'intérêt à mesurer. On y parvient aisément en observant le temps que met un flotteur léger, abandonné à lui-même au-dessus du thalweg, pour franchir un espace égal à la distance de deux repères placés sur la rive, sur une ligne sensiblement parallèle au thalweg, en ayant soin de chronométrer le passage du flotteur au droit des repères.

Or, cette vitesse au thalweg étant ainsi déterminée, on en peut déduire la vitesse moyenne par une des formules bien connues en hydraulique.

Désignons par  $v$  la vitesse au thalweg, par  $v'$  la vitesse moyenne; appelons  $S$  la section transversale du cours d'eau jusqu'au niveau de l'eau, et  $D$  son débit, l'expérience montre qu'on a sensiblement la relation :

$$v' = \frac{4}{5} v$$

et par suite :

$$D = \frac{4}{5} v \times S.$$

On classera la force du courant en disant qu'elle est :

Faible, si  $v$  est plus petit que  $0^m,50$ ,

Moyenne, si  $v$  est compris entre  $0^m,50$  et  $1^m,50$ ,

Grande (ou rapide), si  $v$  est plus grand que  $1^m,50$ .

**Force d'entraînement et d'érosion.** — Le courant tend à entraîner les matériaux qui forment le lit et les parois ; ces matériaux cèdent à l'effort d'autant plus aisément qu'ils sont plus légers et par fragments plus petits ; cette force d'entraînement croît avec la vitesse de l'eau.

D'après les expériences de Dubuat, il est possible de dresser un tableau donnant, pour les diverses substances terreuses ou rocheuses, la vitesse minimum, à partir de laquelle ils commencent à être entraînés ou corrodés.

Voici ce tableau :

Nature du terrain	Vitesse d'érosion
Argile . . . . .	0 <sup>m</sup> ,08
Sable ordinaire . . . . .	0, 30
Gravier, cailloux . . . . .	0, 61
Pierres cassées. Silex . . . . .	1, 22
Cailloux agglomérés. Schistes . . . . .	1, 52
Roches en couches . . . . .	1, 83
Roches dures . . . . .	3, 05

On ne peut attribuer à un pareil tableau qu'une valeur toute relative. Il s'établit dans un fleuve un état d'équilibre qu'il est difficile de définir en fonction d'éléments ainsi extraits d'expériences trop restreintes pour révéler les secrets de la nature.

Le Rhône a couramment une vitesse supérieure à 3 mètres. Le fond de son lit devrait donc être uniformément et partout de la roche parfaitement dénudée : les faits ne corroborent pas absolument cette conclusion. On trouve du sable, du gravier, en des endroits où la vitesse dépasse notablement 0<sup>m</sup>,30 pour le premier, 0<sup>m</sup>,61 pour

le second. Faut-il en chercher la cause dans les remous, à la faveur desquels ces matériaux se peuvent déposer? N'importe, leur présence n'indique pas du tout que la vitesse générale du fleuve est inférieure à leur limite d'entraînement.

Ce n'est que dans le cas où le régime de la vitesse est parfaitement régulier qu'on en peut tirer une indication et, d'après la nature du fond, déduire la vitesse dans la nappe immédiatement en contact.

Si l'on désigne par  $v''$  la vitesse au fond,  $v$  étant encore la vitesse au thalweg et  $v'$  la vitesse moyenne :

On a sensiblement :

$$v' = \frac{v + v''}{2}$$

et comme, d'autre part, nous avons posé :

$$v' = \frac{4}{5} v$$

on en tire :

$$v = \frac{5}{3} v''$$

formule qui donne une indication sur la vitesse superficielle au thalweg, en la déduisant de la nature du fond.

Nous n'avons pas besoin d'insister sur ce que ces déductions ont d'aléatoire.

**Sinuosités.** — Il est facile de prévoir, d'après ce qui vient d'être dit, que, si le terrain qui constitue le fond des cours d'eau est plus affouillable en un certain point (fig. 1) qu'en toute autre région de la même section transversale, le lit se creusera en ce point. C'est là que s'établira la plus grande profondeur et le thalweg s'infléchira, en se rapprochant ainsi d'une des rives.

Les filets liquides qui, sur ce trajet, ont leur vitesse la plus grande, tendent à suivre la tangente à la courbe et ne sont redressés que par suite de la résistance de la rive sur laquelle ils exercent une action érosive : la berge est rongée peu à peu et se creuse jusqu'à ce que la direction des filets se soit infléchi vers l'autre rive, où ces filets iront se heurter en produisant les mêmes effets.

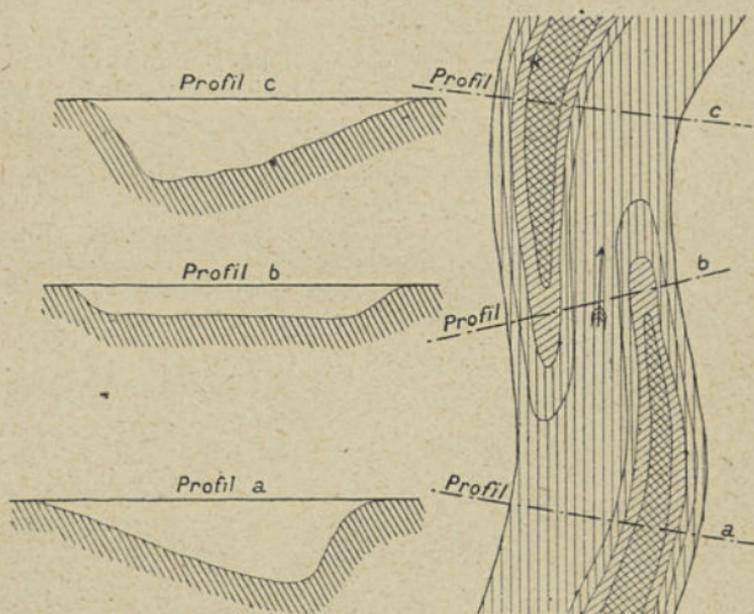


Fig. 1.

Le lit prend ainsi la forme d'une suite de courbes à double inflexion dont la direction moyenne est celle du lit primitif, avec des rayons variables et qui tendent à s'allonger lorsque les causes perturbatrices cessent d'agir.

Si l'on considère, sur une de ces boucles, la section pour laquelle l'érosion de la berge atteint son maximum, il est facile de voir que les molécules d'eau les plus rap-

prochées de la rive convexe ont moins de chemin à parcourir que celles qui avoisinent la rive concave. Leur vitesse est faible et permet aux matériaux meubles en suspension de se déposer : le lit se colmate peu à peu ; le fond s'exhausse ; parfois même la *berge morte* devient un simple marécage où l'eau est à peu près stagnante.

Si l'action érosive se continue, le lit du cours d'eau se déplace constamment dans la vallée, à travers les anciennes alluvions, jusqu'à ce qu'il se heurte aux parois plus résistantes d'un versant. Il n'est pas rare que cette résistance que les eaux ne peuvent vaincre, provoque une évolution en sens inverse. Quant à la physionomie générale d'une fraction du lit limité à deux boucles opposées, on peut la résumer ainsi : la rive concave, qui est la plus rapprochée du thalweg, est à pente raide jusqu'au thalweg ; puis le profil remonte en pente douce vers la rive opposée.

Si l'on considère le profil normal au thalweg et correspondant au changement de courbure, ce profil est symétrique. La configuration du lit en ces points singuliers est suffisamment caractérisée par les trois profils de la figure. On y voit nettement comment on passe de la forme *a* à la forme *c* par le profil moyen et symétrique *b*, où le cours d'eau a sa largeur minimum, une profondeur régulière, uniforme et généralement plus faible qu'au thalweg des boucles que ce profil sépare.

La seule vue du plan d'un cours d'eau fournit ainsi des indications précieuses, au point de vue de l'établissement d'un pont, puisqu'on peut admettre, *à priori*, que la plus grande profondeur est près de la rive concave ; que la rive convexe est basse, à fond d'alluvion et même de vase, le plus souvent, et que les eaux y ont une vitesse relativement faible.

Au contraire, on a les plus grandes chances pour rencontrer des fonds plats et de faible profondeur sur la section normale à la tangente de changement de courbure, sans de trop grandes variations de vitesse. Ce sera donc, en général, le point le plus favorable à l'établissement d'un pont.

Cela ne veut pas dire qu'on choisira nécessairement ce point pour y construire l'ouvrage, dont l'emplacement est subordonné, d'autre part, à des considérations exclusivement militaires comme nous l'avons dit. C'est ainsi qu'on est souvent conduit à franchir un fleuve au milieu d'une boucle convexe, parce qu'il sera plus facile de protéger le passage par des feux convergents, tandis que l'ennemi hésitera à s'engager dans la presque île concave qu'il a encore en sa possession.

On voit, en tout cas, combien l'observation des sinuosités du cours d'eau est utile à l'officier chargé d'une reconnaissance, surtout s'il a à rechercher un passage à gué qui se trouvera presque toujours au point d'inflexion.

#### **Modifications accidentelles au lit des rivières. —**

Le lit des rivières subit souvent de profondes modifications au moment des crues.

Celles-ci sont *périodiques* ou *accidentelles*.

Les premières se produisent, d'une manière générale, au moment de la fonte des neiges, c'est-à-dire en mars-avril, pour les altitudes faibles ou moyennes, ou bien en juillet-août, pour les altitudes élevées.

Les crues accidentelles ont pour caractéristique d'être soudaines, violentes et dangereuses. Elles correspondent à une débâcle de glaces ou à des pluies abondantes et persistantes. Les bois qui recouvrent les versants du bassin

peuvent diminuer leur intensité, en même temps qu'ils augmentent leur durée. On sait que l'art de l'ingénieur s'efforce aussi de combattre les effets dévastateurs des crues accidentelles au moyen de digues que l'on rencontre fréquemment sur les rivières sujettes à ce phénomène. En même temps, par suite du colmatage qui se produit sur ces rivières, où les limons et les sables charriés par les eaux rapides se déposent pendant les périodes de calme, les rives sont le plus souvent plates, marécageuses, et forment des plages de sable.

Sur les cours d'eau bien aménagés, on trouve des repères de nivellement qui indiquent l'*étiage* et le niveau des plus *hautes eaux*; ce sont encore des renseignements précieux à recueillir, car ils permettent de pressentir les précautions minutieuses qui s'imposeront pour l'établissement d'un pont — et surtout d'un pont de fortune — lorsque les crues subites sont à craindre, ou lorsque la marée a des influences périodiques très sensibles sur le niveau des eaux.

---



## CHAPITRE II

### ÉLÉMENTS GÉNÉRAUX D'UN PONT IMPROVISÉ

#### § I. — COMPOSITION D'UN PONT MILITAIRE

**Classification.** — Un pont militaire se compose de deux parties principales : le *tablier*, qui constitue la voie continue sur laquelle piétons, chevaux et voitures peuvent passer ; les *corps de support* qui servent d'appui au tablier et qui divisent le pont en un certain nombre de travées d'une portée compatible avec la résistance du tablier. Parmi les corps de supports, il convient d'ailleurs de distinguer les *culées*, par lesquelles le pont prend appui sur les rives et s'y soude, pour ainsi dire.

Tandis que le tablier est toujours constitué de la même manière, la nature des supports varie, comme nous l'avons dit, avec la profondeur et la vitesse de l'eau, la hauteur et l'escarpement des berges, la nature du fond et la largeur du fleuve qu'il s'agit de franchir. Le choix du genre de supports qu'il convient d'adopter peut être également imposé par la composition du matériel dont on dispose.

On est ainsi conduit à classer les ponts militaires suivant la nature des supports employés, en trois catégories :

- 1° Ponts à supports flottants ;
- 2° Ponts à supports fixes ;
- 3° Ponts sans supports intermédiaires.

**Efforts auxquels un pont est soumis.** — Les charges qu'un pareil ouvrage doit supporter comprennent à la fois

un poids mort à peu près uniformément réparti, et les charges mobiles.

Il ne suffirait pas d'assurer une bonne résistance aux effets des charges statiques.

Ce sont, en réalité, les charges mobiles qui menacent le plus gravement la stabilité de l'ouvrage, par leurs effets dynamiques. Les conditions même de l'établissement d'un pont militaire ne permettent pas, en effet, de lui donner une masse et une inertie capables d'amortir ces effets dynamiques, et il y a lieu d'en tenir compte.

Ils se traduisent par une déformation ondulatoire dans le sens de l'axe du pont et par un balancement transversal, ces deux effets tendant à disloquer le tablier.

En outre, on ne saurait négliger les actions du courant et du vent qui tendent à entraîner les supports, ou à les renverser, s'il s'agit de supports fixes, en même temps que le vent peut contribuer encore à la déformation du tablier.

**Qualités d'un pont militaire.** — Si donc la *légèreté* s'impose, chaque fois surtout que l'ouvrage doit être établi au moyen du matériel d'équipage que l'armée est forcée de traîner avec elle, ses éléments doivent être calculés de manière à offrir la *solidité* suffisante ; le mode de construction doit en outre assurer une grande *stabilité* et l'on entend par là que les oscillations longitudinales et transversales doivent être atténuées dans la mesure du possible.

## § 2. — DU TABLIER. RÉSISTANCE AUX CHARGES STATIQUES ET ROULANTES

Il est relativement facile de combiner ces éléments du pont, de telle sorte que la résistance aux charges statiques soit assurée.

**Composition du tablier.** — En ce qui concerne le tablier, tout d'abord, on le compose aussi simplement que possible au moyen d'un platelage formé de planches ou de madriers placés côte à côte, transversalement à l'axe, et reposant sur un certain nombre de pièces de bois ou *poutrelles* qui s'appuient elles-mêmes sur les corps de support, que ceux-ci soient des bateaux ou pontons, des radeaux ou des chevalets.

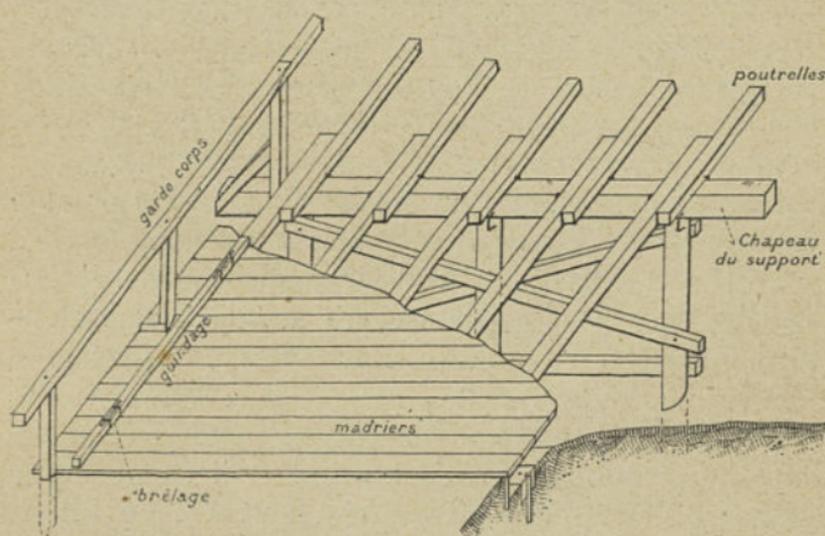


Fig. 2.

Les madriers doivent donc être assez épais pour résister à la flexion entre deux poutrelles, et celles-ci, à leur tour, sont également soumises à des efforts de flexion.

**Résistance du tablier et des poutrelles.** — Il est ainsi facile de calculer les uns et les autres, connaissant la charge que le pont peut avoir éventuellement à supporter. Cette charge comprend : 1° le poids mort des matériaux

composant le tablier, qui se répartit uniformément, et 2° la surcharge mobile, dont l'effet, essentiellement variable, dépend de la répartition et de l'allure des mobiles.

**Charges des ponts militaires.** — Les ponts militaires sont faits pour assurer le passage des fantassins armés, des chevaux, du matériel roulant de l'artillerie et des convois.

Le poids moyen d'un fantassin, avec armes et bagages, est de 85 kilogrammes, en moyenne. L'infanterie défilant par quatre, à distance d'un mètre entre les files, donne une charge par mètre courant de pont de 340 kilogrammes. On peut porter ce chiffre à 350 kilogrammes par suite de la présence sur le pont d'un certain nombre de pontonniers chargés de surveiller le passage.

Cette surveillance est d'ailleurs indispensable. Il importe de régler la circulation et d'y maintenir une discipline inflexible. On sait trop les désastres que peut provoquer une panique, dont le passage de la Bérésina offre un si pitoyable exemple. Les circonstances peuvent déjouer les précautions les mieux prises et il faut compter alors sur l'affolement qui couvrira tout à coup l'étroit chemin d'un véritable torrent humain. Or, en cas de presse, six hommes peuvent tenir sur un mètre carré, et, en admettant même qu'ils aient jeté leurs armes et leurs sacs, c'est une surcharge de 390 kilos par mètre carré et de 1 170 kilos par mètre courant pour un tablier réglementaire de 3 mètres de large.

Le poids d'un cheval de grosse cavalerie monté est d'environ 685 kilogrammes. En tenant compte de la longueur qu'occupe chaque monture dans une colonne, lorsque le passage est bien ordonné, la cavalerie défilant

par deux donne une charge de 460 kilogrammes par mètre courant.

Les voitures d'artillerie de campagne ont un poids maximum de 6000 kilogrammes, attelages compris, et elles occupent au moins 12 mètres de longueur. Cette longueur dépasse de beaucoup celle des travées entre supports ; d'autre part, les deux essieux d'une voiture d'artillerie sont très inégalement chargés. Il serait évidemment possible de déterminer par les procédés usuels la position qui donne le moment fléchissant maximum des éléments de la travée ; mais, dans la pratique, on peut admettre que ce moment correspond :

*Pour l'artillerie de campagne*, à une charge uniformément répartie de 600 kilogrammes par mètre courant.

*Pour l'artillerie de siège*, à une charge uniformément répartie de 600 kilogrammes par mètre courant, et une charge concentrée de 2000 kilogrammes, appliquée au milieu de la travée.

**Calcul des éléments du tablier.** — Ces surcharges mobiles étant connues, il ne reste plus qu'à fixer les poids morts, qui résultent du dispositif de construction, pour avoir tous les éléments du calcul de résistance.

Il s'agit en définitive de pièces de bois, à section rectangulaire le plus souvent, soumises à la flexion. Si l'on désigne par  $R$  la charge de sécurité, par  $a$  la largeur de la pièce, par  $b$  son épaisseur mesurée verticalement, par  $l$  sa portée entre les appuis, par  $p$  la charge uniformément répartie par mètre courant et par  $P$  la charge massive appliquée en son milieu, l'équation d'équarrissage est :

$$(1) \quad R \frac{ab^2}{6} = \frac{Pl}{4} + \frac{pl^2}{8}$$

Pour les bois en grume, en désignant par  $D$  le diamètre, écorce non comprise, la formule devient :

$$(2) \quad \frac{R\pi D^3}{32} = \frac{Pl}{4} + \frac{pl^2}{8}$$

Dans la pratique habituelle de la construction, on prend communément pour charge de sécurité du sapin  $R = 60$  kilogrammes par centimètre carré.

Pour les équipages de ponts où l'on fait usage de bois de choix, on admet généralement les chiffres suivants :

	Valeur de R par cm <sup>2</sup>	Observations	
Bois des équipages réglementaires . . .	120 kg.	Par mètre carré la charge de sécurité est : $R \times 10^4$	
Sur supports flottants	{ bois neufs . . .		100
	{ bois fatigués . . .		80
Sur supports fixes	{ bois neufs . . .		80
	{ bois fatigués . . .		60

a) *Madriers du tablier*. — Lorsque le pont n'est destiné qu'aux piétons, la charge  $P$  est nulle, et l'on peut admettre que le platelage supporte uniquement un poids uniformément réparti de 400 kilogrammes par mètre carré.

Pour une bande de 1 mètre de largeur,  $a = 1$ , l'épaisseur des madriers étant  $b$  et  $l$  représentant la portée entre poutrelles, la charge par mètre courant est  $p = 400$ , et l'on a :

$$(3) \quad \frac{R \times b^2}{6} = \frac{400 l^2}{8}$$

Ce qui permet de calculer l'épaisseur  $b$  ou la portée  $l$ , suivant que l'on s'est donné *a priori* l'équarrissage des madriers ou l'écartement des poutrelles.

Dans la pratique, on admet qu'à un écartement de  $0^m,80$  entre poutrelles, correspondra une épaisseur de  $0^m,04$  à  $0^m,05$  pour le platelage. Cette épaisseur est portée à  $0^m,08$  pour le passage de l'artillerie de siège.

b) *Poutrelles.* — Pour les poutrelles, leur surcharge la plus grande se présente lorsqu'une file de roues des véhicules est à l'aplomb de l'une de ces poutrelles. Il est facile alors d'en déduire le poids  $P$  au milieu, dans la position la plus désavantageuse, et d'appliquer alors la formule (1).

Il est nécessaire, toutefois, d'adopter une règle qui dispense, dans la plupart des cas, de faire un long calcul, et l'on peut admettre les chiffres suivants pour des poutrelles équarrées ou en grume, espacées de  $0^m,80$  d'axe en axe, lorsque le pont est destiné au passage des troupes de toutes armes, l'artillerie de siège exceptée :

	Portées en mètres							
	3	4	5	6	7	8	9	10
Côté de l'équarrissage (section carrée)	$0^m,110$	$0^m,135$	$0^m,155$	$0^m,175$	$0^m,190$	$0^m,210$	$0^m,225$	$0^m,245$
Diamètre en grume (écorce non comprise)	$0^m,130$	$0^m,160$	$0^m,185$	$0^m,205$	$0^m,227$	$0^m,250$	»	»

Pour les pièces de siège, il suffira, soit de réduire la portée de  $1/3$  ou  $1/2$ , soit de rapprocher les poutrelles en réduisant l'écartement à  $0^m,40$ .

On aurait toujours recours d'ailleurs au calcul en appliquant la formule générale, pour les cas auxquels ne s'applique pas le tableau ci-dessus.

La formule peut se modifier de manière à obtenir plus rapidement le résultat pour un matériel déterminé. Connaissant la charge totale  $Q$  sur les deux essieux d'une voiture et la distance  $c$  du centre de gravité à l'essieu le plus chargé, on est conduit à la formule suivante du moment fléchissant ;

$$M = \frac{Q(l-c)^3}{4l} + \frac{pl^2}{8}$$

On prend alors pour la charge uniformément répartie  $p$  la valeur :

$$p = p_m + p_a \left(1 - \frac{d}{l}\right)$$

où  $p_m$  est le poids mort du tablier,  $p_a$  le poids des attelages par mètre courant, et  $d$  la longueur de la voiture.

Cette formule permet d'obtenir graphiquement le moment fléchissant maximum  $M_m$  correspondant aux charges roulantes considérées, et d'en déduire aisément l'équarissage, par la formule :

$$\text{Cas d'une poutre rectangulaire} \quad \frac{R ab^2}{6} = M_m$$

écarriée :

$$\text{Cas d'une poutre en grume :} \quad \frac{R \pi D^3}{32} = M_m.$$

### § 3. — RÉSISTANCE HORIZONTALE DU TABLIER

Nous avons dit que le tablier d'un pont, pendant le

passage des charges mobiles ou roulantes, est soumis à des oscillations longitudinales et transversales, qui tendent à le disloquer.

Pour atténuer, sinon supprimer les oscillations longitudinales, on solidarise les divers éléments du tablier par deux séries de liens : le *brélage* et le *jumelage* d'une part, et le *quindage* d'autre part.

### § 3. — RÉSISTANCE HORIZONTALE DU TABLIER

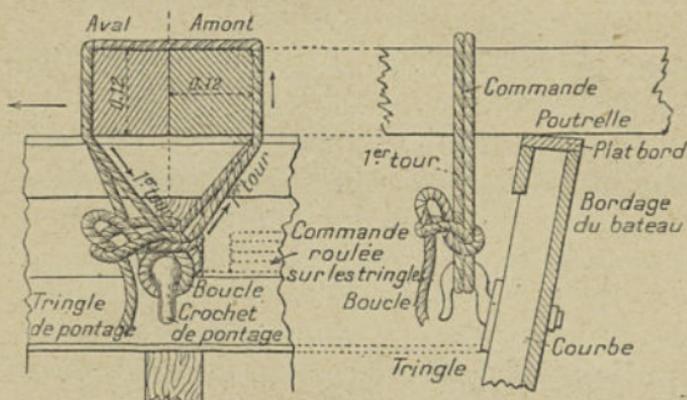
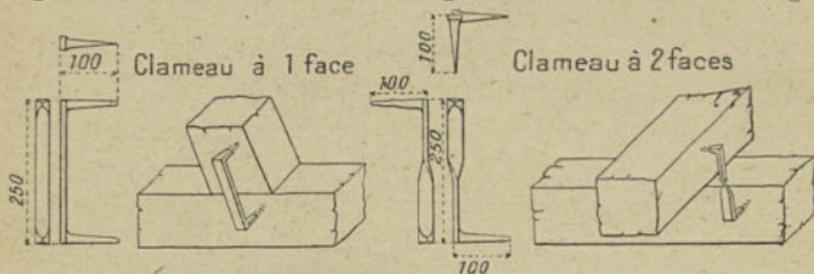
**Brélage et jumelage.** — Le *brélage* a pour but de relier les poutrelles aux corps de support. Quand ceux-ci sont flottants, on emploie à cet effet des cordages spéciaux de petit diamètre, appelés *commandes*. Dans le cas de supports fixes, on se sert de *clameaux* en métal (fig. 3).

Les *clameaux* sont des ferrures à deux pointes ; celles-ci sont dans le même plan (clameaux à une face) ou dans des plans perpendiculaires (clameaux à deux faces), suivant que les pointes doivent s'enfoncer dans deux faces parallèles ou perpendiculaires des pièces qu'il s'agit de relier. Nos croquis suffisent à faire comprendre ces deux dispositions.

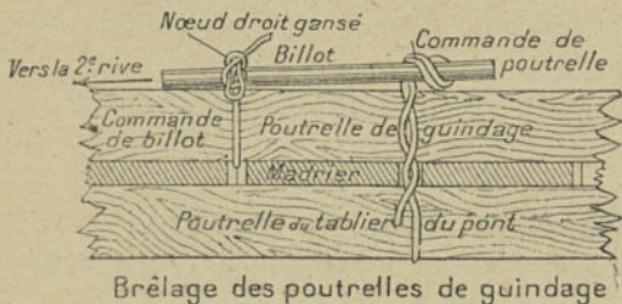
Le *jumelage* consiste à accoler l'une contre l'autre, sur une certaine longueur, deux poutres correspondantes de deux travées successives et à les attacher solidement entre elles et avec le corps de support.

Le brélage et le jumelage ont, non seulement pour effet de diminuer les oscillations longitudinales, mais encore d'établir la continuité du tablier sur ses divers appuis, avec tous les avantages de cette continuité, au point de vue de la répartition des charges.

La jonction du tablier avec des supports flottants, susceptibles eux-mêmes de se déplacer et d'osciller, exige



Brèlage à un crochet de pontage de deux poutrelles jumelées



Brèlage des poutrelles de guindage

Fig. 3 et 4.

une certaine élasticité que l'on ne peut obtenir que par

des attaches en cordages ; c'est pourquoi l'on emploie, dans ce cas, exclusivement des brêlages au moyen de commandes.

Les supports fixes n'ont pas les mêmes exigences. Les clameaux y suffisent pour réunir les diverses pièces de bois, et leur emploi permet d'atteindre une très grande rapidité de construction.

**Guindage.** — Le *guindage* a pour but, avant tout, de fixer le tablier sur les poutrelles ; mais il contribue également à solidariser les madriers qui composent le tablier, sur toute la longueur du pont.

Ce serait évidemment une opération très longue que d'essayer de fixer individuellement chaque madrier aux poutrelles. On se contente de solidariser tout l'ensemble en disposant sur le tablier même, au-dessus des files extrêmes de poutrelles de support, des pièces de bois de faible équarrissage, qu'on appelle des *poutrelles de guindage*. On relie fortement chacune de ces pièces de guindage à la poutrelle qui se trouve directement en dessous d'elle, à l'aide d'une commande passant dans l'intervalle de deux madriers ; l'attache est serrée au moyen d'un billot comme l'indique la figure.

On peut également réaliser la réunion des deux pièces à l'aide d'un *collier de guindage*, composé d'un étrier enveloppant la poutrelle inférieure et dont les extrémités recourbées servent à fixer les mailles extrêmes d'une bride complétant le collier. Le serrage s'obtient par l'enfoncement de coins jumelés.

L'emploi des poutrelles de guindage, adopté en France et en Allemagne, a l'avantage d'être facile à établir, d'augmenter la solidité du pont et de servir au besoin de chasse-

roues. Il présente l'inconvénient de diminuer la largeur de la voie ; cet inconvénient est d'ailleurs compensé par le fait que la partie du tablier qui déborde en dehors des poutrelles de guindage constitue une sorte de trottoir, de passage libre, dit *chemin des pontonniers*, où ceux-ci, lorsque la voie est encombrée, peuvent circuler aisément pour resserrer les attaches du guindage.

Nous aurons l'occasion de décrire plus loin les dispositifs autrichiens et anglais, qui diffèrent du précédent et qui seront étudiés dans le chapitre consacré aux matériels étrangers.

#### Mesures contre les oscillations transversales. —

Les oscillations transversales se produisent lorsque le tablier repose sur des supports flottants.

Sous l'action de la masse liquide qui les supporte, les bateaux prennent deux séries de mouvements : le *tangage* qui est une oscillation de l'avant à l'arrière et réciproquement ; le *roulis* qui est une oscillation autour d'un axe parallèle à celui du bateau. Le tangage et le roulis produisent donc une torsion du tablier, susceptible de rompre les brêlages.

On annule presque complètement les effets du roulis et du tangage en satisfaisant aux conditions suivantes :

1° L'expérience montre que le *corps flottant doit avoir une longueur supérieure à trois fois la largeur de la voie* <sup>1</sup>.

2° Les *poutrelles de deux travées consécutives doivent être jumelées en se recroisant, de telle sorte que, chacune d'elles ait deux points d'appui sur le support, un sur chaque bord.*

3° Enfin *l'avant et l'arrière de chaque support doivent*

<sup>1</sup> VAN WETTER.

## DES CORPS DE SUPPORT

être attachés à des points fixes que nous aurons à examiner en parlant de l'ancrage.

### § 4. — DES CORPS DE SUPPORT

**Des supports fixes.** — Au point de vue de la résistance, il est facile de déterminer les charges verticales que les supports fixes ont à supporter, étant donné leur écartement. On en déduira les efforts qui se manifestent dans leurs divers éléments, et l'équarrissage qui leur convient.

En raison de la grande diversité qu'affectent les chevalets qui constituent plus particulièrement ce genre de supports, il est impossible d'étudier d'une manière générale leur résistance.

On peut faire remarquer toutefois que, dès la construction, il se manifeste un certain enfoncement sous la charge du tablier lui-même, et cet enfoncement préalable suffit pour assurer leur assiette contre l'entraînement provoqué par le courant.

Cependant, lorsque la profondeur de la rivière dépasse 2<sup>m</sup>,50 et lorsque le fond est dur, on sera forcé d'amarrer les chevalets isolément à une *cinquenelle*, c'est-à-dire à un cordage tendu d'une rive à l'autre, ou à des piquets de rive, ou enfin à des ancres, soit individuellement, soit par groupes.

**Des supports flottants.** — Ce qui est accidentel pour les supports fixes (chevalets) devient indispensable pour les supports flottants (bateaux ou radeaux), puisque, sans cet amarrage à des points fixes, les flotteurs seraient entraînés par le courant.

Le procédé le plus ordinaire consiste à constituer ces points fixes au moyen d'*ancres* mouillées au fond de la rivière et amarrées par des cordages à l'une des extrémités du flotteur.

Les ancres d'amont ont pour but d'empêcher l'entraînement des bateaux par le courant ou par le vent ; en courant rapide chaque corps de support doit être ancré en amont. On met également des ancres en aval pour amortir les oscillations transversales ; mais leur nombre peut être la moitié de celui des ancres d'amont.

L'ancrage d'un pont a une importance capitale, puisque, s'il est défectueux, le pont peut être emporté. Il est donc nécessaire d'examiner rapidement ici les conditions d'un bon ancrage.

**De l'ancre.** — On sait qu'une ancre se compose : d'une *verge* portant à l'une de ses extrémités deux *bras* courbes terminés par des *pattes* triangulaires, et, à l'autre extrémité, une barre droite appelée le *jas*, perpendiculaire à la verge et dans un plan perpendiculaire à celui des bras.

**Mouillage d'une ancre.** — Lorsque l'ancre repose naturellement sur le sol, elle s'appuie sur ses deux bras et par l'une des extrémités du *jas*. Il suffit alors d'une traction s'exerçant obliquement et de haut en bas, pour que le système bascule. Une seule patte, alors, est en prise et s'enfonce sous l'effort : on dit que l'ancre *mord*.

Cette condition est remplie si le câble est assez long. Il prend alors la forme d'une chaînette dont le premier élément inférieur est légèrement incliné sur l'horizon. L'expérience montre que le basculement de l'ancre a

toujours lieu pourvu que la longueur du cordage ne dépasse deux ou trois fois la profondeur de l'eau ; mais, à cette limite, le cordage serait beaucoup trop court. Sa traction s'exerçant presque verticalement sur la pointe du bateau, déterminerait un enfoncement de cette pointe favorable à un tangage exagéré qui tendrait à disloquer le pont et à soulever l'ancre.

On a reconnu qu'il est nécessaire, pour éviter ces inconvénients, de filer une longueur de cordage égale environ à dix fois la profondeur d'eau.

Il est évident d'ailleurs que le cordage doit être dans le sens du courant, puisque, si cette condition n'était pas remplie, l'action de l'eau tendrait à ramener tout le système dans cette position, et qu'il en résulterait des efforts anormaux sur le tablier, efforts qui se transmettraient jusqu'aux culées dont ils compromettraient la solidité.

Lorsqu'on ne peut mouiller d'ancre sur la ligne du courant passant dans l'axe du bateau, on est forcé d'en mouiller deux obliquement, de part et d'autre de cet axe.

De ce qui précède, il résulte que, pour mouiller une ancre, sur un cours d'eau de moyenne profondeur, il faut la jeter à l'eau à une distance d'environ 30 mètres du point où l'on veut immobiliser le support flottant ; faire descendre celui-ci en laissant filer une quinzaine de mètres de cordage, avant d'exercer la traction qui doit faire basculer l'ancre, puis, toujours, en filant du cordage, arriver peu à peu jusqu'à la position définitive du corps flottant.

**Relevage d'une ancre.** — Ce qui précède indique suffisamment la manœuvre qui convient lorsqu'il s'agit

de relever une ancre. On hâlera sur le cordage d'ancre, jusqu'à ce que le corps flottant, en se rapprochant, vienne à pic au-dessus de l'ancre. Le cordage tirant alors de bas en haut, l'ancre se redresse, et se relève sans difficulté.

**Moyens de suppléer les ancres.** — Il peut arriver, en campagne, que les ancres manquent ou que leur emploi soit rendu impraticable par la nature du fond; en particulier si ce dernier est rocheux, les pattes n'ont aucune prise, et, s'il est sablonneux ou vaseux, les ancres *chassent* ou s'y enfoncent, et il est alors difficile, dans ce dernier cas, et même impossible de les retirer.

**Paniers d'ancrage.** — **Corps perdus.** — On se sert, pour y suppléer, de *paniers* en osier ou de *caisses*, lestés de cailloux; leur poids doit être considérable et atteint communément un millier de kilogrammes.

Un corps pesant quelconque, — meule, herse, etc. — peut remplir le même office; on renonce d'ailleurs à les relever, ce qui les fait nommer des *corps perdus*.

**Amarrage aux rives ou à une cinquenelle<sup>1</sup>.** — On peut également renoncer à chercher des points fixes sur le fond du cours d'eau, en amarrant les supports flottants, soit directement aux rives, soit à une *cinquenelle*, fig. 5, tendue d'une rive à l'autre, en amont du pont.

Cette cinquenelle est généralement un câble métallique qui s'amarre lui-même aisément à des arbres ou à des pieux, ou même à une ancre soigneusement enterrée.

Ce mode d'amarrage convient bien pour un cours

<sup>1</sup> ANONYME. 3. p. 53-63.

d'eau d'une centaine de mètres de largeur. Lorsque la largeur est faible, on se contente d'attacher chaque bateau à un point fixe, sur la rive — arbre ou pieu — c'est l'*amarrage direct* (fig. 6). Ce procédé exige une grande quantité de cordages, que l'on peut réduire, ainsi que le nombre des points d'at-

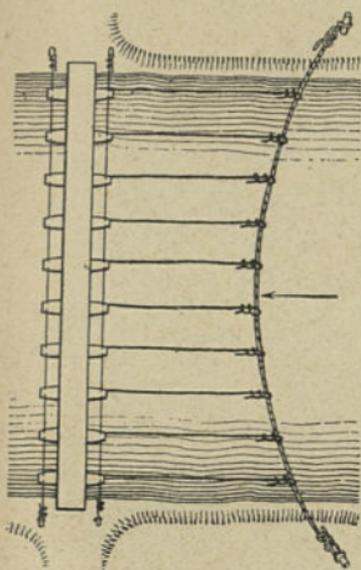


Fig. 5.

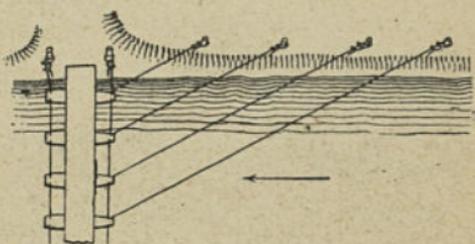


Fig. 6.

tache, sur la rive, en groupant les divers cordages pour former des *pattes d'oie* (fig. 7).

Dans tous les cas, il importe de soutenir

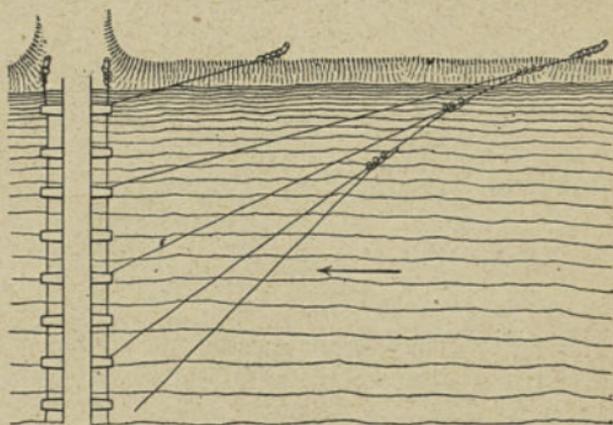


Fig. 7. — Amarrage en patte d'oie.

toujours les cordages hors de l'eau, soit au moyen d'une nacelle, soit au moyen de corps flottants quelconques.

## § 5. — DES CULÉES

Le tablier s'appuie, par ses extrémités, sur les rives, mais il importe que ces points d'appui soient parfaitement fixes, ce que l'on réalise en établissant une *culée*, chargée à la fois de répartir les pressions sur le sol et d'empêcher tout mouvement longitudinal ou transversal des travées extrêmes.

Une culée se compose d'un *corps mort* (fig. 8) formé d'une poutrelle que l'on dispose sur la rive, à une distance convenable de la crête, et perpendiculairement à l'axe du pont.

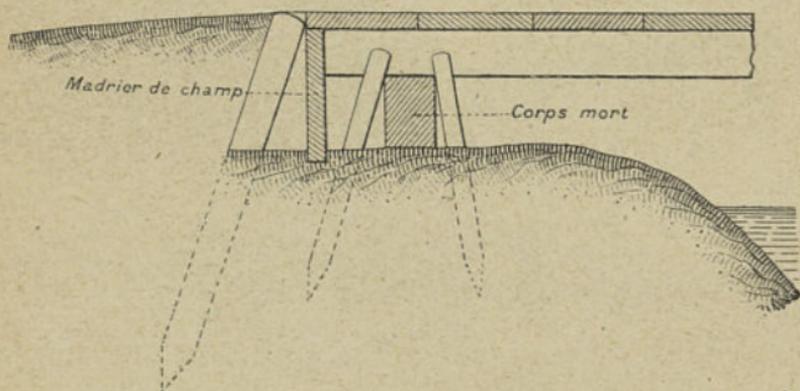


Fig. 8. — Culée.

Le corps mort est maintenu par des piquets. La poutrelle du corps mort sert d'appui aux poutrelles du tablier dont les abouts viennent buter contre un madrier de champ également maintenu par des piquets.

**Réactions des culées.** — Ainsi constitué, un pont sur supports flottants ne saurait être considéré comme une poutre rigide. C'est bien plutôt un ensemble de pièces

semi-rigides, formées par les diverses travées du tablier, et articulées — ou à peu près — au droit des supports.

Cet ensemble est sollicité, non seulement par les charges verticales, pour lesquelles il est fait, en définitive, mais aussi par les forces horizontales, dues principalement au courant qui tend à entraîner les supports flottants.

Ces différents efforts sont neutralisés par la résistance des culées et donnent lieu, dans celles-ci, à des réactions obliques qui se peuvent décomposer elles-mêmes dans les deux directions perpendiculaires de l'axe du pont et de la rive.

Cette dernière composante aurait pour effet de déterminer le ripage du corps mort dans le sens de sa longueur, c'est-à-dire dans le sens où le terrain ininterrompu offre la plus grande résistance. Il suffira, pour empêcher tout mouvement, d'enfoncer de simples piquets de butée aux extrémités du corps mort.

La composante dirigée suivant l'axe peut exercer sur la culée soit une traction, soit une compression.

Une compression n'aura d'autre effet que d'appuyer la culée plus fortement sur le terrain de la rive, par l'intermédiaire du madrier contre lequel viennent buter les poutrelles du tablier : il n'y a pas lieu de s'en préoccuper. Mais il n'en est pas de même dans le cas d'un effort de traction exercé sur la culée, qui est mal faite pour résister à l'arrachement, le terrain lui-même, brusquement limité à la paroi de la berge, pouvant céder facilement.

Il est facile de se rendre compte de la manière dont les choses se passeront.

Supposons l'axe du pont en ligne droite, tout d'abord. Lorsqu'une charge passe à l'aplomb d'un bateau, celui-ci s'enfonce et, offrant ainsi plus de résistance au courant, tend son cordage d'ancre, ce qui a pour effet de l'éloigner

du point fixe. Cette tension du cordage est d'autant plus grande, d'ailleurs, que plus grande est la vitesse du courant.

Chaque bateau descend ainsi vers l'aval, au moment où il est chargé, et ce déplacement est de plus en plus sensible en allant de la rive au thalweg, puisque la vitesse de l'eau va en croissant jusque-là.

Le pont, considéré comme composé d'éléments articulés, va donc s'infléchir dans le plan horizontal et prendre la forme d'un polygone funiculaire, concave vers l'amont, en exerçant un effort de traction sur les culées.

**Redressement du pont.** — Sous des charges importantes et dans un fort courant, cette déformation de l'axe du pont est très sensible. Après le passage des charges qui l'ont déterminée, elle peut rester permanente et appréciable à l'œil. Dans ce cas, on la fait disparaître en agissant sur les cordages d'ancres, pour remonter les flotteurs à leur position primitive ; mais cette opération, en déterminant des efforts anormaux sur les ancres, ne va pas sans modifier leur position et leur prise ; elle est donc le plus souvent préjudiciable à la bonne tenue de l'ancrage. Elle est d'ailleurs toujours très difficile à réaliser.

**Tracé du pont.** — — Un tracé judicieux du pont, au moment de sa mise en place, permet toutefois d'obvier à ces divers inconvénients. Il consiste à donner à l'axe du pont, tout d'abord, une courbure en sens inverse de celle qu'il tendra à prendre par la suite. Le pont tourne alors sa convexité vers l'amont et les efforts subséquents, que les charges provoqueront, n'auront d'autre effet que de redresser l'axe, en exerçant sur les culées des compressions qui, nous l'avons vu, ne sont pas à craindre.

---

## CHAPITRE III

### DES ÉQUIPAGES DE PONTS

#### § I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

**Nécessité d'avoir un matériel spécial.** — Il serait évidemment séduisant de pouvoir toujours se tirer d'affaire avec les ressources locales, pour improviser le passage d'un cours d'eau ; mais, outre que ces ressources sont souvent aléatoires, elles ont toujours le grave inconvénient de ne fournir que des matériaux disparates et difficiles à mettre en œuvre par des hommes pris à l'improviste.

Leur utilisation, lorsqu'elle est possible, exige des soins particulièrement minutieux pour éviter les accidents, pendant la construction ou dans la mise en service. Dans tous les cas, l'opération manque de rapidité.

C'est pourquoi l'on doit, malgré les inconvénients d'un pareil encombrement, se résigner à doter une armée organisée d'un matériel spécial, qu'elle traîne avec elle dans des voitures appropriées et qui lui permet d'établir rapidement le passage des rivières. Ces voitures et le matériel qu'elles transportent constituent ce qu'on appelle un *équipage de pont militaire*.

**Conditions essentielles auxquelles doit satisfaire un équipage de pont.** — Les conditions que doit remplir un pareil équipage découlent naturellement du but

même auquel on le destine. Ces conditions sont les suivantes :

a) *Etre assez mobile pour suivre l'armée dans tous ses mouvements.* Il faut donc que les voitures soient d'une construction extrêmement soignée et robuste, malgré leur légèreté relative, qui est encore une des nécessités d'un matériel de campagne où le poids mort doit être réduit au minimum. Quoique les équipages de ponts ne soient pas destinés, en principe, à quitter les chaussées des routes, leurs voitures doivent pouvoir passer partout, avec un tournant assez court, et rouler même en plein champ pour atteindre le point de franchissement le plus convenable.

On donne, en définitive, aux voitures entrant dans la composition des équipages le même poids maximum qu'aux plus lourds véhicules de l'artillerie de campagne, dont elles doivent avoir l'allure.

b) *Pour permettre d'envoyer sur la rive opposée, dès le début de l'opération, quelques troupes destinées à en assurer la sécurité,* l'équipage doit comprendre des bateaux propres à la navigation et à l'embarquement des troupes. Ces bateaux doivent d'ailleurs être faciles à décharger et à mettre à l'eau.

c) *L'équipage doit se prêter au franchissement des cours d'eau quels qu'ils soient.* Des bateaux destinés à servir de supports flottants en constitueront l'élément essentiel ; mais, lorsque la faible profondeur d'eau les rendrait inutilisables — ce qui se présente souvent près des berges — il est nécessaire de pouvoir les remplacer par des supports fixes qui doivent, par conséquent, entrer en proportion convenable dans la composition de l'équipage.

d) *L'équipage sera susceptible d'être fractionné en sec-*

tions pouvant servir isolément, lorsqu'il s'agit de franchir un cours d'eau de peu d'importance.

Voyons maintenant comment seront constitués les différents éléments d'un équipage de ponts, c'est-à-dire : les *corps de supports*, le *tablier* et les *voitures*.

§ 2. — DES CORPS DE SUPPORT D'UN ÉQUIPAGE DE PONT

**Bateaux ou pontons.** — Les conditions que nous venons d'énumérer et qui exigent qu'un corps de support flottant, dans un équipage militaire, puisse naviguer en tout courant et servir au passage de troupes d'une rive à l'autre, lui imposent une résistance et une capacité suffisantes pour supporter une travée de pont; il doit être en même temps assez léger pour être chargé et transporté sur roues; ces conditions, par suite, ne permettent point d'y appliquer d'autres flotteurs que des bateaux ou *pontons*, dont le mode de construction, la forme, les dimensions enfin, sont commandés par ces exigences initiales.

**Dimensions.** — En ce qui concerne les dimensions, plusieurs éléments interviennent pour les déterminer.

1° La *capacité* minimum du bateau est fixée par la résistance à l'enfoncement qu'il doit offrir au moment du passage des plus lourds fardeaux militaires et aussi par l'écartement des supports, c'est-à-dire la longueur de la travée.

Les bateaux obstruent une partie du débouché et forment obstacle à l'écoulement de l'eau, aussi bien qu'au passage des corps flottants charriés par le courant. Ces

raisons empêchent de rapprocher les bateaux à moins de 4 mètres d'axe en axe.

D'autre part, au-dessus de 6 mètres, les poutrelles du tablier cesseraient d'être maniables.

D'ailleurs la capacité maximum du bateau est limitée par la limite de charge d'une voiture et par la nécessité de pouvoir être porté à l'épaule par des hommes répartis le long des bordages, pour les opérations de déchargement et de mise à l'eau.

On est conduit, par ces diverses considérations, à une longueur de 8 à 9 mètres, à une largeur de 1<sup>m</sup>,60 nécessaire pour atténuer le roulis pendant la navigation, cette largeur permettant en même temps d'arrimer le bateau entre les roues de la voiture, et enfin à une hauteur de 0<sup>m</sup>,70 suffisante pour que les corps flottants puissent passer sous le tablier.

**Forme.** — Pour que le bateau navigue facilement, on le termine par deux becs relevés, assez solides pour résister à la traction du cordage d'ancre. La section transversale présente deux bordages légèrement inclinés se raccordant, soit à un fond plat, soit à une quille peu accentuée.

**Bateaux en bois et en métal.** — A quelle matière, bois ou métal, convient-il de donner la préférence, dans la construction du ponton d'équipage ?

C'est une querelle qui a duré fort longtemps, en France tout au moins où la substitution du bateau métallique à l'ancien bateau réglementaire en bois a provoqué d'interminables discussions, dans les milieux spéciaux, bien entendu.

Tableau comparatif des équipages de ponts des diverses puissances

Puissances	Date de l'organisation actuelle	Equipages de pont dans un corps d'armée	Principales données du bateau d'équipage							Mode de pontage	Nombre de supports par corps d'armée		Longueur de pont fournie par corps d'armée	Nombre total d'équipages	Observations
			Espèce de bateau	Matière employée	Longueur	Largeur en haut	Hauteur du corps	Poids	Force de support absolue		Bateaux	Chevalets à deux pieds			
Allemagne.	1874	1 éq. de corps d'armée 2 éq. divisionnaires	Simple	Tôle zinguée	7,50	1,50	0,81	450	6750	Poutrelles brélées et jumelées	12 } 26 } 38	8 } 4 } 12	72 } 132 } 210	36 éq. divis. 18 éq. de corps d'armée	
Angleterre.	1868	1 équipage	Simple	Bois	6,46	1,60	0,81	355	5900	Pontons-saddle (pas de brèlage)	20	4	119	4	1 pour le corps d'armée expéditionnaire
	1879	Eq. d'infanterie légère	Bateau pliant démontable	Tôle membrure en bois)	2,74	1,25	0,46	60	2900	Chevalet sur bateau-tablier d'une seule pièce	12	—	32	3	
Autriche.	1893	1 éq. léger à 2 divisions Eq. normaux en nombre variable	Divisible	Tôle	7,75 assemblé	1,90	0,79	414 devant 308 milieu 812 assemblé	4856 4882 9738	Traverse support de poutrelles	variable	variable	variable	60 { 14 légers 46 nor- maux	Il y a 46 éq. normaux qui sont répartis entre les armées et les corps d'armées suivant les besoins.
Belgique.	1874	2 divisions	Simple, disposé pour assemblage	Tôle	7,50	1,45	0,80	570	8000	Poutrelles brélées et jumelées	28	16	276	2 pelotons constituant un éq. unique	
Etats-Unis.	1860	Eq. de réserve : 4 divisions d'éq. 1 éq. de réserve	Simple	Bois	9,50	1,70	?	725	9650	Traverse support ou jumelage	32	8	251	64 réserve non comprise	
		Eq. d'avant-garde : 4 divisions d'éq.	Démontable	Carcasse en bois recouverte de tôle	6,50	?	0,75	231	?	Traverse support ou jumelage	32	8	200 environ	48	
Italie.	1871	1 éq. de corps d'armée	1/2 bateau	Bois	7,50	1,76	0,86	525	9500	Poutres chevillées sur fausses poutrelles	27	9	250 environ	12 éq. de corps	
		1 section de pont par division	—	—	—	—	—	—	—	—	4	8	80 environ	1 sect. de pont par division	
Russie.	1866	1 éq. de corps	Divisible	Tôle	7,75 assemblé	1,86	0,74	680 assemblé	8000	Traverse support	6 1/2 bat. de devant + 9 1/2 bateau du milieu	10	180 environ	16 équipages	
Suisse.	1874	1 div. d'éq. par division d'élite Division d'éq. de réserve	Divisible	Tôle	8,05 assemblé	1,87	0,75	753 assemblé	8840 assemblé	Traverse support de poutrelles	4 assemblés + 4 devant 18 devant	8 36	53 207	8 divisions d'équipages 1 division de réserve	



Des deux côtés, on avait sans doute d'excellents arguments à invoquer et l'on comprend qu'avant de trancher une question aussi chaudement controversée, on ait tenu à s'entourer des garanties que pouvaient seules donner des expériences bien faites. Les équipages de pont constituent, en effet, une partie notable de notre matériel de guerre, et la moindre erreur commise dans le choix de leurs éléments, non seulement coûterait cher au budget, mais pourrait encore causer de graves mécomptes en campagne.

L'ancien corps des pontonniers, par accoutumance et par tradition, ne laissait pas d'avoir une certaine tendresse pour son vénérable ponton de bois, et s'il soumit, à partir de 1861, les bateaux métalliques à des essais comparatifs, ce ne fut qu'à son corps défendant, et ces essais ne servirent qu'à en faire ressortir les défauts. Sans doute ces résultats médiocres étaient surtout imputables à des programmes et à des modèles défectueux ; mais on avait beau jeu à rappeler alors les avantages du bateau en bois.

#### **Avantages et inconvénients des bateaux en bois.**

— Le bateau réglementaire, avec son tonnage de près de 9000 kilogrammes, offre en effet une stabilité parfaite et permet, sur des travées de 6 mètres, de faire passer en toute sécurité toutes les charges d'une armée, à la seule exception de l'artillerie lourde. Il navigue bien, même sur les fleuves rapides ; enfin les réparations des voies d'eau résultant d'un choc ou des projectiles s'exécutent aisément.

Mais les contempteurs de ce flotteur archaïque objectent qu'il manque d'étanchéité, pour peu qu'il séjourne

hors de l'eau, en magasin ou à l'air libre, surtout s'il est exposé au soleil, ce qui met dans l'impossibilité de s'en servir à l'improviste et sans un mouillage préalable de plusieurs jours.

Ce défaut d'étanchéité est l'inconvénient le plus grave des bateaux en bois ; mais en outre, ceux-ci exigent un entretien coûteux, des soins continuels, qu'ils soient en service ou en magasin ; en sorte qu'au bout de sept ans, un bateau en bois, sans même avoir servi, a coûté aussi cher qu'un bateau métallique, et que sa durée ne saurait dépasser dix à douze ans.

**Adoption du bateau métallique en France.** — C'est en 1899, qu'on décida qu'il y avait lieu d'adopter, à l'avenir, le métal dans la construction des bateaux d'équipage. Un certain nombre de bateaux métalliques de types différents furent mis en chantier, afin d'expérimenter rapidement et d'élucider la question sous toutes ses faces.

Le programme des expériences portait notamment sur : la forme la plus favorable, tout en cherchant à utiliser le matériel de poutrelles existant ; les effets du tir du fusil sur les bordages ; les procédés à employer pour aveugler rapidement les voies d'eau ; l'enduit protecteur le plus convenable, enfin les améliorations de détail<sup>1</sup>.

Il était naturel d'ailleurs d'essayer les deux types qui, à cette époque, se partageaient les faveurs de l'étranger, c'est-à-dire : le bateau d'une seule pièce indivisible, adopté en Prusse, en Hollande, en Danemark et en Belgique, et le bateau divisible, formé de becs et de corps prismatiques susceptibles de s'associer en plus ou moins grand

<sup>1</sup> ANONYME. 20.

nombre, type créé en Autriche et adopté, sans grandes modifications, en Russie, en Bavière, en Suède et en Norvège.

Un des bateaux expérimentés était en tôle peinte ; les autres étaient en tôle zinguée. L'acier dur étant fragile et donnant des déchirures étendues sous le choc des projectiles, on adopta l'acier doux employé par la marine pour les coques de torpilleurs (47 kilogrammes par millimètre carré de résistance à la rupture et 10 à 20 % d'allongement).

Les expériences qui eurent lieu à Avignon, sur les deux bras du Rhône, où l'on rencontrait des conditions variées de courant, donnèrent des résultats fort intéressants et permirent d'arrêter un type de bateau qui, perfectionné peu à peu, est devenu réglementaire en France.

**Inconvénients des bateaux divisibles.** — Il ne semble pas que les bateaux divisibles aient sur les pontons indivisibles d'avantages spéciaux bien marqués ; ils présentent, en revanche, de nombreux inconvénients, résultant de leur complication et de leur poids ; on conçoit donc que la majorité des armées n'ait point suivi l'Autriche dans leur adoption.

**Réparation des voies d'eau.** — Quant à la crainte qu'il soit impossible de réparer la moindre voie d'eau et de renflouer un bateau métallique coulé, les constatations suivantes sont bien faites pour l'atténuer.

Une balle ou un coup de gaffe peuvent produire des trous de 15 millimètres environ ; or, par de pareils trous, l'eau s'introduit assez lentement pour que la submersion s'effectue peu à peu, sans brusquerie. On a donc tout le

temps nécessaire pour prendre les mesures de sécurité. En outre, il suffit d'établir des compartiments étanches aux deux extrémités du bateau, pour que celui-ci, non chargé, ne cesse pas de flotter. Dans ce but, sous les caillbotis des becs, il est possible d'établir des flotteurs indépendants, composés de sacs imperméables remplis de paille ; ces flotteurs sont suffisants pour éviter une submersion complète.

Enfin, un bateau faisant partie d'un pont, alors même qu'il est entièrement rempli d'eau, est soutenu par le tablier lui-même, ce qui donne le temps de réparer les avaries.

Il est d'ailleurs relativement facile aujourd'hui de boucher un trou, lorsqu'il n'y a pas de déchirure. S'il est petit, il y suffit d'une cheville de bois tendre enduite de mastic au minium, de suif, ou même d'argile.

La soudure oxy-acétylénique offre des ressources plus précieuses encore, en permettant de souder sur la plaie une petite rondelle de fer doux au chalumeau. Le trou présentât-il des dimensions plus grandes (4 ou 5 centimètres de côté ou de diamètre) il serait encore possible d'appliquer le même procédé. On soude d'abord, sur la déchirure, un quadrillage de petites barres de fer doux. Il suffit ensuite de donner un coup de chalumeau sur toute cette grille que l'on martèle d'un côté, en appuyant sur l'autre face un corps faisant l'office d'enclume. L'opération ne demande que quelques minutes et donne le meilleur résultat.

De toutes ces considérations, il résulte que l'avantage reste nettement au bateau métallique, dans la comparaison qu'on en peut faire avec le bateau en bois.

**Nature du métal.** — Quant au métal à employer, on avait commencé au XVIII<sup>e</sup> siècle par essayer du cuivre qui n'est point corrodé par l'oxydation ; mais, à moins de l'employer en épaisseurs un peu fortes, ce métal est trop peu résistant et trop malléable. Il est en outre très cher.

A son tour, la tôle de fer doit être rejetée parce qu'elle est rapidement détruite par la rouille ; mais la tôle d'acier donne au contraire toute satisfaction pour ce genre de construction. Sa grande résistance permet de l'employer en faible épaisseur ; elle se rouille peu et il suffit d'ailleurs, pour la protéger efficacement, de la revêtir d'un zincage peu épais.

**Résumé.** — En résumé, les bateaux constituant un équipage de ponts doivent avoir des dimensions voisines de celles-ci :

Longueur . . . . .	8 à 9 mètres
Largeur. . . . .	1 <sup>m</sup> ,60
Hauteur . . . . .	0, 70

Leur poids oscille entre 700 et 750 kilogrammes, avec une force portante de neuf tonnes environ.

Un pareil bateau est aisément transportable à l'épaule par 20 hommes et constitue une charge raisonnable pour une voiture.

**Accessoires : Nacelles.** — Les engins accessoires de l'équipage sont des nacelles et des chevalets servant de supports fixes.

Les *nacelles* sont de petites embarcations beaucoup plus maniables et plus faciles à gouverner que les pontons, destinées aux opérations de service, et surtout au mouillage et au relevage des ancres d'aval. C'est ce der-

nier genre d'opérations qui fixe leur capacité minimum, pour qu'elles s'effectuent sans danger. Leurs formes doivent leur assurer de bonnes qualités nautiques (extrémités saillantes, flancs arrondis, largeur égale au  $\frac{1}{5}$  de leur longueur) <sup>1</sup>. En outre, comme elles doivent, le cas échéant, passer sous le tablier du pont non chargé, leurs bordages sont peu élevés.

**Supports fixes complémentaires.** — En dehors du matériel de culées, l'équipage comprend un certain nombre de chevalets destinés à remplacer les supports flottants, lorsque ceux-ci deviennent inutilisables par suite de la faible profondeur de l'eau.

Ces supports fixes sont assujettis à la nécessité de porter les poutrelles du tablier à un niveau déterminé qui n'a aucun rapport avec la hauteur réelle des pieds, ce qui exige un dispositif particulier permettant de faire varier la hauteur du chapeau.

Ils doivent en outre être disposés de manière à trouver aisément une assiette solide sur le fond.

### § 3. — MATÉRIEL DU TABLIER

**Poutrelles.** — Les poutrelles doivent être assez légères pour que deux hommes puissent les porter sans fatigue excessive. Leur longueur, qui est commandée d'ailleurs par celle de la travée, doit permettre le transport par voitures; elle est de 8 mètres environ, lorsque l'écartement des supports est de 6 mètres d'axe en axe.

<sup>1</sup> Van WETTER.

Comme dans toutes les pièces travaillant à la flexion, il y aurait évidemment intérêt à adopter une section rectangulaire, plus haute que large, ce qui permettrait de réduire le poids, — à longueur égale, bien entendu.

Néanmoins, pour éviter le déversement et surtout les erreurs de pose, si faciles à commettre surtout pendant des manœuvres de nuit, et qui pourraient être préjudiciables à la solidité du tablier, on adopte généralement des poutrelles à section carrée.

Pour les portées et l'espacement usuels, cette section est de  $0^m,12 \times 0^m,12$ , en sapin; leur poids est donc de 70 kilogrammes environ.

**Madriers.** — La largeur des madriers est telle qu'on puisse les porter sous le bras. Il importe d'ailleurs que chaque travée soit recouverte par un nombre exact de madriers.

\* Leur longueur est égale à la largeur de la voie augmentée d'environ  $0^m,60$  (deux fois la largeur du chemin des pontonniers), soit 3 mètres au total.

L'épaisseur dépend de la charge prévue et de l'écartement des poutrelles de soutien. Dans la pratique courante, il suffit de prendre de la planche de  $0^m,04$ .

A chaque extrémité, la largeur est diminuée, sur une certaine longueur, par une entaille sur les deux bords. Lorsque les madriers sont placés, ils laissent ainsi entre eux une rainure qui laisse libre passage pour les commandes de guindage, sans que les madriers cessent d'être jointifs dans leur partie médiane.

Pour assurer la conservation des madriers et les empêcher de se fendre aux extrémités, on les renforce dans cette région par des clefs transversales en chêne.

**Cordages.** — Le matériel du tablier est enfin complété par les cordages nécessaires au brélage et au guindage, où il est nécessaire d'employer des agents de liaison à la fois élastiques et très résistants. Ce sont des *commandes* de faible diamètre (plus petit que 1 centimètre et demi). Les cordages en chanvre sont les seuls employés, bien qu'ils soient d'un entretien difficile. Les cordages métalliques ont, en effet, l'inconvénient de manquer de souplesse et de se prêter mal à un enroulement en pelotes de petit diamètre.

En revanche, ces derniers sont d'un entretien et d'une conservation faciles. A section égale, ils présentent une résistance de 10 à 30 fois supérieure à celle des cordages en chanvre, et à résistance égale, ils ont un poids plus faible au mètre courant : il y a donc le plus grand intérêt à les appliquer aux usages où la résistance est la condition primordiale, et ces usages sont nombreux.

#### § 4. — MATÉRIEL DE TRANSPORT

**Haquets à bateau.** — Le véhicule le plus important, dans un équipage de ponts, est celui qui est destiné à transporter le bateau. C'est aussi le plus difficile à combiner, en raison même de la longueur de celui-ci. Il importe qu'il puisse tourner dans un espace aussi restreint que possible et soit à tournant complet. On lui donne le nom de *haquet*.

Pour faciliter le chargement et le déchargement du bateau, l'avant-train devra pouvoir se détacher facilement, afin que les brancards, reposant sur le sol par leur partie

antérieure, constituent une sorte de plan incliné, sur lequel le bateau peut glisser.

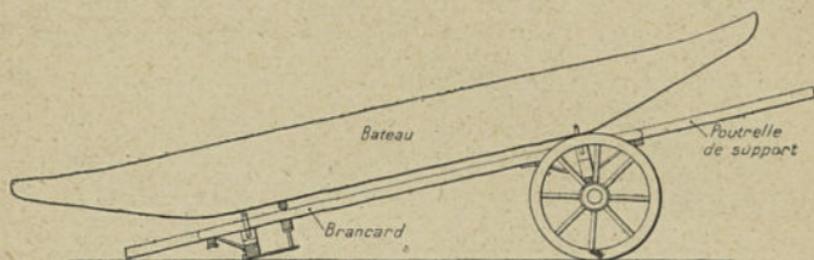


Fig. 9. — Chargement du bateau sur le haquet.

Sur le haquet, le bateau peut reposer par le fond ou par ses plats-bords.

Dans la première position, la manœuvre de chargement ou de déchargement est plus facile ; mais le bateau est ainsi exposé à recueillir l'eau de pluie, et, si l'on n'y prend garde, les troupiers se serviroient de cette capacité pour y emmagasiner une foule d'objets étrangers au chargement réglementaire.

En outre, s'il s'agit de bateaux métalliques dont le fond est toujours arrondi, l'embarcation subit des oscillations qui détériorent la quille et fatiguent inutilement la carène. Enfin la charge transmise par la quille repose tout entière sur le milieu des traverses, condition défectueuse pour une bonne résistance. Il en résulte des ruptures de traverses, au moment où la voiture subit des chocs violents.

Dans le cas, au contraire, où le bateau repose par ses plats-bords, la charge s'exerce symétriquement près des attaches des traverses.

Le bateau ainsi renversé permet d'abriter les cordages

et les agrès. C'est une capacité fermée d'où il est assez aisé d'exclure tout chargement parasite.

Toutefois, cette position n'est pas très favorable aux bateaux en bois, qui, ainsi exposés plus directement à l'action solaire, se dessèchent et perdent rapidement leur étanchéité.

On est ainsi conduit à adopter, pour les bateaux en bois, à fond plat, le chargement sur le fond, tandis qu'on préférera poser les bateaux à quille — et en général les bateaux métalliques — sur leurs plats-bords.

**Chariots.** — Il serait désirable qu'on pût rassembler sur la même voiture, avec le corps de support, tous les matériaux et agrès nécessaires à la construction d'une travée complète. Cette disposition réduirait au minimum le nombre de véhicules et permettrait de commencer le pont alors même qu'une partie de l'équipage aurait été coupée en route.

Cette condition, toutefois, imposerait généralement une charge trop considérable, qu'il vaut mieux diviser.

Sur chaque haquet, on se contente de placer un bateau, son ancre, les agrès nécessaires à la navigation, les poutrelles pour une travée, le matériel de brèlage et de guindage de cette travée. Le reste du matériel (madriers, chevalets, cordages, etc.) est réparti sur un certain nombre de chariots complémentaires.

Enfin l'équipage comprend encore : un chariot de forge, des fourragères et des fourgons à vivres.

## CHAPITRE IV

### ÉQUIPAGES DE PONTS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

#### § I. — MATÉRIEL FRANÇAIS

Un examen rapide va nous montrer comment les principes posés ci-dessus ont été appliqués.

**Bateau d'équipage en bois (modèle 1853).** — Dans le matériel français, le bateau réglementaire qui en est l'organe fondamental, est le bateau métallique modèle 1901. On utilise l'ancien bateau en bois, dont il existait un approvisionnement considérable, comme matériel d'exercice, dans les régiments du Génie.

Les figures suffisent à définir ce ponton. Le *bordage* et le *fond*, en planches de sapin bien calfatées, sont cloués sur vingt *courbes* composées chacune d'une semelle et d'un seul montant alternativement placé à droite et à gauche. Le tout est renforcé par une *ceinture* et des *plats-bords*, auxquels sont fixés, d'une part quatre *anneaux de brélage*, à l'extérieur, et d'autre part cinq *crochets de pontage* sur chaque bord. Des supports tournants en fer permettent d'établir des bancs pour la navigation. Dans le même but, on a établi des trous, sur le nez pour les *tolets* de gouvernail, et sur les côtés pour les *tolets* de rames. Enfin des *poupées* assurent, aux deux bouts, les moyens d'amarrage.

Les dimensions sont les suivantes : longueur 9<sup>m</sup>,43,

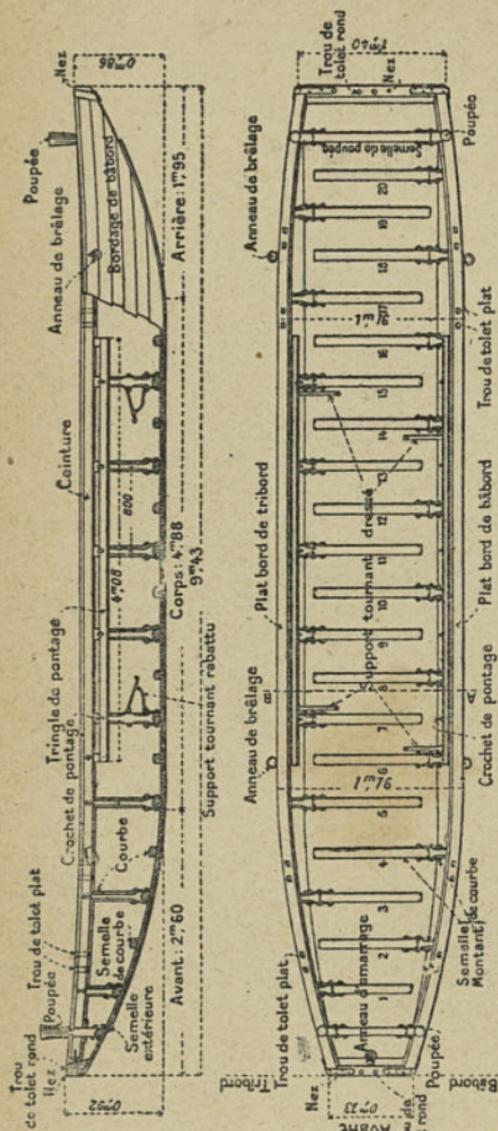


Fig. 10. — Bateau en bois.

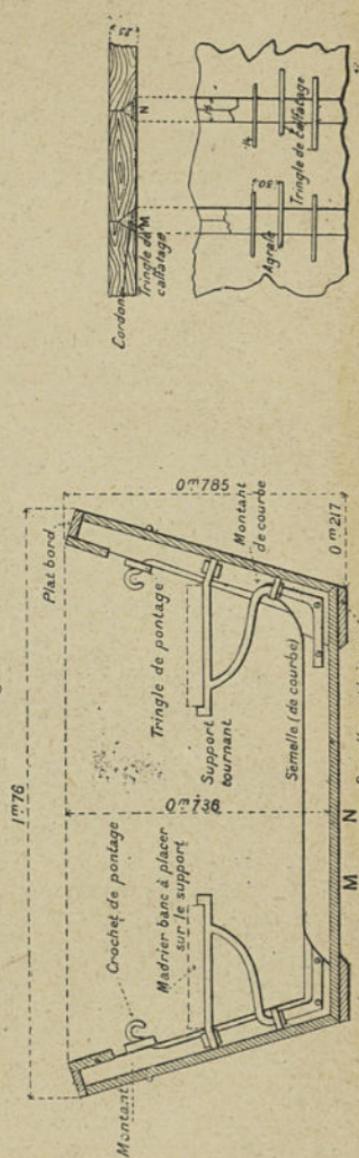


Fig. 11. — Coupe transversale du bateau en bois.

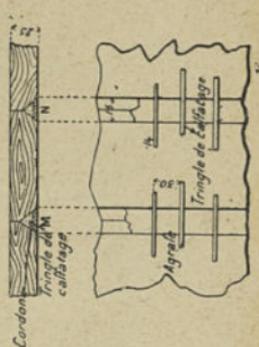


Fig. 12.

hauteur 0<sup>m</sup>,785, largeur 1<sup>m</sup>,76, poids 660 kilogrammes, force de support absolue 8540 kilogrammes.

**Bateau métallique (mod. 1901).** — Le bateau métallique, modèle 1901, est en tôle d'acier. Sa forme le rend beaucoup plus apte à la navigation que le bateau en bois.

Les bordages, presque verticaux au-dessus de la ligne de flottaison, sont arrondis en dessous. Les pointes sont relevées suivant une forte courbure.

Des *courbes* ou *couples* nombreux soutiennent le bordage.

Les plats-bords sont en bois sur le milieu du bateau, en fer vers les extrémités qui demandent à être renforcées. Deux ceintures latérales en bois forment saillie sur le bordage et facilitent le transport à bras. Un *davier amovible*, qui peut être placé à l'avant-bec, aide aux opérations de mouillage et de relevage des ancres en courant rapide.

La figure montre, en plan, les *caillebotis* à clairevoie formant plancher à chaque extrémité du bateau. C'est sous ces caillebotis qu'on peut, le cas échéant, placer les sacs remplis de paille, destinés à servir de flotteurs. Le caillebotis est supporté, à son bord libre, par une cloison en tôle qui contribue à renforcer la membrure.

Les poupées sont à rabattement, disposition qui facilite la substitution, dans un pont, d'un bateau en bon état à un bateau ayant besoin de réparations urgentes, impossibles à faire sur place. Les tolets sont métalliques.

Les dimensions sont les suivantes :

Longueur . . . . .	8 <sup>m</sup> ,555
Hauteur . . . . .	0, 80
Largeur . . . . .	1, 70

Poids, 750 kilogrammes environ ; déplacement 9 tonnes 700.

Ponts improvisés.

5

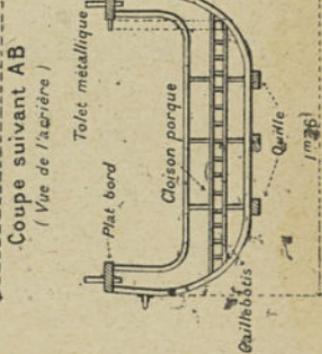
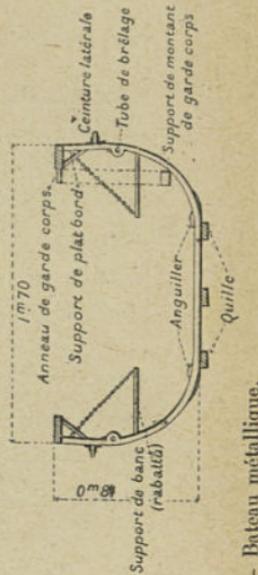
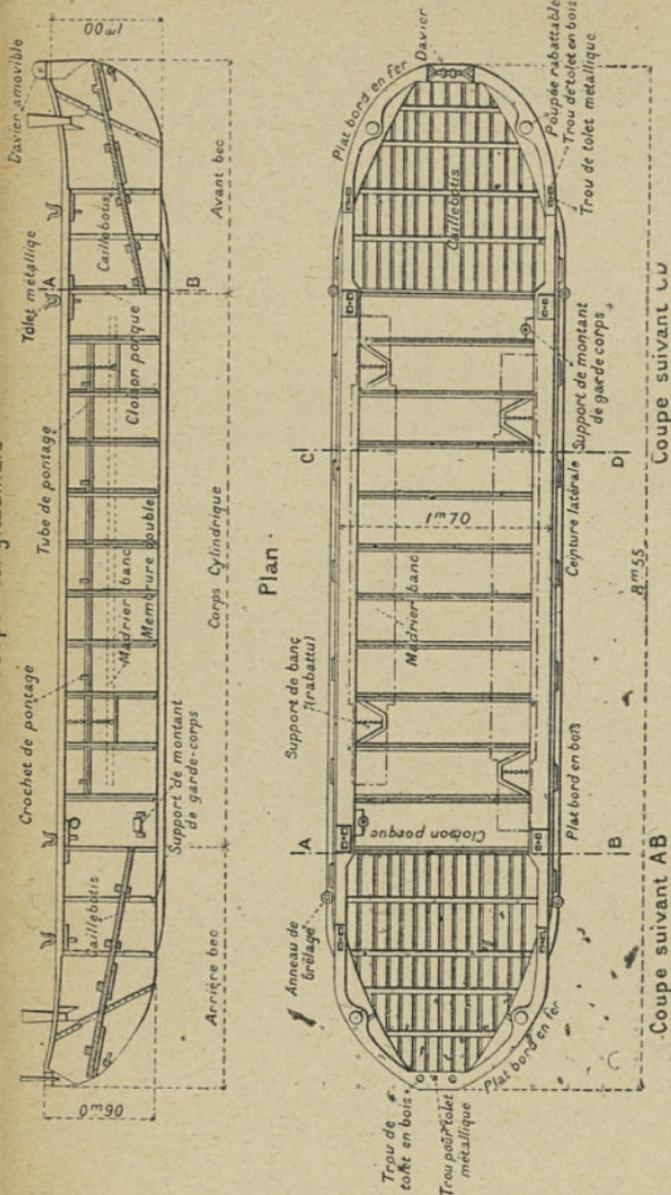


Fig. 13. — Bateau métallique.

**Nacelle métallique.** — On a étudié un type de nacelle métallique spécialement construite en vue de la navigabilité, son rôle devant se réduire aux reconnaissances et aux sauvetages.

Cette nacelle est caractérisée par l'adjonction d'une ceinture ayant pour but de rendre l'embarcation insubmersible et qui est constituée par une matelassure en *capok*<sup>1</sup>.

**Chevalet à deux pieds.** — Les supports fixes qui forment le complément indispensable d'un équipage de pont, doivent répondre à des exigences multiples et s'adapter aux profondeurs et aux formes de fond les plus diverses.

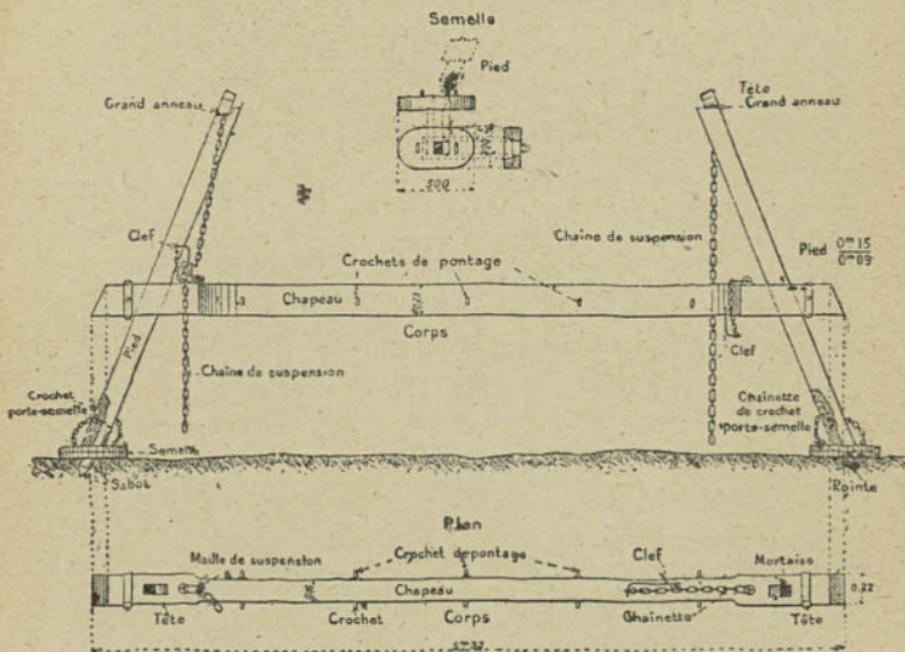


Fig. 14. — Chevalet à deux pieds, mis en place,

<sup>1</sup> Le *capok* est un coton très soyeux venant de l'Inde, et qui possède la curieuse propriété de ne pouvoir absorber d'eau.

On a été ainsi conduit à adopter des chevalets à deux pieds du système *Birago*<sup>1</sup>, dont le type, emprunté au matériel autrichien, est employé depuis fort longtemps en France.

La nécessité d'une adaptation rapide à toutes les circonstances entraîne l'indépendance des différents éléments du chevalet qui comprend : un chapeau et deux pieds en sapin, que complètent deux semelles en chêne.

Les pieds sont de simples pièces de bois qui, lorsque le chevalet est en place, se présentent comme des arcs-boutants inclinés à 22° sur la verticale, et qui traversent le chapeau dans des mortaises pratiquées vers les extrémités de celui-ci.

Pour attacher le chapeau à chacun des pieds, à la hauteur convenable, on coiffe le haut du pied que termine une poupée cylindrique, au moyen d'un anneau d'où pend une chaîne ; cette chaîne elle-même est passée dans un anneau de suspension fixé sur la face supérieure du chapeau et, lorsqu'elle est tendue, on l'arrête par une barre transversale passant par le dernier chaînon qui a traversé l'anneau.

Avant de fixer définitivement le chapeau, les pieds sont enfoncés à refus, leur pointe inférieure passant à travers la semelle en chêne destinée à augmenter l'assiette du chevalet sur le fond.

Le chapeau porte, sur chacune de ses faces verticales, cinq crochets de pontage se faisant face et distants les uns des autres de 0<sup>m</sup>,80. Cet écartement est aussi celui des poutrelles du tablier qui sont terminées par des griffes embrassant le chapeau.

<sup>1</sup> BIRAGO.

Afin de pouvoir utiliser le chevalet Birago pour des profondeurs d'eau très différentes, chaque chapeau possède des pieds de rechange ayant pour longueurs respectives : 2 mètres, 3 mètres et 3<sup>m</sup>,90.

Le chevalet complet pèse 170 kilogrammes environ.

#### Avantages et inconvénients du chevalet Birago.

— Le chevalet Birago présente les avantages suivants : il n'oppose au courant qu'une très faible prise ; on peut le ponter à des hauteurs variables.

En revanche, il présente de nombreux inconvénients. Comme il n'a pas une stabilité propre, il nécessite l'emploi de poutrelles à griffes, ce qui fait que la stabilité du pont lui-même dépend uniquement de la solidité des attaches sur les culées.

Les poutrelles à griffes ont nécessairement une longueur invariable, ce qui interdit de faire varier la portée des travées.

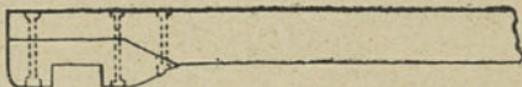


Fig. 15 — Poutrelle à griffe.

Les pieds de chevalet surplombant obliquement le tablier, peuvent être accrochés et brisés par les voitures, surtout s'il n'y a pas de chemin des pontonniers bien délimité par le guindage.

Le chevalet Birago est d'un mauvais usage sur les fonds tourbeux, vaseux et sablonneux, car les semelles, relativement petites, n'empêchent pas les pieds de s'enfoncer peu à peu dans le sol.

Il en résulte une dénivellation du tablier qu'il est difficile de supprimer, une fois le pontage fait, le tablier ne pouvant se déplacer que d'une faible hauteur et, du reste,

malaisément. A cause, en effet, de leur obliquité, les pieds sont forcés dans leurs mortaises, de telle sorte que le chapeau ne peut plus ni monter, ni descendre <sup>1</sup>.

**Matériel complémentaire.** — *Poutrelles ordinaires* en sapin de 0,12 × 0,12 d'équarrissage. Longueur 8 mètres (pour travées de 6 mètres). Elles se croisent de manière à ce que chacune d'elles porte à la fois sur les deux bords du bateau.

*Poutrelles de culée*, de 6<sup>m</sup>,30 de longueur, destinées à la première et à la dernière travées, pour que celles-ci aient encore 6 mètres.

*Poutrelles à griffes*, servant au pontage sur chevalets Birago. Longueur 6 mètres d'axe en axe des griffes.

*Fausses poutrelles* de 2 mètres, utilisées dans certains cas spéciaux.

*Madriers*, épaisseur 0<sup>m</sup>,04 ; longueur 3<sup>m</sup>,90 ; largeur 0<sup>m</sup>,33. Il en faut dix-huit pour couvrir une travée de 6 mètres.

*Corps mort*, longueur 4<sup>m</sup>,10, section carrée 0,16 × 0,16, porte 5 crochets de pontage, à l'écartement de 0<sup>m</sup>,80, sur l'une de ses faces posées verticalement.

**Longueur des travées.** — La longueur des travées varie un peu suivant le genre des supports employés. Le tableau suivant donne à cet égard les renseignements

<sup>1</sup> MEURDRA.

utiles <sup>1</sup>. La figure montre en même temps la disposition des poutrelles.

Désignation des travées	Longueur des travées	Portée des poutrelles	Nombre des poutrelles (non compris celles du guindage)		
			de culée	à griffes	ordinaires
De corps morts. } à chevalet	5 <sup>m</sup> ,84	5 <sup>m</sup> ,40	5	2	—
	5, 34	4, 14	5	—	—
De chevalet. } à chevalet	5, 57	5, 40	5	2	—
	5, 07	4, 14	5	—	—
De bateau à bateau . . . . .	6, 00	4, 30	—	—	5
De bateau à chevalet intercalé.	4, 80	3, 87	5	2	—
De chevalet intercalé à bateau.	4, 80	3, 87	5	2	—

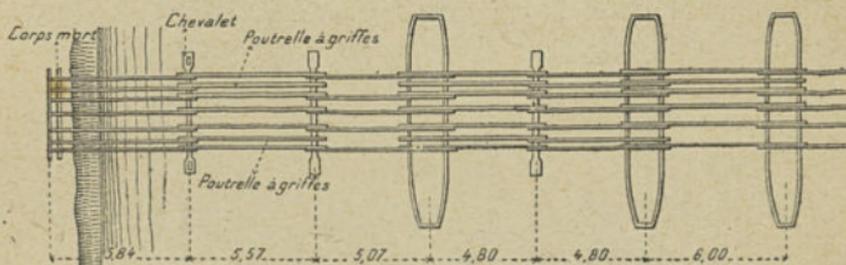


Fig. 16. — Plan montrant les longueurs de travées de l'équipage français.

**Haquet à bateau.** — Nous donnons également le croquis d'un haquet chargé d'un bateau en bois modèle 1853 reposant sur son fond.

On a modifié légèrement le haquet pour permettre le

<sup>1</sup> ANONYME. 2. p. 196.

chargement et le transport, sur les plats-bords, du bateau métallique modèle 1901. Dans l'un et l'autre cas le bateau

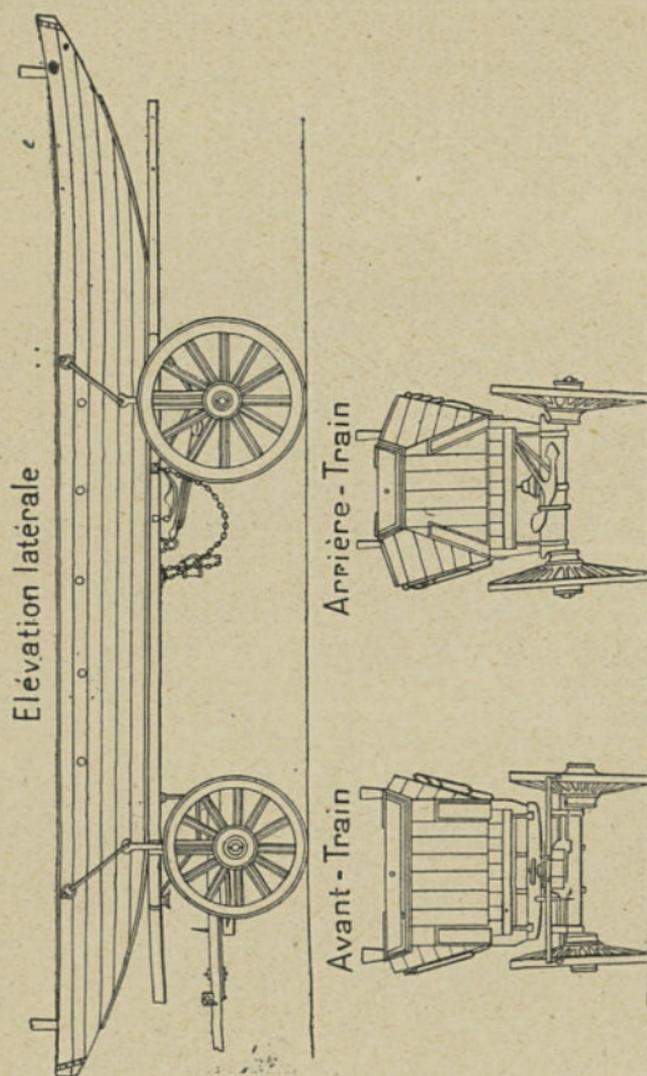


Fig. 17.  
Bateau en bois sur haquet.

est assujetti sur le haquet au moyen de 4 commandes.

Entre les brancards trouvent place 5 poutrelles de support et 2 poutrelles de guindage. Le haquet porte en outre une ancre, une roue de rechange et les agrès nécessaires pour la navigation du bateau.

Le poids du haquet est de 900 kilogrammes à vide et de 2 300 kilogrammes au maximum en ordre de marche.

Le même véhicule sert également pour le transport des nacelles et des chevalets à deux pieds.

Nous serons bref en ce qui concerne les voitures accessoires qui complètent l'équipage.

**Chariot de parc.** — Le *chariot de parc* sert en principe au transport des madriers et des cordages. Il peut contenir 36 madriers posés de champ et superposés sur deux rangs de dix-huit, c'est-à-dire de quoi couvrir deux travées. Son poids est d'environ 2 200 kilogrammes.

La *forge de campagne* est aménagée sur une voiture pesant avec son chargement 1 800 kilogrammes. Elle contient tout l'outillage nécessaire pour les réparations de maréchalerie et pour le ferrage des chevaux.

Les *fourragères* enfin sont du type courant dans l'armée.

En France, chaque corps d'armée est doté d'un équipage de pont ayant à sa tête un capitaine du génie. Le matériel technique de cet équipage est chargé sur des voitures réparties entre deux divisions semblables et une réserve.

Dans le but de permettre facilement la construction de ponts sur les cours d'eau de faible largeur, chaque division est fractionnée en deux groupes.

Outre les équipages de ponts de corps d'armée, il existe en France quelques équipages de ponts de place ayant à peu près la même composition que les premiers.

**Mobilité de l'équipage français.** — D'après ce que nous avons vu dans ce qui précède, la plus lourde voiture de l'équipage pèse 2 300 kilogrammes. Ce poids est inférieur à celui des plus lourdes voitures d'artillerie de campagne. La voiture la plus longue est le haquet à bateau ; attelée de deux chevaux, elle peut néanmoins tourner sur une route de 6 mètres de largeur, si celle-ci n'est pas bordée d'obstacles verticaux ; dans le cas contraire il faut que la route ait 10 mètres de largeur.

La mobilité de l'équipage est donc à peu près celle de l'artillerie de campagne ; elle est certainement suffisante pour lui permettre de suivre tous les mouvements de l'armée et de franchir exceptionnellement de petites distances à travers champs.

**Les moyens de débarquement.** — Chaque bateau peut être aménagé pour recevoir 20 hommes en plus de l'équipage. En outre, il est facile à mettre à l'eau et aisément transportable à bras par 20 hommes. Il se prête donc bien au transport des troupes de débarquement.

**L'équipage convient à toutes les rivières.** — Le bateau convient à toutes les profondeurs supérieures à 1 mètre, et à presque tous les courants ; il peut être remplacé par le chevalet aux points où la profondeur est trop faible. En outre, l'équipage de corps d'armée permet de franchir une rivière de plus de 100 mètres de largeur ; en réunissant deux équipages, on pourra ainsi franchir de grands fleuves. L'équipage français permet donc d'établir un passage sur presque tous les cours d'eau.

**Il peut supporter les plus lourds fardeaux militaires.** — La force absolue de support est d'environ neuf tonnes. Le poids du bateau et celui de la travée qu'il porte étant respectivement 700 et 800 kilogrammes, la charge limite qu'on pourrait imposer au bateau serait de 7500 kilogrammes environ.

Dans la pratique, on s'astreint à ne pas dépasser les  $\frac{3}{4}$  de cette charge, soit 5700 kilogrammes, pour se mettre à l'abri de toute chance d'accident.

Lorsqu'on prévoit le passage, soit de grosse artillerie de siège, soit d'infanterie en déroute, il convient de renforcer le pont. Pour un courant inférieur à 1<sup>m</sup>,50, on se contentera de diminuer la portée des travées; mais si le courant a une vitesse supérieure à 1<sup>m</sup>,50, on emploiera comme supports deux bateaux jumelés. En outre, le tablier comprendra alors sept poutrelles de support au lieu de cinq. Dans certains cas on en mettra même neuf. L'expérience a montré que, dans les conditions qui viennent d'être indiquées, il est possible de faire passer, sans accident, trois cents fois de suite sur le pont renforcé une voiture pesant 4500 kilogrammes dont 3000 sur l'essieu arrière.

**L'équipage peut être fractionné.** — L'équipage est décomposable en sections, permettant de jeter à la fois plusieurs ponts de largeur réduite; il se prête, ainsi que nous l'avons vu, à un très bon fonctionnement et l'on peut dire, en résumé, qu'il satisfait convenablement aux conditions essentielles imposées à ce genre de matériel.

On pourra d'ailleurs en faire une utile comparaison avec les matériels étrangers auxquels sont consacrés les paragraphes suivants.

§ 2. — MATÉRIEL ALLEMAND<sup>1</sup>

Le matériel allemand se rapproche beaucoup du matériel français. Le *bateau* en tôle zinguée a 7<sup>m</sup>,50 de long, 1<sup>m</sup>,50 de large et 0<sup>m</sup>,81 de haut ; il ne pèse que 450 kilogrammes, mais sa force de support absolue n'est que de 6750 kilogrammes. Aussi, dans les ponts allemands, l'intervalle normal d'axe en axe entre deux bateaux est de 4<sup>m</sup>,50 au lieu des 6 mètres que le matériel français permet de franchir.

Le *chevalet* d'équipage est à deux pieds ; il est analogue au chevalet Birago ; les pieds ont tantôt 3 mètres, tantôt 4 mètres de longueur.

L'équipage allemand comporte deux espèces d'*ancres* : l'*ancre légère* qui pèse 43 kilogrammes et l'*ancre lourde* qui en pèse 90.

§ 3. — MATÉRIEL ANGLAIS<sup>2</sup>

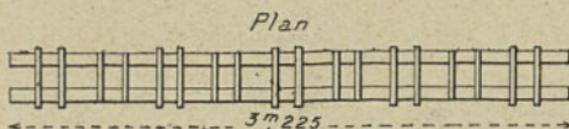
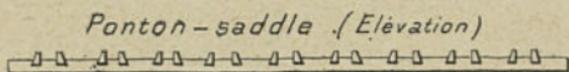
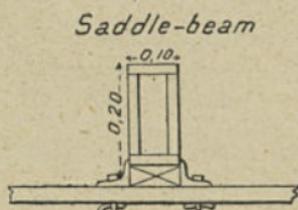
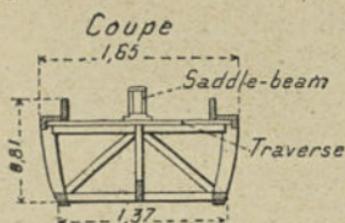
Le *bateau anglais* modèle 1858 est en bois et à deux becs identiques couverts sur une longueur de 0<sup>m</sup>,93. Les parois sont formées par des planches de sapin enveloppées sur leurs deux faces de toile à voile enduite de caoutchouc. En outre, la partie extérieure est protégée par une couche de liège vernie de 0<sup>m</sup>,009.

<sup>1</sup> ANONYME, 11.

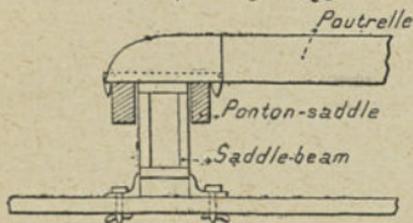
<sup>2</sup> ANONYME, 12.

Les caractéristiques de ce bateau sont les suivantes :

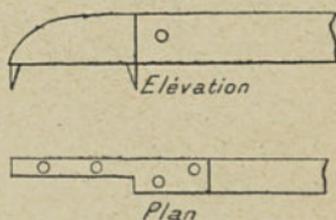
Longueur . . . . .	6 <sup>m</sup> ,46	} Poids . . . . .	355 kilogs		
Largeur . . . . .	1, 60			} Force de support . . . . .	5 900 »
Hauteur . . . . .	0, 69				



Mode de pontage Anglais



Poutrelle à griffes



Poutrelle de guidage

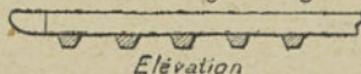


Fig. 18. — Matériel anglais.

La partie découverte du bateau est bordée par un cadre de 0<sup>m</sup>,12 de hauteur.

**Dispositif spécial de pontage.** — 4 traverses amovibles relient entre eux les bordages et servent d'appui à un dispositif formé de deux parties distinctes :

1° Le *saddle beam*, qui est un corps mort placé dans l'axe du bateau et réuni aux traverses extrêmes par un système de boulons et de clavettes.

2° Le *Pontoon-Saddle*. — C'est une sorte d'échelle dont les deux montants emboitent exactement le *saddle-beam* et dont les échelons sont constitués par dix-huit taquets formant griffes dans lesquelles viennent se placer les extrémités des poutrelles, qui ne peuvent ainsi prendre aucun mouvement latéral ; ces poutrelles sont elles-mêmes armées de griffes qui embrassent les montants du *pontoon-saddle*, en sorte qu'elles sont absolument fixes et que leur brèlage devient inutile.

Les *poutrelles* sont entaillées à mi-bois à leurs extrémités, de façon qu'elles peuvent être placées dans le prolongement immédiat les unes des autres. Leur nombre est de 5 ou 9 par travée, suivant la nature des fardeaux à supporter. Les travées ont 4<sup>m</sup>,55 de long.

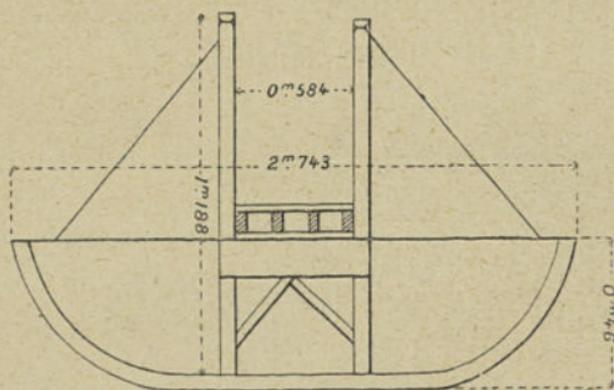
Les *poutrelles de guindage* peuvent s'assembler de la même façon que les poutrelles de support ; elles portent, en outre, des tasseaux équidistants qui se logent dans les échancrures jumelées des madriers jointifs et empêchent ceux-ci de se déplacer. Il n'entre donc pas de cordages dans le tablier du pont.

**Matériel léger.** — Il existe également un matériel léger qui comprend des bateaux pliants en toile imperméable, du système *Berthon*. L'ossature de ces bateaux est formée d'un certain nombre de méridiennes en peuplier du Canada, réunies à leurs deux extrémités au moyen

de charnières. Sur ces méridiennes, sont clouées intérieurement et extérieurement les parois en toile formant un certain nombre de compartiments, qui se remplissent d'air lorsqu'on déplie le bateau, grâce à des ventouses qui se ferment automatiquement quand l'embarcation est complètement développée. Des arcs-boutants donnent de la rigidité au système.

Les caractéristiques du bateau anglais sont les suivantes :

Longueur . . . . .	2 <sup>m</sup> ,743	} Poids 60 kilogs environ } Force de support absolue 2900 kilogs
Largeur . . . . .	1,25	
Hauteur . . . . .	0,46	



Elevation

Fig. 19. — Matériel anglais léger.

Le tablier est formé d'éléments constitués à l'avance ; ce sont des panneaux de 2<sup>m</sup>,44 de longueur et de 0<sup>m</sup>,46 de largeur, composés de 4 planches de champ entretoisées, formant longerons et recouvertes d'un plancher à claire-voie sur les deux faces. Chaque panneau ou poutre peut donc se retourner en cas d'accident survenu à l'une des faces. Les extrémités de cette poutre reposent sur un *chevalet de pontage* placé dans l'axe du bateau. Les pieds

de ce chevalet sont prolongés de 0<sup>m</sup>,80 au-dessus du tablier, de façon à former les montants d'un garde-fou. Les extrémités supérieures sont reliées par 4 haubans en fil de fer aux plats-bords du bateau (fig. 19).

Des bateaux pliants de 4<sup>m</sup>,70, analogues aux bateaux anglais, ont été expérimentés en France par le Génie. Ils n'ont pas encore été adoptés. Ils seraient susceptibles de rendre de grands services aux colonies, où, à défaut de routes, les bateaux d'équipage ne sont que difficilement transportables ; le matériel Berthon y permettrait, soit l'établissement de passerelles, soit le transport des hommes d'une rive à l'autre, soit enfin les sondages préalables que nécessite la construction d'un pont à supports fixes sur une rivière.

**Matériel des Indes.** — Aux Indes, les Anglais utilisent un bateau en bois revêtu de tôle, de 6<sup>m</sup>,70 de longueur, 1<sup>m</sup>,63 de largeur et 0<sup>m</sup>,60 de haut. Deux bateaux peuvent s'accoler, par la poupe, et supporter 611 kilogrammes par mètre carré de voie carrossable.

Le *chevalet* est du système Birago.

Les *ancres* sont de deux sortes et pèsent respectivement 25 kilogrammes et 50 kilogrammes.

Le *haquet* est à ressorts et porte tout le matériel d'une travée. Des chariots transportent les rechanges et les différents outils.

#### § 4. — MATÉRIEL AUSTRO-HONGROIS <sup>1</sup>

Le matériel autrichien, imaginé par le colonel Birago et adopté en 1841, présente deux particularités remarquables : le *chevalet à deux pieds* et le *bateau divisible*.

<sup>1</sup> ANONYME, 13.

**Chevalet à deux pieds.** — A quelques détails près, c'est celui que nous avons décrit dans l'équipage français. Nous n'y reviendrons pas.

**Bateau divisible.** — Il est en tôle d'acier et se compose d'un *demi-bateau de devant* avec bec et d'un *demi-bateau de milieu* ou corps sans bec ; ces deux éléments sont assemblés entre eux (fig. 20). La juxtaposition des

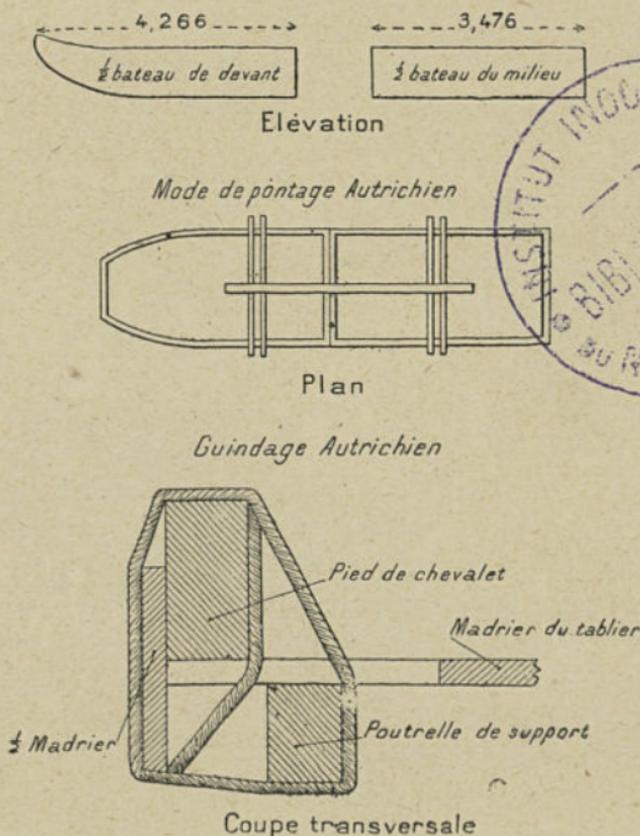


Fig. 20. — Matériel autrichien.

cloisons se fait, à la partie inférieure, par des crochets

entrant dans des pitons, à la partie supérieure par des boulons et des clavettes.

Les dimensions principales sont :

Longueur . . . . .		1 <sup>m</sup> ,90	
Hauteur . . . . .		0, 79	
Longueur {	demi-bateau de devant . .	4, 266	
	» du milieu . .	3, 476	
Poids {	demi-bateau de devant . .	414 kilogs	} 812 kilogs
	» du milieu . .	397 <sup>kg</sup> ,600	

#### Avantages et inconvénients du bateau divisible.

— Il est plus facilement transportable que le bateau indivisible; il permet de localiser les voies d'eau et de proportionner la force de support aux charges à supporter, en multipliant le nombre des éléments qui composent le corps de support. Les Autrichiens emploient ainsi des pontons composés de deux à six éléments. On fait valoir qu'on peut ainsi construire des ponts très larges, où plusieurs colonnes peuvent passer à la fois.

Toutefois il ne faut pas s'illusionner sur l'importance des avantages qui viennent d'être énumérés. La localisation des voies d'eau n'enlève pas toute crainte de submersion. A volume égal le ponton divisible est plus lourd et plus fragile que s'il était d'une seule pièce; et il se prête moins bien à l'embarquement et au transport des troupes. La divisibilité du bateau ne permet pas, d'ailleurs, de diminuer la longueur des voitures, puisque celles-ci doivent servir au transport des poutrelles. Enfin il faut sensiblement la même quantité de matériel pour construire plusieurs ponts à une seule voie que pour construire un pont unique à plusieurs voies, et la première de ces deux solutions est de beaucoup la plus avantageuse, parce qu'elle offre plus de sécurité; il est rare en effet que tous les

ponts soient inutilisables à la fois, tandis qu'un accident survenu au pont unique à plusieurs voies peut rendre tout passage impossible ; en outre, les passages sur des voies séparées, où l'on accède par des routes distinctes, se font avec plus d'ordre et plus rapidement, par suite.

Pour toutes ces raisons le bateau divisible ne s'est pas propagé.

**Mode de pontage.** — Les poutrelles prennent appui sur une *traverse-support* placée dans l'axe du bateau, sur 4 fausses poutrelles accouplées deux à deux au-dessus des trous de tolet du milieu des demi-bateaux, et sur une fausse poutrelle fixée au-dessus des charnières des cloisons. Cette disposition a pour effet de mieux répartir les charges sur les diverses parties du bateau dont les assemblages présentent quelque fragilité et de permettre au bateau de prendre un peu de roulis sans le transmettre au tablier.

Elle présente d'assez sérieux inconvénients :

- 1° Liaison insuffisante entre le tablier et les supports ;
- 2° Augmentation inutile de la portée des poutrelles ;
- 3° Emploi exclusif de poutrelles à griffes, ce qui impose aux travées des longueurs invariables, empêche la construction simultanée du pont par les deux rives et rend difficiles les coupures dans le pont ;
- 4° Emploi de fausses poutrelles auxiliaires qui augmentent la charge.

**Guindage.** — Les Autrichiens emploient pour le guindage les pieds (ordinairement ceux de 6<sup>m</sup>,30) des chevalets, ainsi que des demi-madriers. Ceux-ci sont appliqués de chaque côté du pont contre les extrémités des madriers

du tablier ; les pieds sont placés les entailles en haut, contre les demi-madriers. La commande de guindage embrasse d'abord par un tour le pied et le demi-madrier, puis par deux tours le pied, le demi-madrier et la poutrelle extrême de support (fig. 20).

Ce mode de guindage offre une grande solidité ; il ne restreint pas la largeur de la voie, mais il est plus difficile à établir que le guindage français.

#### § 5. — MATÉRIEL BELGE <sup>1</sup>

*Le bateau belge* (modèle 1874) est en tôle de fer. Sa section est hexagonale (fig. 21) ; l'arrière se termine par une paroi verticale disposée pour permettre l'assemblage de deux bateaux. La force de support d'un bateau est de 8000 kilogrammes.

**Chevalet belge.** — Il se compose d'un chapeau A et de deux pieds B et B' (fig. 21). Chaque pied est formé de 3 montants (deux *hanches a, b* et un *boutant c*) réunis à la partie supérieure par un boulon à clavette *g* ; l'écartement est maintenu à la partie inférieure par 3 tringles en fer (1 *épars e* et deux *tirants ff*).

Le chapeau repose sur chaque trépied par l'intermédiaire d'une *traverse mobile d*, formée de deux pièces jumelles réunies à leurs extrémités par deux *taquets t* et chevillées sur les hanches ; en leur milieu, les jumelles sont réunies par un *support s*, sur lequel porte le chapeau du chevalet.

<sup>1</sup> Van WETTER.

La traverse mobile peut être placée à différentes hauteurs sur des *chevilles-haches* *h*, qui peuvent s'engager dans toute une série de trous de pontage (au nombre de 25) percés sur toute la longueur des hanches.

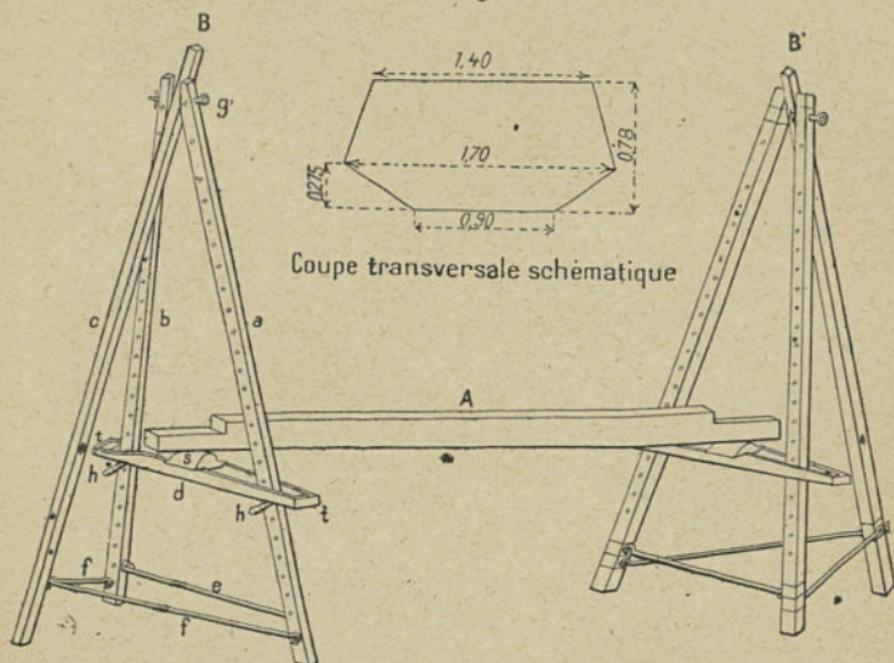


Fig. 21. — Coupe du bateau. Chevalet belge.

A Chapeau.

B Pied à trépied.

B' Pied modifié (Van Cauwenberge).

**Chevalet van Cauwenberge** <sup>1</sup>. — Le chevalet belge a été modifié par Van Cauwenberge; le boulon, les tirants et l'épars sont à coulisses; il en résulte, comme nous le savons, de sérieux avantages. Pour permettre l'introduction latérale de la traverse mobile, les taquets des extrémités sont à charnière.

<sup>1</sup> ANONYME, 14.

**Avantages et inconvénients.** — Le chevalet belge s'adapte très bien aux inégalités du terrain par suite de la faculté d'allonger et de raccourcir à volonté les hanches et le boutant ; il est très stable ; muni de semelles ou de madriers croisés sous les pieds, il peut se ponter dans les fonds les plus vaseux ; il ne nécessite pas de poutrelles à griffes comme le chevalet Birago et, par suite, on peut faire varier la longueur des travées, effectuer des coupures dans le pont et commencer celui-ci par les deux rives ; il laisse le tablier complètement libre ; il permet le pontage à des hauteurs variables, dans des limites beaucoup plus étendues que le chevalet Birago, et beaucoup plus facilement que celui-ci.

La modification apportée par Van Cauwenberge a eu pour effet d'assurer :

1° Le mouillage plus rapide des pieds, car on peut faire varier la longueur des montants sans démonter le pied, ni sans le sortir de l'eau.

2° L'épars et les tirants étant mobiles ne peuvent plus être gênants dans le lit de la rivière ;

3° Le remplacement très facile d'un montant venant à se briser ;

4° La possibilité de faire varier la base des pieds du chevalet,

En revanche, les ferrures introduites par cette modification sont assez coûteuses et peut-être diminuent-elles un peu la solidité du pied.

**Inconvénients du chevalet belge.** — Il pèse 327 kilogrammes, c'est-à-dire plus du double du chevalet Birago ; il présente plus de prise au courant que ce dernier. Enfin sa mise en place est plus compliquée et de-

mande, ainsi que les applications variées que ce chevalet comporte, des hommes très exercés.

Aussi les autres puissances n'ont pas cru devoir adopter le chevalet belge. En France, notamment, où le chevalet n'est pas le support normal, où son emploi est plutôt restreint, on a conservé le chevalet Birago, malgré ses imperfections, afin de laisser au matériel de campagne la simplicité qu'il doit avoir pour être mis en œuvre par des sapeurs du génie qui ne sont pas uniquement pontonniers, mais encore terrassiers, mineurs, etc.

#### § 6. — MATÉRIEL DES ETATS-UNIS <sup>1</sup>

Le matériel *d'équipage de pont de réserve* des Etats-Unis ne diffère du matériel français que par les dimensions des supports (V. tableau à la fin du chap.); outre ce matériel il existe un matériel *d'équipage de pont d'avant-garde* (4 divisions, comprenant chacune 8 bateaux et deux chevalets).

Le bateau d'avant-garde se compose d'une carcasse en sapin et d'une enveloppe en toile imperméable. La carcasse peut être démontée pour le transport. Les différentes parties, bordages et traverses, s'assemblent à tenons et mortaises, et sont maintenues par un cordage qui passe dans des anneaux portés par les bordages.

#### § 7. — MATÉRIEL ITALIEN <sup>2</sup>

L'Italie est la première puissance qui ait admis le principe du bateau divisible à l'exemple de l'Autriche. Son

<sup>1</sup> ARON, 3.

<sup>2</sup> ARON, 1. Spaccamela.

matériel du système Cavalli, modifié en 1871, comporte un bateau divisible en bois, et un chevalet analogue au chevalet Birago, mais qui n'exige plus l'emploi de poutrelles à griffes et permet de donner aux travées des longueurs variables.

**Bateau divisible.** — Se compose de deux demi-bateaux. Le demi-bateau est d'ailleurs le support normal. Il est en bois de mélèze, et à section hexagonale; il comporte une traverse-poupée horizontale. Son poids est de 525 kilogrammes.

Les dimensions du demi-bateau italien se rapprochent beaucoup de celles du demi-bateau belge. Sur les plats-bords, 14 taquets cloués marquent l'emplacement des poutrelles de supports et celui des tolets pour rames.

**Chevalet.** — Le chapeau (fig. 22) porte sur sa face supérieure six paires de chevilles en fer qui, pour le pon-

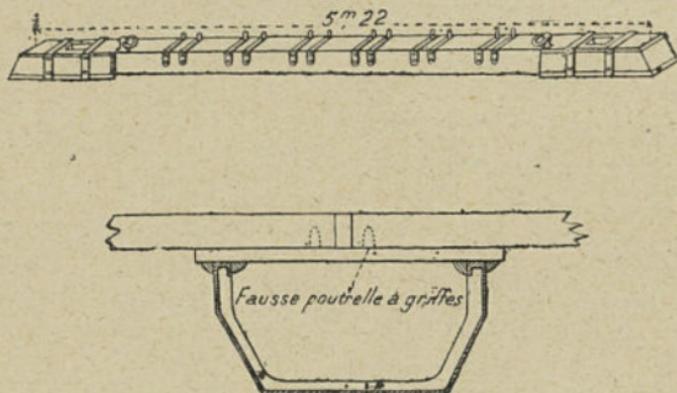


Fig. 22. — Matériel italien. Chapeau de chevalet et mode de pontage.

tage, s'introduisent dans des trous *ad hoc* ménagés dans les poutrelles. Celles-ci ont 7 mètres de long et sont ren-

forcées à chacune de leurs extrémités par un étrier en fer ; elles sont percées de six trous, ce qui permet de donner aux travées des longueurs variables.

Sur les bateaux, les poutrelles sont pontées bout à bout au moyen de *fausses poutrelles* munies à leurs extrémités de griffes qui embrassent les plats-bords, en leur centre, et de deux goujons en fer qui pénètrent dans les trous extrêmes des poutrelles.

### § 8. — MATÉRIEL RUSSE<sup>1</sup>

Le matériel russe est calqué sur le matériel autrichien. Il s'en distingue cependant un peu par la forme des demi-bateaux dont la section est rectangulaire et surtout par l'adoption d'une ancre d'un modèle tout spécial.

**Ancre** (fig. 23). — La croisée de cette ancre est mo-

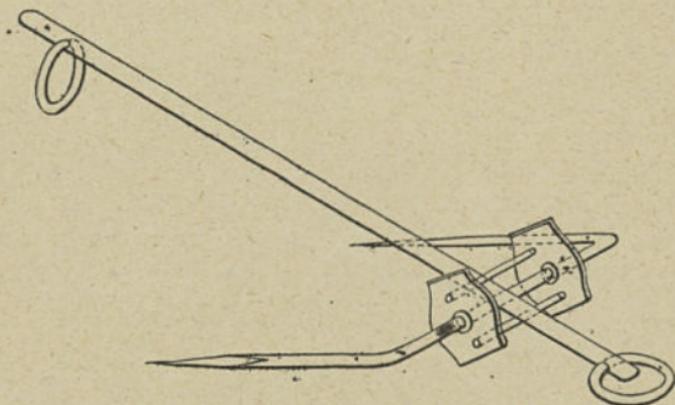


Fig. 23. — Ancre russe.

bile autour d'un axe perpendiculaire à la *verge* ; elle

<sup>1</sup> ARON, 2.

porte deux *pattes* disposées de façon à mordre à la fois sur le fond. Deux plaques de fer faisant corps avec la croisée sont reliées par deux boulons qui, en venant buter contre la verge, limitent à 30° l'inclinaison que peuvent prendre les pattes par rapport à celle-ci.

Sur un fond inégal, il arrive fréquemment qu'une seule des pattes mord, et alors l'ancre dérape beaucoup plus facilement que ne le ferait une ancre du modèle français.

## CHAPITRE V

### CONSTRUCTION ET REPLIEMENT DES PONTS DE BATEAUX D'ÉQUIPAGE

#### § I. — GÉNÉRALITÉS ET DÉFINITIONS

**Définitions et vocabulaire.** — Les méthodes de construction et de repliement des ponts de bateaux sont à peu près les mêmes dans toutes les armées. Il nous suffira donc de décrire celles qui sont en usage en France, en indiquant sommairement les variantes usitées dans d'autres pays.

Quelques définitions sont nécessaires, au préalable, sur les termes communément employés.

C'est ainsi que l'on désigne sous le nom de *première rive*, celle d'où l'on part pour le lancement, la *seconde rive* étant celle où le pont doit aboutir.

Dans le repliement, au contraire, la première rive est celle que l'on abandonne.

Pendant la construction, la *droite* et la *gauche* du pont sont la droite et la gauche de l'observateur qui regarde la seconde rive. Pendant le repliement, ces indications sont prises en regardant la rive que l'on abandonne.

On entend par *côté intérieur* d'un bateau, le bord le plus rapproché de la rive de départ. Le mot *extérieur* s'emploie par opposition.

Les bateaux, dans tous les cas, sont numérotés à partir de la première rive.

On appelle *lignes de pontage*, les lignes idéales déterminées par les crochets de pontage de même numéro de tous les supports, ce numérotage allant de 1 à 5 à partir de l'amont.

Les cordages tendus entre deux bateaux voisins se nomment *traversières*, lorsqu'ils sont parallèles à l'axe du pont, et *croisières*, quand ils sont disposés suivant les diagonales de la travée.

On appelle *amorce de pont*, la partie construite et interrompue avant d'atteindre la seconde rive.

**Classification des méthodes de construction.** — Quatre méthodes sont employées pour lancer un pont sur supports flottants :

- 1° Par bateaux successifs ;
- 2° Par portières ;
- 3° Par parties ;
- 4° Par conversion.

Le repliement s'opère par des méthodes correspondantes.

## § 2. — MÉTHODE PAR BATEAUX SUCCESSIFS <sup>1</sup>

Dans cette méthode, si le courant n'est pas trop fort, les bateaux sont équipés et pourvus des agrès nécessaires, le long de la première rive, moitié en amont, moitié en aval du pont. On les dirige successivement, un à un, à l'emplacement que chacun d'eux doit occuper. Une fois à leur place dans le pont, les bateaux, numérotés à partir de la première rive, les numéros correspondent aussi aux

<sup>1</sup> ANONYME. 2. p. 152.

bateaux venant de l'amont, les numéros impairs à ceux venant d'aval.

Si le courant dépasse  $1^m,50$  par seconde, on aurait trop de difficulté à amener les bateaux d'aval et à les maintenir en place avant l'ancrage; on se résout donc à les équiper tous en amont.

a) *Cas d'un courant moyen* ( $1^m,50$ ).

Voici d'ailleurs comment on opère, dans le cas d'un courant moyen.

**Pontage d'un bateau d'amont.** — Il s'agit de manœuvrer, par exemple, le bateau n° 10 venant d'amont. Ce bateau est remonté le long de la rive, assez loin pour qu'en gagnant le large et drossé par le courant, il puisse atteindre sa place, guidé par les signaux de l'officier qui se tient à la tête du pont et commande la manœuvre. Arrivé en ligne, il se laisse descendre au fil de l'eau, mouille son ancre à 40 mètres en amont du pont sur la ligne de mouillage, parallèle à l'axe du pont, et d'ailleurs jalonnée par deux gaffes plantées sur la première rive (fig. 24). Aussitôt son ancre mouillée, il suffit de le déhaler, en laissant filer doucement son cordage d'ancre, pour l'amener bord à bord contre le dernier bateau mis en place et ponté. On le maintient dans cette position au moyen de ses traversières serrées d'un tour sur les poupées extérieures.

Cinq hommes sautent de l'amorce du pont sur le bateau n° 10, et chacun d'eux reçoit le bout d'une poutrelle qu'il pose sur le bord extérieur, en amont et contre la ligne de pontage correspondante, où il l'appuie fortement, tandis que, de la tête du pont, on pousse au large, jusqu'à ce que le nouveau bateau soit à l'écartement voulu

(fig. 25). Deux hommes, chargés de laisser filer les tra-

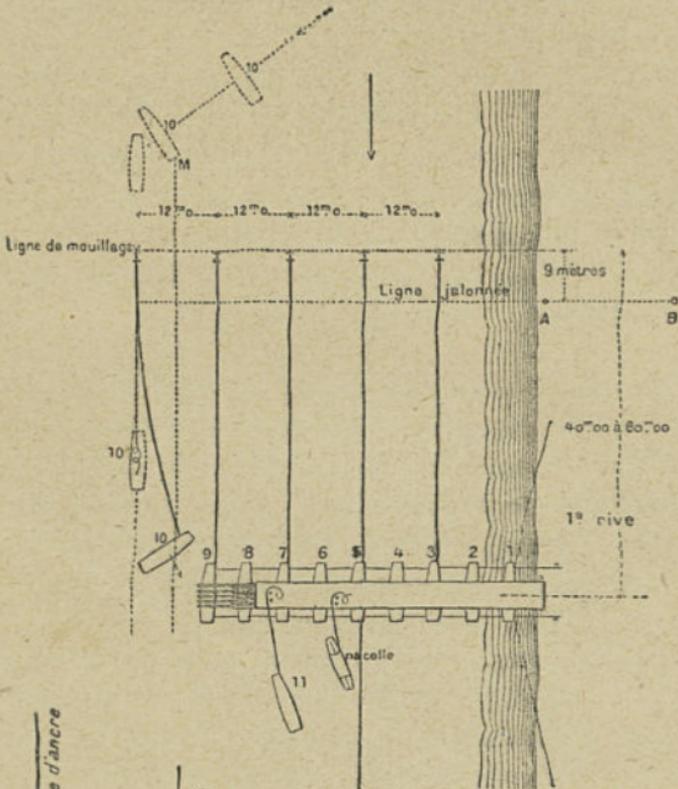


Fig. 24. — Methode par bateaux successifs.

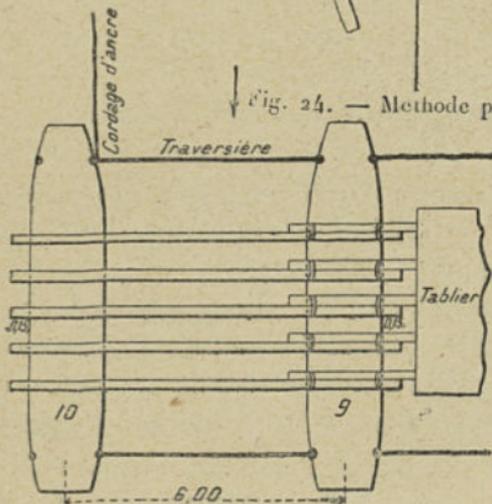


Fig. 25. — Le bateau 10 vient d'être poussé au large.

versières, les amarrent, et il suffit alors de brêler les poutrelles, en les jumelant à celles de la travée précédente. Une équipe spéciale apporte les madriers et couvre rapidement l'intervalle.

**Pontage d'un bateau d'aval.** — Ce pendant le bateau n° 11, équipé en aval, est remorqué le long de la rive, puis le long de l'amorce, de manière à prendre place bord à bord avec le bateau n° 10 qui lui passe son cor-

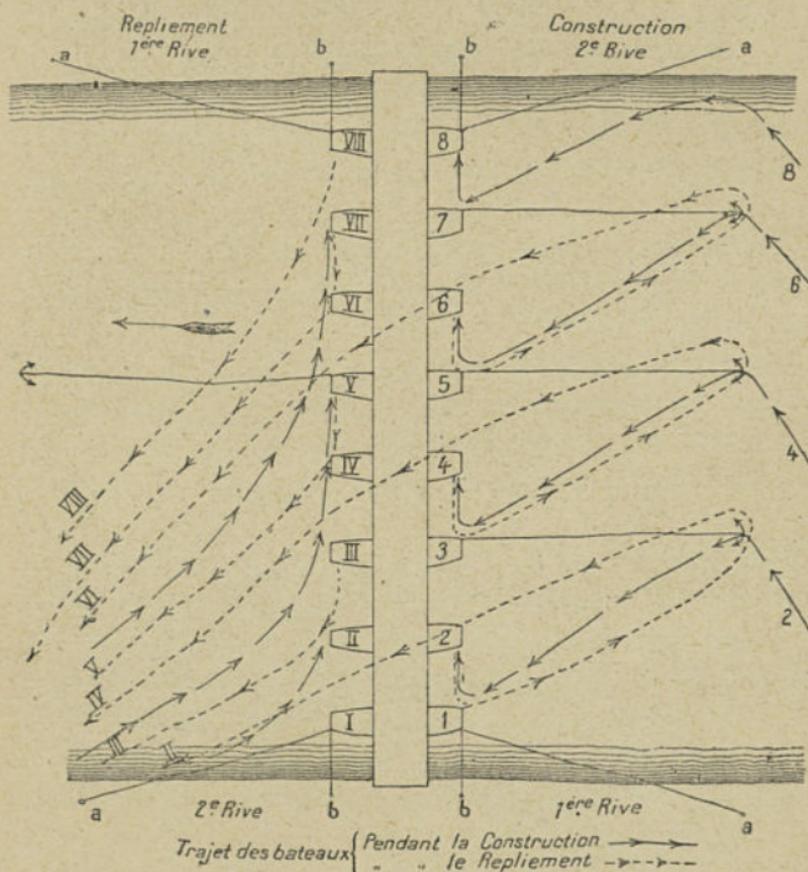


Fig. 26. — Construction par bateaux successifs.

dage d'ancre. Ainsi maintenu, on peut recommencer pour le n° 11 la manœuvre des poutrelles; on le pousse au large, et on ponté comme précédemment.

Chacun des bateaux impairs se trouve ainsi ancré en amont au moyen de l'ancre mouillée par le bateau pair qui l'a précédé. Les supports ne sont donc ancrés en amont que de deux en deux, et l'on complète ce dispositif en amarrant, au moyen d'un bateau, les bateaux de quatre en quatre, à des ancres mouillées en aval.

Le premier bateau et le dernier sont retenus par des cordages amarrés à des piquets *aa* plantés sur les rives, ainsi que les traversières sur les piquets *bb* (fig. 26).

**Guindage.** — Au fur et à mesure de la construction, on pose les poutrelles de guindage, en restant toujours de deux travées en arrière de la tête.

*b) Cas d'un courant supérieur à 1<sup>m</sup>,50.* — Lorsque le courant est supérieur à 1<sup>m</sup>,50, tous les bateaux viennent de l'amont et sont ancrés à l'amont; mais la manœuvre s'exécute comme on vient de le voir, à quelques détails près.

**Replie ment.** — Le repliement du pont s'effectue en sens inverse, en ramenant chaque bateau, après l'enlèvement des madriers de la travée, bord à bord avec son voisin, au moyen des traversières et du cordage d'ancre. Quand les poutrelles sont enlevées, chaque bateau qui a servi à mouiller une ancre se hâle sur le cordage, relève l'ancre lorsqu'elle est à pic, et est ensuite conduit en aval, au dépôt assigné.

**Avantages et inconvénients de cette méthode.** — La méthode par bateaux successifs, que nous venons d'exposer, offre l'avantage d'une grande simplicité, et n'exige pas, par conséquent, des hommes très exercés; mais on voit dans quel ordre rigoureux toutes ces opérations

doivent être exécutées, pour parvenir à la sécurité du lancement et à une rapidité suffisante.

Dans les exercices, on parvient à construire une travée en 3 minutes ; mais on admet qu'en campagne il faudrait une durée double. On peut d'ailleurs accélérer l'opération en passant une partie du matériel sur la seconde rive et en construisant deux amorces à la rencontre l'une de l'autre.

En revanche, cette méthode a l'inconvénient d'interrompre complètement la navigation. Il faut, en effet, beaucoup de temps pour pratiquer dans un pont ainsi construit la coupure qui serait nécessaire au passage momentané du batelage.

### § 3. — MÉTHODE PAR PORTIÈRES<sup>1</sup>

La méthode de construction par portières porte remède à l'inconvénient que nous venons de signaler.

**Définitions.** — On appelle *portière* un élément complet de pont, comprenant une ou plusieurs travées, qui entre dans la composition de l'ouvrage définitif, mais qui peut en être détaché assez facilement.

Le pont se compose, en définitive, d'un certain nombre de portières placées bout à bout et réunies par un dispositif appelé *faux-guindage* et que la figure 27 suffit à définir.

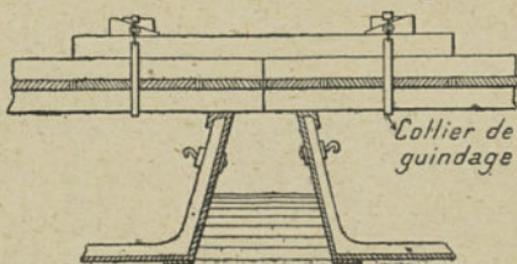


Fig. 27. — Faux-guindage.

<sup>1</sup> ANONYME. 3. p. 65-95.

Au raccord de deux portières, il se trouve deux bateaux placés bord à bord, et cette méthode exige par conséquent plus de flotteurs que la précédente. On a donc intérêt à ne pas multiplier les portières, comme il arriverait si chacune d'elles ne comprenait que deux bateaux, ou une travée. En général, on les compose de trois bateaux (deux travées); un plus grand nombre rendrait la portière peu maniable.

En outre, le plus souvent l'emploi des portières est limité au milieu de la rivière, par où peut se faire le batelage, et on les encadre entre deux amorces ordinaires.

**Construction des portières.** — Les portières sont préparées le long de la rive et en amont du pont, par la méthode des bateaux successifs. Pour les empêcher de se déhancher, on les contrevente au moyen de croisières.

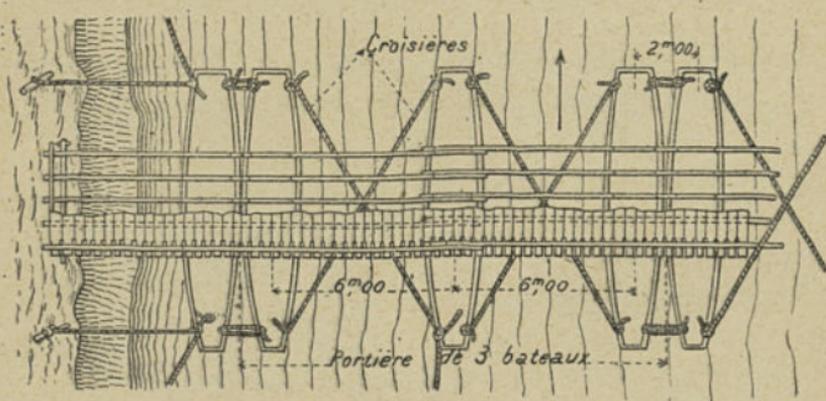


Fig 28. — Portières.

**Construction du pont.** — Les portières sont manœuvrées de la même manière que les bateaux isolés.

Elles mouillent leurs ancres elles-mêmes quand elles franchissent la ligne d'amarrage. Une seule ancre amarrée au bateau du milieu suffit pour un courant inférieur à 1<sup>m</sup>,50.

Lorsque le courant dépasse 1<sup>m</sup>,50 on munit chacune des portières d'au moins deux ancres d'amont.

Pour un faible courant, inférieur à un mètre, on peut faire naviguer, facilement et sans danger, des portières comprenant un nombre assez considérable de bateaux.

Aux exercices annuels de pontage que le 1<sup>er</sup> régiment du génie fait à Poissy, une portière de douze bateaux a pu être aisément amenée à la rame et intercalée entre deux îles. La portière elle-même portait le matériel nécessaire pour jeter jusqu'aux rives des travées de jonction complétant le pont. Une fois bien préparé, le pont était lancé en quelques minutes.

Cette manœuvre est également possible en courant rapide (moins de deux mètres toutefois) ; mais elle présente quelque danger dans le cas d'une fausse manœuvre et du dérapage simultané des ancres, la portière pouvant alors heurter et entraîner l'une des deux amorces de pont.

**Repliement du pont.** — On défait les faux guindages et on munit de bouées tous les cordages d'ancres. On jette ensuite ces cordages à l'eau ; chaque portière descend alors le courant, conduite par six rameurs, et vient se placer sur la seconde rive, autant que possible en amont de celle qui la précède. On replie ensuite les travées de culées et on lève les ancres avec des nacelles.

On conçoit, d'ailleurs, qu'il est également possible de replier le pont par bateaux successifs.

**Avantages et inconvénients de la méthode.** — Cette méthode est très avantageuse dans un passage offensif, car les portières ayant été préparées à l'abri des vues de l'ennemi, la mise en place du pont, qui est la partie la plus critique du franchissement, se fait très rapidement.

Dans une retraite, elle permet d'interrompre facilement la communication derrière soi, dès qu'on a passé.

Enfin on peut, vite et aisément, pratiquer des coupures dans le pont, soit pour le soustraire au choc de corps flottants, soit pour laisser libre la navigation sur le fleuve.

Par contre, la méthode par portières ne donne qu'une médiocre utilisation des bateaux, puisqu'à la jonction des portières, les bateaux ne sont placés qu'à deux mètres d'axe en axe. En outre, si le courant est assez fort, elle exige des hommes exercés, car il suffit d'une portière mal conduite, venant se placer en travers du pont, pour ralentir considérablement la marche de l'opération et même pour la faire échouer complètement.

**Intercalation de portières dans un pont par bateaux successifs.** — Les avantages qu'offrent les portières, au double point de vue de la sécurité et de la navigation, font que le plus souvent, dans un pont par bateaux successifs, on intercale une ou plusieurs portières. En principe, celles-ci sont placées au thalweg; les deux bateaux qui les encadrent sont ancrés à la fois en amont et en aval.

#### § 4. — MÉTHODE PAR PARTIES

**Définitions.** — Les *parties* sont des éléments de pont comprenant ordinairement trois bateaux placés comme ceux d'une portière; mais ces parties ne sont pas com-

plètement terminées comme les portières : le tablier s'arrête à 0<sup>m</sup>,50 des plats-bords des bateaux extrêmes et n'est pas guindé.

Les *parties* ne sont plus, comme dans le pont par portières, réunies par un faux-guindage, mais par une travée ordinaire ; en sorte que, lorsqu'il est achevé, le pont offre l'aspect d'un pont par bateaux successifs, avec de très faibles différences dans les attaches d'amarrage.

Chaque partie porte, outre le matériel nécessaire pour l'achèvement de son propre tablier, tout le matériel nécessaire pour la jonction avec la partie suivante.

**Construction et repliement du pont.** — Chaque partie venant d'amont, est amenée contre la précédente de la même façon qu'une portière. Elle est ensuite poussée au large de la même manière que le bateau dans la méthode par bateaux successifs.

Le repliement peut se faire, soit par bateaux successifs, soit par parties. Dans ce dernier cas on procède exactement dans l'ordre inversé de la construction.

La première de ces deux méthodes s'emploie lorsque le matériel doit rester à l'emplacement du pont ou être chargé immédiatement sur les voitures. La seconde est préférable si l'on doit transporter le matériel par eau ; chaque partie, après avoir relevé son ancre, ou ses ancres d'amont, peut se mettre en route.

**Avantages et inconvénients de la méthode.** — La méthode par parties présente les mêmes avantages que la méthode par portières ; elle permet, en outre, une excellente utilisation des bateaux au point de vue de la longueur des travées.

Mais, pour peu que le courant soit rapide, les parties ne sont poussées au large qu'avec de grandes difficultés. La manœuvre exige donc des hommes exercés. Aussi n'est-elle que rarement employée.

### § 5. — MÉTHODE PAR CONVERSION

**Construction du pont.** — La méthode de lancement des ponts de bateaux par conversion comporte une période de préparation, pendant laquelle le pont est construit par bateaux successifs, le long de la première rive, en allant d'amont en aval, de manière que le dernier bateau se trouve à une dizaine de mètres en amont de l'emplacement choisi pour la culée, ou même à une distance plus grande si le courant vient frapper obliquement la rive.

Des faisceaux de cordages sont préparés et amarrés aux poutres de manière à solidariser tous les bateaux. Ces faisceaux se prolongent en aval et viennent s'attacher sur deux pieux marquant les extrémités de la culée.

Les bateaux qui se trouvent en amont de la ligne d'ancrage et qui, seuls, couperont cette ligne, lorsque le pont, tout d'un bloc, pivotera autour du dernier bateau d'aval, sont chargés de mouiller non seulement leurs propres ancres, mais celles des bateaux qui se trouvent en deçà de la ligne d'ancrage.

**Lancement du pont.** — Pour faire exécuter au pont la conversion qui doit l'amener à son emplacement, on pousse au large avec des gaffes, et on rame sur les derniers bateaux, afin d'accélérer leur allure. Pendant ce

temps, des hommes tendent fortement les faisceaux de cordes qui servent de charnières, tandis que d'autres,

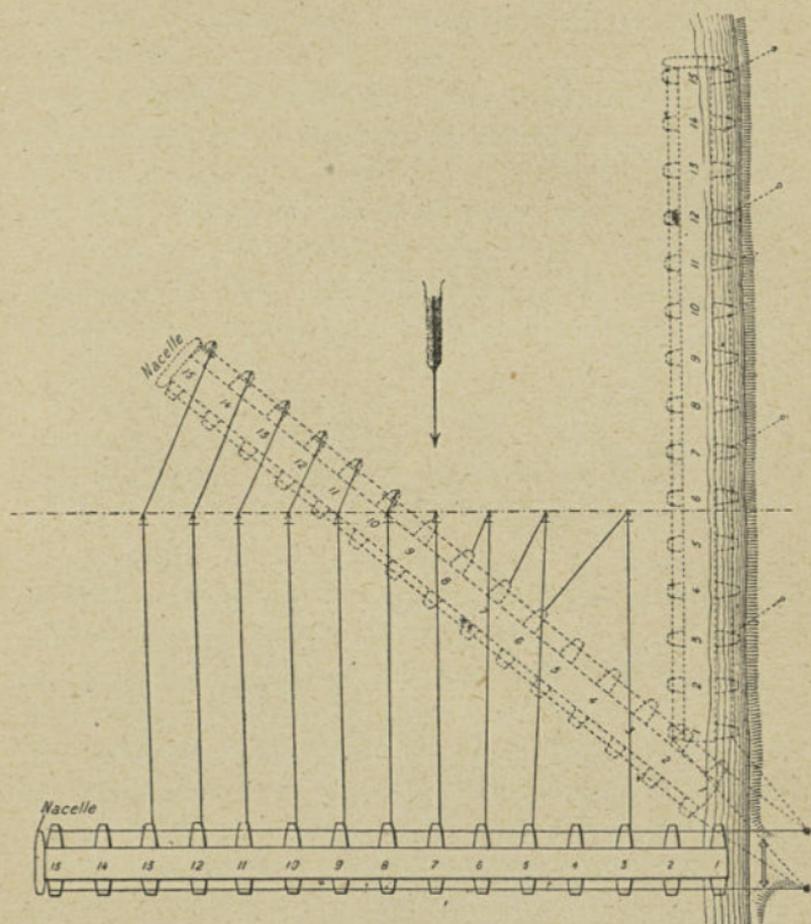


Fig. 29. — Lancement d'un pont par conversion (on a réuni par des traits les ancrés aux bateaux qui les ont mouillés).

placés au pivot, empêchent le pont de se rapprocher de la rive.

Les ancrés sont mouillés pendant la conversion et les

cordages permettent de modérer l'allure, en amenant le pont en place sans vitesse.

Il ne reste plus qu'à terminer la première travée, à construire la seconde culée et sa travée, en se servant de la nacelle qui a suivi le mouvement de l'aile tournante, et à mouiller les ancrés d'aval également au moyen des nacelles.

**Replieinent du pont.** — Le replieinent se fait très simplement en détachant le pont de la rive d'arrivée et en le laissant converser d'amont en aval, sous l'action du courant, en s'aidant au besoin des cordes d'ancres d'aval.

Cette manœuvre exige qu'on abandonne provisoirement les ancrés d'amont, en attachant des bouées aux cordages, pour pouvoir aller les relever ultérieurement.

**Avantages et inconvénients de la méthode.** — Une pareille opération, exécutée avec précision, offre un des plus beaux et des plus impressionnants spectacles qu'on puisse voir. Elle permet de jeter un pont avec une très grande rapidité, toute la préparation étant effectuée au préalable le long de la rive amie, souvent même dans un bras du fleuve déroboé aux vues de l'ennemi et d'où le pont tout entier est amené, la nuit, le long de la berge. Mais la manœuvre est particulièrement difficile et dangereuse, lorsque le courant est rapide et lorsque le pont a une grande longueur.

Pendant la première moitié de la conversion, en effet, les bateaux qui se présentent très obliquement au courant, constituent un véritable barrage, en amont duquel les eaux se gonflent, en faisant courir aux bateaux le risque d'être submergés.

Cette première période de la conversion doit donc être très rapide, et les pontonniers doivent faire force de rames à l'aile marchante, dès que le mouvement est commencé.

Au contraire, dans la seconde période, où l'eau passe aisément entre les bateaux, on ne court plus le même danger, et l'on doit ralentir progressivement l'allure, sinon, emporté par la vitesse acquise, le pont dépasserait l'alignement préalablement fixé, ou, dans un trop brusque arrêt, on courrait le risque de le disloquer et de faire déramer les ancres.

Ces manœuvres exigent donc un personnel très exercé.

**Le pont de l'île Lobau.** — Le premier pont lancé par conversion est celui que fit construire Napoléon, pour relier l'île Lobau à la rive droite du Danube, la veille de la bataille de Wagram (1809).

Toutes les circonstances qui justifient l'emploi d'une telle méthode se trouvaient réunies.

L'armée française était maîtresse de la rive gauche du fleuve, où, pendant un long hivernage, elle pouvait effectuer ses préparatifs à loisir ; mais il importait de dérober ces préparatifs jusqu'à la fin à la connaissance de l'ennemi et, le jour venu de se précipiter en avant, il fallait que cette irruption fût subite, sans que rien l'eût fait prévoir.

Rien ne pouvait mieux que la méthode nouvelle favoriser les desseins de l'empereur. Le capitaine Eckmann, qui était chargé de l'opération, rassembla tout le matériel nécessaire dans un petit bras du fleuve et y construisit un pont de 162 mètres, formé de quatre tronçons articulés au moyen de cordages, afin de laisser à cet ensemble une

souplesse suffisante pour qu'il pût descendre, malgré les méandres, jusqu'au fleuve.

A l'heure choisie pour le passage, on amena ce pont, comme un long convoi de flotteurs, le long de la rive du Danube et l'on réunit solidement les tronçons entre eux, pour en faire un tout rigide.

Il ne restait plus qu'à commander la conversion.

L'*Historique des pontonniers*<sup>1</sup> rapporte que l'Empereur demanda au capitaine Eckmann : « Combien vous faut-il de temps pour jeter le pont ? »

» — Un quart d'heure, Sire, répondit celui-ci.

» — Je vous donne cinq minutes. Berthier, votre montre », ajouta Napoléon, en s'adressant au chef d'état-major.

Le capitaine Eckmann donna le signal de la conversion, un pistolet dans la main droite, prêt à se faire sauter la cervelle en cas de non-réussite.

La manœuvre n'exigea que quatre minutes.

#### § 6. — ACTION DU COURANT ET DU VENT SUR LES PONTS DE BATEAUX ET SUR LES ANCRAGES

**Action du courant.** — Il est nécessaire de se rendre compte des efforts qui tendent à rompre le pont et qui proviennent, évidemment, du courant et du vent.

En ce qui concerne le courant, il exerce, sur un bateau fixé dans le lit de la rivière, une poussée qui dépend à la fois de la surface immergée de la section transversale, du

<sup>1</sup> ANONYME. 1. p. 54-61.

tirant d'eau  $t$ , de la vitesse  $V$  du courant, de la forme de la carène.

M. de Mas, Ingénieur en chef des ponts et chaussées, après de nombreuses expériences, a proposé de représenter la résistance par une expression de la forme :

$$(1) \quad F = (A + Bt) V^{2,25}$$

où  $A$  et  $B$  sont des coefficients dépendant de la forme.

Or, dans le cas des bateaux d'équipage, on peut admettre, pour ces coefficients, les valeurs :  $A = 15,4$  et  $B = 64$ .

La résistance qu'un pont tout entier oppose au courant est la somme des résistances individuelles des bateaux qui le composent. On aurait ainsi :

$$(2) \quad F = \Sigma [(A + Bt) V^{2,25}].$$

**Action du vent.** — A son tour, le vent exerce une action qui peut d'ailleurs s'ajouter à la précédente ou s'en retrancher.

On admet que la pression exercée par le vent sur une surface est proportionnelle au carré de la composante normale de la vitesse du vent.

Cette action du vent est loin d'être négligeable; l'on calculerait aisément, par exemple, qu'un vent de 10 mètres à la seconde exerce une pression de 15 kilogrammes par mètre carré, et ce n'est là qu'un vent modéré; mais, néanmoins, lorsqu'il s'agit d'un pont de bateaux, les parties exposées au vent offrent des surfaces relativement faibles et l'on peut négliger l'action du vent en présence de celle du courant qui est assurément prépondérante, en dehors des fortes tempêtes tout au moins.

**Action sur l'ancrage.** — — On en peut déduire la résistance que l'ancrage doit présenter. Un bateau d'équipage français n'est généralement chargé qu'aux  $\frac{4}{5}$  de sa force de support, ce qui correspond à un tirant d'eau  $t = 0,60$ . On a donc, dans la formule (1) :

$$R = (15,4 + 64 \times 0,6) V^{2,25} = 53,8 V^{2,25}.$$

Dans le cas d'un courant rapide ( $V = 2^m,50$ ) on obtiendra ainsi :

$$R = 285 \text{ kilogrammes en chiffres ronds.}$$

Si le bateau est maintenu par une ancre,  $R$  représente la traction horizontale que le bateau exerce sur l'extrémité supérieure de la chaînette formée par le cordage d'ancre. C'est aussi la traction à laquelle l'ancre doit résister dans le sens de la verge.

Or, dans un fond de gravier, une ancre du modèle réglementaire présente une résistance de 530 kilogrammes, à peu près double de celle qui est nécessaire. Donc, tant que la vitesse du courant ne dépasse pas  $2^m,50$ , on pourrait se contenter d'une seule ancre pour maintenir deux bateaux. On ne va pas jusque-là cependant, et, dès que la vitesse atteint  $1^m,50$  à la seconde, on met une ancre d'amont à chaque bateau, car si, dans le cas précédent, de part et d'autre d'un ancrage solide, les deux ancres voisines venaient à déraiper à la fois, les efforts qu'elles équilibreraient se reportant sur l'ancrage intermédiaire, celui-ci supporterait, en définitive : 2 fois 285 ou 570 kilogrammes, c'est-à-dire sensiblement l'effort maximum auquel l'ancre peut résister.

En outre, il convient de remarquer qu'un bateau faisant partie d'un pont provoque une résistance sensi-

blement plus grande que lorsqu'il est isolé, par suite de la dénivellation produite par cette sorte de barrage.

**Ancrages renforcés.** — Dans la pratique, les chiffres que nous venons de donner seraient dépassés et l'on est ainsi conduit, pour les fleuves à fort courant, à ne pas se contenter de placer une ancre par bateau, mais à renforcer l'ancrage, aussitôt que le courant dépasse 2 mètres à la seconde, en employant des *ancres doubles, triples, etc.*

Les ancres multiples peuvent être fixées à une *patte d'oie* ou disposées en *chapelet* le long d'un même cordage, en ayant soin de laisser entre elles un intervalle égal à trois fois la hauteur d'eau, afin qu'on puisse relever la première sans surcharger inutilement la seconde.

**Résistance des ancres pendant la conversion.** — Un pont lancé par conversion ne diffère pas d'un pont par bateaux successifs, une fois qu'il est en place ; mais pendant le mouvement de conversion, qui constitue évidemment une période critique, et surtout au moment de l'arrêt, il y a lieu de tenir compte des effets dynamiques dûs à l'accélération, pour la détermination de la résistance des ancres, d'autant plus qu'en raison même de la façon dont s'effectue la manœuvre, tous les bateaux ne peuvent pas être munis d'ancres à la fois.

Il est utile également de solidariser tous les bateaux au moyen de croisières diagonales qui contribuent à répartir tout le long du pont les efforts brusques qui se manifestent au moment de l'arrêt.

**Influence des surcharges mobiles.** — Lorsqu'une

charge mobile passe sur un bateau, celui-ci s'enfonce, opposant ainsi plus de résistance au courant : le cordage d'ancre se tend davantage. Aussitôt la charge passée, cette tension cesse brusquement, et il en résulte, pour le bateau, un mouvement de tangage préjudiciable à la solidité.

Lorsque le courant dépasse  $1^m,50$ , il est vrai, la tension initiale du cordage d'ancre est suffisante pour que cette influence des charges mobiles soit négligeable. Mais au-dessous d'une vitesse de  $1^m,50$ , elle est d'autant plus sensible que la vitesse est plus faible, et l'on devra réduire les oscillations par des ancrages d'aval qui permettent de maintenir solidement le bateau, grâce à la tension énergique des cordages de part et d'autre.

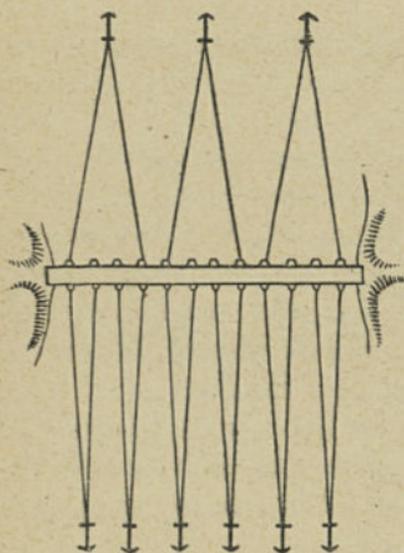


Fig. 30. — Ancrage allemand.

**Ancrage allemand.** — En Allemagne, pour les courants de vitesse moyenne, chaque ancre est munie de deux cordages qui s'attachent à deux bateaux différents. Ce système présente l'avantage de diminuer notablement les mouvements de lacets, lors du passage de lourdes charges. En revanche, ce mode d'ancrage exige une manœuvre un peu plus compliquée que dans la méthode française.



## CHAPITRE VI

### PONTS D'ÉQUIPAGE SUR SUPPORTS FIXES

**Ponts de chevalets à deux pieds.** — Nous avons dit précédemment que les équipages comprennent un certain nombre de chevalets à deux pieds, dits chevalets Birago, pour suppléer les bateaux, lorsque la faible profondeur d'eau ne permet pas l'emploi de ceux-ci.

Communément, ce n'est là qu'un moyen complémentaire qu'on applique aux travées les plus rapprochées de la berge ; mais on peut également s'en servir pour construire des ponts entiers quand les circonstances l'exigent, malgré les inconvénients de ce genre de supports.

Il n'est pas inutile d'étudier comment travaille un chevalet à deux pieds et quelles dispositions sont les plus convenables pour sa stabilité et sa résistance.

**Efforts subis par le chevalet.** — En principe, un tel chevalet se compose de deux pieds obliques coulissant dans les mortaises d'un chapeau. Représentés par leurs axes, ces éléments présentent l'aspect schématique de la figure 31.

On admettra que les pieds sont fixés invariablement par leurs semelles sur le fond. Le chapeau supporte une charge que nous désignerons par  $2P$ , à peu près uniformément répartie et qui fait travailler la pièce à la flexion, ce qui conduit à lui donner une section rectangulaire plus haute que large, dans le sens de cette flexion.

Cette charge se transmet par moitié à chacun des pieds, en A et A', et, par suite de l'obliquité du pied, celui-ci est soumis en définitive à un effort de compression  $\frac{P}{\cos \alpha}$ , si  $\alpha$  est son inclinaison sur la verticale, tandis que la composante horizontale  $P \operatorname{tg} \alpha$  tend à redresser le pied en l'appuyant sur le fond de la mortaise, ce qui oblige à renforcer cette partie du chapeau en la frettant convenablement.

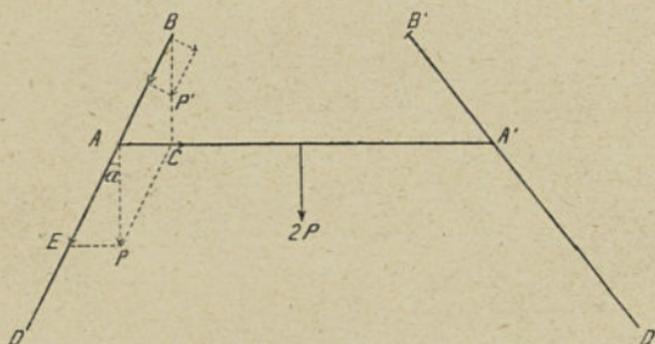


Fig. 31.

La position n'est invariable que si la composante  $P \operatorname{tg} \alpha$  fait avec la normale au fond de la mortaise un angle inférieur à l'angle de frottement. Si, pour un motif quelconque (déplacement accidentel d'une des semelles, par exemple) cette condition cesse d'être réalisée pour l'un des pieds, celui-ci glissera dans la mortaise, jusqu'à un nouveau coincement qui rétablisse l'équilibre, et le chapeau ne sera plus horizontal; il s'ensuit alors, pour le tablier, une déformation défavorable à la solidité.

Pour remédier à cet inconvénient, on suspend le chapeau dans une position invariable au moyen de chaînes BC, dont l'anneau terminal enveloppe l'extrémité cylindrique du pied. Mais alors la chaîne transmet au

sommet B l'effort accidentel  $P'$  qui exerce sur le pied un effort de compression  $P'\cos\alpha$ , tandis que la composante normale  $P'\sin\alpha$  le soumet à un effort de flexion.

Il en résulte, lorsqu'on veut fixer l'inclinaison  $\alpha$  la plus convenable, deux conditions contradictoires : cette inclinaison doit être, en effet, assez faible pour ne pas exagérer l'effort de flexion que nous venons de signaler, et, d'autre part, il conviendrait de lui donner une valeur suffisante pour que le frottement du pied dans sa mortaise soit aussi grand que possible.

En France, on admet que l'inclinaison doit être de  $\alpha = 20^\circ$ .

**Stabilité du chevalet.** — Le chevalet à deux pieds ne possède par lui-même aucune stabilité dans la direction perpendiculaire à son plan, c'est-à-dire suivant l'axe du pont.

On y remédie, il est vrai, en réunissant les chapeaux par des poutrelles à griffes qui rendent leur écartement invariable ; mais, si l'on considère le chevalet contigu à un bateau, lorsque celui-ci s'enfonce sous une charge mobile, il est évident qu'il tend à entraîner le chevalet qui s'incline vers lui, ce qui conduit à placer le chapeau du chevalet un peu plus bas que les plats-bords du bateau lorsque celui-ci n'est pas chargé. Il convient en outre de relier les chevalets entre eux et aux autres corps de support au moyen de traversières.

Les mouvements de tangage et de lacet des bateaux, à leur tour, ont pour effet d'entraîner les chevalets voisins en les faisant basculer dans leur plan, l'un des pieds se soulevant, tandis que l'autre tend à s'enfoncer davantage. On réduira cette action en ancrant solidement en

amont et en aval les supports flottants les plus voisins des chevalets.

Enfin, lorsque le fond est peu consistant et que le courant est rapide, il peut se former, autour de chaque pied, des remous et des affouillements, auxquels les semelles elles-mêmes offrent un remède parfois insuffisant <sup>1</sup>. Dans ce cas, on augmentera la surface d'appui en plaçant la pointe des pieds entre deux poutrelles moisées, posées sur le sol et sur lesquelles les semelles viendront s'appuyer à leur tour.

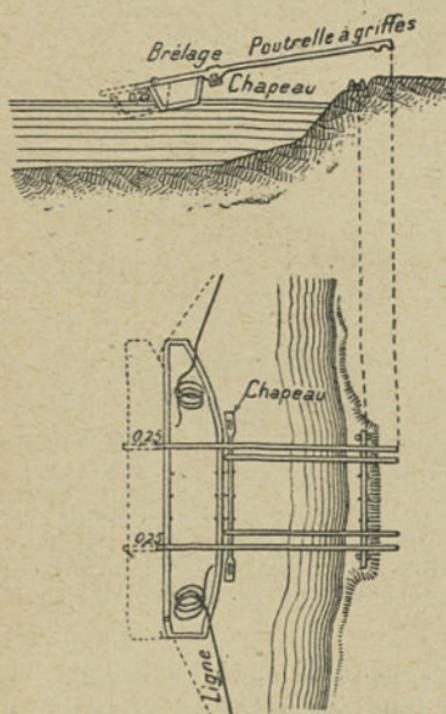


Fig. 32. — Mise en place d'un chevalet à l'aide d'un bateau.

**Mise en place du chevalet <sup>2</sup>.** — Pour dresser le chevalet, on se sert généralement d'un bateau qu'on place tout d'abord près de la rive. Deux poutrelles ordinaires vont du bateau sur cette rive. On dispose en travers le *chapeau* du chevalet et les deux poutrelles à griffes, le tout brélé de telle sorte que le bateau l'entraîne lorsqu'on le pousse au large. On arrête le mouvement quand les poutrelles à griffes s'accrochent au corps mort. A ce moment, le chapeau est juste à

<sup>1</sup> LB. 2. p. 299

<sup>2</sup> ANONYME. 2. 135-151.

son emplacement ; il suffit de disposer les pieds dans les mortaises, de placer les semelles retenues par des clavettes, d'enfoncer les pieds et de les assujettir par quelques coups de masse. Il ne reste plus qu'à fixer les chaînes de suspension, à débrêler et à relever les poutrelles ordinaires.

Après avoir ponté cette première travée, on partira de cette amorce, pour poser le chevalet suivant.

Il existe d'autres méthodes ; mais ce que nous venons de dire suffit à indiquer les procédés généraux faciles à mettre en œuvre qui sont le plus usités.

**Emploi accessoire des chevalets.** — Lorsque la rive est escarpée et qu'il est difficile d'y pratiquer une rampe

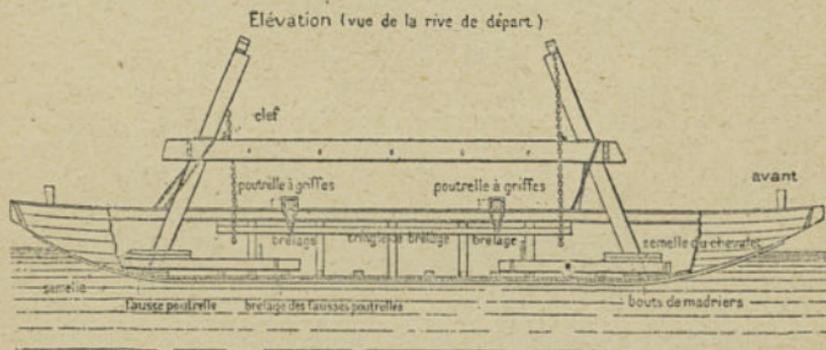


Fig. 33. — Chevalet sur bateau en bois.

d'accès, on peut relever les dernières travées d'un pont de bateaux, au moyen de chevalets à deux pieds montés dans les bateaux eux-mêmes. Dans les bateaux en bois, les pieds prennent appui directement dans le fonds. Avec les bateaux métalliques, où l'on a le caillebotis et les cloisons

seraient des obstacles à cette disposition, on établit, sur

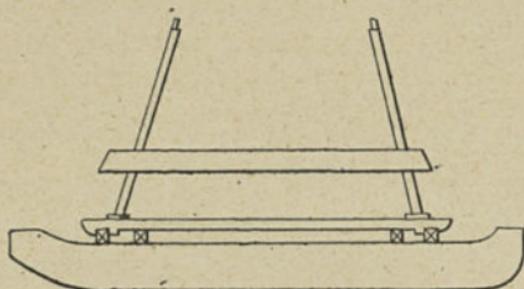


Fig. 34. — Chevalet sur bateau métallique.

les plats-bords, une plateforme formée de poutrelles ordinaires et de poutrelles à griffes, servant d'appui aux pieds, comme l'indique la figure.

On arrive ainsi à relever le tablier du pont à  $2^m,65$  au-dessus du niveau de l'eau.

**Cas d'un fleuve à marées.** — Ce même dispositif a été approprié par les Allemands pour le cas où, le fleuve étant soumis aux marées, le niveau est sujet à d'importantes variations (fig. 35).

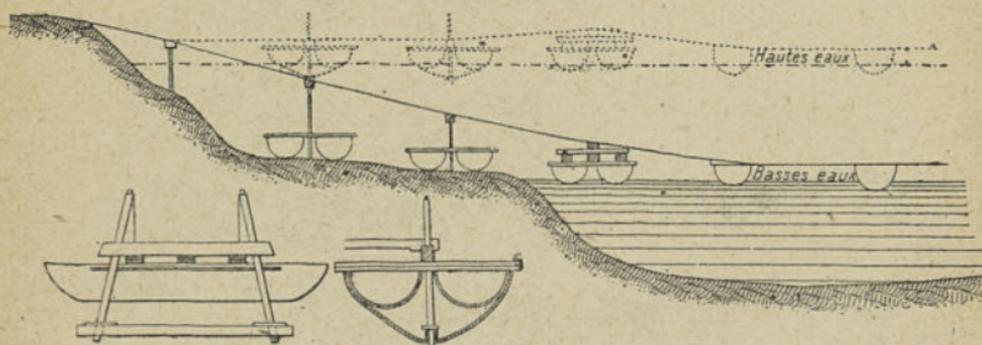


Fig. 35. — Pontage sur un fleuve à marée.

On constitue, près de la rive, un support mixte au moyen de deux bateaux et d'un chevalet intercalé. Lors des hautes eaux, les bateaux montent et finissent par soulever avec eux le chapeau qui prend appui sur les plats-

bords ; aux basses eaux, au contraire, le chapeau étant placé à hauteur convenable, le chevalet descend prendre appui sur le fond et joue le rôle d'un appui fixe <sup>1</sup>.

En Hollande et en Belgique, les chevalets sont constitués de manière à ce qu'on puisse faire varier dans des limites assez étendues la hauteur du chapeau ; mais dans le cas qui nous occupe, le déplacement du tablier devant se faire deux fois par jour, constituerait un véritable surmenage pour les pontonniers et le pont serait trop fréquemment inutilisable pendant la durée de cette manœuvre, tandis qu'avec le système allemand, le passage n'est jamais interrompu.

<sup>1</sup> ANONYME. 11. p. 28-30.

---

## CHAPITRE VII

### PASSERELLES D'AVANT-GARDE

**Leur utilité.** — Une avant-garde ne remplit son rôle efficacement que si aucun obstacle ne peut l'arrêter. Il est donc naturel de chercher à doter les troupes qui la composent, et tout particulièrement la cavalerie, de passerelles légères susceptibles de permettre le franchissement pour ainsi dire instantané des cours d'eau.

On s'évertue, il est vrai, à exercer les cavaliers à profiter des circonstances pour passer l'eau, suivant les cas, par tous les moyens de fortune qui se peuvent imaginer ; les radeaux en sacs remplis de paille ont été notamment essayés fréquemment et peuvent servir à l'occasion ; mais c'est une ressource précaire et aléatoire qui ne saurait suppléer un pont léger.

C'est pourtant une question controversée de savoir si l'utilité d'un pareil matériel compense les inconvénients qui en résultent. La qualité maîtresse de la cavalerie est la mobilité, disent les uns ; donc supprimons toute charge qui n'est pas strictement indispensable. Les autres répondent que les escadrons traîneront toujours derrière eux, quoi que l'on fasse, des voitures de bien des sortes, et ce train n'ira ni plus ni moins vite pour une voiture supplémentaire qu'on lui adjoindra.

Quelle que soit d'ailleurs la solution que comporte cette question de principe, il est bien certain que les cavaliers eux-mêmes se préoccupent des moyens dont ils peuvent

disposer pour franchir les rivières, à en juger par le nombre d'essais variés que l'on tente chaque année, dans les manœuvres, non seulement en France, mais en Allemagne, où l'on nous a même devancés, en adoptant, dès 1893, un matériel de bateaux pliants qui, sans doute, n'a pas donné toute satisfaction, puisqu'il a été remplacé, dès 1901, par un matériel plus perfectionné<sup>1</sup>; celui-ci a été rendu réglementaire le 12 juin 1903.

**Passerelle allemande.** — Ce dernier type diffère surtout du précédent en ce qu'il comporte des bateaux en tôle d'acier avec forte proportion de nickel, au lieu de bateaux pliants à carcasse en bois recouverte de toile. Ceux-ci, très séduisants en raison de leur légèreté et de leur souplesse, ne conviennent pas à un service durable; ceux-là, au contraire, sont plus résistants. Ils sont, comme les bateaux Birago autrichiens, divisibles en deux demi-bateaux identiques pesant chacun 113 kilogrammes<sup>2</sup>.

Le tablier du pont est constitué par des panneaux formés de solives de 1 mètre de long moisées par 3 lattes de 4 mètres de long qui les rendent solidaires. On a disposé en dessous deux madriers de 4 mètres, articulés à charnière le long des lattes de rive, de manière à pouvoir, soit se rabattre à plat pour le transport, soit se placer perpendiculairement pour raidir le panneau.

Les panneaux s'assemblent au moyen d'anneaux qui s'engagent dans les oreilles métalliques d'un chapeau porté à l'aplomb de l'axe du bateau par deux traverses à griffes<sup>3</sup>, et de trois chapeaux, dont un sert de

<sup>1</sup> ANONYME. 15, 10.

<sup>2</sup> ANONYME. 16.

<sup>3</sup> Major SCHARR.

corps mort. Chaque régiment est muni de deux demibateaux et de quatre panneaux. Il peut ainsi construire soit :

20 mètres de passerelle de 1 mètre de large donnant passage aux cavaliers chargés de la selle et du paquetage ;

Ou 16 mètres de passerelle de 2 mètres de large donnant passage à la cavalerie ayant mis pied à terre et à des voitures légères ;

Ou enfin 8 mètres de pont de 3 mètres de largeur pouvant porter la cavalerie par file simple.

Avec ce matériel, on peut constituer une portière susceptible de porter, soit un canon de campagne équipé avec son avant-train et les servants, soit 30 soldats d'infanterie avec armes et bagages, soit 4 chevaux avec leurs conducteurs, etc.

L'Autriche-Hongrie possède également un matériel de pont d'avant-garde imaginé par le major Herbert et présentant de grandes analogies avec le matériel normal <sup>1</sup>.

**Premières études en France.** — En France on a tout d'abord cherché à réaliser une passerelle d'avant-garde susceptible de livrer passage tout à la fois aux chevaux, aux canons de campagne et aux diverses voitures de l'armée. On s'aperçut très vite que ces conditions multiples compliquaient singulièrement le problème, qu'elles conduisaient à l'adoption d'un matériel trop pesant pour être pratique, et que, pour parvenir à un bon résultat, il fallait restreindre les exigences.

<sup>1</sup> Major HERBERT.

**Programme rationnel.** — D'ailleurs les chevaux, qui savent nager de naissance, traverseraient rapidement une rivière à courant moyen par leurs propres moyens ; les voitures passeraient... si on avait le temps d'y pourvoir. L'essentiel est qu'un groupe de cavaliers, une pointe d'avant-garde, débarrassée de tous impedimenta, puisse se jeter sur la rive opposée, sans perdre son temps à chercher un gué ou un pont non détruit : réduit à ces simples données, le problème est susceptible de solutions avantageuses.

Une voiture à deux chevaux, voilà tout ce qu'on peut concéder pour le transport du matériel nécessaire à un régiment, et ce matériel doit permettre de franchir un cours d'eau d'une vingtaine de mètres au minimum. Cette condition donne une limite de poids que l'on ne saurait dépasser et cette limite n'est guère supérieure à 1 200 kilogrammes tout compris. Avec une pareille légèreté, on ne suppose pas que les ingénieurs vont combiner des ponts pour voitures ou canons ; il suffit que la passerelle puisse être parcourue par une file d'hommes à pied, marchant à un mètre les uns des autres, et portant le harnachement des chevaux qui passent à la nage.

Toutefois l'artillerie est appelée à jouer un rôle dans les engagements d'avant-garde ; il n'est pas défendu, dès lors, d'envisager les moyens de la faire passer à son tour, et, comme ce ne peut être par l'étroit chemin qui suffit aux hommes, il faut que les mêmes éléments, autrement combinés, permettent la construction de *portières*, véritables bacs flottants assez forts pour porter la charge, et capables de naviguer d'une rive à l'autre. Le même moyen servira du reste pour transporter les troupes, si la rivière a plus de largeur qu'on n'en peut franchir sous forme de passerelle.

Voilà le problème posé. Les solutions préconisées se ressemblent beaucoup et comportent toujours des travées volantes de tablier tout préparé, reposant sur un certain nombre de points d'appui, et, pour pouvoir s'adapter à tous les cours d'eau, quels que soient le profil du lit et la profondeur, on ne peut guère songer à soutenir le tablier qu'au moyen de supports flottants constitués par des bateaux légers.

Le commandant Wormser <sup>1</sup> a proposé un matériel de ce genre qui présente à tout le moins cette originalité qu'il est tout entier transporté par des bicyclettes; et si l'on admet aujourd'hui que la bicyclette est un succédané du cheval, on ne s'étonnera pas de voir adjoindre des bicyclettes aux cavaliers.

A titre d'exemple, nous donnerons avec quelques détails le matériel imaginé par l'officier d'administration principal du Génie Veyry et qui a été mis en service dans les régiments de cavalerie. Plusieurs modes d'emploi de ce matériel avaient été proposés par l'inventeur; seul celui qui conduit à la construction d'une passerelle à supports flottants a été rendu réglementaire.

**Paerelle Veyry.** — La passerelle Veyry <sup>2</sup>, grâce aux encouragements du général Donop, a été expérimentée pour la première fois aux manœuvres de cavalerie de 1902, à Souppes, et ensuite, à Rennes, aux manœuvres de la 19<sup>e</sup> division d'infanterie. Elle est solide et légère; elle se met en place aisément et rapidement.

Voyons en quoi elle consiste.

<sup>1</sup> WORMSER.

<sup>2</sup> ESPITALIER. 2.

PASSERELLES D'AVANT-GARDE

Le tablier, tout d'abord, est un étroit ruban de  $0^m,65$  de largeur, composé de panneaux à claire-voie de  $2^m,50 \times 0^m,65$ , que constituent deux cours de frises clouées en diagonale et se recoupant à angle droit. Ces panneaux

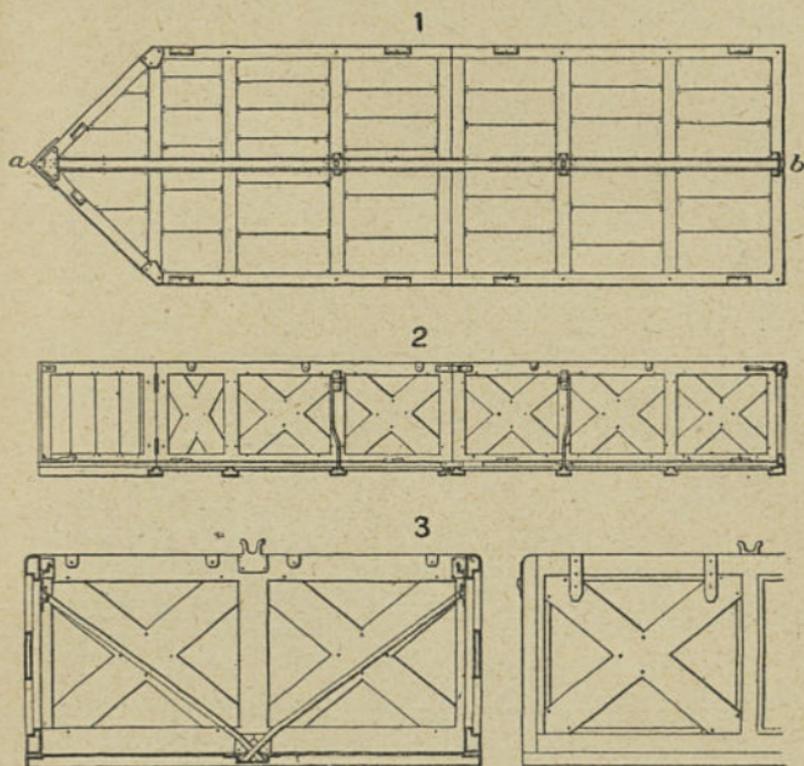
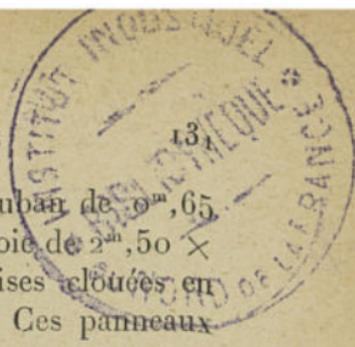


Fig. 36. — Passerelle Veyry. Détails du ponton.

sont posés sur deux longerons, comprenant chacun deux petites poutrelles de  $12 \times 3,4$  centimètres, accolées sur une âme en tôle d'acier de 2 millimètres, qui donne à l'ensemble la rigidité suffisante. Aux extrémités, le longeron est taillé en biseau sur  $0^m,60$  de longueur ; les

deux longerons qui se font suite se recouvrent sur cette longueur, le joint formant une sorte de trait de Jupiter qui est maintenu par des colliers rivés respectivement sur chacune des pièces. Une clavette complète l'assemblage quand le serrage est à refus. La portée utile est ainsi de 2<sup>m</sup>,90.

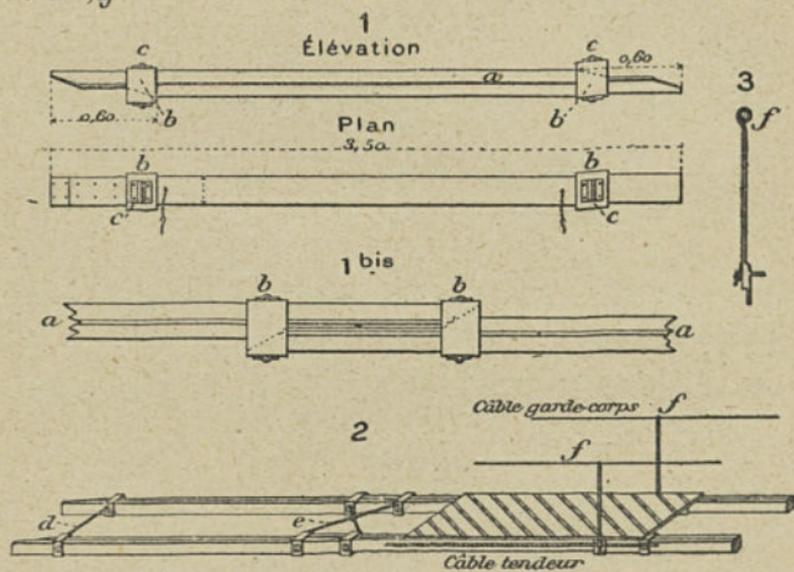


Fig. 37. — Passerelle Veyry. Détails du tablier.

Les deux longerons, posés parallèlement, sont réunis et contreventés par des entretoises à crochet et par des croix de Saint-André en fer rond. Chaque collier porte, sur sa face latérale externe, une douille où s'engage un montant ou chandelier en fer, terminé en haut par un œil ouvert qui reçoit le câble métallique de 4 millimètres de diamètre, destiné à servir de garde corps.

Au niveau du tablier, le chandelier porte un mentonnet qui appuie sur le panneau de platelage et le maintient sur la poutrelle.

Comme on le voit, chaque file de longerons est continue sur toute la longueur du pont, ce qui permet de jeter celui-ci au-dessus d'une brèche ou d'un ravin, d'une rive à l'autre, à la manière d'un pont suspendu, en ayant soin d'amarrer solidement sur la rive.

Pour le lancement, on commence par tendre, entre les deux rives, deux cinquenelles en câble d'acier de 10 millimètres de diamètre, résistant chacune à une traction de 4500 kilogrammes avec sécurité et ne pesant pas plus de 400 grammes par mètre courant. On pousse alors la passerelle que l'on a eu soin de monter sur la berge ; pour faciliter le mouvement, les bords inférieurs sont munis de galets fixés à l'extrémité des chandeliers et qui roulent sur les cinquenelles. On a en définitive alors un pont-chainette que soutiennent les câbles métalliques.

L'ensemble présente une résistance suffisante pour franchir le vide sur 20, 30 et même 40 mètres, en laissant prendre, bien entendu, une flèche qui correspond à la portée ; mais les charges utiles décroissent très rapidement quand cette portée augmente et, dans tous les cas, il est préférable de faire reposer le tablier sur une série de supports flottants, constitués par des pontons légers. C'est de cette dernière manière que sont établies nos passerelles de cavalerie.

Le ponton démontable combiné par M. Veyry se compose de cadres en bois solidement étré sillonnés, qui s'assemblent au moyen de goujons ou de clavettes et que recouvre une enveloppe en toile imperméable attachée par des courroies à boucle.

Le plus grand modèle présente en plan une partie rectangulaire de 2<sup>m</sup>,50 de long et 1<sup>m</sup>,06 de large, terminée à l'une de ses extrémités par une proue triangulaire de

1 mètre de long. Le creux est de 0<sup>m</sup>,53, et l'on admet que l'enfoncement doit être limité à 0<sup>m</sup>,35, afin que l'eau ne puisse passer par dessus bord en aucun cas. Le déplacement est alors de 1 mètre cube. Le poids du bateau est de 86 kilogrammes, ce qui laisserait environ 900 kilogrammes de charge portante, et permettrait de donner à la travée une portée de 9 à 10 mètres.

On assujettit le tablier sur le bateau au moyen d'étriers à clef, saisissant à la fois le bord du ponton et chaque poutrelle. Les éléments du bateau se replient les uns sur les autres et occupent fort peu de place pour l'arrimage sur les véhicules.

Le même matériel permet de constituer une passerelle plus large en accolant deux ou trois travées. La distance franchissable avec l'équipage dont on dispose se trouve réduite en conséquence.

On peut également construire une *portière*, en réunissant deux bateaux au moyen de plusieurs éléments de tablier. Une telle portière installée en bac à traîlle, est susceptible d'assurer le passage des plus lourdes charges, telles que les voitures fourragères et les canons eux-mêmes, qui accompagnent la cavalerie.

Le matériel de la passerelle est assez léger pour qu'on en puisse charger 20 mètres sur une seule voiture à deux chevaux.

Si l'on veut disposer de moyens plus complets, une voiture à quatre chevaux ou deux voitures à deux chevaux suffiraient à transporter 31 mètres de tablier et quatre bateaux légers démontables, le tout ne pesant pas plus de 1 600 kilogs.

## CHAPITRE VIII

### PONTS DE CIRCONSTANCE SUR SUPPORTS FLOTTANTS

#### § I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Les ponts d'équipage ne sauraient suffire à tout, et, s'ils se prêtent aux opérations prévues à l'avance, on ne peut être assuré d'avoir toujours en temps utile le matériel nécessaire, surtout s'il s'agit de préparer le passage sur plusieurs points à la fois.

Il arrive fréquemment, en particulier, que l'armée se portant en avant, il est indispensable qu'elle emmène ses équipages de ponts pour se ménager les moyens de franchir les nouveaux cours d'eau qu'elle va rencontrer.

Il est naturel, en pareil cas, pour lui conserver les communications sur ses derrières, partout où des ponts auraient été créés, de les remplacer par des ouvrages de même sorte, sans doute, mais construits plus à loisir, et en utilisant des ressources, fortuites en quelque sorte, telles qu'elles se rencontrent dans la région.

Il convient dès lors d'apprendre à construire des ponts avec les matériaux trouvés sur place. Leurs dispositifs seront, par suite, trop variés pour qu'on puisse, à leur égard, énoncer autre chose que des règles générales, en laissant aux officiers chargés de la construction le soin d'en adapter les détails aux circonstances : ce dernier

mot caractérise bien d'ailleurs les ouvrages dont il s'agit et dont les ingénieurs militaires ont fait une classe à part, sous le nom de *ponts de circonstance*.

Ces ponts, destinés à suppléer à l'absence ou à l'insuffisance du matériel d'équipage, devront encore reposer sur des supports flottants ou sur des supports fixes, suivant que l'on aura sous la main, soit des bateaux du commerce, ou des bois en grume en assez grande quantité pour établir des radeaux, ou même de simples tonneaux, soit un approvisionnement moins considérable de bois permettant uniquement de construire des chevalets ou de battre des pilots.

## § 2. — PONTS DE BATEAUX DU COMMERCE

**Caractères généraux des ponts en bateaux du commerce.** — Les bateaux du commerce sont, à cet égard, susceptibles d'offrir de grandes ressources pour qui saura les utiliser.

Les cours d'eau importants sont pour la plupart navigables et portent précisément une abondante provision de péniches, souvent d'un modèle et d'un tonnage à peu près uniformes, susceptibles de satisfaire aux exigences de la construction d'un pont. La seule difficulté est souvent de les rassembler, car, si le pays a été occupé précédemment par l'ennemi, il faut prévoir que celui-ci, avant de battre en retraite, a pris soin, soit de les détruire, soit de les éloigner. Mais cette première difficulté vaincue, l'uniformité dont nous parlions tout à l'heure n'est pas absolue. Il est même à craindre que le matériel réuni par les troupes de reconnaissance chargées de battre tous les environs, comprenne des types variés, de dimensions diffé-

rentes ; c'est avec ces éléments disparates qu'il s'agit de réaliser un ouvrage assez homogène pourtant, et c'est sur ce cas le plus fréquent que nous devons raisonner.

Des bateaux de commerce peuvent d'ailleurs offrir plus ou moins d'analogie dans leur silhouette, sans que, pour cela, leurs caractéristiques soient les mêmes au point de vue de la stabilité. Il résulte de ce fait deux conséquences importantes :

1° Les bateaux s'enfoncent inégalement sous le passage d'une même charge ; d'où des déformations irrégulières qui peuvent amener une dislocation rapide du tablier ;

2° Il devient nécessaire de réaliser par des artifices spéciaux l'horizontalité ou la courbure régulière du tablier, si l'on veut éviter des ressauts, fâcheux pour la stabilité aussi bien que pour la facilité du parcours.

#### **Placement des bateaux par ordre de grandeur. —**

Pour remédier aux inconvénients qui apparaissent ainsi, on adoptera les règles suivantes :

On placera, à partir de chaque rive, les bateaux par ordre de grandeur décroissante, en allant vers le thalweg où se trouveront les bateaux du plus faible tonnage. De cette manière, les enfoncements, s'ils ne sont pas uniformes, varient progressivement, et l'on évite les soubresauts brusques du tablier sous les charges mobiles. En outre, les bateaux les plus grands, qui se trouvent près des rives, sont, par suite de leur faible enfoncement, les plus aptes à résister aux chocs inévitables qui se produisent chaque fois qu'une charge s'engage sur le pont ou qu'elle le quitte. On évite ainsi les brusques changements de pente des travées extrêmes et la dislocation rapide des culées.

Enfin les bateaux de faible tonnage, placés au thalweg, où le courant est le plus rapide, sont ceux qui présentent le moins de résistance, en même temps qu'ils laissent entre eux les débouchés les plus grands pour le passage des corps flottants.

**Jaugeage des bateaux.** — Avant de commencer la construction, il importe, comme on le voit, d'établir un classement des bateaux dont on dispose, suivant leur jauge. Celle-ci est souvent inscrite sur le bordage ; à défaut de quoi, on pourra déterminer géométriquement le volume immergé qui indique le poids mort, et l'on complètera ce renseignement en chargeant le bateau avec des hommes dont le poids moyen peut être estimé à 65 kilogrammes et en mesurant les enfoncements correspondants.

**Moyens d'assurer l'horizontalité du tablier.** — Le matériel dont on dispose peut être néanmoins assez disparate pour qu'il soit impossible d'assurer, par un rangement méthodique, non seulement une horizontalité parfaite du tablier, mais même une courbure régulière sans que la pente aux extrémités dépasse  $1/20$ .

Il faut alors disposer le tablier sans tenir compte du niveau des plats-bords, en le soutenant par des appuis intermédiaires.

Si les plats-bords sont trop bas, il suffira, pour une faible différence de niveau, d'intercaler un lit de 3 ou 4 poutrelles reposant sur eux, et portant un chapeau sur lequel reposeront à leur tour les poutrelles du tablier ; des clameaux assureront l'assemblage. Pour ne pas accroître la portée réelle du tablier, on pourra d'ailleurs placer deux chapeaux au droit des plats-bords.

On peut disposer, pour remédier à une différence de niveau plus grande, un empilage de poutrelles superposées et se recoupant à angle droit.

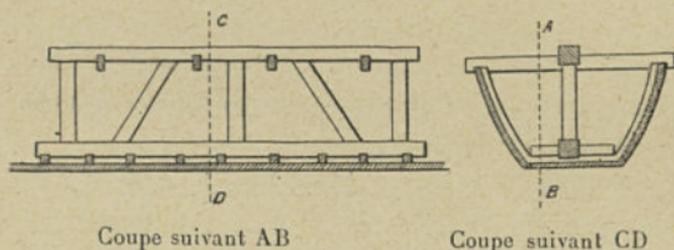


Fig. 38.

La figure 38 montre comment on pourra soutenir le tablier au moyen d'un *chevalet-support*, lorsque, les bordages offrant une résistance insuffisante, on se résoudra à prendre appui sur le fond du bateau, ou plutôt sur les parties horizontales des *courbes* qui en forment l'ossature résistante. Il faut avoir soin de contreventer ce chevalet transversalement, à la partie inférieure, au moyen de tasseaux cloués sur les courbés, entre la semelle et les bordages, et à la partie supérieure par des traverses entaillées qui embrassent à la fois les plats-bords et le dessous du chapeau (ou des chapeaux, si l'on juge prudent d'en mettre plusieurs).

**Mode de construction.** — Les bateaux du commerce, par suite de leurs grandes dimensions, sont difficiles à manœuvrer ; ce qui oblige à n'appliquer, avec eux, pour la construction des ponts, que la méthode par bateaux successifs, qui est d'un emploi plus commode que toute autre.

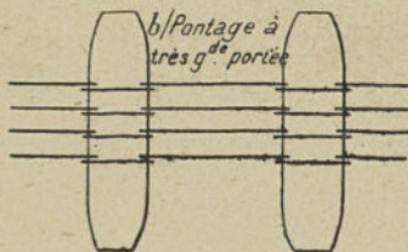
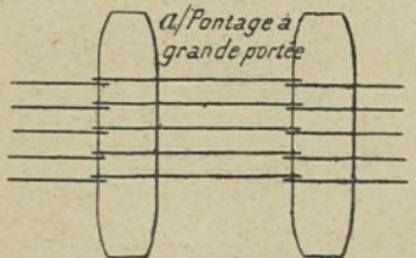
On doit également remarquer qu'il n'est ni indispen-

sable, ni possible, de jumeler sur une grande longueur les poutrelles de support des travées consécutives.

Ce n'est pas indispensable, parce que, les bateaux du commerce étant plus grands et plus stables que ceux des équipages, le tablier du pont subit des déformations moins importantes avec les premiers qu'avec les seconds; la liaison entre les éléments des différentes travées n'est donc plus aussi essentielle.

Ce n'est pas possible, à cause de la largeur considérable des bateaux du commerce qui conduit à allonger la distance d'entre axe, pour qu'il reste, entre les bateaux, un vide convenable. Pour jumeler les poutrelles dans ces conditions, il faudrait donc leur donner une très grande longueur et un très fort équarrissage.

On adopte alors ce qu'on appelle le *pontage à grande portée*, chaque poutrelle



reposant sur trois plats-bords (fig. 39), ou même le *pontage à très grande portée*, où chaque poutrelle ne repose plus que sur les deux plats-bords qui se font face de chaque côté du vide. Dans ce dernier cas, le tablier est complété, sur la largeur de chaque bateau, par une série de fausses poutrelles, embrassant les plats-bords et portant le platelage.

Fig. 39. — Pontage à grande portée.

Lorsque les plats-bords sont trop élevés, il n'est guère possible de les entailler à

l'emplacement des poutrelles ; le plus simple est de les lester avec des matériaux quelconques et même avec de l'eau, faute de mieux ; toutefois ce dernier expédient a l'inconvénient de masquer les voies d'eau, s'il s'en produit. Ce lestage fait perdre au bateau une partie de sa force portante, et il convient d'en tenir compte, dans la détermination de la longueur des travées qu'il supporte.

**Construction.** — Pour construire le pont, les bateaux sont rangés le long de la rive, en aval de l'emplacement de la culée, et amenés au pont, soit à la ligne, soit à la gaffe, soit même à la rame.

Les ancres sont mouillées par une nacelle ou une petite embarcation.

Le reste de la construction s'achève comme nous l'avons expliqué, dans la méthode par bateaux successifs <sup>1</sup>.

Le tablier est constitué de la même façon que pour les ponts d'équipage.

### § 3. — PONTES DE RADEAUX

**Avantages et inconvénients des radeaux.** — Les radeaux sont constitués par la réunion d'éléments capables de flotter (autres que des bateaux) et reliés entre eux d'une manière invariable.

Les plus employés sont composés au moyen de *trons d'arbres* ou de *tonneaux* ; mais on peut aussi se servir, pour cet usage, de *caissons étanches*, *d'outrés*, etc.

Les radeaux sont d'une construction facile et suffi-

<sup>1</sup> ANONYME. 21. p. 170.

samment rapide. En général, ils ne sont pas coulés par les projectiles, ce qui est un précieux avantage à la guerre. On peut s'en servir au besoin pour transporter des troupes d'une rive à l'autre. Capables enfin de supporter de très lourdes charges, ils peuvent être utilisés avec une faible profondeur d'eau.

En revanche, ils offrent beaucoup de prise au courant et naviguent mal. Leur construction exige beaucoup de matériel. En outre, le tablier des ponts de radeaux, étant très peu élevé au-dessus de l'eau, est exposé au choc des corps flottants.

Pour ces diverses raisons, les ponts de radeaux sont employés de préférence sur les rivières à faible courant.

**Radeaux d'arbres.** — Le radeau classique est formé de troncs d'arbres. Comme il convient de réduire sa largeur pour offrir moins de prise au courant, on choisira des arbres aussi longs que possible, en bois résineux — ce sont les plus légers et ceux qui s'imbibent le moins facilement. La grande longueur est aussi nécessaire pour réduire le tangage au moment du passage des charges : un radeau doit avoir au moins 12 mètres de longueur.

On n'équarrit pas les arbres, afin de ne pas diminuer leur volume et par suite leur force portante.

Les arbres sont serrés les uns contre les autres, en réglant leur pointe de manière que l'avant du radeau — qui sera exposé au courant — forme un angle droit saillant.

Les arbres étant à peu près de la même longueur, l'arrière dessine au contraire un angle rentrant.

**Radeau simple.** — Si le radeau est constitué par une

seule longueur de brins, on disposera ceux-ci en alternant les gros bouts et les petits bouts, de manière que la face supérieure du radeau soit sensiblement horizontale. Les arêtes latérales sont parallèles, et le centre de gravité, qu'il est utile de connaître, se trouve au centre de figure. Les bouts du bec-avant sont taillés en sifflet par dessous, pour diminuer la résistance au courant.

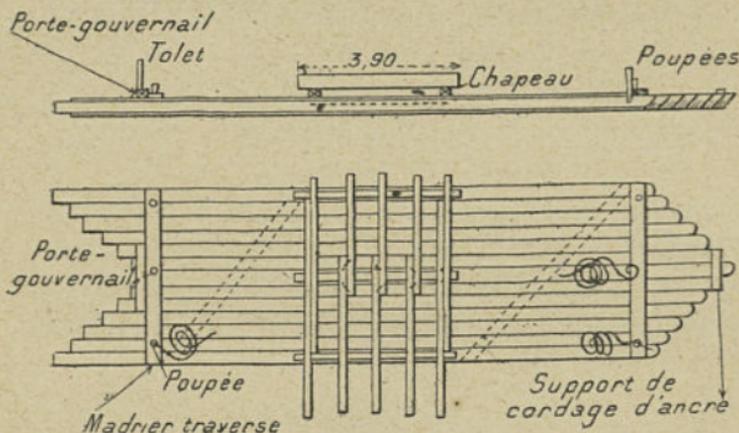


Fig. 40. — Radeau simple.

Les arbres sont reliés entre eux par des *madriers traverses* sur la face supérieure et contreventés par des *écharpes*. Les traverses médianes supportent trois *chapeaux* de 4 mètres destinés à servir d'appui aux poutrelles de tablier. Le dispositif est complété par diverses *poupées*, un *porte-gouvernail* et un *support de cordage d'ancre*.

Suivant que le radeau doit être amarré à une ancre ou à une cinquenelle, on place l'axe du pont à 0<sup>m</sup>,40 en aval ou en amont du centre de gravité, afin de contrebalancer l'action du cordage qui, dans le premier cas, tend à abaisser la proue et, dans le second, à la relever.

La position du centre de gravité est d'ailleurs déterminée de la façon suivante : on fait monter sur le radeau 6 ou 8 hommes et on les fait marcher alignés, de l'arrière à l'avant ; on marque la position qu'ils occupent lorsque l'avant commence à plonger ; on recommence en les faisant marcher d'avant en arrière et l'on marque de même leur position quand l'arrière commence à baisser. En prenant le milieu des deux lignes ainsi déterminées on a la position du centre de gravité.

On assemble les diverses parties du radeau avec des harts, des broches ou des chevilles.

**Radeaux doubles** (fig. 41). — Les radeaux doubles sont constitués avec des arbres de moins de 12 mètres de long. La moitié d'entre eux forme la partie d'avant et l'autre moitié la partie d'arrière du radeau. Les arbres de

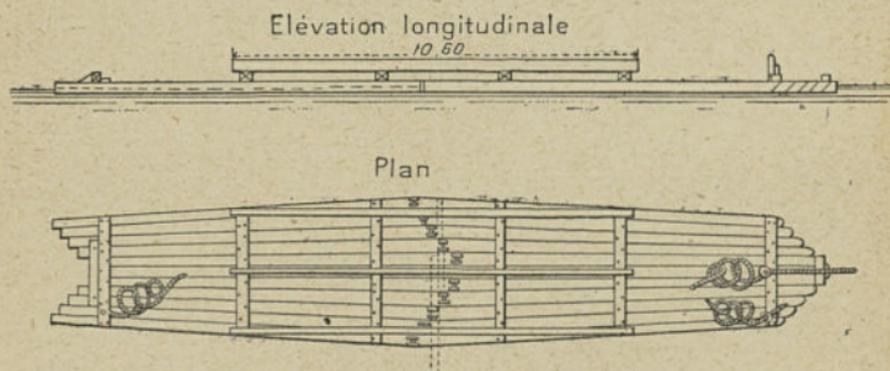


Fig. 41. — Radeau double.

l'avant sont disposés comme dans un radeau simple, sauf que leurs petits bouts sont tous à l'avant. Les arbres de l'arrière ont tous leurs gros bouts disposés contre ceux des

arbres de l'avant et assemblés avec eux par des clameaux à une face ou des éclisses en bois ou en fer.

Ces radeaux doubles sont d'ailleurs équipés comme les radeaux simples.

**Construction.** — Tout l'assemblage et la construction se font en maintenant les bois dans l'eau, parce qu'ils y sont plus maniables, qu'ils y prennent naturellement leur position d'équilibre avant d'être liés ensemble et, aussi, parce qu'un radeau construit à terre risquerait de se disloquer pendant la mise à l'eau.

**Force de support.** — Considérons un radeau formé de  $n$  troncs d'arbres de volume moyen  $V$ . Soit  $\Delta$  la densité du bois. La force de support limite du radeau sera donnée par la formule :

$$Q = nV(1000 - \Delta).$$

Cette expression montre qu'on doit employer, pour la construction des radeaux, des bois d'aussi faible densité que possible. Comme la densité du bois est essentiellement variable, que, dans un même arbre, elle n'est pas la même au pied qu'à la cime et au cœur qu'à la surface, on ne peut guère la déterminer utilement en pesant un échantillon. Le procédé le plus exact, quoique en apparence grossier, est celui qui consiste à mettre un corps d'arbre à l'eau et à évaluer à vue le rapport entre la partie immergée  $s$  de la section, et la section totale  $S$ .

$$\Delta = \frac{s}{S} \times 1000.$$

Ce procédé a en outre l'avantage d'être rapide et de n'exiger aucune mesure.

Pour tenir compte de l'alourdissement progressif que subira le bois à mesure qu'il s'imbibera d'eau, on admettra que sa densité augmentera de  $1/6$  pour un séjour de courte durée et de  $1/4$  pour une immersion de plusieurs semaines. En sorte que la force de support limite du radeau est donnée, suivant le cas, par l'une des deux formules :

$$(2) \quad \text{Durée} \begin{cases} \text{courte : } Q_1 = nV \left( 1000 - \frac{7}{6} \Delta \right), \\ \text{longue : } Q_2 = nV \left( 1000 - \frac{5}{4} \Delta \right) \end{cases}$$

$\Delta$  désignant toujours la densité déterminée au commencement de l'immersion.

Comme nous l'avons dit, on devra préférer les bois résineux parce que ce sont ceux qui absorbent le moins d'eau ; les bois vieux s'imbibent également moins que les neufs. Enfin on diminuera notablement l'absorption en goudronnant l'extrémité des arbres.

**Application à la détermination des éléments d'un pont de radeaux.** — Soit  $L$  la largeur du fleuve prise entre les deux culées,  $p$  la charge par mètre courant que le pont aura à supporter,  $y$  compris le poids mort du tablier,  $N$  le nombre des arbres entrant dans la construction des radeaux.

En exprimant que la force de support totale fait équilibre à la charge supposée uniformément répartie sur toute la longueur, on obtient la relation :

$$pL = NV \left( 1000 - \frac{5}{4} \Delta \right)$$

d'où l'on peut tirer le nombre  $N$  des arbres.

Soit maintenant  $l$  la portée maximum des poutrelles

compatibles avec leur équarrissage, leur écartement et la charge  $p$  qu'elles doivent supporter par mètre courant de pont.

Si  $d$  est le diamètre moyen des arbres, la largeur totale des radeaux sera  $Nd$ , et la somme des intervalles libres entre les radeaux sera évidemment :

$$L - Nd.$$

En divisant par la largeur maximum  $l$  des travées, on aura leur nombre, et le nombre des radeaux sera :

$$n = \frac{L - Nd}{l} - 1.$$

Chaque radeau, enfin, comprendra  $\frac{N}{n}$  arbres.

Dans tout ce calcul, on aura soin, bien entendu, de prendre pour  $n$  un nombre entier.

Il peut arriver que le calcul donne pour  $Nd$  une valeur supérieure à  $L$ , c'est-à-dire que, la charge que le pont doit supporter étant considérable, il faut un si grand nombre d'arbres que, mis côte à côte, ils couvriraient plus que la largeur du cours d'eau. Dans ce cas, il faudra constituer des radeaux doubles et, au besoin, les former de deux couches superposées.

**Radeaux de tonneaux.** — Les radeaux de tonneaux se construisant rapidement et avec un matériel qu'il est toujours facile de se procurer, peuvent rendre de grands services dans les cas urgents ; mais ils ne sauraient valoir les radeaux d'arbres, car ils naviguent mal, peuvent être coulés, et leur solidité repose entièrement sur l'étanchéité assez précaire des tonneaux.

Les tonneaux les plus recherchés, parce qu'ils sont les

plus solides, sont les tonneaux à bière. Ils sont en chêne, et on peut, sans erreur sensible, évaluer la charge qu'ils peuvent supporter au poids de l'eau qu'ils peuvent contenir.

**Construction.** — Les radeaux devront avoir au moins 6 mètres de longueur pour éviter des mouvements de tangage trop prononcés.

En général, les tonneaux d'un radeau, par groupes de mêmes dimensions, et disposés la bonde en dessus, sont répartis en deux files égales et parallèles, sous un châssis formé de 4 supports longitudinaux assemblés par 4 traverses. Les files de tonneaux laissent entre elles un vide, ce qui permet de donner à l'ensemble une largeur assez grande, favorable à la stabilité.

**Supports divers.** — On construirait de la même façon des radeaux composés de caisses étanches, d'ouïres, etc.

On a proposé des flotteurs de tout genre, parmi lesquels on peut signaler les sacs Habert, en toile imperméable et remplis de paille<sup>1</sup>. Mais ce sont là des moyens de fortune sur lesquels il n'est pas nécessaire d'insister.

**Construction des ponts de radeaux.** — La méthode elle-même, qui sert à la construction des ponts de radeaux, est celle qui convient à tous les flotteurs et que nous avons indiquée pour la construction des ponts par bateaux successifs. Les radeaux se prêtent d'ailleurs à la constitution

<sup>1</sup> HABERT.

de portières analogues à celles que nous avons déjà décrites, et que l'on intercale, afin de pouvoir au besoin pratiquer une coupure pour le batelage ou l'évacuation des corps flottants. Ces portières sont alors, le plus souvent, composées de deux demi-radeaux AA, qui viennent s'appuyer sur des demi-radeaux B terminant les amorces de part et d'autre, en sorte que, lorsque la portière est en place, le pont semble composé uniformément de radeaux entiers séparant des travées égales.

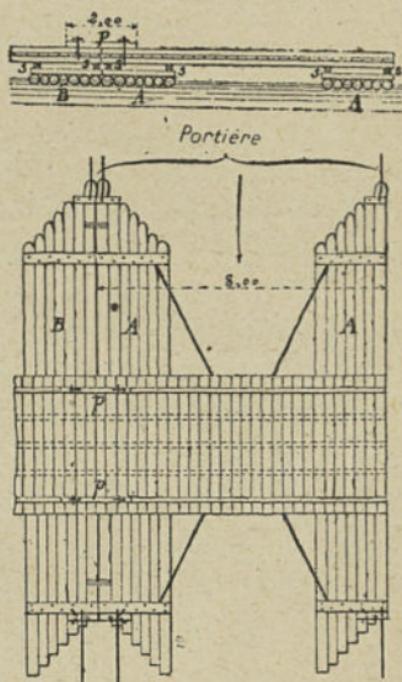


Fig. 42. — Portière de radeaux.

**Pont de radeaux sur le Niemen**<sup>1</sup>. — Les Polonais, en 1812, ont construit, à Grodno, pour le passage du Niemen, un pont de radeaux d'une composition toute particulière. Les radeaux, en effet, au lieu de former des supports discontinus sous le tablier, étaient placés côte à côte. En outre, le tracé général du pont formait une courbe convexe vers l'amont, offrant ainsi au courant la résistance d'une voûte dont les radeaux eux-mêmes constituaient les voussoirs.

<sup>1</sup> VAN VETTER, p. 112.

On avait eu recours à ce mode de construction, parce qu'on manquait des cordages qui auraient été nécessaires pour établir les ancrages d'un pont en ligne droite.

#### § 4. — PONTS-VOLANTS. TRAILLES. BACS

A défaut de ponts continus reliant les rives l'une à l'autre, soit que le temps ou le matériel ait manqué pour en construire, on peut, au moyen de flotteurs, constituer des appareils de passage de grande capacité, et leur donner l'impulsion en empruntant la force nécessaire à l'action du courant lui-même.

C'est dans cette catégorie qu'il faut ranger les *ponts volants*, les *trilles* et les *bacs*.

**Ponts-volants.** — On donne le nom de *pont-volant* (fig. 43) à un système flottant, amarré par un long cor-

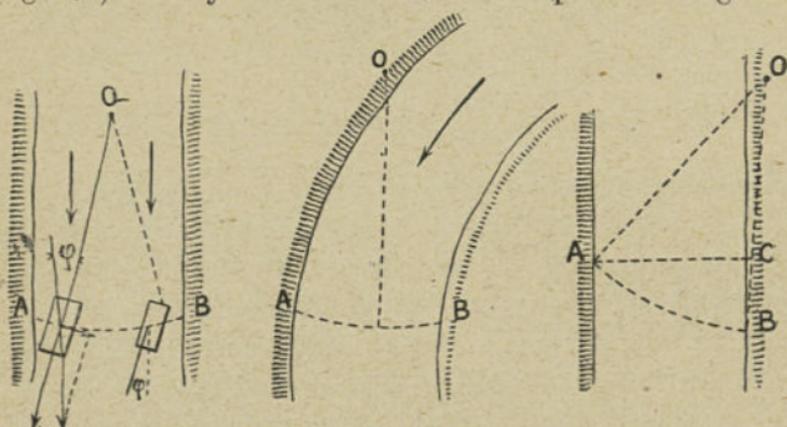


Fig. 43. — Ponts volants. Diverses positions du point fixe.

dage à un point fixe O, autour duquel, comme centre, il peut décrire un arc de cercle AB, qui va d'une rive à l'autre.

Si l'on incline le corps flottant sur la direction du courant, l'effort de celui-ci donne naissance à une composante tangentielle qui pousse le pont-volant suivant l'arc, dans un sens ou dans l'autre suivant le sens de l'inclinaison.

L'expérience montre que la vitesse de déplacement est maximum lorsque l'angle  $\varphi$  que fait l'axe des flotteurs avec la direction du courant est compris entre  $45^\circ$  et  $55^\circ$ .

Le pilote, d'ailleurs, chargé de donner au pont-volant l'inclinaison voulue en maniant une longue rame d'arrière, servant de gouvernail, augmente l'angle  $\varphi$  tant qu'il sent la vitesse s'accroître. Lorsqu'il est près d'aborder, au contraire, il redresse progressivement le pont-volant, afin d'accoster sans vitesse.

Le *point fixe* servant de centre à la rotation doit être, en principe, disposé de manière que le trajet aille au plus court et rencontre les rives sur une même section perpendiculaire au courant.

La longueur la plus convenable du rayon est de une fois et demie à deux fois la largeur à franchir.

Dans ces conditions, le *point fixe* peut être en pleine rivière ou à terre. Dans le second cas, qui se présente notamment si le lit de la rivière dessine un coude favorable, un simple pieu, solidement enfoncé, suffit à amarrer le cordage. Dans le premier cas, on mouillera une ancre dans le lit lui-même ; mais il est bon que le cordage soit hors de l'eau sur tout son parcours, ce qui conduit à le soutenir par des flotteurs (nacelles ou radeaux) et à le relever le plus possible, au moyen d'un mât, à son attache sur le pont-volant.

Alors même que la rivière est en ligne droite, la nature du fond oblige parfois à prendre le point fixe à terre. Mais on voit que, dans ce cas, si le chemin est facile pour venir

accoster la rive où se trouve le pieu d'attache, le retour est, au contraire, d'autant plus pénible que sera plus grande la distance BC (fig. 43) sur laquelle le pont-volant devra remonter le courant. Pour diminuer cette longueur, on est conduit à prendre un câble aussi long que possible ; mais la méthode devient, en définitive, impraticable lorsque la largeur du fleuve dépasse une soixantaine de mètres.

On peut alors recourir à un artifice et disposer deux points fixes — un sur chaque rive — chacun d'eux servant lorsque le pont-volant part de la rive opposée. En arrivant à destination, il est nécessaire que l'on remonte le courant, en se hâlant, de B en B' (fig. 44-a) par exemple, tout en tendant le cordage B'O', avant d'effectuer le voyage de retour à la rive O'A.

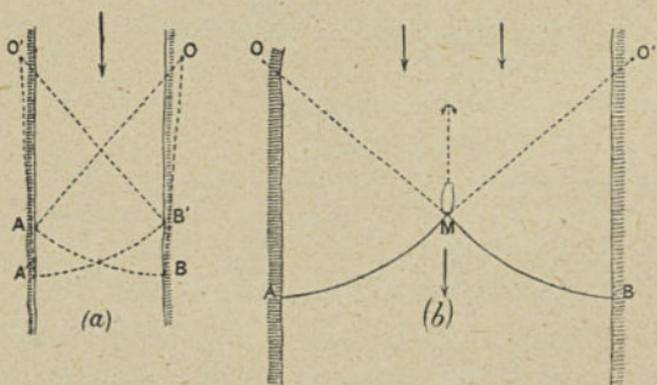


Fig. 44. — Pont volant à deux points fixes.

Lorsque la rivière est très large, on peut disposer deux câbles amarrés sur les deux points fixes. On échange les câbles, en arrivant au talweg, au moment où l'on passe près d'une embarcation mouillée à cet endroit (fig. 44-b).

On peut enfin diviser le fleuve en deux par une portière

servant de poste ou de relai, que deux ponts-volants indépendants relient aux rives (fig. 45).

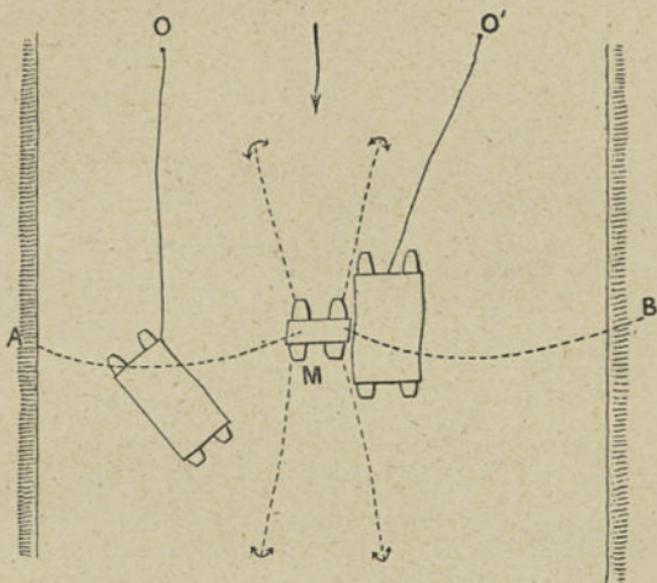


Fig. 45. — Pont volant avec portière-relais.

**Construction d'un pont-volant.** — Pour construire un pont-volant, on recherche, de préférence, des bateaux longs, étroits et profonds. Autant que possible, les bordages seront verticaux, de manière à donner plus d'efficacité à l'action du courant.

La portière doit avoir une assez grande largeur, pour que, les bateaux étant éloignés l'un de l'autre, ils ne se masquent pas, lorsqu'ils sont maintenus obliquement sur le courant, qui agit ainsi complètement sur les bordages de chacun d'eux.

**Culées.** — On construit sur chaque rive une amorce de pont de bateaux ou de chevalet, pour servir d'appontement d'accostage.

Il est toujours bon de munir le pont-volant de deux ancrés qu'on mouillerait si le câble venait à se rompre.

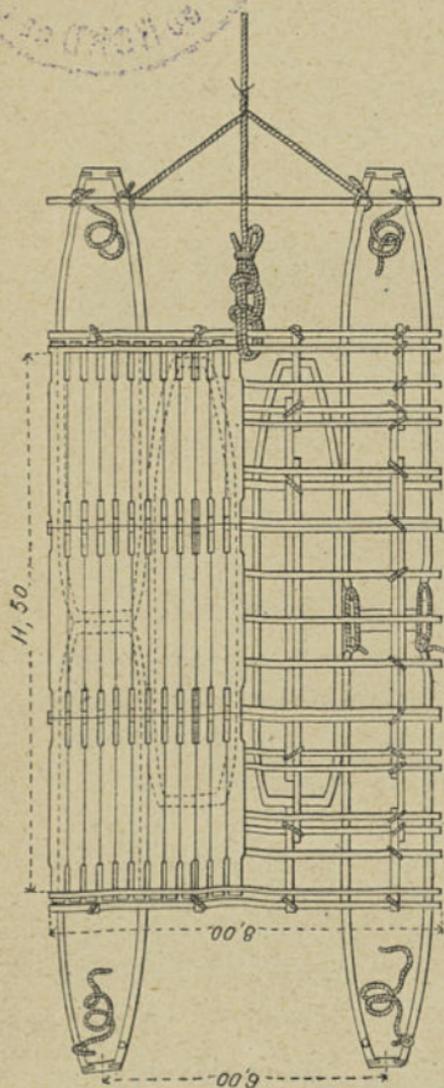


Fig. 46. — Pont volant d'équipage. Plan.

**Pont-volant d'équipage français** (fig. 46). — Les bateaux d'équipage se prêtent évidemment mieux que tous autres à la construction de ponts-volants. On y emploie six bateaux, dont quatre, disposés deux à deux et bout à bout, forment les rives du pont-volant, tandis que les deux derniers sont intercalés, côte à côte, pour augmenter la force portante. La longueur du tablier — dans le sens de l'axe des flotteurs — est de 11<sup>m</sup>,50, et sa largeur est de 8 mètres.

Ce pont-volant peut transporter : ou bien 200 hommes d'infanterie, ou bien 28 chevaux et leurs cavaliers, ou enfin

une section d'artillerie avec ses attelages, ses conducteurs et ses servants.

On voit que, bien que ne réalisant pas une liaison infime et continue entre les deux rives, il est susceptible de rendre de grands services pour le passage des troupes de toutes armes.

**Trailles.** — Une *traille* est un corps flottant qui, sous l'action du courant auquel il présente le flanc, se déplace le long d'un câble tendu entre les deux rives d'un cours d'eau, perpendiculairement à sa direction.

Le corps flottant est relié au câble par l'intermédiaire d'un cordage appelé *bride de traille* et d'une poulie de forme particulière appelée *moufle de traille* qui roule sur le câble. Comme pour le pont-volant, le courant doit être d'au moins 1 mètre à la seconde. Lorsque la largeur du fleuve dépasse 120 mètres, il faut employer comme câble une cinquenelle extrêmement solide. En effet, le câble devant être maintenu à une certaine hauteur au-dessus de l'eau pour ne pas gêner la navigation, et devant aussi n'avoir qu'une flèche assez faible pour que le mouvement de la moufle ne soit pas trop difficile dans la partie ascendante, il faut exercer sur lui un effort considérable pour obtenir la tension voulue.

La traille proprement dite est une portière analogue au pont-volant, et comme pour celui-ci, l'angle de passage le plus favorable est voisin de  $55^\circ$ . Le câble est exhaussé sur chaque rive au moyen de potences. Nous donnons à titre d'indication la figure représentant la traille de bateaux de l'équipage français (fig. 47). Cette traille permet de transporter 60 hommes d'infanterie, ou 8 chevaux et leurs cavaliers, ou une pièce d'artillerie

complète avec les servants, mais sans les attelages et les conducteurs.

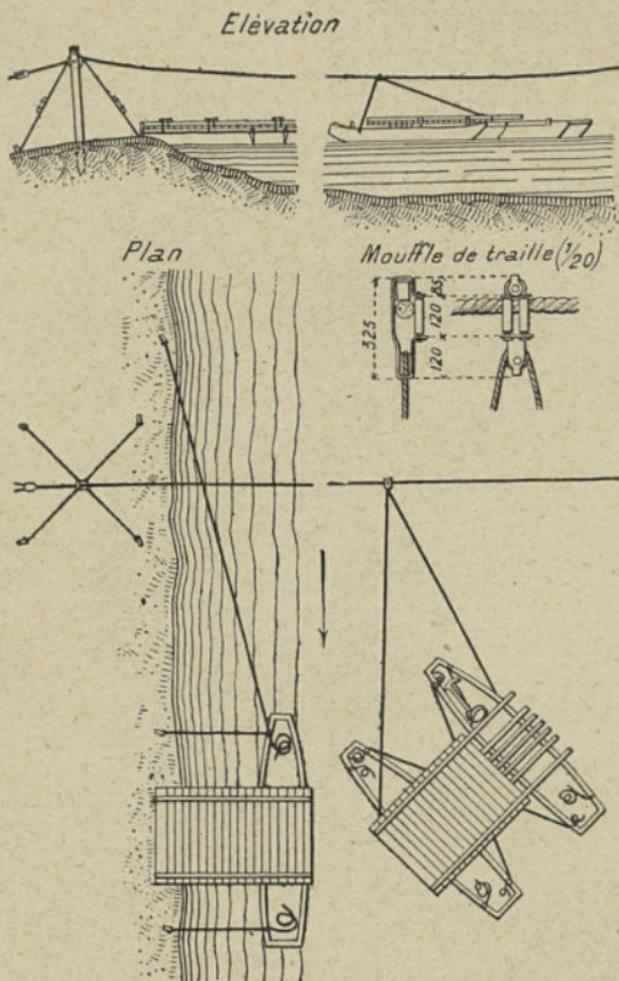


Fig. 47. -- Traille.

**Radeau-traille.** — Sur les rivières très rapides, on peut remplacer la portière par un radeau constitué au moyen de plusieurs couches d'arbres et auquel on donne la forme d'un

parallélogramme dont l'angle aigu mesure  $55^\circ$ , les longs côtés restant parallèles au courant. Ce radeau est relié au câble par 3 brides amarrées sur 3 poulies. L'une des brides est fixée au sommet de l'angle aigu ; les deux autres au milieu des côtés adjacents.

Pour augmenter la vitesse du passage, on applique le long des côtés sur lesquels agit le courant, des madriers qui augmentent la surface d'action.

**Bateau traile.** — Un simple bateau peut être équipé en traile, en fixant une bride au nez d'avant et une seconde au corps, tantôt à babord, tantôt à tribord.

Lorsque le courant est rapide, cela ne va pas sans présenter quelque danger, le bateau pouvant se mettre, malgré les efforts du pilote, en travers du courant, et être submergé. Un accident de ce genre s'est produit à l'École du Génie de Grenoble.

**Bac.** — Le *bac* est un bateau plat qu'on fait passer d'une rive à l'autre en hâlant sur un câble amarré aux berges. Il supplée le pont-volant ou la traile lorsque le courant est trop faible pour exercer une action utile de propulsion. Le câble, qui ne peut sans inconvénient plonger dans l'eau, est soutenu sur deux fourches ou sur des poulies placées aux extrémités du bordage d'amont.

---

## CHAPITRE IX

### PONTS DE CIRCONSTANCE SUR SUPPORTS FIXES

#### § I. — PONTS DE CHEVALETS A 4 PIEDS

En dehors des chevalets à deux pieds, du genre Birago, qui font partie des équipages de ponts, les troupes du Génie apprennent à établir des *chevalets à 4 pieds* de construction rapide, n'exigeant que des bois d'un équarrissage courant, et dont l'usage est fréquent en campagne, pour les ponts de circonstance.

Les chevalets ne sauraient toujours remplacer les bateaux et présentent sur ceux-ci d'assez nombreux désavantages.

1° Pour peu que le fond soit inégal, il est difficile de régler les quatre pieds de manière à ce qu'ils portent également, et il en peut résulter un certain manque de stabilité ;

2° Les pieds subissent parfois des enfoncements inégaux ;

3° Le poids du chevalet devient considérable, lorsqu'il est un peu haut, et considérable aussi la résistance au courant.

Pour ces diverses raisons, on ne construira de ponts de chevalets à 4 pieds que dans un fond maximum de 2<sup>m</sup>,5 et lorsque la vitesse du courant ne dépassera pas 1<sup>m</sup>,50. En outre, il faudra, avant la construction, faire un sondage minutieux, afin que les pieds aient la longueur voulue

pour trouver, tous à la fois, un appui sur le fond ; enfin si ce dernier est sablonneux ou vaseux, il faudra munir les pieds de larges semelles qui empêcheront leur enfoncement.

**Description et construction d'un chevalet.** — Le chevalet doit être simple et d'une construction rapide : il se compose d'un *chapeau* *a* porté par 4 pieds *b*, dont la position et l'écartement sont maintenus par des traverses *c* et par des écharpes *d* (fig. 48). Il est facile de déterminer

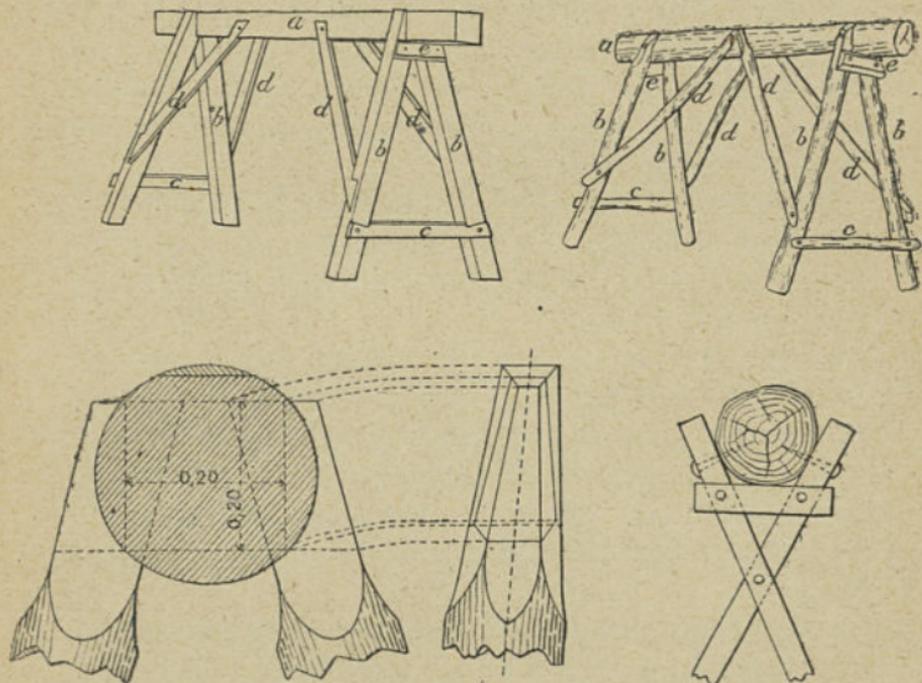


Fig. 48. — Chevalets à 4 pieds.

l'équarrissage des diverses pièces du chevalet, les charges qu'il doit supporter étant connues.

La construction accélérée de cet élément essentiel des ponts militaires est réglée minutieusement, dans les écoles du Génie, où les sapeurs y sont préparés avec le plus grand soin, en vue d'obtenir une rapidité vraiment remarquable, aussi bien dans l'assemblage des chevalets que dans leur mise en place.

**Mise en place des chevalets.** — Celle-ci se fait par plusieurs méthodes applicables suivant les circonstances et dont nous ne pouvons donner ici qu'un rapide aperçu.

a) Dans la *méthode dite des longrines*, on amène le chevalet les pieds en l'air, jusqu'au bout de l'amorce du tablier, en posant le chapeau sur deux longrines de manœuvre, longues de 8 à 9 mètres, portant une cheville d'arrêt près de leur extrémité.

On fait basculer le chevalet dont les pieds retombent dans l'eau et on le pousse au large au moyen des longrines, tout en maintenant sa position verticale avec des cordes et des gaffes (fig. 49).

Si le courant est rapide, le chevalet risque d'être entraîné malgré ces aides, et l'on a recours à un bateau ancré pour le maintenir. Lorsque la profondeur dépasse 2<sup>m</sup>,50 et que le fond est dur, il est, en outre, prudent de fixer les chevalets, soit en les rattachant par groupe à une ancre, soit en les amarrant isolément à une cinquenne.

b) La seconde méthode consiste à *mettre les chevalets en place à bras et en entrant dans l'eau*, ce qui, à la vérité, n'est praticable que si la profondeur de l'eau et la température le permettent. C'est en bravant cette dernière condition que les ponts de la Bérésina ont été construits par ce procédé.

c) La *méthode des cordes et gaffes* est sans doute moins sûre, mais elle n'offre pas les mêmes exigences.

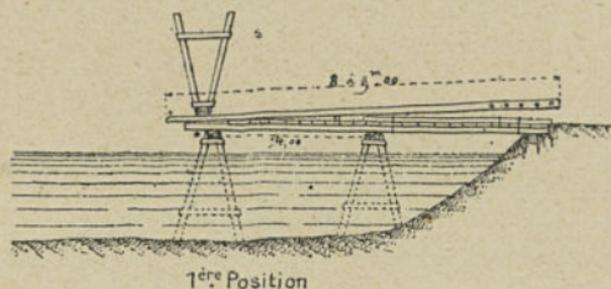
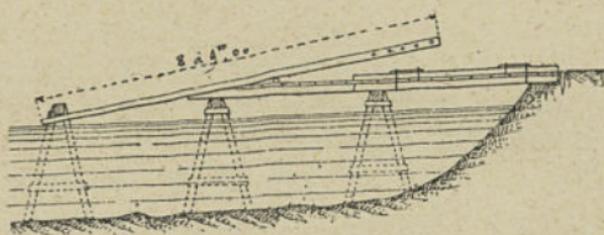
1<sup>ère</sup> Position2<sup>ème</sup> Position

Fig. 49. — Méthode des longrines.

On met le chevalet à l'eau, en aval du pont, en le faisant glisser sur la berge, et on l'amène en tête de l'amorce, au moyen de gaffes et de cordes fixées au chapeau. On le place de façon que le chapeau soit du côté du large et à 4 mètres du dernier support posé, les pieds du côté de celui-ci ; puis, on le dresse en enfonçant les pieds au moyen des gaffes, tandis qu'on le redresse en tirant sur les cordes attachées au chapeau.

Ce procédé est simple et expéditif ; mais il n'est applicable qu'avec des chevalets de faibles dimensions et dans un faible courant.

d) La méthode du bateau à contrepoids consiste à équiper un bateau comme l'indique la figure 50, de telle sorte qu'un chevalet étant posé, debout, le long d'un bordage,

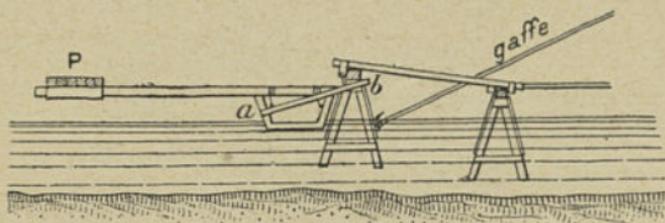


Fig. 50. — Méthode du bateau à contrepoids.

son chapeau portant sur la partie en encorbellement de deux fausses poutrelles, la charge de ce chevalet soit équilibrée par un contrepoids porté par des longrines, débordant du plat-bord opposé.

Le bateau est amené le long de la rive, en aval du pont ; on le charge d'un chevalet et l'on amène tout le système face à l'amorce ; puis le chevalet étant maintenu par des gaffes, tandis que l'écartement est fixé par des poutrelles à griffes, on lâche le contrepoids jusqu'à ce qu'il flotte ; le bateau bascule alors, assez pour que le chevalet se pose sur le fond.

Cette méthode est avantageuse pour des chevalets d'une grande hauteur et difficiles à manœuvrer par suite de leur poids ; mais elle exige que le courant ait une faible vitesse.

En dehors de ces procédés classiques, il en existe plusieurs autres qui ne présentent qu'un intérêt plus restreint et que nous passerons sous silence.

**Portière dans un pont de chevalets.** — Nous nous bornerons également à mentionner, sans y insister, la

manière dont on pourra, pour les besoins de la navigation, intercaler une portière dans un pont de chevalets.

La portière, construite suivant l'usage, est rehaussée par des chevalets dont la figure 51 suffit à faire com-

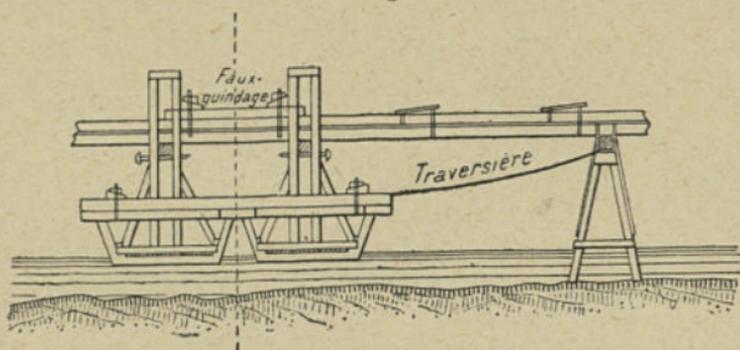


Fig. 51. — Portière dans un pont de chevalets.

prendre l'agencement, et qui permettent de placer à bonne hauteur les poutrelles et le faux guindage établissant la continuité du tablier.

## § 2. — PONTS DE PILOTIS

Les supports fixes peuvent être constitués par des palées composées d'un certain nombre de *pilots* enfoncés dans le sol d'une longueur convenable (cette partie enterrée s'appelle la *fiche* du pieu); ces pilotes portent un *chapeau* fixé par des clameaux. Le chapeau peut être également formé de deux madriers moisés sur la tête des pieux et serrés au moyen de boulons.

On donne à cet ouvrage le nom de *pont de pilotis léger* lorsque les pilotes qui le soutiennent ont moins de 0<sup>m</sup>,15 à 0<sup>m</sup>,18 d'équarrissage. Ils peuvent alors être enfoncés à la masse.

Dans le cas le plus général, on utilise des pilots de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,45 d'équarrissage, enfoncés au moyen d'une *sonnette* qui, devant être déplacée pour chaque palée, est montée sur une portière.

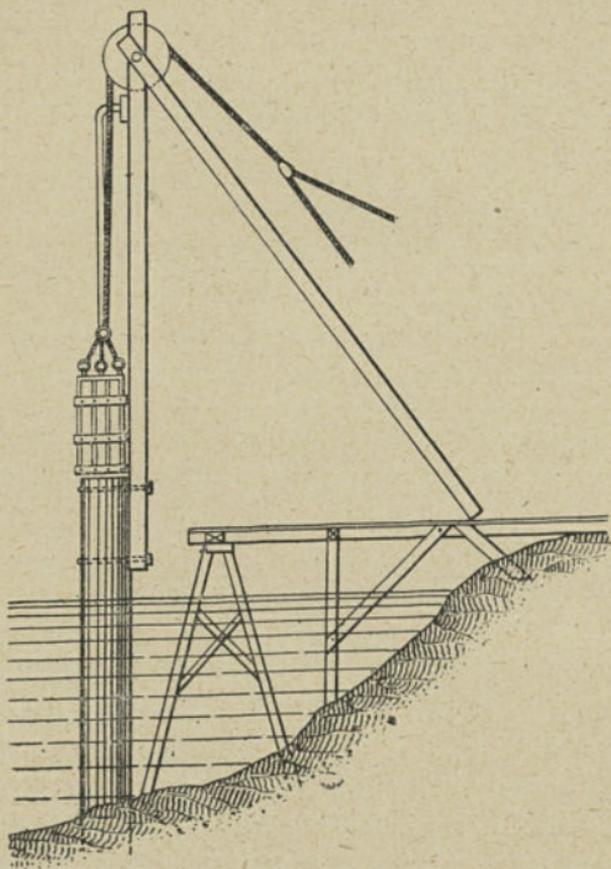


Fig. 52. — Sonnette improvisée.

Nous n'entrerons pas dans le détail de cette opération bien connue ; mais il n'est pas inutile de dire comment il est possible d'improviser une sonnette (fig. 52).

On fixe le pilot par deux boulons à un madrier de 3 mètres de longueur, suspendu verticalement à une chèvre que l'on maintient inclinée au moyen de haubans. A la partie supérieure de ce bâti, on dispose une poulie (poulie de puits, par exemple), sur laquelle passe la corde de manœuvre. Le mouton fixé au bout de cette corde est un billot de bois, convenablement fretté, bordé de fer pour l'alourdir et percé suivant son axe, de manière à coulisser le long d'une barre directrice en fer de 30 millimètres de diamètre ; cette barre est elle-même courbée à sa partie supérieure pour venir se fixer au madrier vertical.

La corde de manœuvre, enfin, est terminée par des tiraudes.

**Avantages et inconvénients.** — Les ponts de pilotis offrent une très grande solidité ; mais leur construction exige beaucoup de temps, ce qui ne permet guère de les employer que sur les derrières de l'armée, pour se procurer des communications sûres et permanentes.

En revanche, ils ont tous les avantages des ouvrages permanents, surtout si on les améliore en s'assurant, par des enrochements, contre les affouillements qui se produisent fréquemment au pied des pilots, lorsque le courant est un peu rapide.

**Palée haute** (fig. 53.)

— Dans le cas où l'on a tout le loisir d'en faire une construction stable et qui doit durer longtemps, au lieu de laisser

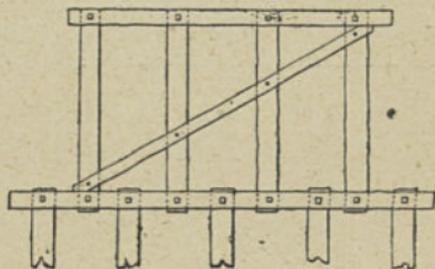


Fig. 53. — Palée haute sur pilotis.

les pilots sortir de l'eau pour porter directement le cha-

peau sur lequel doit reposer le tablier, il est préférable de recéper la tête des pieux à peu près au niveau de l'étiage, où l'on établit un premier chapeau moisé servant de sablière basse à une palée haute dont la figure indique l'organisation.

**Calcul des pilots.**— Si les pilots atteignent une couche résistante du terrain, on peut les charger à 30 ou 35 kilogrammes par centimètre carré de leur section. Mais, dans un ouvrage de campagne, les pièces de bois et les moyens dont on dispose ne permettent pas, généralement, d'obtenir une grande longueur de fiche et les pieux résistent surtout par suite du frottement sur leur surface périphérique.

La plupart du temps, on s'arrêtera, dans le battage, à un refus modéré (4 à 5 centimètres d'enfoncement pour une volée de 30 coups d'un mouton pesant 600 kilogrammes et tombant de 1<sup>m</sup>,20 de hauteur).

Le mieux est alors de déterminer la force portante en fonction du refus, en se basant sur l'expérience.

Pour un pilot de 0<sup>m</sup>,20 et pour des refus croissant jusqu'à 0<sup>m</sup>,10, Van Vetter<sup>1</sup> propose d'admettre les charges portantes indiquées au tableau suivant :

Refus E en centimètres	Charge portante en kilogrammes	Refus E en centimètres	Charge portante en kilogrammes
1	25 000	6	11 000
2	20 000	7	10 000
3	17 000	8	9 000
4	15 000	9	8 000
5	13 000	10	7 000

<sup>1</sup> VAN VETTER, p. 130.

**Ponts de pilotis légers.** — Au point de vue militaire, les ponts de pilotis légers dont les palées, espacées de 4 mètres environ, ne comprendront jamais moins de 4 pilots, sont évidemment ceux qui présentent le plus d'intérêt et l'on a cherché à combiner des méthodes expéditives pour les construire.

En France, on applique généralement la méthode du capitaine Grison qui permet un avancement rapide, grâce à des brigades échelonnées : la première brigade prépare les pilots, pendant que la seconde se constitue un échafaudage volant au moyen d'échelles de manœuvre placées en porte-à-faux de 4 mètres. Sur la dernière palée construite, cette brigade enfonce à la masse les deux pilots du milieu de la nouvelle palée, puis brêle sur ces pilots un chapeau provisoire qui sert d'appui à un plancher sommaire, suffisant cependant pour permettre d'avancer encore les échelles de manœuvre.

Une troisième brigade achève les palées, et une quatrième pose le tablier définitif.

**Pont de circonstance sur la Betsiboka, à Madagascar (1895).** — *a) Support-chevalet.* — L'expédition de Madagascar offre un exemple très caractéristique des difficultés contre lesquelles l'Ingénieur militaire a à lutter, lorsqu'il est dépourvu d'un matériel préparé à l'avance.

Ce n'est pas toutefois que l'on n'eût pas prévu l'éventualité du passage de cours d'eau importants. La Commission chargée de préparer l'expédition, édifiée à cet égard par les renseignements qu'elle avait recueillis, avait demandé à comprendre, dans le parc de réserve du Génie, plusieurs équipages de pont ; mais cette proposition fut

écartée, en raison des difficultés de transport par navire d'un matériel aussi encombrant.

« La Commission pensait que la colonne aurait à franchir un fleuve analogue à la Loire. Elle était loin de soupçonner que la Betsiboka coulait sur des sables mouvants ; nul doute qu'elle n'eût, autrement, insisté auprès du Ministre pour qu'il admit la mesure proposée, quel que fût le surcroît de dépense pouvant en résulter pour les transports. On se dit qu'on se débrouillerait sur le terrain <sup>1</sup>. »

On y parvint, en effet, mais au prix de grandes difficultés. Le seul matériel dont on disposait pour franchir un fleuve de 400 mètres de largeur, à fond mouvant, était du matériel Birago, et encore, ce matériel n'existait-il qu'en quantité insuffisante. On décida donc d'exploiter un bois voisin, pour construire des supports formés d'un chapeau reposant sur deux pieds en bois, le tout consolidé par des piquets enfoncés à refus. Un jour à peine s'était écoulé depuis la mise en place des premiers chevalets, qu'on constatait des affouillements autour de ces supports. Presque tous les chevalets posés s'étaient enfoncés d'au moins 0<sup>m</sup>,50, d'autres avaient été emportés à une centaine de mètres plus loin. L'expérience condamnait donc la solution adoptée. Diverses tentatives en vue d'établir un va et vient ayant échoué, il fallut se résoudre à la longue et pénible construction d'un pont de pilotis.

Pour réduire le travail au minimum, le capitaine Digue, du Génie, proposa de constituer les palées au moyen de chevalets Birago, sans semelles, en soutenant les chapeaux par des pilots verticaux. Les chevalets étaient

<sup>1</sup> LEGRAND, p. 145.

montés sur la rive, le chapeau placé de façon à se trouver à  $0^m,50$  au-dessus du niveau de l'eau, les pieds ayant reçu  $1^m,50$  de fiche. Des hommes portaient le chevalet à son emplacement et l'enfonçaient à la masse en frappant alternativement sur l'un et l'autre pied. Les pieds étaient, à défaut de chaînes, fixés dans les mortaises du chapeau au moyen de coins cloués, qui les empêchaient de prendre une trop forte inclinaison (fig. 54).

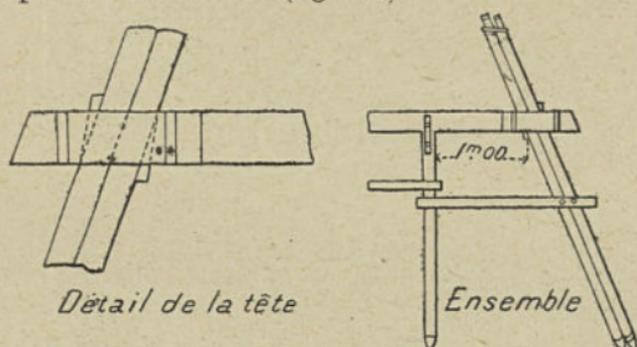


Fig. 54. — Support-chevalet de la Betsiboka.

Des pilots de  $0^m,15$  de diamètre environ, auxquels on donnait  $1^m,50$  de fiche étaient enfoncés comme l'indique la figure et reliés par des entretoises, entre eux et aux pieds du chevalet.

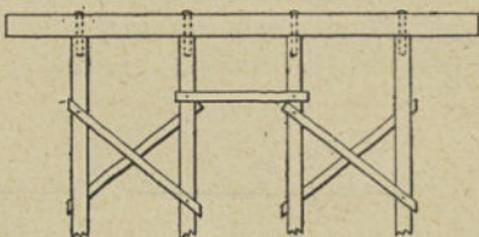
A un moment donné les chevalets Birago ayant fait complètement défaut, on y suppléa par des palées de circonstance que nous allons décrire rapidement.

b) *Support-palée*. — On commençait par établir des éléments de palées constitués par 2 pilots distants de 1 mètre, et réunis par des rondins en croix de Saint-André et par un faux chapeau brélé. Deux éléments étaient portés séparément à leur emplacement, de manière à se trouver dans le même plan vertical et à 1 mètre l'un de

l'autre (fig. 55). La mise en place se faisait au moyen de poutrelles à griffes, comme celle du chevalet à 2 pieds. Une fois les pilots enfoncés, ils étaient recépés à hauteur convenable et leur tête entaillée en double sifflet pour recevoir le chapeau. Les deux éléments étaient enfin réunis par une entretoise.



Assemblage du chapeau.



Palée complète.

Fig. 55.

L'établissement du pont de la Betsiboka eut des effets assez curieux. Agissant comme barrage sur les sables mouvants du fond, les pieds du chevalet s'ensablèrent peu à peu, mais en même temps certains petits îlots disparurent. Il en résulta un approfondissement du lit, en quelques points, notamment au thalweg, de sorte que les pieds de certains chevalets, n'ayant plus la fiche de 1<sup>m</sup>,50 qui leur avait été primitivement donnée et qui était nécessaire à leur stabilité, s'enfoncèrent plus ou moins. Pour remédier à cet incon-

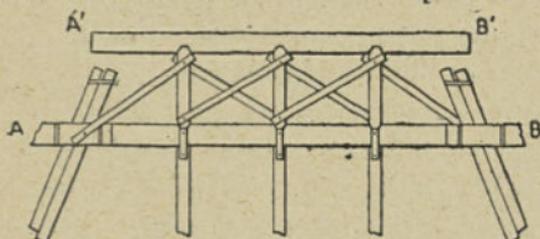


Fig. 56. — Faux chapeau sur chevalet Birago.

venient, on eut recours au dispositif suivant qui est à la fois simple et ingénieux.

Considérons un chapeau ayant pris la position AB (fig. 56). A hauteur

convenable, on en plaçait un second A'B', formant avec le premier, au moyen de chandelles et de croix de Saint-André, une véritable poutre à treillis. Préalablement, les pilots de chaque palée avaient été enfoncés à refus.

Par cette méthode on pouvait placer 2 et même 3 chapeaux superposés. Si l'on se rappelle qu'il est toujours pénible de surélever le chapeau d'un chevalet à deux pieds et que, en outre, cette surélévation ne peut se faire que dans des limites fort restreintes, on voit combien le dispositif précédent peut être utilement appliqué dans certains cas au chevalet Birago. La figure 56 montre la façon dont il fut utilisé à Madagascar.

La construction du pont de la Betsiboka fut particulièrement pénible par suite de l'insalubrité du climat et de la nécessité de travailler dans l'eau la plupart du temps. Le nombre de travailleurs, qui était de 90 au début, tomba à 7 à la fin du travail. Les auxiliaires furent éprouvés pareillement. Jusqu'au bout, ceux que la maladie ne terrassa point, montrèrent un dévouement admirable, que le lieutenant colonel Marmier, commandant le génie du corps expéditionnaire, se fit un devoir de constater en disant que « la 18<sup>e</sup> Compagnie (celle qui construisit le pont) avait rendu un service signalé et accompli une œuvre pouvant être mise en parallèle avec les travaux exécutés par les sapeurs du génie dans toutes les campagnes ».

### § 3. — PONTS DE CHARPENTE EN BOIS

Il arrivera fréquemment en campagne que les systèmes de franchissement que nous avons étudiés jusqu'ici seront

impraticables, par suite de l'impossibilité où on se trouvera d'établir des supports intermédiaires. Cela se produira quand on devra franchir un ravin profond et escarpé, une large brèche pratiquée dans un pont permanent de grande hauteur, etc. L'ingénieur militaire peut dans ce cas établir soit un pont en charpente, soit un pont sur cordages.

**Généralités sur les ponts en charpente.** — Lorsque la portée dépasse 20 mètres et que la charge à supporter par le pont est grande, les travaux à exécuter pour établir un pont en charpente sont si considérables qu'ils ne peuvent être entrepris en présence de l'ennemi et qu'ils perdent le caractère d'improvisation des travaux de campagne. Pour rester dans les limites qui nous sont imposées, nous n'envisagerons point d'ouvrages d'une portée supérieure à 20 mètres, et nous nous bornerons d'ailleurs à quelques dispositifs très simples.

Nous ne parlerons pas non plus des ponts ou pontceaux qui, n'ayant qu'une faible portée, peuvent être constitués par de simples longerons jetés en travers de la brèche.

**Dispositif à contrefiches.** — Dès que la portée atteint 8 à 10 mètres, ces longerons devraient présenter un équarrissage considérable, s'ils n'étaient soutenus d'une manière quelconque en un point intermédiaire; aussi, lorsqu'on ne veut pas encombrer le débouché par des supports verticaux, on peut substituer à ceux-ci des contrefiches obliques, arcbutées entre elles sous les longerons et s'appuyant, d'autre part, aux flancs du ravin, comme l'indiquent nos figures qui montrent notamment les

deux modes possibles d'assemblage à la pointe des contrefiches.

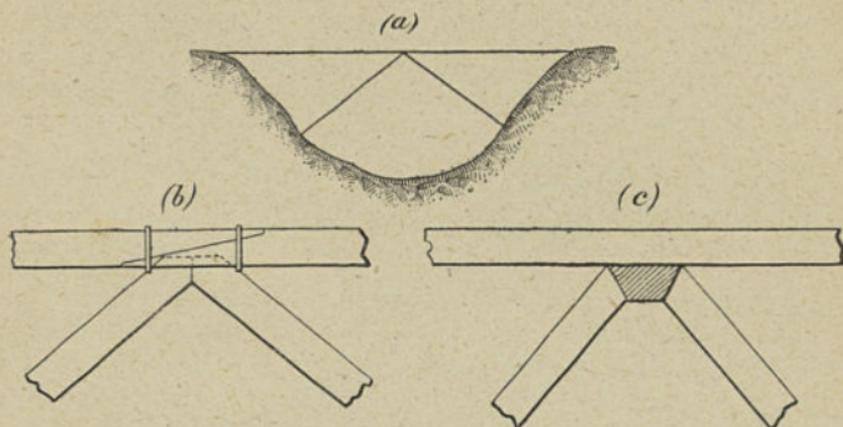


Fig. 57. — Pont de charpente à contrefiches.

**Dispositif à contrefiches et sous-longerons.** — On franchira une brèche plus large en créant deux points fixes sous le tablier. Les contrefiches aboutissent alors à ces points fixes, et contrebute un sous-longeron doublant le longeron avec lequel il est boulonné ou bridé de distance en distance.

**Ferme simple à poinçon ou à aiguilles pendantes.** — Tous les genres de poutres armées — en dessus ou en dessous — peuvent être également utilisés ; il n'est pas nécessaire d'entrer ici dans de longues explications.

Les figures 58 *a* et *b* montrent suffisamment quelques-uns des dispositifs les plus faciles à réaliser.

Nous consacrerons, au contraire, un paragraphe spécial au pont du système Tarron qui présente bien tous les ca-

ractères des ouvrages improvisés, tels que les comportent les opérations en campagne.

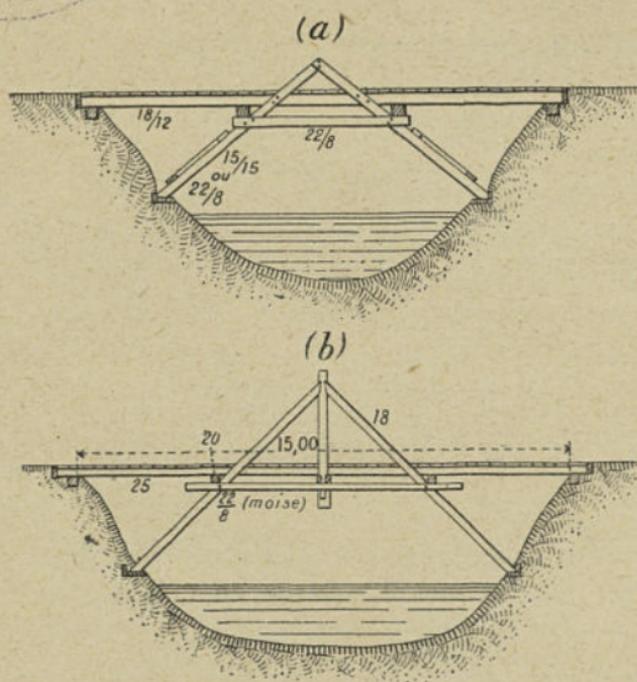


Fig. 58. — Ponts sur fermes à entrain avec ou sans poinçon.

#### § 4. — PONTS DU SYSTÈME TARRON <sup>1</sup>

Les ponts du système imaginé, en 1900, par le lieutenant du génie Tarron, sont construits au moyen de bois en grume ou équarris, de fil de fer et de cinquenelles.

Ils permettent de franchir, sans supports intermédiaires, des brèches atteignant 45 mètres, et de les appliquer no-

<sup>1</sup> TARRON ; DELACROIX.



tamment en pays de montagne, au-dessus des torrents où l'emploi de supports flottants ou fixes serait impossible, soit à cause de la violence du courant, soit à cause de la nature rocheuse et irrégulière du lit, ainsi que de sa profondeur.

**Conditions auxquelles le pont est destiné à satisfaire.** — Les conditions que s'est imposées le lieutenant Tarron se résument ainsi :

1° Tout d'abord il importe que le pont puisse être construit avec des matériaux trouvés sur place et travaillés avec les outils dont disposent les unités du génie en campagne ;

2° Afin d'être léger, maniable et d'une mise en place rapide, il ne doit comporter, en chaque point, que la matière strictement nécessaire ;

Ces deux conditions pourraient, à la vérité, servir de programme à tout ouvrage improvisé en campagne. Les deux suivantes sont plus particulières à celui qui nous occupe.

3° L'inventeur s'est assujéti à tout disposer pour que chaque barre n'ait à supporter que des efforts toujours de même sens (traction ou compression), ce qui permet de se servir de simples fils de fer pour les tendeurs ; en outre, les assemblages peuvent être constitués beaucoup plus simplement que s'ils devaient supporter des efforts alternatifs ;

4° Enfin, il est à peu près indispensable que la mise en place puisse se faire par montage en porte à faux ou par lancement, *en partant d'une seule rive*, car il est le plus souvent impossible de prendre appui sur le fond d'un torrent, même pour un échafaudage provisoire et, si tous les

passages sont coupés, on ne peut songer à faire passer un seul homme sur la rive opposée.

**Description sommaire.** — Si nous considérons une série de pièces rigides formant, par rapport à l'horizontale, un polygone funiculaire MABCDM', allant d'une rive à l'autre, ce système est, par lui-même, en équilibre, et l'équilibre devient stable si l'on réunit les différents sommets au milieu de MM' par des tendeurs (fig. 59). On constitue ainsi une poutre de rive qui, accouplée avec une poutre semblable, est susceptible de porter le tablier d'un pont.

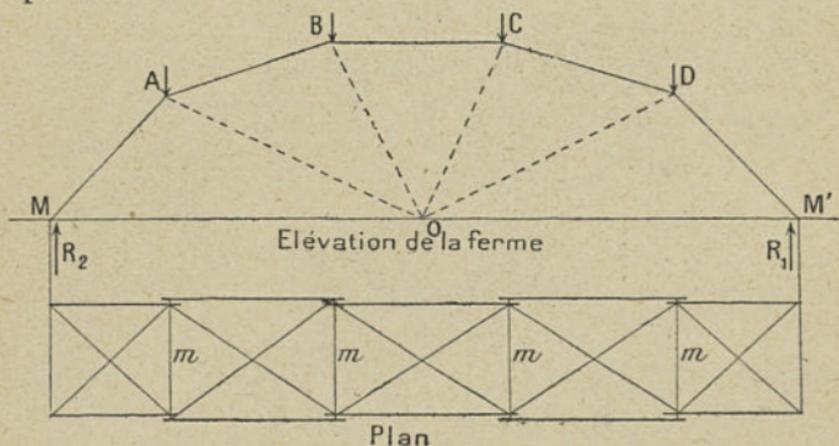


Fig. 59. — Pont Tarron.

La stabilité transversale sera également assurée en solidarissant les deux fermes de rive, ainsi définies, ce qui revient à constituer tout l'ensemble au moyen de cadres que des croix de Saint-André rendent indéformables, qui se projettent sur le plan vertical suivant le schéma de la figure, et qui se réunissent les uns aux autres, aux différents sommets, par le moyen de traverses  $m$  constituant

autant de rotules : nous désignerons ces traverses sous le nom de *chapeaux-rotules*.

Ce système articulé possède quelques propriétés essentielles qu'on peut énoncer ainsi :

a) *Les efforts qui se manifestent dans chaque barre sont toujours de même sens, et sans renversement quelle que soit la position des charges ;*

b) *Il est articulé, et, par suite, chaque barre n'est soumise qu'à un effort longitudinal, sans flexion ;*

c) *Le système est complet, sans barres surabondantes ( $2n - 3 = b$ )  $n$  étant le nombre des nœuds,  $b$  celui des barres) et, par suite, les efforts peuvent être déterminés rigoureusement, par le calcul ou par la statique graphique.*

Dans ces conditions, toutes les pièces comprimées seront en bois ; toutes les pièces étirées seront en fil de fer. Les longerons, quoique soumis normalement à des efforts de traction, sont en bois pour la raison qui sera indiquée à propos du mode de lancement du pont.

La constitution du pont suppose que les barres rayonnantes autour du point O ne subissent que des tractions. Or, si nous admettons une complète symétrie par rapport à la verticale du point O, il y a deux positions d'équilibre limite, correspondant au cas où les tractions seraient nulles dans les vecteurs OA et OD, pour la première, et dans les vecteurs OB et OC pour la seconde. Ces deux positions se confondent d'ailleurs, lorsque le poids appliqué en O est nul, ce qui suppose une surcharge nulle, ainsi que le poids mort du tablier lui-même. La chaîne articulée que forment les cadres prendrait alors naturellement la forme d'un funiculaire, et c'est cette forme dont il convient de se rapprocher le plus possible, ce qui conduit à faire aux différents nœuds des angles égaux.

Si l'on calcule l'angle du premier élément sur l'horizontale, avec cette condition que les efforts soient minimum, ce qui correspond à la quantité minimum de bois, on trouve que cet angle devrait être de  $50^\circ$  environ.

Toutefois cette valeur conduit à une hauteur trop considérable du pont. D'autre part, on ne peut pas la réduire indéfiniment, pour que l'on puisse passer sous les diagonales du premier cadre. Il semble ainsi convenable d'adopter un angle initial de  $45^\circ$  et même de  $43^\circ$ .

**Système articulé avec arcs secondaires.** — La portée  $MM'$  de l'élément que nous venons de décrire est limitée par celle que l'on peut donner aux longerons qui vont de la culée au point fixe  $O$ .

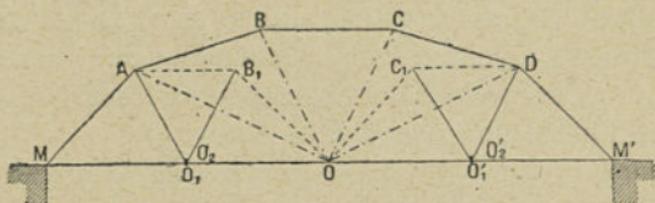


Fig. 60. — Pont Tarron à arcs secondaires.

Pour franchir une portée plus grande, pourtant, on comprend qu'il suffira de soutenir le longeron  $MO$  (fig. 60) en son milieu par un dispositif semblable, dont le premier cadre peut d'ailleurs se confondre avec le premier cadre du grand funiculaire  $MABCDM'$ .

Le système devient, il est vrai, surabondant en  $A$  et en  $D$ ; mais il suffira, pour rendre à tout l'ensemble ses propriétés fondamentales, de laisser aux pièces de pont  $O_1O_1'$  une certaine indépendance, en créant deux nœuds nouveaux  $O_2O_2'$ , de sorte que la relation  $2n - 3 = b$  se trouve encore vérifiée.

**Construction et lancement du pont.** — Le pont, construit le long de la berge, peut être lancé par *contre-poids* ou au moyen d'une *cinquenelle*, ce dernier procédé exigeant seul le passage préalable d'un homme sur la deuxième rive.

**Lancement par contre-poids.** — Dans le premier cas, le pont est prolongé, en arrière de la culée M, par un cadre peu incliné sur l'horizon et qui reçoit à son extrémité un contre-poids P capable d'équilibrer le poids du système qui, dès lors, ne prend appui que sur la culée M. Un câble, partant du contre-poids, passe sur des renvois, aux extrémités de bras qui s'appuient sur les pièces de pont, et ce câble va s'attacher à l'extrémité libre M' du pont.

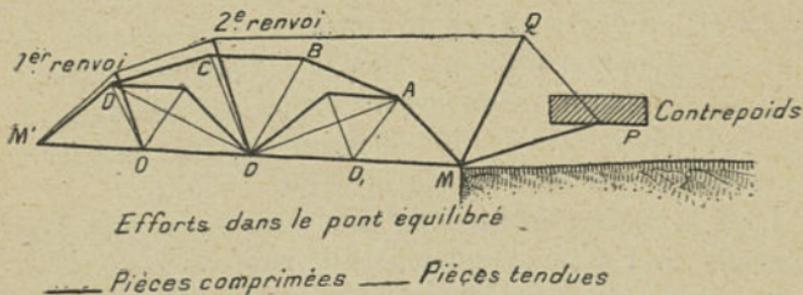


Fig. 60bis. — Lancement par contre-poids.

Si la longueur des différents bras est bien choisie, les efforts qui s'exercent dans les tendeurs de l'ouvrage sont encore des tractions — ce qui est essentiel — sauf dans les longerons horizontaux, où s'exercent des efforts de compression, assez faibles, d'ailleurs; ce renversement du sens de l'effort dans ces longerons n'a pas d'inconvé-

nients, ceux-ci étant des pièces de bois d'un équarrissage convenable.

L'opération de mise en place consiste à faire tourner tout l'ensemble autour d'un axe vertical, afin de l'amener perpendiculairement au cours d'eau. Eventuellement, on devra lui donner un mouvement longitudinal de faible amplitude pour amener la culée à son emplacement exact, et enfin, en enlevant progressivement le contrepoids, on fera basculer le pont jusqu'à ce qu'il porte, par son extrémité, sur la rive d'arrivée.

On démonte alors les divers organes de lancement.

Le lancement peut se faire de la même façon, par avancement dans le sens de l'axe.

**Lancement sur cinquenelle oblique.** — Si l'on peut tendre une cinquenelle entre les deux rives, on s'en servira comme d'un guide auquel on suspendra une extrémité du pont, pendant son déplacement vers la deuxième rive.

Il est nécessaire de surélever cette cinquenelle au moyen de deux chèvres C et C', montées sur les rives, la tension étant assurée par des ancrages PP' (fig. 61 a).

Le pont étant monté le long de la première rive, la cinquenelle est tendue obliquement sur le cours d'eau, de la pointe du pont à la culée d'arrivée. La figure 61 a montre les principales positions que prend le pont dans son déplacement. La culée de départ se déplace sur des glissières dont le tracé est facultatif, à condition toutefois qu'il soit compris entre AB et DD' qui est la *limite de recul* de la culée de départ.

Cette limite est d'ailleurs indiquée par la parallèle DD' menée à la cinquenelle CC' à une distance égale à la portée du pont.

Le milieu de l'extrémité libre du pont se déplace dans

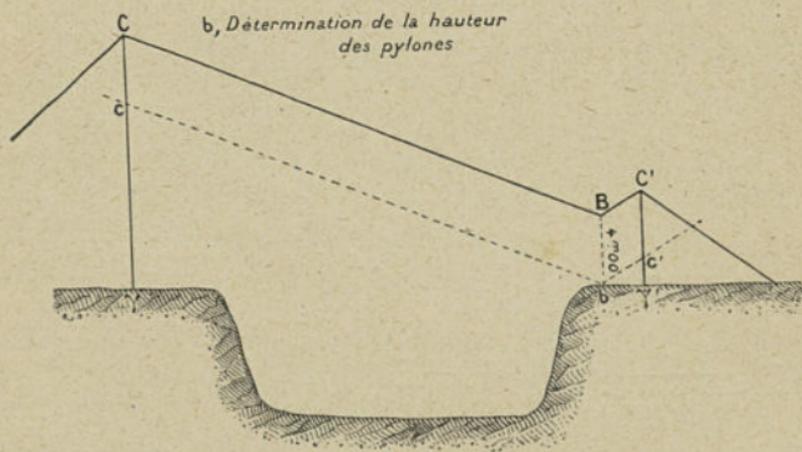
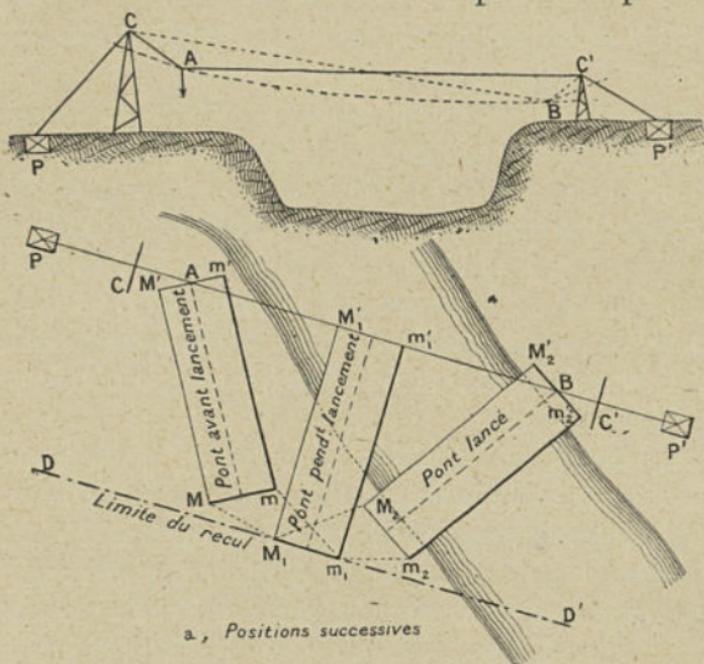


Fig. 61.

le plan vertical de la cinquenelle et les déformations de  
Ponts improvisés.

celle-ci sont telles que le chemin parcouru par ce nez du pont est une ellipse ayant pour foyers les sommets des chèvres, et dont le point le plus bas est un peu au-dessus de la culée d'arrivée. Ces conditions permettent de déterminer les hauteurs qu'il convient de donner aux chèvres.

Etant donné le profil de la rivière dans le plan de la cinquenelle, par le point  $b$ , qui représente le milieu de la culée d'arrivée, on mène des lignes  $bc$ ,  $bc'$ , de part et d'autre, également inclinées sur l'horizon (fig. 61  $b$ ). Ces lignes représentent les deux tronçons de la cinquenelle à la fin du mouvement, c'est-à-dire lorsque le nez du pont est au-dessus de  $b$ .

Sur les rives, on choisit deux points  $\gamma\gamma'$  pour y placer les chèvres dont la hauteur théorique sera ainsi  $\gamma c$  ou  $\gamma'c'$ ; mais, pratiquement, la suspension ayant 3 mètres de hauteur, il faudra porter à 4 mètres, par exemple, celle des supports pour se ménager 1 mètre de jeu. Il est

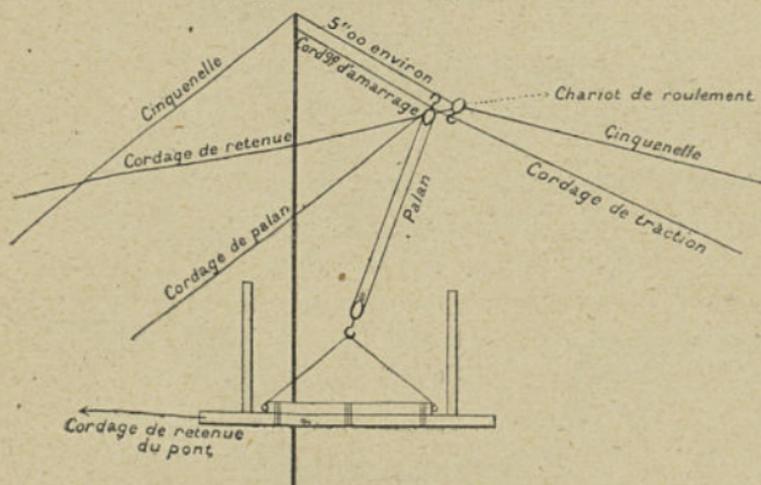


Fig. 62. — Pont Tarron équipé pour le lancement.

évident, d'ailleurs, que les droites  $bc$ ,  $bc'$  ne doivent pas

être trop inclinées sur l'horizon, pour ne pas donner aux chèvres des hauteurs exagérées ; d'autre part, si l'inclinaison était trop faible, la cinquenelle serait trop tendue. Comme pour la plupart des porteurs funiculaires, on peut admettre que la flèche, c'est-à-dire l'ordonnée maximum, sera d'environ  $1/20$  de la portée.

On peut, d'ailleurs, régler la tension de la cinquenelle, en faisant une expérience préalable au moyen d'un fil fin sur lequel on attache un poids quelconque au-dessus de la culée *b*, au bout d'une ficelle de 4 mètres. Ce fil étant déchargé, on donne à la cinquenelle la même courbure.

**Lancement sur cinquenelle normale au courant.** —

Le principe est le même que pour le lancement oblique ; mais, ici, le pont est construit dans le prolongement de sa position définitive, on dispose alors deux cinquenelles dans la même direction ; l'extrémité du pont est suspendue par deux chariots à 2 mètres en dessous des cinquenelles.

Les supports de celles-ci sont disposés en forme de portiques laissant passage au pont et maintenus par des haubans.

Les ponts Tarron ont fait l'objet de nombreuses expériences qui en attestent la valeur pratique. L'une d'elles a permis de jeter sur la Romanche un ouvrage de 25<sup>m</sup>,50, en mai 1901.

**Pont Tarron lancé sur le Bonrieux à Bozel**<sup>1</sup>. —

Le 16 juillet 1904, une crue subite et extrêmement violente du torrent « le Bonrieux », dévastait en partie le petit village de Bozel et emportait les deux ponts donnant

<sup>1</sup> DELACROIX, p. 450.

accès à la vallée supérieure du Doron. Tous les journaux ont parlé de cette catastrophe, des victimes qu'elle a faites et des embarras qu'elle a créés. Parmi ceux-ci, le plus grand était l'absence de toute communication avec le sud, et l'impossibilité où se trouvait le service des ponts et chaussées de rétablir rapidement un passage permanent sur le Bonrieux. Le pont en maçonnerie détruit, sur la route de Moutiers à Pralognan, n'avait que 7<sup>m</sup>,50 d'ouverture, mais des blocs énormes, roulés par le torrent, en avaient obstrué le débouché, et les eaux s'étaient frayé un passage derrière la culée de la rive droite. Les dégâts étaient donc considérables et il fallait compter plusieurs mois pour remettre le pont en état.

Les expériences faites au polygone de Grenoble et sur la Romanche, en 1901, signalaient le pont Tarron comme étant susceptible d'une construction rapide et d'une résistance considérable. C'est pourquoi l'ordre fut donné au lieutenant Delacroix, du 4<sup>e</sup> génie, de se rendre à Bozel pour y rétablir la communication au moyen d'un pont Tarron. La reconnaissance faite à cet effet démontra la nécessité de donner à ce pont une portée de 20 mètres, et les conditions imposées par le service des ponts et chaussées (passage au moment des essais d'un essieu de trois tonnes) celle de renforcer considérablement tous les éléments habituels du pont.

Le projet ayant été dressé dans la journée du dimanche, le travail commença le mardi matin. Le chantier fut établi sur la route large de 6<sup>m</sup>,50. Les bois coupés dans une forêt communale distante de 3 kilomètres, furent amenés à pied d'œuvre dans des voitures de réquisition. Toutefois, ils furent coupés et chargés par les sapeurs. Ceux-ci, au nombre de 74, n'avaient jamais été exercés à la cons-

truction des ponts Tarron. Le franchissement du Bonrioux se présentait donc dans les mêmes circonstances qu'un franchissement en campagne, avec quelques grosses difficultés en plus, tenant à ce qu'il devait être effectué par un personnel non instruit et trop peu nombreux, que le chantier était particulièrement exigü et que le pont devait résister à des fardeaux plus lourds que les fardeaux militaires. A cause de ces particularités, le pont de Bozel méritait une place dans ce chapitre.

Commencé le 26 juillet au matin, il fut achevé le samedi 30, à 11 heures, et lancé le même jour par contrepoids et avancement; 72 heures de travail avaient suffi pour le construire, le lancer et le mettre en circulation sans que la qualité du travail ait été sacrifiée en rien à la rapidité d'exécution. Bien au contraire, elle dut être particulièrement soignée en vue du long stage pendant lequel le pont devait rester en service. Si l'on ajoute que le pont résista parfaitement aux essais imposés, « que, soumis tout l'hiver à une circulation intense et exposé aux intempéries, il s'est comporté d'une façon remarquable en ce qui concerne le système de construction », on est en droit de conclure que l'expérience imprévue de Bozel est décisive et qu'elle permet d'affirmer que le pont Tarron serait, en campagne, un des moyens les plus rapides de réparer les grandes brèches dans la plupart des circonstances.

#### § 5. — PONTS A POUTRES AMÉRICAINES

**Pont du Marovoay** (1895)<sup>1</sup>. — Comme exemple de pont de circonstance, nous citerons l'ouvrage établi sur le Marovoay, à Madagascar, au cours de la dernière expédition, pour permettre aux troupes de monter de Majunga à Tananarive.

<sup>1</sup> LEGRAND, p. 124, 139.

Le fleuve est soumis aux marées, en sorte que la largeur du plan d'eau varie de 20 à 60 mètres dans la même journée, et la profondeur au thalweg, de 3<sup>m</sup>,50 à 8 mètres. Le fond est formé d'un lit de vase de 1<sup>m</sup>,50. Les conditions étaient, on le voit, difficiles pour assurer le franchissement. Le régime des marées excluant les ponts de bateaux, et la nature du fond, aussi bien que la profondeur, ne se prêtant guère à l'établissement d'un pont sur chevalets-Birago ou sur pilotis, le capitaine Legrand

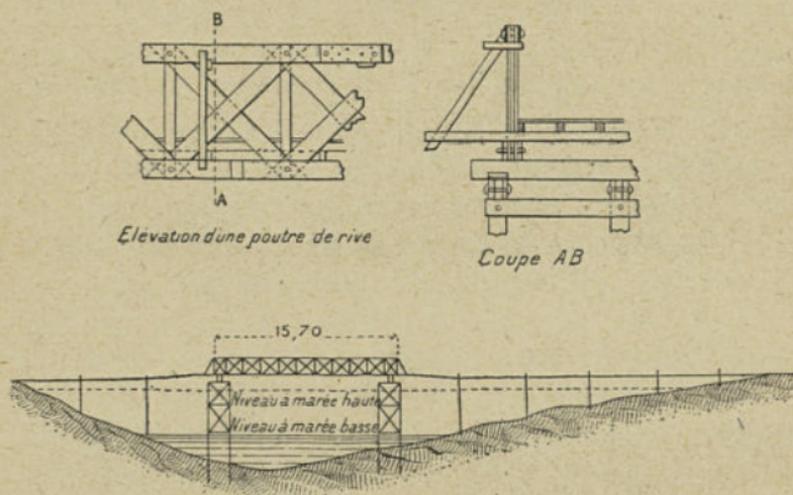


Fig. 63. — Le pont du Marovoay.

(aujourd'hui général) proposa un système mixte, comportant des travées de Birago dans les parties voisines des rives, où l'eau n'a pas une grande profondeur, tandis qu'une travée centrale de 15 mètres était franchie au moyen d'un pont à poutre droite de construction rudimentaire, inspirée du système Howe. Ces poutres repo-

saient sur deux piles formées chacune de 6 pilots, en deux files, et espacés de 1<sup>m</sup>,50 les uns des autres.

La mise en place mérite qu'on s'y arrête.

Les deux poutres furent placées sur une portière surélevée, perpendiculairement à l'axe de cette portière. A marée haute, on fit descendre celle-ci, et on l'amarra aux rives, lorsque les extrémités des poutres se trouvèrent au-dessus des piles. Lorsque le niveau baissa, la travée se posa d'elle-même sur ses supports et la portière put être dégagée.

Le pont de Marovoay donna le passage à de l'artillerie de campagne et même à des troupeaux de bœufs.

---

## CHAPITRE X

### PONTS DE CORDAGES

#### § I. — PONTS SUR CHAINETTES

**Emploi et inconvénients des ponts de cordages.** — Les ponts de cordages, par leur importance et leurs propriétés spéciales, méritent une place à part, parmi les nombreuses variétés des ponts militaires.

Ce n'est pas que ce genre de ponts soit sans inconvénients notoires ; mais il offre également des avantages incontestables chaque fois qu'il s'agit de franchir une brèche d'une largeur exceptionnelle, sans points d'appui intermédiaires.

Toutefois, et à cause de ses inconvénients, le pont de cordages ne sera qu'exceptionnellement employé. Sa construction est en effet longue et délicate ; elle exige une quantité considérable de cordages de choix et d'une résistance éprouvée qu'on ne trouve pas toujours à sa portée. En outre, un seul projectile atteignant un cordage peut amener la ruine du pont. Enfin, sous le passage des charges, le pont subit des oscillations qui peuvent rendre la circulation dangereuse, et qui exigent, tout au moins, qu'on prenne toutes les mesures susceptibles de les atténuer.

En campagne, on ne construira de ponts de cordages que lorsque le bois fera défaut ou lorsque la largeur de la brèche l'exigera impérieusement, et lorsqu'on pourra disposer de tous les câbles nécessaires. En revanche, nous

savons que les ponts sur cordages peuvent rendre parfois de grands services aux colonies, parce que le matériel à transporter est d'un poids aussi réduit que possible.

**Diverses sortes de ponts sur cordages.** — On distingue les ponts à *tablier en dessus* ou *sur chaînette* et les ponts à *tablier en-dessous* ou *ponts suspendus*.

Dans les premiers, le tablier est établi directement sur des câbles tendus en travers de la brèche ; la charge peut être considérée comme uniformément répartie suivant l'arc, et la courbe d'équilibre des câbles est par suite une chaînette.

Dans les seconds, les câbles suspenseurs sont fixés au moyen de *potences* dressées sur les deux rives et le tablier leur est suspendu au moyen d'ordonnées verticales en cordes. La charge est uniformément répartie sur l'horizontale, et la courbe d'équilibre est une parabole.

**Ponts sur chaînette.** — Dans le pont sur chaînette, les câbles sont de fortes cinquenelles, le plus souvent au nombre de 4, espacées de 0<sup>m</sup>,50 à 0<sup>m</sup>,80 et amarrées sur chaque rive à des points fixes, par l'intermédiaire de palans ou moufles qui permettent de régler leur tension :

Les madriers du tablier peuvent être fixés directement sur les cinquenelles. Dans ce cas, le mode habituel de guindage au moyen de poutrelles n'est pas applicable, par suite de la forme courbe du tablier. On maintient alors les madriers, à l'aplomb des cinquenelles extrêmes, par un cordage passant sur chaque madrier et s'enroulant sous la cinquenelle entre les madriers.

Des traverses placées sous les cinquenelles servent à maintenir leur écartement.

Tout cet ensemble est par trop flexible. Aussi lui préfère-t-on généralement le système suivant.

Sur les cinquenelles, on fixe tous les 2 ou 3 mètres, des traverses qui portent les poutrelles d'un tablier ordinaire. Les charges n'agissant plus qu'aux points où s'appliquent les traverses, l'ouvrage présente l'aspect d'un polygone funiculaire ayant pour sommets les points d'attache de ces traverses.

Dans tous les cas, on diminue l'amplitude du balancement ou lacet latéral du pont, en fixant le milieu du pont au moyen de *croisières* dont les extrémités vont s'attacher à des piquets plantés sur les rives à une dizaine de mètres de part et d'autre de chaque culée.

**Calcul des câbles.** — Quant les câbles ont une faible flèche on peut sans erreur notable admettre qu'ils affectent la forme d'une parabole et non celle d'une chaînette. Nous allons calculer la tension maximum à laquelle chaque câble est soumis en nous plaçant dans cette hypothèse.

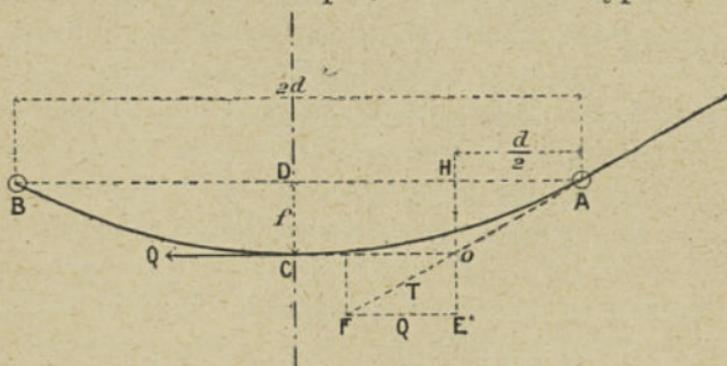


Fig. 64.

Considérons la moitié droite CA d'un des câbles (fig. 64). Elle est en équilibre sous l'action de 3 forces :

la tension  $Q$ , développée par la moitié gauche  $CB$ ,  
la tension  $T$  en  $A$ , qui équilibre la résistance du point  
de suspension,

le poids  $P$  qui doit supporter l'arc  $AC$  et qui est appliqué  
au centre de gravité de cet arc.

On en conclut d'abord que la tension en  $A$  est plus  
grande qu'en tout autre point de l'arc  $CA$ ; c'est donc la  
tension maximum qu'il est intéressant de connaître.

En outre, les forces  $Q$ ,  $P$  et  $T$  sont concourantes puis-  
qu'il y a équilibre, en sorte qu'on peut écrire :

$$T = \sqrt{Q^2 + P^2}.$$

D'autre part, les triangles semblables  $FOE$  et  $AOH$ ,  
où  $OE = P$ ,  $EF = Q$ , donnent :

$$\frac{Q}{P} = \frac{AH}{f}.$$

Or, il résulte de l'assimilation que nous avons faite de  
l'arc  $CA$  à un arc de parabole que la verticale du centre de  
gravité de cet arc passe par le milieu de la corde  $AD$ ; donc :

$$AH = \frac{d}{2}$$

et on a par suite :

$$Q = \frac{Pd}{2f}$$

et :

$$(1) \quad T = P \sqrt{\frac{d^2}{4f^2} + 1}.$$

Le câble doit avoir un diamètre suffisant pour résister  
à cette tension. Or, l'expérience montre qu'on peut faire  
supporter avec sécurité aux cordages une tension de 2 kilo-

grammes à  $2^{\text{kg}},500$  par millimètre carré de section. En s'en tenant à la valeur moyenne  $2^{\text{kg}},25$  on doit avoir :

$$T = \frac{\pi D^2}{4} \times 2,25$$

d'où :

$$D = \sqrt{\frac{4T}{\pi \times 2,25}} = \sqrt{\frac{T}{1,8}}$$

(D est le diamètre du câble exprimé en millimètres).

La valeur de T, donnée par la formule (1) montre qu'il y aurait intérêt à laisser le câble prendre une flèche assez considérable pour diminuer la tension T. On serait alors conduit à un tablier trop concave et d'une extrême mobilité. Aussi on ne construit guère les ponts sur chaînettes que pour des portées inférieures à 20 mètres, et on limite la flèche à  $1/20$ .

**Ponts sur arcs de chaînette.** — On peut éviter l'inconvénient du tablier concave en fixant sur les câbles, moins fortement tendus que pour les ponts sur chaînette, un chevalet sur lequel viennent prendre appui les poutrelles du tablier qui reposent d'autre part sur les culées. La hauteur du chevalet est réglée de façon à donner un tablier légèrement convexe. Ce dispositif n'est guère appli-

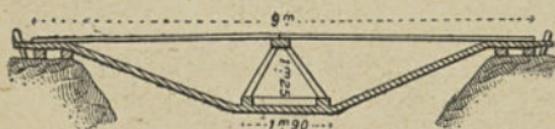


Fig. 65. — Pont sur arcs de chaînette.

cable qu'à des franchissements de brèches d'une quinzaine de

mètres (fig. 65).

Chacun des câbles se trouve divisé en plusieurs tronçons qui sont des arcs de chaînette, appartenant tous à la même

courbe générale. En effet, dans chacun de ces arcs la poussée  $Q$  est la même ; or, dans une chaînette, la poussée est

$$Q = m \times p,$$

$p$  étant le poids du câble par mètre courant et  $m$  le paramètre de la chaînette. Les 3 arcs de chaînette ont donc bien même paramètre. Il suffira de calculer  $T$  comme nous l'avons indiqué.

**Pont du commandant Gisclard.** — Dans le pont imaginé par le commandant de génie Gisclard<sup>1</sup>, le chevalet est remplacé par une série de palées en bois placées à 4 mètres d'intervalle et reliées l'une à l'autre, pour assurer leur verticalité et la rigidité de l'ensemble, par un système réticulé de câbles métalliques qui doit être fortement tendu (fig. 66). Comme précédemment, les arcs AB,

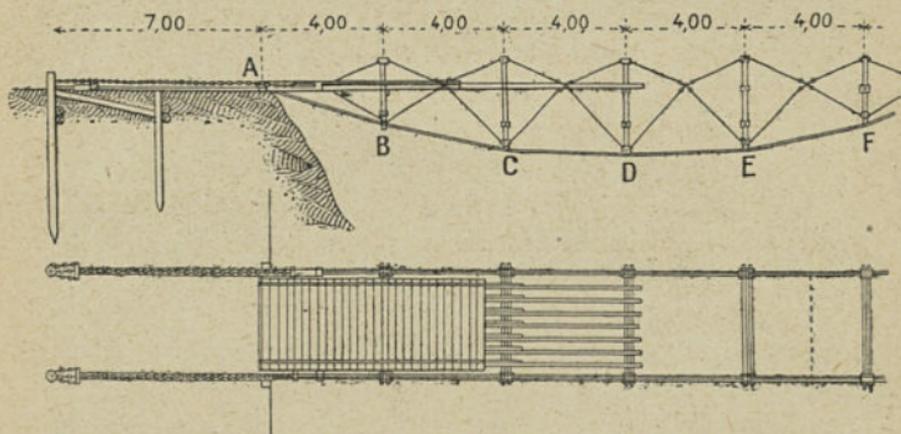


Fig. 66. — Pont Gisclard.

BC, etc., appartiennent à une même chaînette sur laquelle ils seraient séparés par des longueurs d'arcs dont les poids

<sup>1</sup> GISCLARD, 1.

correspondraient précisément comme valeur aux différentes charges verticales transmises par les montants verticaux en bois.

## § 2. — EXEMPLE D'UN PONT SUR CHAINETTE

### **Pont jeté sur l'Adour par les Anglais en 1814**<sup>1</sup>. —

Le 8 février 1814, Wellington ordonna la construction d'un pont flottant sur l'Adour, à 2<sup>km</sup>,400 de l'embouchure de ce fleuve. A cause de la longueur du cours d'eau, de la rapidité du courant, des vagues produites par le vent, on se décida à substituer aux pontons de l'armée, d'ailleurs en nombre insuffisant, des bateaux de réquisition dits « chasse-marée », jaugeant 40 tonnes environ, ayant 15 mètres de long et environ 4 mètres de large au milieu. En outre, en raison de la difficulté où l'on se trouvait de se procurer rapidement, dans le voisinage de Saint-Jean de Luz, les poutrelles nécessaires pour constituer le tablier du pont, on remplaça ces dernières par 5 câbles de 10 centimètres de diamètre, espacés de 0<sup>m</sup>,75 et maintenus sur les chasse-marée, dans des entailles pratiquées sur les traverses en bois placées dans l'axe des bateaux. On put ainsi espacer ces derniers de 12 mètres d'axe en axe et donner au pont l'élasticité nécessaire pour subir sans détérioration les effets de la marée et des vagues. Les câbles furent ancrés sur l'une des rives à 5 canons de 18 livres noyés dans la berge, et sur l'autre rive à 5 palans actionnés par des cabestans.

Le pont que nous venons de décrire est un exemple frappant de la façon dont on peut combiner les différents

<sup>1</sup> Anonyme, 23.

modes de franchissement pour se plier aux circonstances. C'est tout à la fois un pont sur supports flottants et un pont sur chaînette. Aux bateaux, il demande un appui solide, et aux câbles une élasticité suffisante, permettant ainsi de franchir un fleuve rapide, soumis à l'influence des marées, et d'une largeur de 247 mètres, au moyen seulement de 25 bateaux, alors que pour tout autre procédé il en eût fallu le triple.

### § 3. — PONTS SUSPENDUS FLEXIBLES

Les *ponts suspendus* sont plus aptes que les précédents au franchissement des grandes brèches, parce qu'ils permettent de donner aux câbles suspendus une flèche considérable tout en maintenant le tablier horizontal et même légèrement convexe. Les câbles n'étant plus aussi fortement tendus que dans les ponts sur chaînettes, ont à supporter des tensions plus modérées et sont, par suite, d'un diamètre beaucoup plus faible.

Le dispositif des ponts suspendus est bien connu : le tablier repose sur des traverses ou pièces de ponts suspendues elles-mêmes par des ordonnées verticales en corde, à 4 câbles (2 de chaque côté du pont). Ces câbles sont maintenus à une hauteur convenable par deux potences dressées sur les rives et vont s'amarrer au sol en arrière. Sur ces cordages de retraite sont intercalés des palans qui servent à tendre tout le système (fig. 67).

Les charges étant supposées uniformément réparties le long du tablier, les pièces de pont équidistantes transmettront des efforts égaux en tous les points d'attache sur le câble, dont la courbure, dans ces conditions, se confond sensiblement avec une parabole.

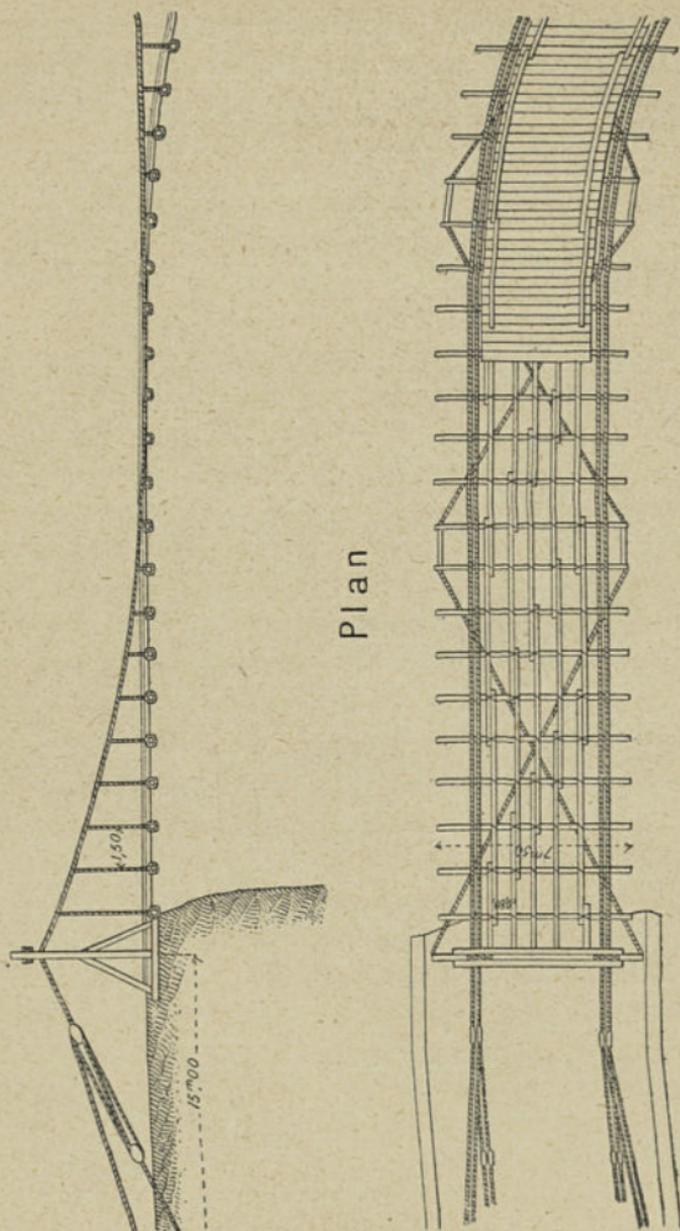


Fig 67. — Pont suspendu flexible.

On choisit toujours un nombre impair ( $2n + 1$ ) de travées, de sorte que la travée du milieu est horizontale. Les traverses de cette travée sont fixées directement sur les câbles.

### Détermination graphique des éléments du pont.

— Désignons par  $l$  l'ouverture du pont, par  $d$  l'écartement des pièces de pont, et par  $p$  le poids du tablier par mètre courant, surcharge comprise. Chaque pièce de pont soumettra l'ordonnée correspondante à une traction  $1/2 pl$  qui se transmettra au nœud d'attache sur le câble.

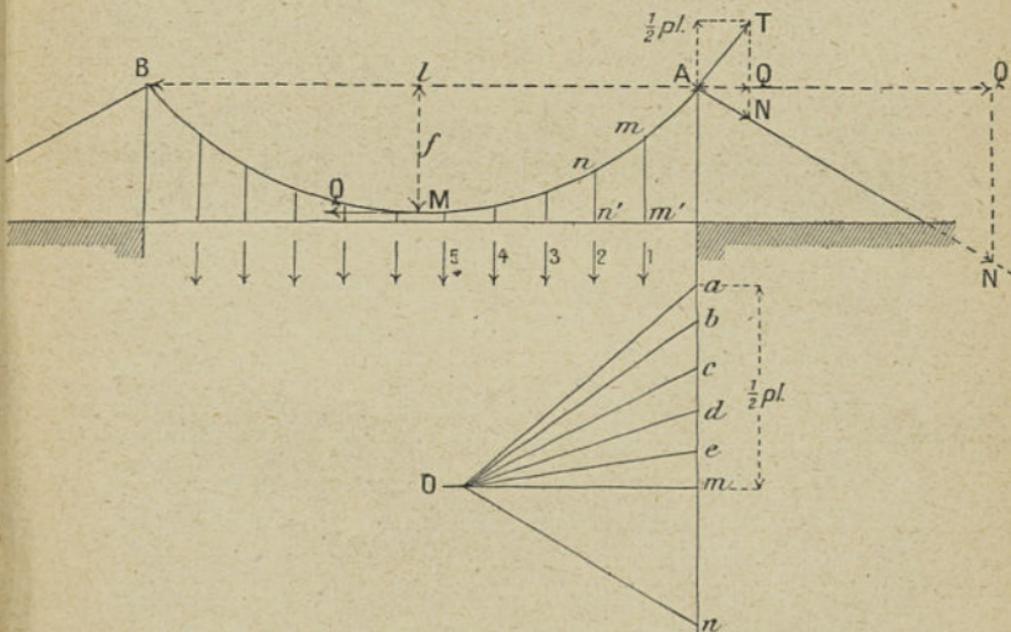


Fig. 68.

Considérons le demi-arc de droite (la flèche étant  $f$ ) dont le poids  $1/2 pl$  est sensiblement appliqué au milieu de la demi-portée; en prenant les moments par rapport

au sommet A de la potence, on a aisément la valeur de la tension Q du câble au point le plus bas :

$$Q = \frac{pl^2}{8f}.$$

Telle est également la valeur de la composante horizontale au sommet de la potence, tandis que la composante verticale est évidemment  $P = \frac{1}{2} pl$  (poids de la moitié du pont).

Si nous portons sur une verticale, successivement, les charges transmises aux nœuds par les différentes cordes de suspension, de telle sorte que  $aM$  représente le poids  $\frac{1}{2} pl$  de la moitié du pont, et si nous prenons sur l'horizontale  $OM = Q$ , la ligne  $Oa$  (à l'échelle des forces) représente, en grandeur et en direction, la tension du dernier élément du câble, au sommet de la potence (fig. 68).

Il sera d'ailleurs facile de construire le polygone funiculaire d'équilibre du câble, dont les tronçons sont respectivement parallèles aux différents vecteurs  $Oa, Ob, Oc...$

Enfin, en menant par O une parallèle  $On$  au hauban de retenue AN, on voit que  $On$  mesurera la tension N de ce hauban et  $na$  la réaction totale de la potence verticale. Si celle-ci est une pièce de bois, il suffira de déterminer sa section en comptant sur une résistance de 30 kilogrammes par centimètre carré.

Il convient de remarquer que, par suite des variations de la surcharge du pont, les tensions T et N ne sont pas constantes, et comme elles s'exercent sur des câbles, dont la courbure varie en même temps, on voit que le sommet A tend à osciller.

Ces déplacements n'auraient aucun inconvénient, si la

potence était montée à rotule sur le sol ; il faut les éviter, au contraire, si la potence est encastrée ou tout au moins rigide, et il faut alors disposer à son sommet une poulie sur laquelle le câble lui-même peut se déplacer.

Le hauban et le câble sont ainsi le prolongement l'un de l'autre, et la tension devant être la même, il conviendra que les angles sur la verticale soient égaux.

**Amarrage.** — Les câbles de retenue vont s'amarrer, par l'intermédiaire de palans, à des gîtes enterrés à une certaine profondeur et retenus par une plateforme en bois chargée de terre. Le poids de terre doit être équivalent à celui de la moitié du pont, ce qui donne la relation :

$$S \times y \times \delta = \frac{1}{2} pl$$

où  $S$  est la surface de la plateforme,  $y$  l'épaisseur de terre superposée,  $\delta$  la densité de la terre, soit 1500 kilogrammes environ. On peut ainsi calculer  $y$ . Il est bon, du reste, de s'assurer que le massif de terre qui forme butée sur la face antérieure de l'excavation, peut résister à l'effort d'arrachement dû à la composante horizontale  $Q$ .

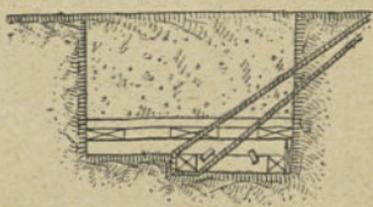


Fig. 69. — Ancrage des haubans.

**Potences.** — Le croquis 70 donne une des dispositions que l'on peut adopter pour l'ensemble des deux potences dont l'écartement est maintenu par une traverse supérieure moisée, et qui sont contreventées par des contrefiches.

Les ponts suspendus sont très flexibles. Le vent, le

roulement et les oscillations des charges, donnent lieu à des vibrations d'une grande amplitude, et à des déformations ondulatoires qui augmentent considérablement le travail du câble et peuvent même en causer la rupture.

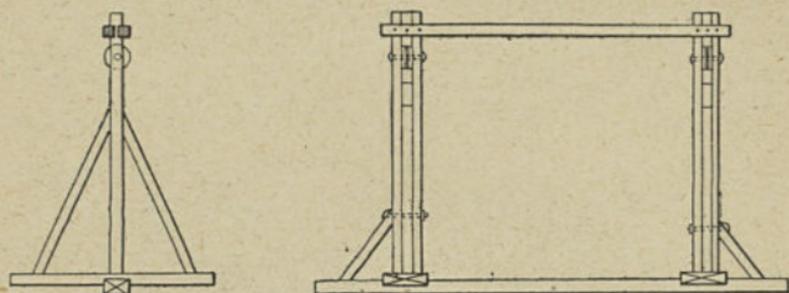


Fig. 70. — Potence.

Pour empêcher les balancements latéraux, on dispose des croisières ou haubans horizontaux, reliant obliquement différents points du tablier aux rives, en aval et en amont.

Pour atténuer la flexibilité longitudinale, on relie également le sommet des potences à différents points du tablier par des haubans, dans les plans de suspension.

#### § 4. — PONTS SUSPENDUS RIGIDES. SYSTÈME GISCLARD

**Inconvénients des ponts suspendus flexibles.** — Les ponts suspendus flexibles, tels que nous venons de les décrire, présentent, on le voit, de graves inconvénients et la circulation y est assujettie à des précautions multiples, si l'on veut qu'elle s'opère sans danger.

Ces inconvénients tiennent, pour la plupart, à ce que la forme d'équilibre n'est déterminée que pour le cas très particulier où la charge est uniformément répartie.

Toute surcharge nouvelle concentrée en un point suffit à rompre l'équilibre; et la figure du système flexible se modifie immédiatement pour arriver à une forme d'équilibre qui correspond précisément aux conditions nouvelles.

Si le fardeau est mobile, il en résulte une modification graduelle de cette forme, et chaque point du tablier, dérangé de sa position primitive, tendra à y revenir après le passage du fardeau, par une série d'oscillations.

Ces phénomènes sont d'autant plus sensibles sur des ponts militaires que ceux-ci sont très légers et flexibles.

On ne peut atténuer ces inconvénients qu'en introduisant des haubans et des amarres qui compliquent la constitution d'un ouvrage dont le premier mérite est la simplicité. Ce ne sont, du reste, que des palliatifs, qui ne permettent pas, lorsque la portée dépasse une vingtaine de mètres, d'assurer la circulation en toute sécurité.

Ces considérations ont conduit à substituer aux câbles flexibles des éléments constituant un *pont suspendu rigide*, en réalisant un *système entièrement funiculaire et géométriquement indéformable*.

**Pont suspendu du système Gisclard.** — Le commandant du génie Gisclard, qui a étudié le problème<sup>1</sup>, en a donné une solution qui a déjà reçu plusieurs applications très satisfaisantes, notamment dans le Haut-Ogooué, et qui semble, à cause de sa simplicité, devoir rendre de grands services aux colonies, ainsi que dans la guerre de campagne.

La caractéristique du pont Gisclard est d'être constitué

<sup>1</sup> GISCLARD, 2. 3. 4.; G. ESPITALIER, 1.

par un tablier suspendu à deux fermes triangulées qui, bien que composées entièrement de liens flexibles, sont capables de rester absolument invariables de forme sous toutes les variations de la surcharge du pont.

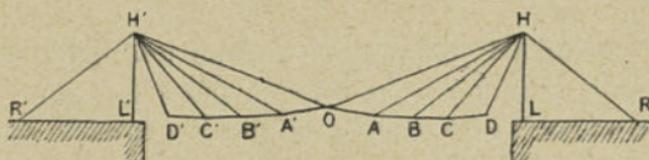


Fig. 71. — Principe du pont suspendu Gisclard.

La figure 71 représente le profil longitudinal de chaque ferme. Ce profil est symétrique. Il se compose d'un système de haubans rayonnant autour de deux points  $HH'$  et fixés par leurs extrémités inférieures à une même corde polygonale, par une série de nœuds servant de points d'attache aux tiges de suspension qui supportent le tablier du pont. Les points  $H$  et  $H'$  sont les sommets de deux piliers qui portent la suspension et qui sont retenus dans un plan vertical par deux câbles, ou haubans,  $HR$  et  $H'R'$  ancrés dans le sol.

Une telle ferme, composée de liens rigides, serait librement dilatable; elle constituerait, en outre, un système isostatique et complet, pour lequel il est facile de déterminer, par les seuls procédés de la statique, la grandeur des efforts développés dans les diverses parties de la construction sous l'influence d'un système de charges donné.

Mais pour que ces propriétés subsistent dans le cas où l'on viendrait à remplacer par des liens funiculaires, c'est-à-dire par des câbles, tous les haubans de la suspension et les différents segments dont se compose la membrure inférieure de la ferme, il est nécessaire que le tracé de celle-ci soit tel que ces divers éléments ne cessent jamais d'être

tendus sous toutes les combinaisons de la surcharge accidentelle que l'on est en droit d'imposer au tablier.

En ce qui concerne les éléments de la membrure inférieure et les haubans extrêmes HD et H'D', il est facile de démontrer par la statique que cette condition se trouve toujours remplie. Depuis le point de suspension H jusqu'à l'autre point de suspension H', le contour extérieur et inférieur de la ferme reste donc, quelle que soit la distribution des charges, constamment tendu sur tout son développement. Mais rien ne prouve *a priori* qu'il en soit de même des divers haubans complétant la suspension du pont. Une étude plus approfondie démontre, en effet, que ces éléments ne sauraient rester continuellement tendus que si le tracé de la membrure inférieure DC...O...C'D' satisfait lui-même à certaines conditions bien précises que le calcul peut seul déterminer.

Cette détermination dépend non seulement des données particulières imposées pour le tracé géométrique de la ferme, mais encore de certaines des relations existantes entre le diagramme des surcharges mobiles et celui des charges permanentes fixes correspondant aux poids morts des différents éléments du pont. Quelles que soient celles-ci, l'opération dont il s'agit est d'ailleurs toujours possible, et la solution qu'elle comporte conduit généralement à adopter pour le tracé de la membrure inférieure de la ferme un contour polygonal affectant, à très peu près, la forme de celui qui a été représenté sur la figure.

Théoriquement, il arrive que, même pour une valeur très élevée du rapport de la surcharge accidentelle au poids mort du pont, les premiers nœuds à partir de l'articulation médiane ne se trouvent que très peu au-dessous de l'horizontale passant par cette articulation. Ce n'est

qu'à partir du point le plus bas de la membrure inférieure que celle-ci se relève assez rapidement pour aller atteindre le sommet H ou H' du pylône correspondant qui forme, à proprement parler, l'extrémité de cette membrure. Mais, dans la pratique, il y a généralement avantage à ne pas suivre, à partir du point bas, la marche ascendante de cette courbe et à se contenter, à partir de ce même point bas et jusqu'au dernier nœud de la ferme, de tenir la membrure inférieure rectiligne et parallèle à la ligne du tablier ; car, de cette façon, on est certain de tenir tous les nœuds de la membrure inférieure notablement au-dessous de leurs positions limites, c'est-à-dire de les placer dans des régions telles que les haubans ne puissent jamais se détendre sous aucune des distributions de la charge d'épreuve admise. Cette disposition a été adoptée dans la construction des ponts du Haut-Ogoûé. Ce n'est que dans des cas exceptionnels, tel que celui où le pont devrait seulement livrer passage à une unique charge roulante intense et concentrée qu'il pourrait y avoir intérêt, pour réduire le poids des câbles de la ferme, à ne pas s'éloigner de la forme théorique.

Dans le même ordre d'idées, il semble qu'il y ait aussi quelque avantage à rehausser légèrement l'articulation médiane, c'est-à-dire à augmenter, au delà de la limite inférieure fixée par le calcul, la distance qui sépare verticalement cette articulation de l'horizontale passant par les points les plus bas de la ferme. On se donne ainsi une certaine marge qui permettrait de parer à l'imprévu dans le cas où, soit la surcharge mobile accidentelle, soit la charge permanente du pont, viendraient à s'écarter l'une par excès ou l'autre par défaut de celles prévues d'abord. Dans de telles conditions, le montage de la ferme n'exige-

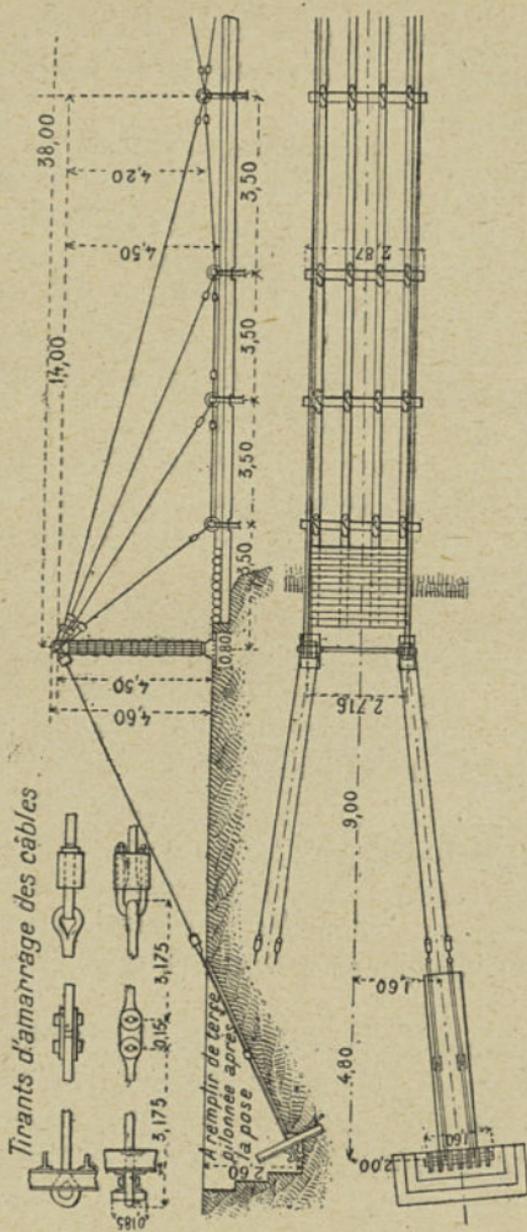
rait plus une très grande précision, ce qui, dans la pratique, offre des avantages incontestables au point de vue de la facilité de l'opération.

Si, pour une raison quelconque, d'ailleurs, la ferme venait inopinément à se déformer sous l'action d'une disposition particulière de la surcharge, il serait facile d'y remédier en raccourcissant légèrement et progressivement, jusqu'à ce que le fait ne se reproduise plus, le hauban ou les haubans qui sembleraient les plus aptes à se détendre. Cette opération qui se ferait sans la moindre difficulté, grâce aux dispositifs de réglage dont tous les câbles sont individuellement pourvus, pourrait même être considérée, à la rigueur, comme un moyen expérimental de déterminer la forme la plus convenable à donner à la membrure inférieure de la ferme.

**Description sommaire.** — Quoiqu'il en soit, si la détermination de la forme théorique est la question primordiale à résoudre, il n'est pas moins important de trouver les moyens pratiques de la réaliser.

La courte description qui suit se rapporte à des ponts exécutés dans le Haut-Ogoûé. Bien que toutes les pièces comprimées puissent être en bois, les conditions mêmes de ces applications coloniales rendaient préférables l'adoption du métal pour les pièces principales, tout au moins.

L'un de ces ponts, construit sur la rivière Massoura, couvre une portée de 28 mètres. Il comporte un tablier de 2<sup>m</sup>,50 de largeur utile ; il doit, en effet, pouvoir livrer passage, soit à une double file de porteurs marchant côte à côte, soit à des voitures coloniales pesant 1200 kilogrammes sur un essieu.



Demi-élévation et demi-plan du pont sur la rivière Massouro.

Le tablier, qui est composé d'un platelage de  $0^m,09 \times 0^m,13$  et de quatre longerons en bois de  $0^m,25 \times 0^m,20$ , repose sur des pièces de pont transversales espacées de  $3^m,50$  d'axe en axe.

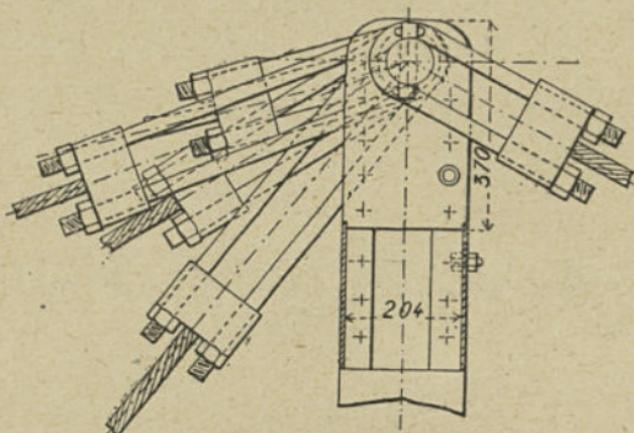


Fig. 73. — Amarrage des câbles au sommet du portique.

Les pièces de pont sont des poutres composées à double I, formées chacune de 4 cornières de  $55 \times 55 \times 6$  et d'une âme de 210 millimètres, le tout en acier.

Ces pièces de pont sont suspendues aux différents nœuds de la membrure inférieure, au moyen d'étriers les rattachant à des tiges de suspension de 18 millimètres de diamètre, filetées et munies d'écrous à leur partie inférieure, afin de permettre le réglage de l'horizontalité du tablier.

Dans chaque ferme, les nœuds de la membrure inférieure sont constitués par des anneaux dans lesquels viennent s'engager les étriers de suspension des pièces de pont, ainsi que ceux des câbles métalliques qui doivent y aboutir. Pour éviter la difficulté et le danger de la soudure, ces anneaux sont découpés dans des plaques d'acier.

Les câbles d'acier, à torsions alternatives, du système Arnodin, sont pourvus à chaque extrémité, pour les assemblages, de culots en fonte et d'étriers en acier, à vis et écrous réglables à volonté. Ce dispositif donne de grandes facilités de montage et de réglage ; il se prête à la surveillance de l'état de chaque câble et à l'entretien facile de la peinture.

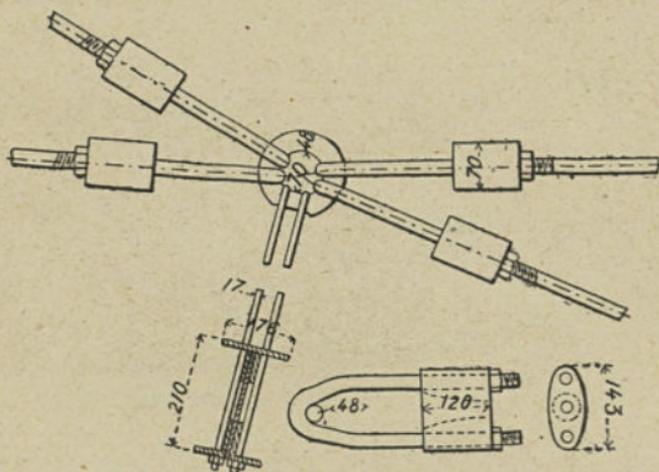


Fig. 74. — Détail de l'articulation médiane.

Les portiques, composés d'éléments dont le poids ne dépasse pas 30 kilogrammes, comprennent deux colonnes réunies entre elles, à la partie supérieure, par deux entretoises et deux diagonales en cornières. Chaque colonne est elle-même formée de quatre cornières réunies par des plaques de tôle alternées. Elle repose sur ballast par l'intermédiaire d'une semelle articulée, composée de fer en  $\sqcup$  juxtaposés.

Les liens de retenue sont composés de câbles dans la partie aérienne et de tiges pleines dans la partie enterrée.

Ces tiges prennent appui sur des plateaux d'ancrage de  $1,60 \times 1,60 m^2$  en métal.

Il nous a paru utile de donner, avec quelques détails, la description de ce type d'ouvrage qui, tout spécialement aux colonies, est susceptible de rendre les plus grands services, en raison de sa sécurité, en même temps que des facilités de son transport et de sa construction.



## CHAPITRE XI

### PONTS DIVERS ET PASSERELLES DE CIRCONSTANCE

#### § I. — PONTS DIVERS

**Ponts de voitures.** — Avant la Révolution, on se servait, pour jeter des ponts sur des rivières peu profondes, d'une voiture appelée *pont-roulant*. Elle se plaçait dans l'eau perpendiculairement au courant. Chaque essieu portait des montants sur lesquels prenaient appui des chapeaux mobiles. Ces ponts roulants sont complètement abandonnés, mais, à défaut d'autre moyen, on pourrait construire un pont au moyen de voitures, celles-ci placées dans le sens du courant et faisant office de chevalets.

On dispose les voitures de manière que la charge repose, pour la plus grande partie, sur les essieux. On peut, à cet effet, appuyer sur ceux-ci un chevalet placé suivant l'axe de la voiture et dont les montants s'appuient sur deux semelles posées directement sur les essieux.

Si le fond manque de résistance, on place les roues sur des semelles et on les cale.

**Ponts de gabions.** — On se servirait de gabions pour faire un pont, si on avait à franchir une rivière peu profonde, à faible courant, dans le voisinage d'un bois de taillis, non susceptible de fournir des bois d'un équarrissage suffisant pour construire des chevalets.

Les gabions ayant la hauteur voulue sont placés debout

par file de 3 ou 4, remplis de terre et fixés, chacun, au moyen d'un fort piquet fiché suivant leur axe. Chaque file de gabions supporte un chapeau fixé au moyen de *harts*. Ce sont ces chapeaux qui portent les poutrelles du tablier.

Si le courant est un peu rapide, on comble la rivière au moyen de files de gabions couchés dans le lit et maintenus bout à bout au moyen de poutres. Ces files sont placées jointives et parallèlement au fil de l'eau, de manière à dépasser le niveau de celle-ci. On dresse la surface au moyen de fascines, de gabions et de claies. Les différentes couches de *buses de gabions* sont reliées par des *harts*. Un pont de buses de gabions ne saurait être mis en service longtemps. Si le courant atteint une certaine vitesse, les gabions se remplissent de vase, arrêtent les corps flottants, de sorte que le pont formant barrage est rapidement submergé ou emporté.

**Ponts sur piles de planches ou de madriers.** —

Lorsque la profondeur ne dépasse pas 1 mètre, on peut employer, comme corps de support, des planches ou des madriers empilés entre deux rangées de pieux, et maintenus, à la partie supérieure, par des cordes qui relient les têtes des pieux correspondants des deux rangées.

Lorsque les poutrelles du tablier doivent être fixées sur les corps de support par des brêlages, on ménage un vide dans la pile pour le passage des commandes, en plaçant les trois ou quatre dernières planches sur une série de billots ou de cales.

Si on possède de forts madriers, on peut les empiler de champ, sur deux files maintenues par des pieux.

**Pont sur piles de troncs d'arbres.** — On pourrait encore constituer des supports fixes en empilant simplement des troncs d'arbres, et nous citerons un ouvrage de ce genre établi, en 1874, par les Anglais, au cours de leur expédition contre les Achantis<sup>1</sup>.

Il s'agissait de franchir la rivière de Prah, large de 60 mètres, profonde de 2 à 3 mètres. Ce cours d'eau très rapide avait des rives escarpées et un régime très variable par suite des crues. Dans ces conditions, on ne pouvait songer à placer des chevalets, ni à établir des pilotis. Comme on disposait d'une grande quantité de bois, on imagina de construire des piles de troncs d'arbres reliés entre eux par des cordes serrées avec des coins pour assurer une parfaite liaison de tous les éléments. On forma ainsi une première pile creuse ayant la forme d'un tronc de pyramide qu'on mit en place par flottaison.

A cet effet, on plaça à l'intérieur de la pile 4 flotteurs constitués par des cylindres creux, et on maintint la pile verticale au moyen de 4 sacs à terre, placés au quatre coins inférieurs. Lorsque la pile fut à l'aplomb de son emplacement, on libéra les flotteurs et elle s'enfonça sous le poids des sacs, le bois qui la constituait ayant, d'ailleurs, une grande densité.

Afin d'empêcher qu'elle fût emportée par le courant, on empila à l'intérieur et à l'extérieur, contre la face aval, des sacs, des caisses, etc., remplis de terre. Sur place, on construisit ensuite, par le même procédé que pour la partie inférieure, la partie parallépipédique de la pile qui devait s'élever au-dessus de l'étiage normal.

La construction de ce pont n'exigea que 61 heures de travail.

<sup>1</sup> P. 1, p. 441.

**Ponts sur piles en éléments Decauville.** — La variété des supports est infinie : chaque officier utilise les matériaux dont il dispose, suivant son ingéniosité et ses connaissances techniques. Nous citons à titre d'indication l'utilisation faite au Tonkin, à Traïdam, d'éléments Decauville pour établir un pont de 20 mètres au-dessus d'un ravin encaissé de 7 à 8 mètres, ce qui montre qu'en campagne, tous les matériaux sont bons pour qui sait en tirer judicieusement parti.

Les supports furent constitués en assemblant, par leurs grands côtés, quatre cours de travées Decauville, de façon à former des colonnes creuses, qu'on dressa verticalement à 11 mètres d'intervalle, sur deux bermes préparées au-dessus du niveau moyen de l'arroyo. La fondation se composait d'un plancher en madriers, maintenu par des piquets et reposant sur une couche de cailloux bien damés.

Le contreventement intérieur des colonnes était assuré par des croix de Saint-André horizontales, en forts madriers, fixés au moyen de longues broches passant dans les trous qui se trouvaient pratiqués dans l'âme des rails, près de l'assemblage des traverses.

Le tablier reposait sur deux poutres creuses construites d'une manière analogue, dans lesquelles on avait eu soin de ne pas placer les joints des barres verticales en regard de ceux des rails horizontaux.

Le contreventement longitudinal du tablier était obtenu au moyen de deux cours de madriers, couchés à plat sur la face supérieure des poutres, et entaillés au passage des traverses. Ces madriers étaient cloués sur les entretoises et servaient d'appui à des écharpes jetées obliquement d'une poutre à l'autre. Des rondins jointifs, recouverts de

branchages et de terre damée, constituaient le massif de la chaussée <sup>1</sup>.

**Ponts Cantilever ou par encorbellement** <sup>2</sup>. — Ces ponts exigent beaucoup de bois, mais aucun approvisionnement spécial : ils sont d'une construction simple et rapide et durent longtemps. Les traverses sont portées sur une série d'encorbellements formés par des couches successives de pièces de bois, posées horizontalement sur la rive, sous une couche de terre assez épaisse pour que son poids équilibre celui du porte-à-faux. Ils présentent, par suite, des ressauts qui rendent difficile l'aménagement du tablier ; ils donnent lieu, en outre, à des oscillations verticales très gênantes pour la circulation. Les poutres en encorbellement se calculent comme des pièces encastées par une extrémité et libres à l'autre.

#### § 2. — PASSERELLES DE CIRCONSTANCE SUR SUPPORTS FLOTTANTS

On donne le nom de *passerelles* à de petits ponts de construction rapide, destinés à livrer passage à de l'infanterie en colonne par 2 ou par 1, ou à de la cavalerie en colonne par 1. Elles peuvent être établies sur supports flottants ou sur supports fixes ; elles peuvent aussi ne comporter aucun support intermédiaire. On les munit presque toujours d'un garde-fou très simple, en corde, par exemple.

Il existe un grand nombre de types de passerelles ; la

<sup>1</sup> KREITMANN.

<sup>2</sup> P. 1 et 2.

plupart sont dérivés des types de ponts que nous avons étudiés. Nous ne ferons que mentionner les plus connus, étant bien entendu que ceux-ci ne constituent que des indications dont on se rapprochera plus ou moins, selon les circonstances et les matériaux dont on disposera, et qu'en dehors d'eux on pourra en créer d'autres, en s'inspirant des dispositifs en usage dans le pays où l'on opérera.

**Passerelles sur supports flottants.** — Les passerelles sur supports flottants sont établies d'après les mêmes principes que les ponts de même nature. Généralement, les supports sont amarrés à une cinquenelle.

Ces corps flottants seront des embarcations quelconques dont les plats-bords peuvent n'émerger de l'eau que 0<sup>m</sup>,20 et même 0<sup>m</sup>,15, ou des radeaux légers et rudimentaires, ou même des *radeaux-sacs* constitués, par exemple, au moyen de sacs à distribution remplis de paille.

**Radeau-sac Habert.** — Un *radeau-sac* (système Habert) est actuellement réglementaire en France <sup>1</sup>.

C'est une sorte de paillason pesant environ 7 kilogrammes et qui peut contenir 80 kilogrammes de paille bien tassée. Chaque radeau-sac peut constituer à lui seul un support de passerelle ; mais, généralement, on accole deux sacs pour former une sorte de portière ; la stabilité se trouve ainsi considérablement augmentée.

**Passerelle d'arbres flottants arc-boutés.** — Si la rivière à franchir est bordée de grands arbres, on peut en abattre un sur chaque rive, en le jetant à l'eau, le sommet

<sup>1</sup> HABERT, 2.

branchu vers l'amont, de façon que les branches s'enchevêtrent. On amarre ensuite ces arbres à des piquets plantés sur les rives et on élague les branches qui gênent le passage.

**Passerelle à tablier flottant.** — Elle s'emploie si le courant est faible. On cloue des madriers ou des rondins sur deux files de corps d'arbres flottants, espacées d'environ 1 mètre.

La passerelle construite sur la rive, est mise à l'eau, puis lancée par conversion.

### § 3. — PASSERELLES SUR SUPPORTS FIXES

**Passerelles sur chevalets.** 1° *Chevalets à 4 pieds.* — Les chevalets comprennent un chapeau *a*, 4 pieds *b*, inclinés à 3/1 dans le sens de la largeur et à 6/1 dans le sens de la longueur, d'écharpes *c* et de traverses *d*. Ces

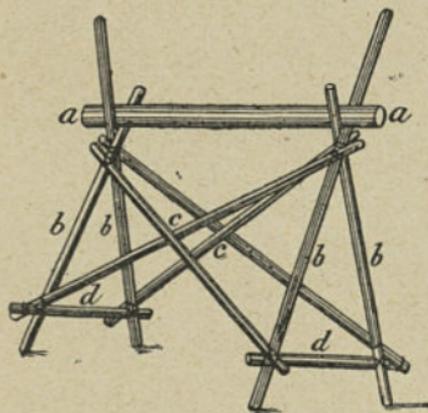


Fig. 75. — Chevalet à 4 pieds.

différentes pièces sont brélées entre elles et les assemblages sont consolidés par des broches, si on en possède.

La mise en place des chevalets se fait ordinairement avec des longrines improvisées qu'on engage dans l'angle formé par les pieds et les écharpes du chevalet.

Le chapeau n'est calé à la hauteur voulue et fixé que lorsque le chevalet est en place.

Le tablier repose sur 3 cours de poutrelles, brochées ou clameaudées sur les chapeaux. Il est constitué par des madriers, des claies ou des fascines, ou même des rondins recouverts de terre. Les travées ont 3 mètres de longueur en général.

2° *Chevalets-palées*. — Chaque chevalet comprend : un chapeau *a*, deux pieds *b* appointés vers le bas et inclinés à 6/1 sur la verticale, et deux écharpes *c*. Toutes ces pièces sont réunies entre elles par des brêlages. Les écharpes et le chapeau peuvent être constitués par des pièces moisées (fig. 76).

La construction de la passerelle se fait de la façon suivante :

Pour mettre un chevalet en place, on se sert d'une rampe formée par 2 poutres reposant, par leurs bouts appointés sur le fond, à 3 mètres en avant du corps mort (ou du dernier chevalet placé) et, par leurs

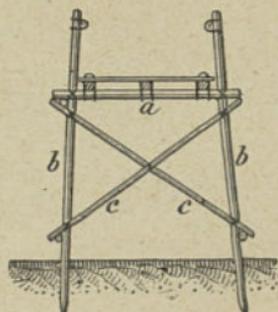


Fig. 76. — Chevalet palée.

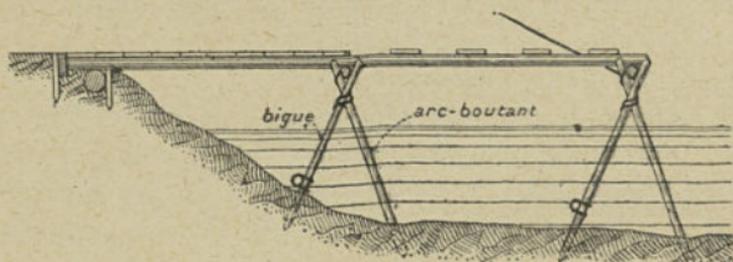
gros bouts, sur celui-ci. On descend le chevalet le long de cette rampe, puis on le dresse verticalement, en soulevant le gros bout des poutres et en poussant en même temps le chapeau au large au moyen de deux poutrelles à griffes. On empêche les pieds de glisser et le chevalet de dépasser la position verticale, au moyen de cordages de retenue fixés à la partie inférieure et à la partie supérieure des pieds.

Dès que le chevalet est placé, on enfonce les pieds au moyen de quelques coups de masse ; on place ensuite les poutrelles du tablier, on les fixe et on pose les madriers.

On assure le contreventement longitudinal au moyen

d'arcs-boutants ou mieux de croix de Saint-André reliant d'un même côté les pieds de deux chevalets voisins.

Le placement des chevalets-palées par la méthode indiquée ne va pas sans difficultés dès que le chevalet devient pesant. Il serait souvent plus avantageux d'employer une méthode analogue à celle que nous avons indiquée précédemment. Sur les montants du dernier chevalet mis en place, on brèle un chapeau provisoire à environ 0<sup>m</sup>,60 au-dessus du tablier. C'est sur ce chapeau que l'on fera glisser les deux longrines chargées de pousser au large le nouveau chevalet. La surélévation donnée au faux chapeau a pour effet de relever tout le système, ce qui est nécessaire pour que les pieds ne traînent pas au fond, pendant le déplacement, par suite de la longueur qu'on est forcé de leur donner, en y comprenant la fiche nécessaire.



3° *Chevalets-bigues*. — Chaque chevalet se compose d'une *bigue* et de 2 *arcs-boutants* (fig. 77). La *bigue* se met en place comme le chevalet-palée.

4° *Chevalet Kromhout*. — Le chevalet Kromhout

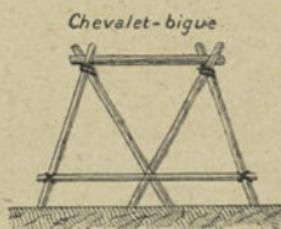


Fig. 79.

Passerelle sur chevalets-bigues.

est construit avec de longues perches : deux d'entre elles, croisées vers l'une de leurs extrémités, forment les pieds. Deux traverses horizontales les réunissent, l'une à la partie inférieure, l'autre sur le milieu. Une troisième traverse, susceptible d'être déplacée, sert de chapeau.

Le contreventement est assuré au moyen d'une écharpe que l'on fixe à la croisée supérieure de chaque chevalet et à l'un des montants du chevalet précédent (fig. 78).

La mise en place se fait au moyen de longrines, en s'aidant de la perche de contreventement<sup>1</sup>.

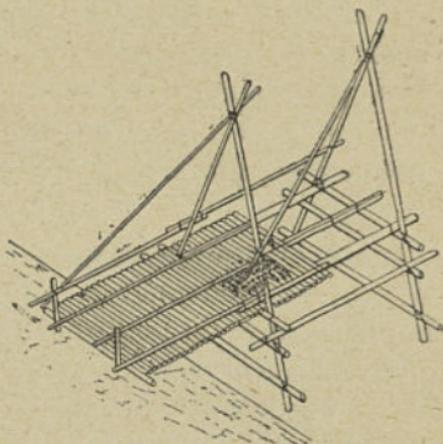


Fig. 78. — Chevalet Kromhout.

5° *Chevalets-travées*. — Dans ce système de construction, on met en place, tout à la fois une palée et les poutrelles de la travée correspondante. La carcasse de cet ensemble est construite sur la rive, et, par un simple mouvement de bascule et une rotation autour d'un axe horizontal, on l'amène à sa position définitive.

Nous bornerons là cette énumération, qui ne saurait être complète, tant sont nombreux<sup>2</sup> les types de supports imaginés pour la construction rapide de passerelles de circonstance.

<sup>1</sup> L. B., 1, p. 214.

<sup>2</sup> FRANCK.

## § 4. — PASSERELLES SANS SUPPORTS INTERMÉDIAIRES

Les passerelles sans supports intermédiaires présentent un intérêt particulier, parce que c'est à ce type que ce rapporte le matériel spécial dont on a besoin pour franchir le fossé, dans l'assaut d'un ouvrage fortifié.

Ces passerelles doivent se composer d'éléments légers, d'un transport facile, sans montage compliqué, et leur mise en place doit être pour ainsi dire instantanée.

**Passerelle sur longerons.** — Pour une faible portée, on peut se contenter de jeter d'une rive à l'autre de simples poutres ou longerons.

Le lancement de la première poutrelle peut se faire de plusieurs façons :

1° Par *rabattement*. On dresse verticalement la poutrelle contre la culée et on la laisse tomber sur la 2<sup>e</sup> rive en guidant le mouvement à l'aide de deux câbles de retenue.

2° Par *porte à faux*, avec l'aide d'un contre-poids agissant sur une poutrelle auxiliaire, brélée sous la première et dans son prolongement.

3° Avec une *bigue à bascule*, dont on place le pied aussi près que possible du milieu de la rivière la fourche étant à un niveau supérieur à celui du corps mort ; on brèle l'extrémité antérieure de la poutrelle dans la fourche et on rabat la bigue vers la deuxième rive, en modérant le mouvement avec des cordes.

Les autres poutrelles sont mises en place en les faisant glisser sur une de celles qui sont déjà posées.

**Passerelles sur poutre armée.** — Tous les systèmes de poutres armées peuvent permettre d'accroître la portée, avec une suffisante légèreté. La figure 79 en offre deux exemples.

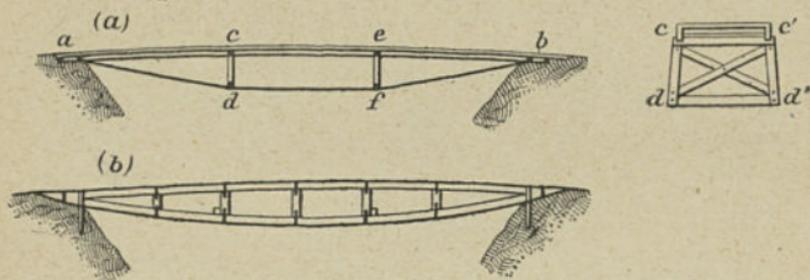


Fig. 79. — Passerelles en poutre armée.

La première, dite *passerelle sur tendeur*, comprend un tablier dont les longerons sont formés par des perches de grande longueur. Le tablier est armé en dessous au moyen de tendeurs (cordes ou fils télégraphiques) et d'aiguilles pendantes en forme de chevalets en bois.

Dans le second exemple, le tendeur flexible est remplacé par une semelle en perches.

**Passerelle à contrefiches.** — Lorsqu'on cherche à réaliser une passerelle plus solide que les précédentes, on peut adopter un dispositif à contrefiches dont les assemblages sont faits simplement au moyen de ligatures en cordes.

**Passerelle sur cadres arc-boutés.** — On améliore sensiblement ce dispositif et l'on facilite beaucoup la construction par le procédé suivant.

On forme deux cadres, un sur chaque rive, et on les rabat l'un vers l'autre ; ensuite on les arc-boute au moyen

des traverses supérieures, brêlées sur leurs montants (fig. 80); on consolide l'arc-boutement en reliant entre eux, par des brêlages et des écharpes, les montants croisés des 2 cadres.

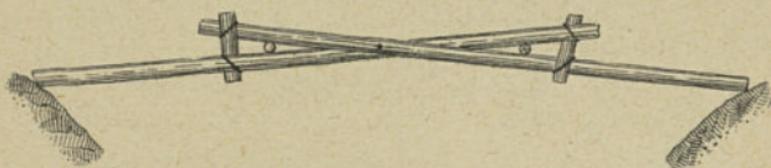


Fig. 80.

On peut aussi former la passerelle de trois cadres arc-boutés (fig. 81). On assemble sur la première rive les

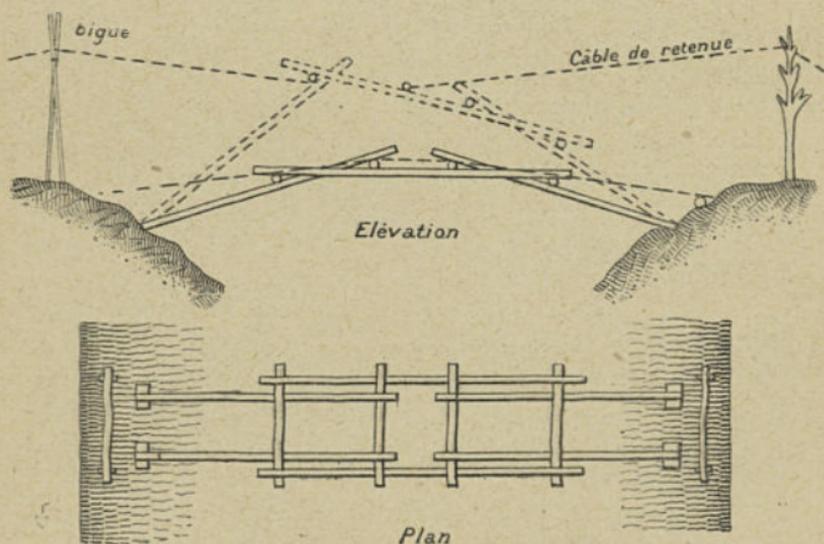


Fig. 81. — Passerelles sur poutrelles arc-boutées.

deux premiers cadres au moyen de brêlages et on les arc-boute contre le troisième cadre disposé convenablement à cet effet sur la deuxième rive.

**Passerelles suspendues.** — Les dispositifs que nous avons indiqués pour les ponts sont applicables sans modifications aux passerelles. Rappelons la passerelle Netter, enchaînée, qui au Tonkin a rendu des services appréciables.

On peut aussi construire des passerelles suspendues à des cadres arc boutés (fig. 82). On arc-boute deux cadres

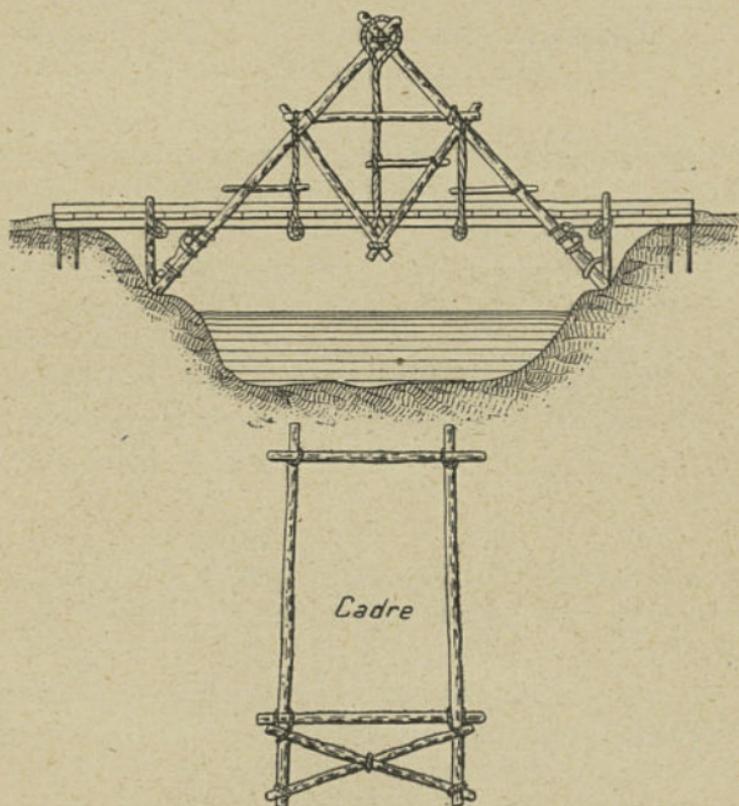


Fig. 82. — Passerelle suspendue sur cadres.

par le procédé ordinaire, puis on suspend aux montants, à l'aide de cordes ou de fils de fer, des traverses sur lesquelles on brèle les poutrelles du tablier. Il faut avoir

soin de tendre les câbles avec des billots. Les longerons extrêmes qui sont brêlés sur les montants correspondants des deux cadres, jouent le rôle de tirants<sup>1</sup>.

Avec ce dispositif on peut franchir des brèches de 12 mètres environ.

#### § 5. — PASSERELLES SPÉCIALES POUR LE FRANCHISSEMENT DES FOSSÉS DES FORTS

Quelque avantage qu'on ait à élargir les fossés de la fortification, pour en rendre le franchissement plus difficile, des raisons techniques forcent à se limiter, précisément en avant des caponnières qui semblent les endroits les plus favorables à l'assaut, dans bien des cas

La largeur qu'il faut prévoir ne dépasse généralement pas une dizaine de mètres, et l'on peut combiner à l'avance des engins légers, susceptibles d'être apportés par les colonnes d'assaut et d'être jetés instantanément au-dessus du vide.

**Pont-Poisson.** — C'est dans cet ordre d'idées qu'a été conçu le *pont-poisson*, ainsi nommé à cause de sa silhouette.

Il est composé de deux fermes en sapin de 15 mètres de longueur, présentant 1 mètre de hauteur au milieu ; ces deux fermes sont espacées de 0<sup>m</sup>,60, et les deux semelles sont réunies par un treillis.

Le plancher est formé de solives placées à 0<sup>m</sup>,50 d'écartement, supportant un simple voligeage cloué dans le sens de la longueur de la passerelle.

<sup>1</sup> ANONYME, 17.



## CHAPITRE XII

### MATÉRIELS DE PONTS MÉTALLIQUES

#### § 1. — GÉNÉRALITÉS

**Importance des voies ferrées à la guerre.** — Dans les chapitres précédents, nous n'avons envisagé les procédés de franchissement des cours d'eau qu'au point de vue des armées en campagne et du matériel qu'elles traînent avec elles. Mais on ne saurait méconnaître que les opérations de la guerre ne sont point confinées uniquement à la zone de terrain qu'occupent les troupes, ni oublier que celles-ci ne peuvent subsister que si elles tirent toutes leurs ressources de l'intérieur du pays qu'elles ont derrière elles.

Les voies ferrées sont aujourd'hui les véritables artères qui donnent la vie aux armées. Il suffit que, sur l'une d'elles, la circulation soit interrompue pendant quelques jours, pour que la disette se fasse sentir — disette d'hommes, de munitions, de vivres.

Or, à mesure qu'on avance en refoulant l'ennemi, celui-ci s'empresse de détruire tous les moyens de communications qui seraient si profitables à son adversaire, et les points les plus vulnérables, ceux où l'interruption est le plus facile à pratiquer, la plus longue et la plus difficile à réparer, ce sont les ponts.

**Nécessité d'un matériel militaire de ponts de chemin de fer.** — Il importe donc d'envisager, dès le temps de paix, la nécessité où l'on sera de rétablir la continuité des voies ferrées, avec rapidité, mais aussi dans les conditions qu'exige une circulation intensive de trains militaires.

Il s'agit de charges roulantes autrement lourdes que les convois trainés par chevaux sur route, même en y comprenant le matériel d'un parc de siège ; de plus, les ébranlements et les vibrations dûs à la vitesse imposent des conditions rigoureuses de solidité bien différentes de celles que nous avons eu à envisager jusqu'ici.

C'est de ces considérations que sont nés les divers matériels de ponts militaires que nous allons étudier maintenant.

Les nécessités auxquelles il s'agit de faire face se sont présentées depuis longtemps, mais jamais aussi impérieusement qu'aujourd'hui, alors que les armées ont pris le développement que l'on sait, alors que ce sont des milliers d'hommes qui se ruent les uns contre les autres. Aussi le problème, pour s'être posé dans les guerres passées, n'a-t-il point reçu de solution pratique, avant l'époque actuelle, même pendant la guerre de 1870.

**Procédés anciens pour la réparation des ouvrages détruits.** — Certes, au cours de la guerre de la Sécession, les ingénieurs américains ont trouvé, dans les immenses réserves de bois de leur pays, des ressources précieuses qu'ils ont mises en œuvre avec une habileté consommée. On pourra s'inspirer encore des *trestles* gigantesques qu'ils savent construire, par des méthodes si simples, d'ailleurs, qu'elles semblent nées des exigences d'opérations mili-

taires, et qu'en y employant un nombre suffisant d'ouvriers sans préparation spéciale, il n'est pas impossible de les réaliser dans un temps très court.

Il suffit de citer à ce propos l'énorme charpente de 12 mètres de hauteur et de 208 mètres de longueur qui permit aux troupes américaines de franchir la vallée de Rappahanock, et qui fut établie en 19 heures seulement.

Mais où trouver, dans nos pays d'Europe, les quantités de bois que nécessitent de pareils ouvrages ? Or, la rapidité d'exécution, qui est ici une exigence primordiale, provient surtout de la simplicité des procédés de mise en œuvre, simplicité qui s'accorde mal avec la stricte économie que commande chez nous la pénurie des matériaux.

Nous ne voyons pas dans quelles circonstances il nous serait permis d'élever un ouvrage semblable à cette estacade bâtie sur le Potomac-Creek, pour le chemin de fer de Richmond, dont la hauteur exigea trois étages de chevalements. Les troncs d'arbre nécessaires, coupés dans les forêts voisines, étaient traînés par des bœufs sur un parcours de deux kilomètres, et amenés à 1600 mètres plus loin par voie ferrée ; jetés enfin au pied du remblai, ils étaient assemblés près du niveau de l'eau et élevés ensuite au moyen de glissières pour être mis en place. Les ouvriers militaires étaient au nombre de 300, sous la direction de contremaîtres civils. Les transports exigèrent 40 attelages de bœufs et 3 paires de mulets.

De pareils chantiers d'entreprises sont trop exceptionnels pour servir de base à une organisation militaire, et, malgré les ressources qu'offrent les forêts du centre de l'Europe, ce n'est ni en Bohême, pendant la guerre de 1866, ni au cours de la guerre russo-turque de 1877-78

qu'on peut trouver des exemples concluants pour les méthodes rapides de réparation des voies ferrées.

En 1866, les Prussiens furent fort heureux d'utiliser, pour la réfection du viaduc de Josephstadt, des poutres armées de 21 mètres de portée, qui se trouvaient dans une usine.

En 1870, les ouvrages détruits causèrent aux envahisseurs les plus grandes difficultés et ne furent réparés que par des moyens de fortune assez lents.

En 1877-78 enfin, si les Russes établirent un grand viaduc en bois sur le Pruth, ils se contentèrent d'organiser un transbordement par bateaux, pour faire franchir le Danube, à la coupure de la voie ferrée de Fratesti à Routschouk.

Ces exemples ne font que confirmer la nécessité, pour une armée, de posséder à l'avance un matériel spécial de ponts militaires de chemin de fer, permettant de rétablir en quelques jours, en quelques heures même, les communications interrompues.

#### **Conditions d'établissement d'un matériel militaire.**

— Un pareil outillage doit satisfaire aux conditions suivantes :

La *simplicité*, qui exige, pour ses éléments, un petit nombre de types, interchangeables dans chaque type ;

Le *transport facile*, résultant des facilités d'arrimage des éléments ;

Un *montage rapide* par les corps spéciaux militaires.

On peut prévoir qu'un matériel de ce genre sera métallique.

Enfin, si, dans les études qui s'y rapportent, l'ingénieur a dû envisager avant tout les ouvrages pour voies ferrées,

il n'est pas interdit d'approprier les solutions trouvées au rétablissement des communications sur les routes de terre, qui jouent également un rôle si important à la guerre; et, en effet, certains des matériels que nous aurons à examiner permettent de constituer utilement des ponts-routes.

**Classification des types de ponts.** — Un grand nombre de types de ponts ont été proposés. Nous ne pouvons les étudier tous, ni les comparer entre eux. Nous nous bornerons à décrire ceux dont l'usage a été rendu réglementaire en France, et à indiquer succinctement les données essentielles de quelques autres.

Le matériel de ponts métalliques militaires français comporte deux types différents :

1° Les *ponts à gros éléments* ou à *tronçons*, système Marcille; ces ponts sont uniquement étudiés pour les chemins de fer;

2° Les *ponts à petits éléments* ou à *treillis*, système Henry et système Eiffel. Les ponts Henry sont des ponts de chemin de fer; le système Eiffel comporte différents types applicables aux ponts-route et aux passerelles.

**Caractères distinctifs d'un pont militaire.** — Les ponts établis pour les besoins militaires, avec les matériels que nous venons d'énumérer, se distinguent nettement des ponts permanents par un certain nombre de propriétés caractéristiques.

Tout d'abord ils sont *démontables*, ce qui interdit l'emploi des rivets pour réunir les différents éléments. On est contraint d'employer exclusivement des boulons, et c'est là, certes, un inconvénient. En effet, sous l'influence des trépidations, les boulons se desserrent légèrement et les pièces

qu'ils assemblent subissent un déplacement sensible, accusé par une flèche permanente plus considérable du pont. Il faut donc resserrer fréquemment les boulons sous peine de compromettre la solidité.

La condition de simplicité conduit à la construction de poutres droites d'égale résistance sur toute leur longueur ; de plus, ces poutres sont fréquemment employées pour des portées inférieures à la portée maxima pour laquelle elles ont été calculées. On voit donc que les ponts démontables font un usage peu économique du métal et qu'ils entraînent un poids plus considérable que les ponts permanents de même longueur.

Toujours pour raison de simplicité, les ponts démontables doivent être composés du plus petit nombre possible d'éléments différents, sans que ces éléments puissent être confondus entre eux. Ces éléments doivent être légers pour pouvoir être mis en place rapidement ; ceux de même nature doivent être interchangeables, comme nous l'avons dit, et, par conséquent, être construits avec beaucoup de soin.

Enfin les ponts démontables ne doivent exiger que des procédés de levage et de lancement commodes et peu compliqués.

## § 2. — PONTES A TRONÇONS OU A GROS ÉLÉMENTS DU SYSTÈME MARCILLE

**Description.** — Les ponts Marcille sont à *poutres pleines et droites*. Nous avons signalé les inconvénients des poutres droites. Afin de n'être pas conduit par leur emploi à un véritable gaspillage de métal, on a créé

4 types de ponts de ce système, calculés pour des portées maxima de 10, 20, 30 et 45 mètres, chacun d'eux pouvant être utilisé entre la portée maxima du type immédiatement inférieur et la sienne propre.

Ces divers types présentent des caractères communs qui sont les suivants :

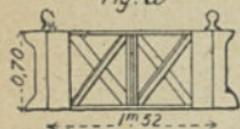
1° Ils sont composés de tronçons complètement terminés pouvant s'assembler facilement les uns aux autres ;  
 2° Chaque tronçon comprend 2 poutres à âme pleine écartées de 1<sup>m</sup>,52 d'axe en axe, et reliées entre elles par des entretoises ; il porte à sa partie supérieure une voie de chemin de fer dont les rails sont à l'aplomb de l'âme des poutres, et à chacune de ses extrémités deux panneaux d'assemblage disposés transversalement au pont. Les panneaux en regard de deux tronçons consécutifs s'assemblent par boulonnage. Cet assemblage est consolidé au moyen de *couvre-joints* horizontaux, placés, l'un sur les semelles supérieures, l'autre sous les semelles inférieures. Des *demi-couvre-joints* assurent le serrage des couvre-joints au moyen de boulons. Chaque couvre-joint porte un bout de rail qui s'assemble par des éclisses avec les rails des 2 tronçons consécutifs pour en rétablir la continuité. L'âme de chaque poutre est raidie au moyen de montants rivés à la fois sur l'âme et sur les semelles.

**Caractéristiques des différents types.** — Les 4 types de ponts Marcille diffèrent par leurs dimensions et par les procédés au moyen desquels on a contreventé les poutres *au droit des montants*. Nos figures représentent les coupes transversales de ces différents types.

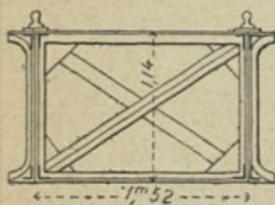
Le pont de 10 mètres (fig. 85 a) est entretoisé au moyen de *cadres* en fers cornières distants de 1<sup>m</sup>,15 d'axe

en axe ; il pèse, mis en place, environ 500 kilogrammes par mètre courant.

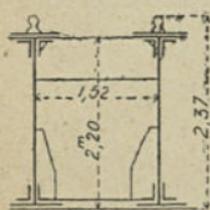
Pont Marcille de 10<sup>m</sup>  
Fig. a



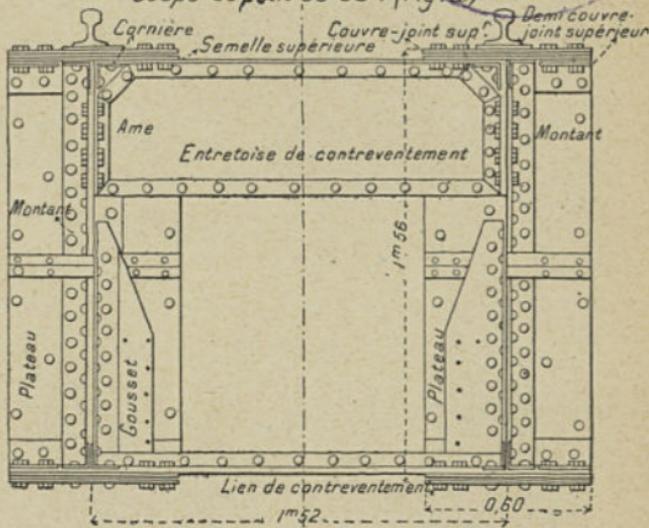
Pont de 20<sup>m</sup> Fig. b



Pont de 45<sup>m</sup> Fig. c



Coupe du pont de 30<sup>m</sup> (Fig. d)



Pont de 30<sup>m</sup> à voie inférieure fig

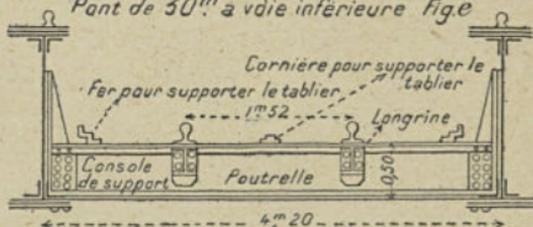


Fig. 85. — Pont à tronçons (système Marcille).

Il comprend des tronçons de 5 mètres, de 2<sup>m</sup>,50 et de 1<sup>m</sup>,25 permettant de franchir des brèches, dont les longueurs varient de 1<sup>m</sup>,25 avec un maximum de 8<sup>m</sup>,90.

Le pont de 20 mètres (fig. 85 b) est contreventé par des doubles cornières disposées en croix de Saint-André. Il pèse, mis en place, 720 kilogrammes environ au mètre

courant. Il comprend des tronçons de mêmes longueurs que ceux du pont de 10 mètres.

Le *pont de 30 mètres* (fig. 85 *d, e*) est contreventé à la poutre supérieure au moyen d'*entretoises* et à la partie inférieure au moyen de *liens*. Le pont pèse ainsi 1 400 kilogrammes par mètre courant, et est à *voie supérieure* en principe. On peut néanmoins l'utiliser à *voie inférieure* en déboulonnant les pièces de contreventement et en donnant aux poutres 4<sup>m</sup>,20 d'écartement (fig. 85 *e*); les rails reposent alors sur des pièces de pont ou *poutrelles* fixées sur l'âme des poutres et sur leur semelle inférieure. Le pont pèse dans ce cas 1 720 kilogrammes au mètre courant.

Le pont de 30 mètres comporte des tronçons de 10 mètres, de 7<sup>m</sup>,5, de 2<sup>m</sup>,5 et de 1<sup>m</sup>,67 de longueur, permettant de franchir des brèches dont les longueurs varient de 0<sup>m</sup>,83 en 0<sup>m</sup>,83, jusqu'à 28<sup>m</sup>,73 (portée maximum).

Le *pont de 45 mètres* (fig. 85 *c*) a la même constitution que le pont de 30 mètres et comporte des tronçons de mêmes longueurs. A voie supérieure il pèse 2 380 kilogrammes par mètre courant, et à voie inférieure 2 080 kilogrammes.

Nous allons indiquer la construction, la mise en place, et le repliement du pont Marcille de 36 mètres qui est le plus couramment employé.

**Construction et lancement du pont de 30 mètres** <sup>1</sup>. — Le pont est mis en place par porte à faux. A cet effet il est préalablement muni d'un contrepoids, ou *culasse*, formé de tronçons semblables assemblés à l'ar-

<sup>1</sup> ANONYME, 7.

rière de la partie utile, et d'un *avant-bec* plus léger, ayant 8 mètres de longueur, dont la semelle inférieure est, à l'avant, légèrement recourbée vers le haut, de manière à pouvoir prendre appui sur la culée d'arrivée, malgré la flèche prise par le pont pendant le lancement.

**Préparation du pont.** — Les tronçons amenés sur des wagons plates-formes, sont déchargés au moyen d'une *bique* (fig. 86) placée à une distance de la brèche

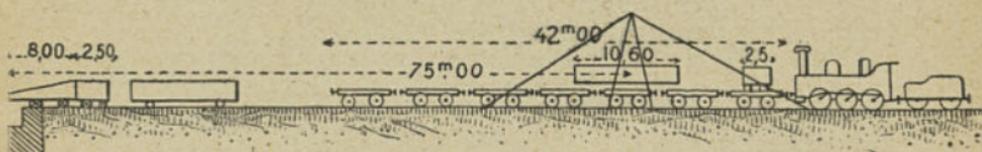
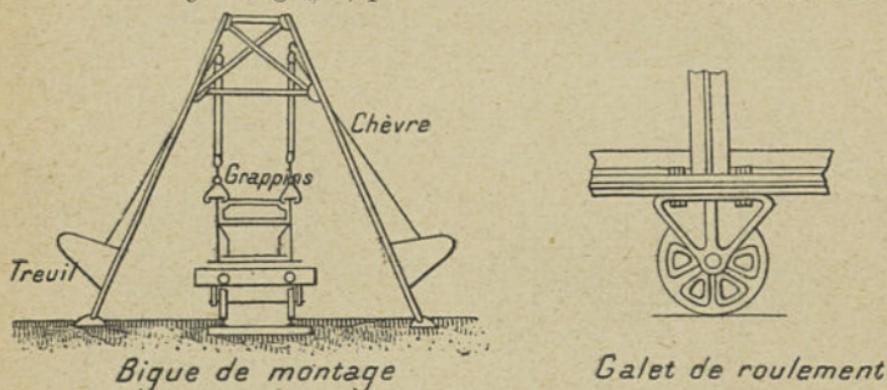


Fig. 86. — Déchargement d'un pont de 25 mètres.

égale à la longueur totale du pont augmentée de celle du train de matériel. Avant de déposer les tronçons, et tandis qu'ils sont suspendus par les *grappins*, on les munit de 4 *galets de roulements* boulonnés sur les semelles inférieures et qui leur permettent de rouler sur la voie. On les

fait ensuite reposer sur les rails et on les roule vers la brèche.

Pour assembler un tronçon avec le précédent, on le

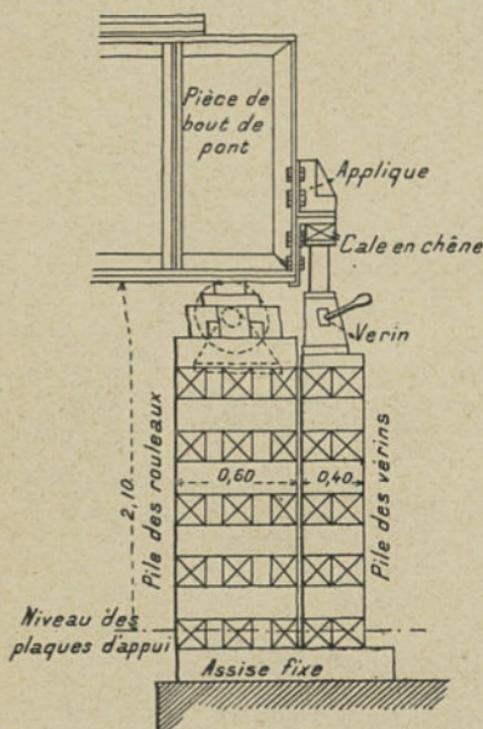


Fig. 87. — Pile de décalage.

l soulève au moyen de vérins hydrauliques, de manière à mettre en regard les trous de boulons des panneaux juxtaposés : les semelles inférieures, qui sont alors à 0<sup>m</sup>,45 environ au-dessus de la voie, sont calées sur des chantiers en chêne ; le joint est ensuite boulonné.

Lorsque l'assemblage des divers tronçons est terminé, on laisse reposer le pont sur des rouleaux de hâlage placés rigoureusement dans le même plan, sans que

la pente générale de ce plan soit jamais supérieure à 10 millimètres par mètre, car c'est pour cette pente qu'il y a équilibre entre la pesanteur et la résistance au roulement.

Sur chaque culée, dans l'axe du pont, on établit deux piles de décalage (fig. 87) formées d'un empilage de chantiers en chêne, par couches rigoureusement horizontales, la plus rapprochée de la brèche reçoit les rouleaux de hâ-

lage ; l'autre des vérins hydrauliques. Ces piles ont leurs axes dans le plan vertical contenant l'axe du pont.

**Lancement du pont.** — Le pont reposant sur les rouleaux de hâlage, on saisit l'arbre de chacun de ceux-ci, en dehors du pont, au moyen d'un *rochet à déclic* muni d'un *levier de manœuvre* assez long pour être manœuvré par des hommes placés sur la semelle supérieure.

Ces hommes agissent sur les leviers de manière à faire avancer le pont ; d'autres agissent sur des cordes de hâlage pour désembrayer le déclic après chaque mouvement partiel du pont, de façon à ce que les leviers puissent être ramenés en arrière ; enfin, d'autres calent chaque rouleau avec un coin, tandis qu'on ramène les leviers en arrière.

On arrête le mouvement en avant au moment où le joint de contrepoids arrive dans le plan de séparation de la pile des vérins et de celle des rouleaux ; on cale alors solidement ceux-ci.

**Mise en place du pont.** — Après avoir remplacé les rouleaux des culées par des calages, on enlève l'avant-bec et la culasse, et l'on fixe aux deux extrémités du pont des *pièces de bout de pont* portant des *appliques* en consoles directement placées au-dessus des vérins.

La manœuvre pour descendre le pont sur la pile de support s'explique d'elle-même ; il suffit de soulever le pont avec les vérins, de manière à dégager les cales, et on manœuvre ensuite les vérins en sens inverse, jusqu'à ce que le pont repose sur les empilages, en interposant une plaque de couche en fonte et une plaque de plomb.

**Pont à voie inférieure.** — L'établissement du pont à voie inférieure n'oblige plus à descendre le système de 2<sup>m</sup>, 10 comme dans le cas précédent, mais de 1<sup>m</sup>, 10 seulement.

Toutefois, il est nécessaire, au préalable, de ripper latéralement les deux poutres, pour obtenir l'écartement de 4<sup>m</sup>, 20, au moyen de *galets de ripage* transversaux, roulant sur un rail qui lui-même repose sur une longrine.

A cet effet, à l'aide d'un *petit chariot* roulant sur la voie supérieure et muni d'un treuil, ainsi que d'une grue, on enlève les pièces de contreventement. Pendant ce mouvement on empêche le gauchissement du pont en maintenant les poutres à leur partie supérieure au moyen de *chandelles*.

On met en place les *poutrelles* et les *longrines* au moyen d'un *grand chariot* à voie supérieure.

Lorsque le pont est terminé, on enlève les châssis et les galets de ripage, et on achève la mise en place comme pour le pont à voie supérieure.

**Repliement du pont.** — Le repliement du pont se fait par les opérations inverses de celles qu'on effectue pour le lancement.

**Lancement et repliement de ponts de 10, 20 et 45 mètres.** — Tout ce que nous avons dit pour le lancement et le repliement du pont de 30 mètres, s'applique aux ponts de 20 mètres et de 45 mètres. Toutefois, en raison du poids considérable des tronçons de ce dernier, on les amène sur des *trucks-bogies* spéciaux et on les décharge au moyen de deux bigues. En outre, on emploie des rouleaux de hâlage plus robustes.

Au contraire, pour les ponts de 10 mètres, les tronçons sont assez légers pour qu'on puisse les décharger sans bique ; en outre, le pont peut être lancé sans contrepoids, en s'aidant d'une chèvre improvisée. On déboulonne les cadres de contreventement, de façon à isoler les poutres de rive, qu'on lance séparément. Pour cela, on brèle à l'avant de chacune d'elles une poutrelle de 7 mètres environ. L'extrémité qui se trouve en porte à faux est fixée à un câble passant sur la poulie de la chèvre dressée sur la pile d'arrivée. La chèvre soutient et fait avancer la poutre, qui glisse sur des rondins établis sur la rive de départ.

**Avantages et inconvénients des ponts Marcille. —**

Le pont Marcille a le grand avantage d'être d'un montage extrêmement simple ; en revanche, il n'est transportable que par voie ferrée et la mise en place est subordonnée à la réfection ou à la construction complète de la voie d'accès.

On remarquera que le pont Marcille de 30 et de 45 mètres ne comporte, ni dans le sens horizontal, ni dans le sens vertical, de pièces de contreventement triangulées. Il en est ainsi, afin de réduire au minimum le nombre des séries de pièces semblables devant constituer le pont. Cette simplification ne va pas sans quelque danger, et l'expérience l'a prouvé.

Le 17 juillet 1897, un pont Marcille de 45 mètres à voie supérieure, franchissant l'Adour à Tarbes, sur la ligne de Toulouse à Bayonne, s'est écroulé au moment où les ingénieurs de la compagnie du Midi procédaient aux épreuves statiques, au moyen d'un train marchant à la vitesse d'un homme au petit pas.

Le pont n'est pas tombé dans le plan vertical qui est le plan des charges fléchissantes ; il s'est déversé horizontalement, parce que, sous les efforts de compression que les moments fléchissants développent dans les semelles supérieures des poutres, celles-ci n'ont pas été assez raides pour rester droites ; elles se sont incurvées horizontalement, vers l'amont, le pont ayant dans cette direction une petite incurvation originelle.

M. Périssé, ingénieur expert près les tribunaux de la Seine, a montré que cette chute par gauchissement a été due à l'absence des pièces de contreventement<sup>1</sup> et qu'un contreventement vertical par des croix de Saint-André aurait été suffisant pour éviter l'accident.

A la suite de celui-ci, une Commission spéciale a été nommée dans le but de rechercher ce qu'il y avait à faire pour éviter le retour de tout accident pouvant être occasionné par le gauchissement des poutres ou par l'action du vent.

Cette Commission décida : 1° que la portée maxima serait réduite à 37<sup>m</sup>,50 pour les ponts à voie inférieure et à 35 mètres pour les ponts à voie supérieure ; 2° qu'il y avait lieu d'introduire dans le pont de 45 mètres un contreventement vertical et un contreventement horizontal en croix de Saint-André.

Le contreventement vertical est formé par des fers en U disposés en croix de Saint-André tous les 2<sup>m</sup>,50 et fixés, d'une part sur les entretoises supérieures et d'autre part sur les plaques d'attente de poutrelles.

Le contreventement horizontal est assuré, au droit des semelles supérieures et des semelles inférieures, par des

<sup>1</sup> PÉRISSE.

barres droites disposées en croix de Saint-André et boulonnées sur des goussets fixés eux-mêmes sur les semelles.

Dans le pont à voie inférieure, pour le contreventement horizontal inférieur, on utilise les mêmes barres que dans le pont à voie supérieure, mais on les réunit bout à bout, au moyen de tronçons de barres analogues boulonnées sur la partie centrale des poutrelles d'élargissement.

Ainsi modifié, le matériel Marcille est susceptible de donner une complète sécurité, même par les vents les plus violents.

### § 3. — PONTS A PETITS ÉLÉMENTS OU A TREILLIS

Les ponts à petits éléments sont constitués par une ossature rigide résultant de l'assemblage, sous forme d'un réseau triangulaire, d'éléments métalliques indéformables et interchangeables. Ces éléments de construction sont réduits à un nombre très petit de types essentiels et peuvent être assemblés très simplement :

a) **Ponts du système Henry** <sup>1</sup>. — Le pont Henry, qui fait partie du matériel militaire de chemins de fer français, est un pont à voie inférieure.

*Tous les éléments de construction sont des barres rectilignes.*

Il existe deux types de ponts Henry, dits respectivement de 30 mètres et de 45 mètres. Ils diffèrent peu l'un

<sup>1</sup> Colonel HENRY.

de l'autre et, en tout cas, ils sont établis d'après les mêmes considérations :

1° Les barres sont agencées de façon à ce qu'elles ne subissent aucun renversement d'efforts, c'est-à-dire qu'elles sont toujours comprimées ou toujours étirées ;

2° Chaque barre est constituée en vue du genre d'efforts qu'elle doit supporter. Les pièces comprimées sont formées de deux fers profilés en U ou en T réunis par de petits treillis en fers plats.

Les pièces étirées sont composées de fers analogues, mais indépendants.

**Pont Henry de 30 mètres.** — La constitution de chaque poutre de rive est figurée par le schéma de la figure 88 *a*. Le contreventement transversal dans le plan vertical est, comme dans le pont Marcille de 30 et 45 mètres à voie inférieure, réalisé par les pièces de pont.

La hauteur des poutres est de 3<sup>m</sup>,76 ; les *montants* sont espacés de 3<sup>m</sup>,35 ou de 3<sup>m</sup>,25 ou de 1<sup>m</sup>,665. On a ainsi, suivant ces trois dimensions, des *grands panneaux*, des *panneaux raccourcis*, ou des *demi-panneaux*, permettant le franchissement de brèches de longueurs variables. Le pont de 30 mètres pèse 1 840 kilogrammes au mètre courant.

**Pièces comprimées.** — *Montants.* Ils sont formés de deux fers en U réunis par un treillis. Les fourches des extrémités servent à recevoir les membrures (semelles).

*Membrures supérieures.* — Les membrures supérieures sont composées de deux fers à T réunis par un treillis. Deux membrures voisines sont assemblées à bout mâle et à bout femelle.

*Barres comprimées.* — Elles se composent de deux barres en U réunies par un treillis,

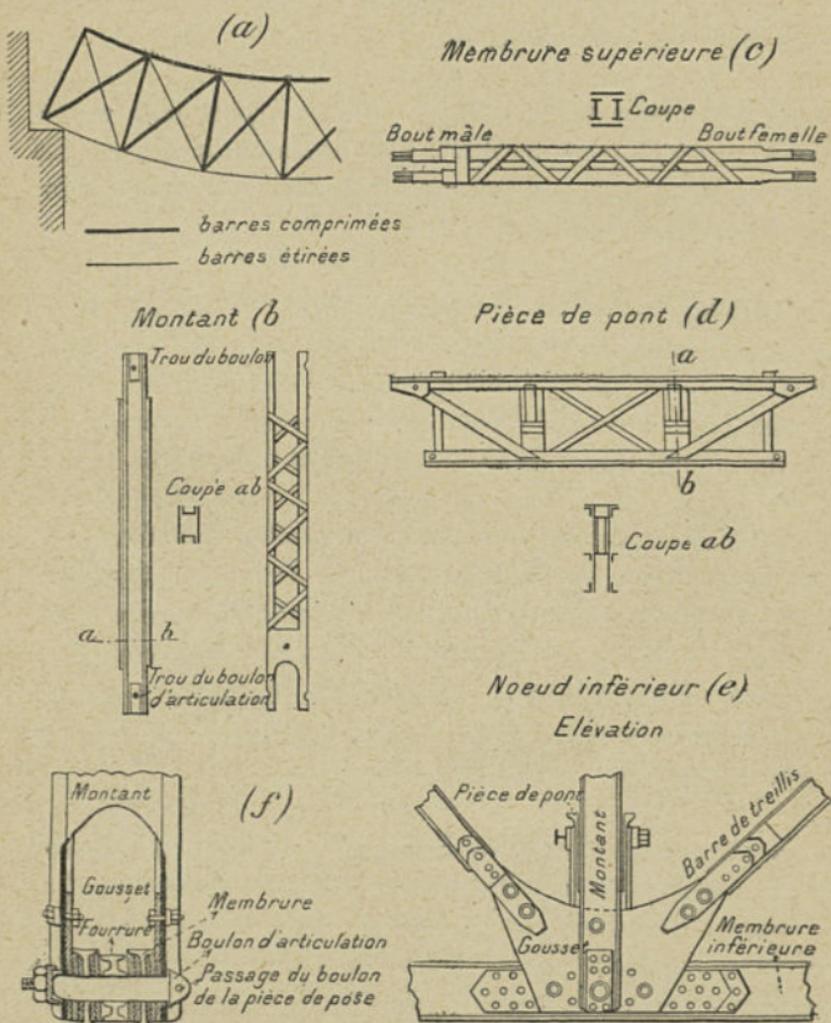


Fig. 88. — Détails du pont Henry.

*Pièces de pont ou poutrelles.* — On leur donne une

hauteur assez considérable (0<sup>m</sup>,85) pour assurer le contreventement transversal. Elles ont 4 mètres de longueur. Les montants placés à l'aplomb des rails, sont évidés pour le passage des *longerons*.

**Barres étirées.** — Les *membrures inférieures* et les *barres étirées* sont constituées avec les mêmes fers que les barres correspondantes comprimées, mais ces fers sont indépendants (sans treillis).

**Longerons.** — Les *longerons* sont des fers à T de 0<sup>m</sup>,35 de haut, s'assemblant à bouts mâle et femelle à l'intérieur des *caissons* ménagés dans les poutrelles. L'assemblage est consolidé par un boulon qui traverse à la fois les deux longerons et les montants du caisson.

**Assemblages.** — Les barres du treillis sont fixées sur des *goussets* en fers plats, à chacune de leurs extrémités. Deux membrures voisines sont assemblées entre elles, ainsi qu'au montant et aux deux goussets, au moyen d'un *boulon d'articulation* pesant 31 kilogrammes, qu'on amène sans chocs à sa position d'équilibre au moyen d'un *tire-boulon*.

**Contreventement.** — Le contreventement transversal est assuré par les pièces de pont. Le contreventement longitudinal est assuré par des *barres de contreventement* disposées en croix de Saint-André dans un plan horizontal, percées à leurs extrémités d'un œil où s'engage le boulon d'assemblage avec la pièce de pont.

**Appareil d'appui.** — Le pont repose sur ses culées

par l'intermédiaire d'un *appareil d'appui* formé de trois châssis superposés. Le châssis supérieur pivotant, oscille suivant que le pont prend une flèche plus ou moins grande, le châssis intermédiaire peut rouler sur le châssis inférieur qui est fixe, de manière que le pont soit librement dilatable.

**Voie.** — Les longerons supportent des *châssis de voie* d'une seule pièce, composés de deux rails rivés sur cinq traverses métalliques. Des fourrures rivées sur les ailes des traverses qui encastrent la semelle supérieure des longerons, empêchent le déplacement transversal de la voie.

**Pont Henry de 45 mètres.** — Schématiquement, le pont de 45 mètres s'obtient en superposant deux ponts de 30 mètres, les membrures en contact étant supprimées. La hauteur du pont est alors de 7<sup>m</sup>,35 et on peut réunir les extrémités supérieures des poutres par un contreventement transversal, sans gêner le passage des trains. Ce contreventement consiste en une poutre caisson appelée *portique*, formée de quatre cornières réunies par un treillis, et qu'on assemble avec les montants. Ces portiques transforment le pont en pont-tube, dont on rend la section indéformable en réunissant les portiques aux montants par des contrefiches inclinées (fig. 89).

Les membrures inférieures sont plus robustes que dans le pont de 30 mètres.

Les montants sont en trois parties : les tronçons supérieurs et inférieurs s'emboîtent dans le tronçon médian (gousset en  $x$ ) qui sert à leur jonction. Pour éviter tout flambage pendant le lancement, on renforce les membrures inférieures des quatre ou cinq premiers panneaux

au moyen de *jambes de force*, constituées par des fers en U boulonnés sur les goussets en X et, d'autre part, sur des goussets spéciaux placés au milieu des membrures inférieures. Le pont de 45 mètres pèse 2 700 kilogrammes au mètre courant.

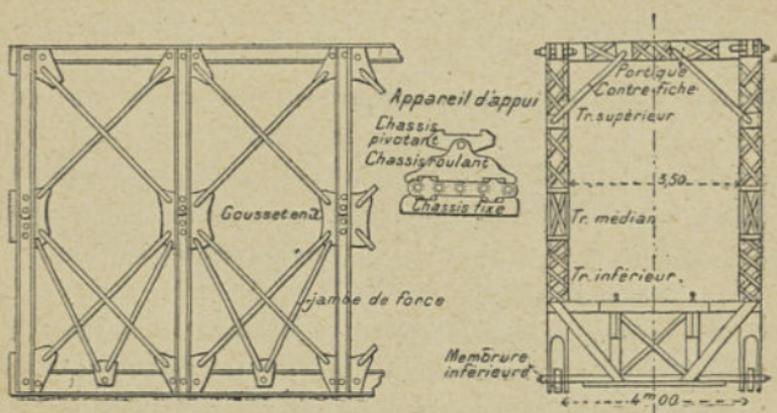


Fig. 89. — Pont Henry de 45 mètres.

### Montage et lancement du pont de 30 mètres <sup>1</sup>.

1° *Montage.* — Une première équipe assemble bout à bout les membrures inférieures sur une série de coins jumelés en bois.

Une deuxième équipe, après avoir muni les montants de leurs goussets supérieurs, les assemble avec la *poutrelle* (ou pièce de pont) et avec une *poutrelle de manœuvre*, de façon à constituer un cadre qu'on peut soulever avec une grue circulant sur la voie, entre les membrures inférieures.

Ce cadre est placé dans la position n° 1 de la figure 90. Il est maintenu dans cette position par le calage *a* placé sur les membrures inférieures et par le calage *b* placé dans l'axe du pont.

<sup>1</sup> ANONYME, 8.

On soulève le haut du cadre jusqu'à ce que les trous de boulons inférieurs des montants coïncident avec les trous correspondants des membrures inférieures (position n° 2). On place alors dans ces trous des axes provisoires ; on enlève le calage *b* ; on dresse le cadre verticalement (position n° 3) et on termine le joint inférieur. On élève ensuite à la grue la membrure supérieure qu'on emboîte dans la précédente, et on place le boulon supérieur.

Une troisième équipe place les treillis et les longerons à l'aide d'échafaudages mobiles fixés sur les montants.

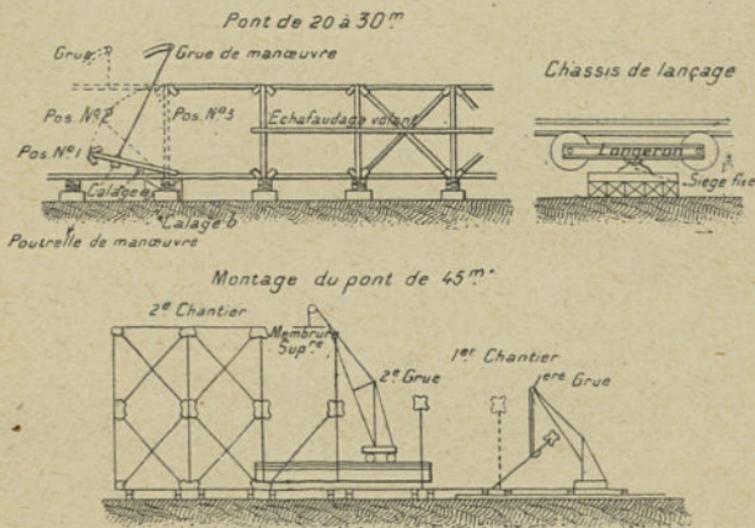


Fig. 90. — Montage des ponts Henry.

2° Lancement. — Le pont Henry se lance sans avant-bec. Le contre poids est formé de panneaux ordinaires qu'on assemble au pont par l'intermédiaire d'un panneau spécial.

Le lancement et la mise en place se font comme pour le pont Marcille, mais les rouleaux de hâlage sont rem-

placés par un *châssis de lançage*, formé de deux galets dans la gorge desquels s'encastrent les faces inférieures des deux membrures. Ces galets sont montés aux extrémités d'un longeron qui peut pivoter au moyen d'un tourillon placé en son milieu, de façon à prendre à tout moment l'inclinaison de la face inférieure des membrures.

**Montage et lancement du pont de 45 mètres.** —

Un premier chantier établit la partie inférieure (moins les longerons et les châssis de voie qui ne sont installés qu'après le lancement) de la façon que nous avons indiquée pour le pont de 30 mètres. Un deuxième chantier met successivement en place les différentes pièces de la poutre supérieure au moyen d'une grue surélevée qu'on installe sur une voie provisoire portée par les poutrelles.

Le lancement se fait ensuite comme pour le pont de 30 mètres.

**Avantages et inconvénients des ponts Henry.** —

Les ponts Henry demandent à peu près pour être montés et lancés le même temps que les ponts Marcille de même longueur. Peut-être exigent-ils plus que ceux-ci des ouvriers exercés, mais ils ont l'incomparable avantage, grâce aux poids relativement faibles des éléments qui les composent, de pouvoir être amenés à pied d'œuvre sur des voitures, et c'est en cela qu'ils réalisent le type très satisfaisant, sinon parfait du pont mobilisable <sup>1</sup>.

Cet avantage d'un transport à pied d'œuvre n'exigeant pas de voie ferrée, est particulièrement précieux lorsque, sur une même ligne, on doit rétablir plusieurs ouvrages :

<sup>1</sup> HENRY, 2.

<sup>2</sup> ANONYME, 9.

le matériel Marcille obligerait à ne procéder que successivement et de proche en proche, tandis que le matériel Henry permet de commencer partout à la fois, en pratiquant les transports par voies de terre.

**Applications en temps de paix.** — Si les matériaux de ponts militaires de chemin de fer n'ont encore été expérimentés dans aucunes circonstances de guerre, il s'est trouvé que, même en temps de paix, ils pouvaient rendre de précieux services, pour rétablir presque immédiatement la circulation, à la suite de la destruction accidentelle d'un ouvrage.

Ces occasions ont été assez nombreuses pour démontrer l'excellente appropriation des deux systèmes français, Marcille et Henry.

b) — PONT-ROUTE DÉMONTABLE EIFFEL

**Description.** — Les éléments principaux du pont démontable (système Eiffel) sont des triangles isocèles en cornières, ayant 3 mètres de base et 1<sup>m</sup>,50 de hauteur.

On dispose une file de ces éléments au bout les uns des autres, en plaçant la base horizontale à la partie supérieure. A cette file d'éléments, représentée en traits pleins sur la figure schématique (fig. 91, a), on adosse une seconde file semblable, mais décalée d'un demi-élément dans le sens de la longueur (traits ponctués).

Enfin, on embrasse la base supérieure d'une part, et de l'autre les sommets inférieurs des triangles, par deux fers en  formant les *membrures* ou les *semelles* de la poutre en treillis ainsi constituée.

Le pont lui-même comprend deux poutres semblables

réunies et maintenues à l'écartement de  $3^m,155$  par des pièces de pont en fer à T qui s'appuient sur les membrures inférieures et débordent en dehors de  $0^m,41$ , de façon à permettre d'établir une contrefiche de contreventement vertical, en cornière, fixée à la semelle supérieure des triangles (fig. 91 b).

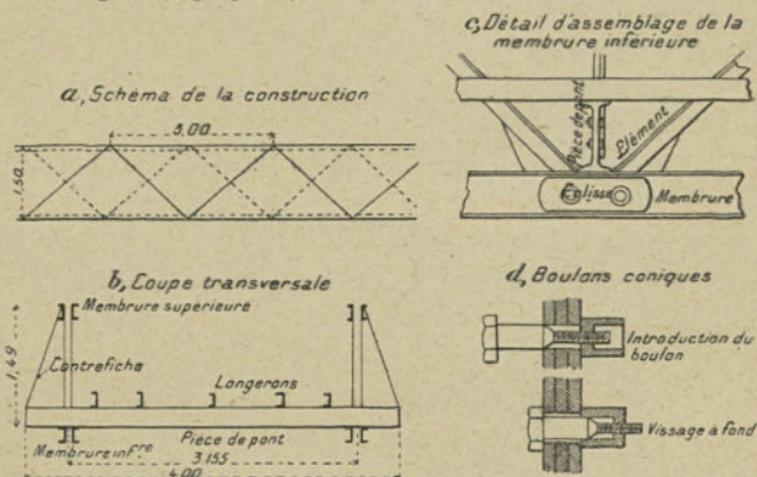


Fig. 91. — Pont démontable (système Eiffel).

Le contreventement dans le plan horizontal est assuré par des écharpes en cornières, fixées sur la table inférieure des pièces de pont.

Enfin le platelage en madriers du tablier est porté par cinq cours de longerons (fers en U) fixés sur la semelle supérieure des pièces de pont.

Les membrures sont assemblées sur les éléments au moyen d'éclisses maintenues par deux gros boulons d'articulation (fig. 91 c). Chaque boulon porte un écrou en forme de chapeau qui entoure les filets de vis et les garantit. Cet écrou sert à l'introduction du boulon et à son serrage à fond, ainsi que l'indique la figure 91 d.

**Montage et lancement.** — Le montage des différentes parties se fait très aisément, les plus lourdes ne pesant que 115 kilogrammes dans le pont de 20 mètres employé par le service du Génie. En raison de son faible poids (250 kilogrammes par mètre courant, platelage non compris) le pont est lancé facilement à bras d'hommes, au moyen d'un avant-bec et d'une culasse.

L'avant-bec est formé au moyen d'éléments placés la pointe en haut et dont les sommets sont réunis par des membrures.

Le contrepoids est constitué avec des longerons et des madriers.

Le pont est monté sur l'une des rives et, au fur et à mesure, poussé en porte à faux, l'avant-bec en avant. Le pont roule sur un châssis de roulement, analogue à celui que nous avons décrit à propos du pont Henry.

**Avantages et inconvénients.** — Des hommes exercés peuvent monter et lancer le pont Eiffel en douze heures. Cette grande facilité de mise en œuvre fait qu'on lui donne volontiers la préférence comme pont-route.

Mais des essais du pont Eiffel pour chemins de fer, avec une portée de 30 mètres, ont conduit à l'écartier pour cet usage en raison du poids considérable et de la forme encombrante des éléments.

Notons, ce qui a bien son importance, qu'avec les éléments du pont Henry et un petit nombre d'éléments étrangers, on peut constituer facilement des piles pouvant servir de supports intermédiaires. Les éléments du pont Eiffel, au contraire, ne se prêtent pas à l'édification de tels supports.

---

## CHAPITRE XIII

### DIVERS TYPES DE PONTS DÉMONTABLES

**Pont Brochocki** <sup>1</sup>. — En dehors des systèmes de ponts adoptés dans les parcs militaires français et que, pour cette raison, nous avons décrits avec quelque détail, différents inventeurs ont présenté d'autres types de matériels démontables, dont quelques-uns se recommandent tout particulièrement, soit par un principe fécond, soit par des détails d'organisation ingénieux.

Sans les soumettre ici à un examen approfondi, nous en dirons tout au moins quelques mots.

Parmi ces divers systèmes, l'un des plus remarquables a été imaginé par le comte BROCHOCKI, ancien officier de l'armée russe. Il a été construit par les usines de Fourchambault et Commeny, et il a figuré à l'Exposition universelle de Paris, en 1889.

Ce pont ne comporte qu'un très petit nombre de types de pièces, toutes droites et qui, pour un pont-route, ne dépassent pas 4 mètres de longueur, avec un poids assez modéré qui les rend très maniables. Ces pièces permettent de monter des ouvrages dont la portée varie de 4 mètres en 4 mètres, jusqu'à 20 mètres, et même jusqu'à 32 mètres, en renforçant ou en doublant quelques-uns de ces éléments.

Le pont-route, dont la largeur est de 3 mètres, a été

<sup>1</sup> ANONYME, 8 ; CONSIDÈRE ; LEROSEY...

calculé en vue du passage de l'infanterie, marchant en colonne par quatre, à rangs serrés, et de l'artillerie de campagne. La hauteur des poutres et des entretoises supérieures est de 3 mètres.

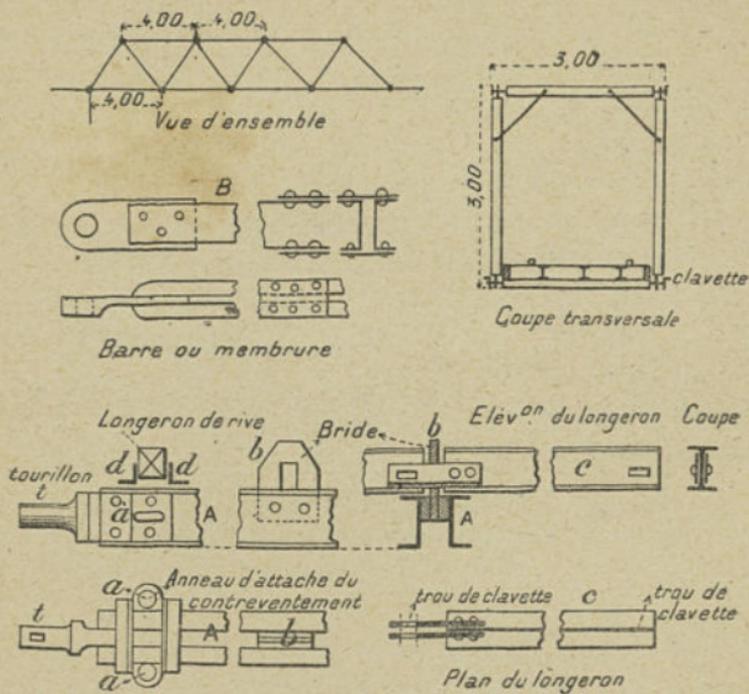
Il se compose de deux poutres de rive en treillis simple, dont la maille forme un triangle équilatéral, disposition caractéristique, qui permet de constituer les trois côtés au moyen de barres identiques, réunies simplement par des clavettes. Les nœuds inférieurs servent d'appui aux pièces de pont ; des entretoises s'assemblent sur les nœuds supérieurs. Le pont, dont l'ensemble constitue ainsi une poutre tubulaire, est contreventé dans le plan horizontal, en haut et en bas, par des croix de Saint-André munies de tendeurs à vis, et, dans le sens transversal, par des contrefiches rattachées aux entretoises supérieures.

Les pièces de pont supportent cinq longerons dont deux courent le long des rives ; ces longerons, en bois ou en acier, reçoivent le platelage du tablier de 40 millimètres d'épaisseur.

**Détail des éléments.** — Les longerons du tablier (fig. 92) s'assemblent entre eux au moyen d'un bout femelle, constitué par deux éclisses, embrassant le bout mâle du longeron voisin, formé par son âme elle-même. Une clavette assure l'assemblage. Les éclisses passent à travers une rainure ménagée dans une bride en tôle forte, maintenue elle-même entre les deux fers à T qui constituent la pièce de pont A ; le longeron et les pièces de pont se trouvent ainsi solidarisés.

Les barres du treillis et les membrures horizontales B sont des caissons formés de deux fers en  $\lfloor \_ \rfloor$ , embrassant, à leurs extrémités, une fourrure épaisse en acier, percée

d'un œil d'assemblage. Sur 2<sup>m</sup>,40 de longueur, dans la partie médiane, le caisson est fermé par deux tables en tôle.



A. pièce de pont, *t* tourillon à clavette  
a Anneau d'attache du contreventement, *b* bride

Fig. 92. — Pont Brochocki.

La pièce de pont se termine, à ses deux bouts, par des tourillons qui pénètrent dans l'œil des barres et des membrures, et que l'on clavette extérieurement. Elle porte, en outre, près du tourillon, sur sa face supérieure, deux cornières *d* entre lesquelles se fixe le longeron de rive en bois ; sur les âmes des  $\square$ , des anneaux d'attache *a* pour les tiges diagonales du contreventement horizontal ; enfin, au

droit des trois longerons intermédiaires, des brides *b*, en tôle, intercalées entre les  $\lfloor$  et dans la rainure desquelles passent, comme nous l'avons dit, les éclisses de longerons en fers à T.

**Caractéristiques d'un pont de 20 mètres.** — Un pont de 20 mètres comprend soixante-treize pièces principales et cent-treize pièces accessoires (contrefiches, clavettes, bagues). Le poids des pièces lourdes ne dépasse pas 115 kilogrammes, et, pour le plus grand nombre, elles ne pèsent que 60 kilogrammes.

Le poids total de la charpente métallique est de 4 632 kilogrammes. En y ajoutant 2 000 kilogrammes pour le platelage, on arrive au total de 6 632 kilogrammes, soit 331 kilogrammes par mètre courant. Chaque voiture d'équipage pouvant porter une charge de 1 200 kilogrammes, il faut donc six voitures pour transporter un pont de ce genre.

Le montage et la mise en place se font généralement au moyen d'un échafaudage léger en bois ; mais on peut aussi le lancer en le munissant d'un avant-bec.

D'après certaines expériences, il ne faudrait qu'une heure et demie pour lancer un pont de 20 mètres.

**Pont Cottrau.** — Le pont Cottrau est également composé de poutres de rive en treillis ; mais l'élément est constitué par un panneau de forme rectangulaire, présentant : deux membrures horizontales, deux montants et deux diagonales en croix de Saint-André.

On assemble les panneaux bout à bout en adossant et en boulonnant les montants continus formés de cornières dont les ailes transversales sont tournées en sens opposé.

Les mêmes panneaux, placés horizontalement, servent au contreventement, qui semble ainsi surabondant.

**Pont Rocchi.** — Le système italien Rocchi se distingue des précédents par ceci, qu'abandonnant la forme en poutre droite qui semble exigée si l'on veut composer la poutre de rive d'éléments identiques et interchangeables, l'inventeur, conservant la semelle supérieure rectiligne, donne à la semelle inférieure un tracé polygonal plus conforme à une bonne répartition des efforts.

Les panneaux à montants verticaux, qui composent la ferme, offrent ainsi un contour trapézoïdal. La simplicité des organes semble ici sacrifiée à une conception théorique et à l'économie de matière.

Les pièces de pont sont formées de poutres en treillis, assurant le contreventement transversal.

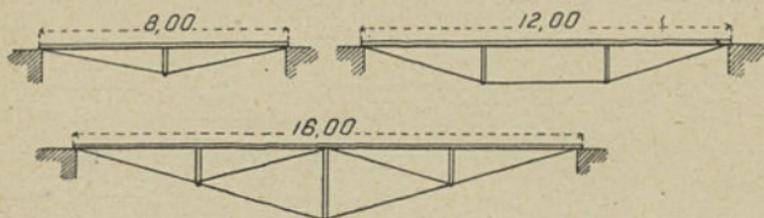
**Poutres à sous-tendeurs.** — Il est facile, enfin, d'imaginer des types de ponts, extrêmement variés de formes, conçus en s'inspirant des poutres à sous-tendeurs d'origine américaine et dont les figures ci-contre donnent quelques schémas.

Deux capitaines du Génie espagnol, MM. Marva et Mayer<sup>1</sup>, ont proposé un pont de ce genre, armé dans le système Bollmann.

Les fermes à sous-tendeurs sont faciles à construire et n'exigent, comme matériaux, que des pièces de bois et des fils de fer (des fils télégraphiques, par exemple). Ils sont également faciles à contreventer, soit dans le plan horizontal, en dessous du tablier, soit dans les plans trans-

<sup>1</sup> MARVA et MAYER.

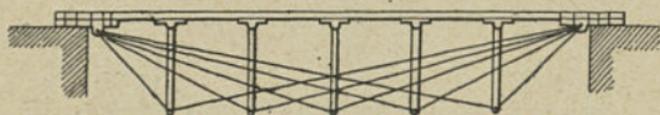
versaux, au moyen d'entretoises rigides au pied des aiguilles pendantes et de croix de Saint-André en fil de fer dans le panneau ainsi formé.



*Ferme Polonceau à sous-tendeurs*



*Poutre Fink*



*Poutre Bollmann*

Fig. 93. — Ponts à sous-tendeurs.

Il serait peut-être exagéré d'en faire des ponts de chemin de fer — ou du moins cette application exigerait un renforcement considérable des éléments, ce qui enlèverait au système la plupart de ses avantages ; mais on y trouvera de précieuses ressources pour les ponts coloniaux, en particulier.

**Passerelles en tubes (système Espitallier).** — Dans cet ordre d'idées, un des auteurs de cet ouvrage a lui-même fait construire, pour les besoins coloniaux, des

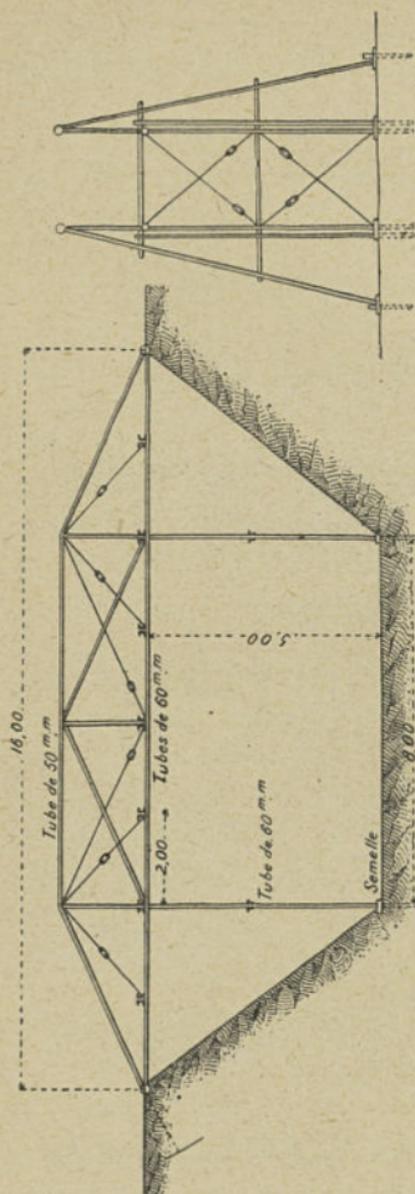


Fig. 94. — Passerelle coloniale de 16 mètres de portée.

passerelles uniquement composées de tubes de fer et de tendeurs en fil d'acier. On obtient ainsi des charpentes extrêmement légères et très so-

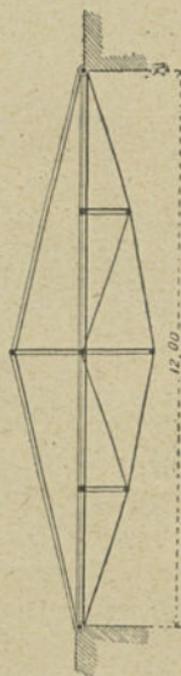


Fig. 95.  
Passerelle armée en tubes de fer) de 12 mètres de portée.

lides à la fois, dont nous donnons deux exemples dans les figures 94 et 95, sans qu'il soit nécessaire d'en faire une description détaillée <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Ces passerelles sont établies par la société de constructions démontables et hygiéniques à Paris.

## CHAPITRE XIV

### CONSERVATION, DESTRUCTION, RÉPARATION DES PONTS MILITAIRES

#### § 1. — CONSERVATION DES PONTS MILITAIRES

La tâche de l'ingénieur militaire n'est point terminée avec l'achèvement d'un pont : il faut encore en assurer la durée, en empêcher la destruction, et ce n'est pas toujours chose facile, en raison même des conditions un peu précaires qui ont nécessairement influé sur sa constitution.

Les dangers qui menacent l'ouvrage naissent de causes naturelles ou seront le fait de l'ennemi : quels qu'ils soient, on doit les prévoir et se prémunir contre eux par des précautions judicieuses.

Parmi les causes naturelles, il faut ranger tout d'abord les défauts des systèmes appliqués eux-mêmes.

C'est ainsi que les ponts sur supports flottants, et surtout les ponts suspendus, éprouvent une inévitable fatigue par suite de leur élasticité même. Les déformations alternatives que provoque le passage des charges mobiles, amènent rapidement leur dislocation et parfois leur rupture.

**Mesures de police concernant la circulation sur les ponts.** — Il en résulte une impérieuse nécessité de régler la circulation sur tous les ponts flexibles, de ma-

nière à atténuer les oscillations du tablier et à ne point leur laisser prendre une amplitude croissante, comme il arriverait notamment si le déplacement de la charge mobile se faisait avec une cadence régulière.

Voici quelques-unes des consignes qu'il conviendra d'imposer <sup>1</sup> :

*Pour l'infanterie* : les fantassins passant sur un pont en colonne par deux ou par quatre, devront rompre le pas. On évitera ainsi les trop fortes oscillations verticales.

*Pour la cavalerie* : les cavaliers et conducteurs mettront pied à terre ; les chevaux seront conduits en main et défilent par deux. Les hommes ne se remettent en selle qu'à une certaine distance de la sortie, afin d'éviter l'encombrement du débouché.

*Pour l'artillerie* : on prendra les mêmes précautions. En outre, les voitures marcheront une à une, à 10 mètres d'intervalle au moins et au milieu de la voie.

Si, malgré la consigne, deux voitures viennent à se croiser, si une voiture trop fortement chargée menace de rompre le tablier, il faut dégager le pont le plus rapidement possible, même en jetant une voiture et son chargement à l'eau.

*Mesures communes à toutes les armes* : si des fuyards ou des troupes en désordre se pressent pour traverser un pont, il faut les arrêter à l'entrée, mais jamais à la sortie.

Dès qu'une charge menace la sécurité du pont, il faut se garder de l'arrêter, mais au contraire accélérer son allure.

Si l'armée traîne à sa suite des troupeaux de bœufs, on ne laissera passer à la fois que 4 ou 5 de ces animaux

<sup>1</sup> ANONYME, 6.

qui ont tendance à se serrer les uns contre les autres et à concentrer ainsi en un même point une charge qui pourrait devenir dangereuse.

### Mesures de protection contre les agents extérieurs.

— Les causes naturelles de destruction d'un pont provenant des circonstances extérieures à cet ouvrage sont : les crues, les marées, les débâcles, le vent et la tempête.

Les *crues* ou la *marée*, agissant sur les supports flottants, dénivellent le tablier par rapport à ses culées ; si la longueur des cordages d'ancre reste fixe, le pont, en s'élevant, se déplace latéralement pour se rapprocher de la ligne d'ancrage. Les culées peuvent être ainsi disloquées ou démolies.

Lorsqu'on prévoit l'événement — et c'est le cas d'un fleuve à marées — on donne au tablier une forme concave, avec une disposition convenable des flotteurs qui permet à cette courbe de se redresser et de s'inverser même sans inconvénient ; nous avons décrit un dispositif de ce genre.

En tout cas, et faute de ce dispositif, il conviendra, dès le commencement de la crue, de relever les culées et de filer le cordage d'ancre, pour permettre au pont de s'élever verticalement ; on retend les cordages après la crue et l'on ramène les culées à leur niveau primitif.

Le *vent d'amont* ajoute son action à celle du courant et tend à emporter l'ouvrage. On y résiste en renforçant les ancrages.

Le *vent d'aval*, sans être aussi dangereux, soulève parfois des vagues assez fortes pour submerger les bateaux. Il n'y a qu'un remède ; c'est d'avoir des équipes toutes prêtes qui *écopent* l'eau au fur et à mesure.

Dans une *débâcle de glaces*, les glaçons peuvent couper les cordages d'amont que l'on est forcé de protéger, soit en les entourant de vieilles cordes, soit en les enveloppant dans un auget en bois.

On peut aussi les amarrer à des pilots de façon à ce qu'ils ne plongent pas dans l'eau, ou les remplacer, si on le peut, par des chaînes.

On protège les bateaux par un revêtement de fortes planches appliqué extérieurement sur l'avant-bec et sur les côtés.

Dans les ponts de pilotis, on établit, en avant de chaque palée, un *brise-glace* formé de quelques pilots reliés par un plancher incliné.

Si des glaçons s'arrêtent en amont du pont, il faut les diviser et les faire passer en aval. Si on n'y parvient pas, on doit pratiquer une coupure dans le pont. Dans le cas où, malgré cette mesure, l'amoncellement persiste, il faut s'attendre à voir le pont emporté.

Si l'on prévoit une débâcle, il faut se hâter de replier le pont.

Sans même parler des glaçons, il faut compter sur les troncs d'arbres, les embarcations en dérive, que les eaux charrient au moment des crues. Il faut compter, enfin, sur les entreprises de l'ennemi qui, pour ruiner le pont, lancera des épaves, des brûlots, des machines explosives.

**Estacades.** — On doit les arrêter à une distance de l'ouvrage assez grande pour que, si la barrière est forcée, on ait encore le temps d'aviser, de lancer des embarcations pour harponner l'engin et le ramener à la rive. Un millier de mètres semble nécessaire.

Dans ce but on construit des *estacades*.

Les unes sont formées d'une *chaîne flottante de troncs d'arbre* (sur 2 ou 3 en épaisseur, jumelles par des clameaux ou des cordes). Il suffit, pour les réunir, d'enfoncer à chaque extrémité une tige à anneau, qui sert à fixer une corde ou une chaîne d'attache.

Ces estacades flottantes, solidement amarrées aux berges, sont tendues obliquement sur le courant, parce que les corps flottants qui s'y heurtent sont ainsi immédiatement déviés et rejetés à la rive où ils s'échouent. Il suffit d'un angle de  $22^{\circ}$  sur le travers du courant.

On peut également construire des *estacades fixes*, au moyen de pilotis aussi rapprochés que possible et réunis, à fleur d'eau, par des moises ou des chapeaux.

Généralement on les établit en chevron, formant une ligne brisée dont l'angle saillant est au thalweg et tourné vers l'amont.

Enfin on allie quelquefois les deux systèmes, surtout si la rivière est très large, et l'on enfonce un certain nombre de pilotis très espacés, entre lesquels on attache des chaînes de troncs d'arbre. C'est ce qu'on appelle une *estacade mixte*.

**Emplacement des Estacades.** — Les estacades sont disposées en amont de l'ouvrage qu'il s'agit de protéger et l'on choisit, s'il est possible, un point où la rivière est divisée en plusieurs bras par des flots : les remous rendent déjà incertaine la marche des corps flottants ; la construction est en outre plus facilitée par la division en tronçons plus courts, et enfin la surveillance peut être aisément exercée d'un poste central.

**Protection des estacades.** — Pour éviter que ces

estacades soient elles-mêmes rompues par des flotteurs très lourds, ou qu'on les fasse sauter par des flotteurs chargés d'explosifs, on les protège parfois au moyen d'*estacades de sûreté* placées en avant, qui peuvent se réduire à des chaînes ou à des cordages maintenus à fleur d'eau par des flotteurs improvisés. Ces obstacles redoublés ont surtout pour but de provoquer l'explosion prématurée des machines infernales lancées par l'ennemi ; mais ils ralentissent aussi sensiblement les corps flottants accidentels, avant qu'ils abordent l'obstacle principal.

**Observatoires et surveillance.** — Ces moyens en quelque sorte passifs de protection doivent être complétés par une surveillance incessante qui est confiée à des postes d'observation placés à une distance assez grande en amont, et même en aval, si quelque danger peut survenir de ce côté. Ces postes sont munis d'une nacelle qui nage à la rencontre des corps suspects, les harponne au moyen d'un grappin attaché à un cordage d'ancre, et les mouille, en s'éloignant au plus vite, car une machine infernale peut exploser par le choc, au moment où le cordage d'ancre est tendu.

Sur l'estacade elle-même, on installe également un poste de surveillance, chargé d'arrêter les corps flottants qui auraient forcé l'obstacle.

Enfin un poste est spécialement chargé de surveiller et d'entretenir le pont, notamment en resserrant les attaches s'il y a lieu, en même temps qu'il fait respecter les consignes et mesures de police, lors du passage des troupes.

## § 2. — DESTRUCTION DES OUVRAGES

Une armée a fréquemment à détruire des ponts, — les siens, lorsqu'elle bat en retraite, ou ceux que tente d'établir l'ennemi.

Détruire ses propres ponts peut avoir des conséquences extrêmement graves, et c'est une mesure qui ne peut être prise que sur l'ordre écrit du commandement en chef, à l'heure assignée par lui.

L'opération porte, soit sur des ponts militaires, soit sur des ponts permanents, en bois, en métal, ou en maçonnerie.

**Destruction des ponts improvisés.** — Les premiers ne sont détruits que si, faute de temps, on ne peut pas les replier ; mais en tout état de choses, l'opération est facile.

Pour un pont de bateaux, on coulera les corps flottants, en pratiquant des trous dans le fond, après les avoir chargés de lest.

Un pont en bois se brûle après l'avoir enduit de goudron et de pétrole. On peut également le faire sauter. S'il s'agit d'un pont de chevalets, il suffit d'une charge de poudre de 30 à 50 kilogrammes placée contre un chevalet, sous 2 à 3 mètres d'eau, pour renverser deux ou trois travées. Avec la mélinite on réduit les charges de moitié.

Pour un pont de pilotis, la charge est placée, dans les mêmes conditions, au pied du pilot central d'une palée ; cela suffit à renverser toute la palée.

**Destruction des ponts en maçonnerie.** — La démolition d'un pont en maçonnerie est sans doute plus diffi-

cile. L'opération la plus efficace sera celle qui détruira les piles et les culées, puisqu'elle entraînera la chute des voûtes ; mais elle est d'une exécution lente et laborieuse. La destruction des arches, en plaçant des explosifs dans des tranchées transversales, est plus aisée ; mais les piles et les culées qui subsistent alors facilitent les réparations.

Dans tous les cas, il s'agit d'un travail qui ne peut guère être improvisé. C'est pourquoi on établit, dès le temps de paix, des *dispositifs de mine permanents* dans tous les ouvrages dont la destruction éventuelle peut être prévue en temps de guerre.

Ces dispositifs consistent en puits creusés dans les piles et culées, avec chambres d'explosifs. Nous n'examinerons pas ces ouvrages qui sortent de notre programme.

Quant aux ponts métalliques, on peut les attaquer soit par les piles ou les culées, soit par les travées. Dans le premier cas, la destruction se fait comme pour les ponts en maçonnerie ; dans le second, il s'agit de trancher les poutres principales, suivant des sections convenablement choisies, ce que l'on obtient en fixant, sur les membrures et les principales pièces, des chapelets de cartouches de dynamite, qu'on réunit par du *cordeau instantané*, de manière que la mise de feu détermine leur explosion simultanée.

**Destruction d'un équipage de pont.** — Il peut arriver qu'on soit forcé de détruire un équipage de pont, lorsqu'on se trouve dans l'impossibilité absolue de le traîner, faute d'attelages. C'est ce qui s'est produit dans la retraite de Russie, où l'équipage fut brûlé à Orscha, à trente lieues avant d'atteindre la Bérésina.

Dans ce cas il importe d'en dérober le mieux possible

la connaissance à l'ennemi, afin de ne pas lui dévoiler la situation critique dans laquelle on se trouve.

A cet effet on brûle le matériel en arrière d'un rideau d'arbres, ou si possible au fond d'un ravin. On peut aussi le détruire en se servant de la hache et de la scie pour en mettre les différentes pièces hors de service : on fausse les ferrures et on les disperse au loin ou on les noie. Il suffit de quelques heures à une centaine d'hommes pour détruire tout un équipage.

**Destruction à distance des ponts de l'ennemi. —**

La destruction des ponts de l'ennemi, sauf le cas où un vigoureux mouvement offensif permet de les atteindre, se fait à distance à coups de canon, ou en lançant, sur le fleuve lui-même, des corps flottants, des brûlots ou des machines infernales.

Des troncs d'arbre, des radeaux chargés de pierres ont des chances de disloquer un pont, s'ils sont assez lourds et le courant assez rapide.

Les brûlots ont l'inconvénient d'être aperçus de loin. Ils échappent difficilement à la surveillance des postes d'observation qui peuvent les arrêter sans trop de danger. Pour intimider les sauveteurs, on place sur les brûlots des obus et des grenades qui éclatent successivement.

Une meule de foin portée sur un radeau constitue un excellent brûlot, à cause de la chaleur que rayonne sa combustion et qui empêche d'en approcher.

On peut aussi placer des tonneaux de pétrole sur de grands bateaux qu'on abandonne au courant. Au moyen d'un dispositif quelconque, ces bateaux couleront un peu en amont du pont à détruire, et les barils de pétrole, disposés de façon à ce que le liquide s'en échappe facilement,

prendront feu. Une couche de pétrole enflammé se répandra sur la rivière et incendiera le pont.

Les corps flottants destinés à faire sauter l'ouvrage, appelés parfois *machines infernales*, sont disposés de façon à faire explosion au moment où ils viennent heurter le pont. On les dissimule le plus possible en les lestant de telle sorte qu'ils ne dépassent que de très peu la surface de l'eau. Le feu est mis au moyen d'un dispositif qui provoque la détonation au moment du choc contre le pont. On peut, à cet effet, employer un levier qui, dépassant le niveau de l'eau, accrochera le tablier et agira au même instant sur le rugueux d'une étoupille placée dans une charge de poudre ou en regard d'un détonateur au fulminate de mercure.

C'est surtout la nuit qu'il convient de lancer les machines infernales pour ne pas éveiller l'attention de l'ennemi. On en lance un grand nombre à la fois, afin que quelques-unes d'entre elles puissent échapper à la surveillance du poste d'observation. Si ce dernier est vigilant, l'entreprise aura peu de chances de réussir.

### § 3. — RÉPARATION DES PONTS EN TEMPS DE GUERRE

Il ne suffit pas de savoir détruire, à la guerre ; il faut également réparer et remettre en service les ouvrages ainsi mis hors d'état par l'ennemi, et les circonstances sont si diverses, en face desquelles se trouve alors l'ingénieur militaire, qu'on ne saurait lui tracer de règles précises et qu'on doit compter avant tout sur son esprit d'initiative et de décision, aussi bien que sur les ressources de son expérience.

**Ponts de bateaux.** — Souvent la destruction d'un pont de bateaux est très incomplète. On a percé le fond des flotteurs qui se sont enfoncés ; mais le tablier lui-même est plus léger que l'eau, et tout l'ensemble s'arrête lorsque le platelage est tout juste à fleur d'eau. Si les plats-bords des bateaux dépassent le niveau, il faut épuiser rapidement et aveugler les voies d'eau aussitôt qu'elles sont apparentes.

Le plus souvent, il s'agira de renflouer des bateaux coulés par le fond.

Le premier moyen consiste à installer sur l'emplacement une portière de deux bateaux réunis à un intervalle de 2 mètres. Des hommes passent une amarre ou une chaîne sous l'avant de l'épave, puis une autre sous l'arrière. En se portant toute à l'une des extrémités, l'équipe fait enfoncer le bateau par cette pointe ; on peut alors raccourcir l'amarre. On pratique la même opération en se portant à l'extrémité opposée ; si, alors, les hommes quittent la portière et s'embarquent sur une nacelle, la portière délestée se soulève en entraînant l'épave dans son mouvement d'ascension.

Tout le système est alors dirigé jusqu'à un point où cette épave s'échoue de nouveau. En recommençant la même opération que tout à l'heure, on la remonte encore un peu, jusqu'à ce qu'on puisse enfin l'amener à la rive.

On peut faciliter singulièrement cette manœuvre si l'on dispose de deux cabestans qu'on place sur la portière et qui tirent progressivement sur les amarres.

**Remplacement d'un bateau endommagé.** — Comme on le voit, il serait fort long d'essayer le renflouement de tous les bateaux d'un pont, coulés à fond, et l'on peut

considérer qu'une pareille opération n'est point praticable en campagne ; mais il arrive souvent qu'il faille remplacer un bateau endommagé, quelle qu'en soit la cause.

Malgré qu'il fasse eau, il reste suspendu au tablier qui est lui-même soutenu par les supports voisins. Le plus simple est de détacher le brèlage et de substituer au flotteur défectueux un autre point d'appui (bateau, nacelles accouplées ou chevalet).

**Réparation des ponts permanents.** — Il suffit, pour se rendre compte de la variété des cas et des solutions, de parcourir une relation des travaux considérables que la réparation des ponts a nécessités au cours d'une guerre un peu longue et qui s'est déroulée sur une grande étendue de territoire.

A cet égard, l'étude de la guerre de 1870 est particulièrement instructive. Les travaux du génie des deux armées ont été relatés avec soin dans des ouvrages techniques français et allemands <sup>1</sup>, et l'on y peut puiser les documents les plus précieux à cet égard.

Les moyens à mettre en œuvre varient évidemment avec les matériaux dont on dispose, mais surtout avec l'état de la brèche qu'il s'agit de franchir, et qui, dans la destruction des ponts en maçonnerie, affecte les formes les plus imprévues.

Ce que nous avons dit et les divers procédés que nous avons indiqués à propos des ponts de circonstance s'applique ici avec les modifications qu'entraîne l'état irrégulier des ruines.

<sup>1</sup> P. DE GOLTZ. 1. 2. 3. — *Mémorial du Génie.*

**Chevalet sur décombres ou sur bateau.** — La réparation serait bien facilitée si la faible hauteur du tablier permettait de se servir de chevalets, de pilots ou même de bateaux, pour constituer des supports intermédiaires.

Les figures 96, 97 montrent comment on utilisera

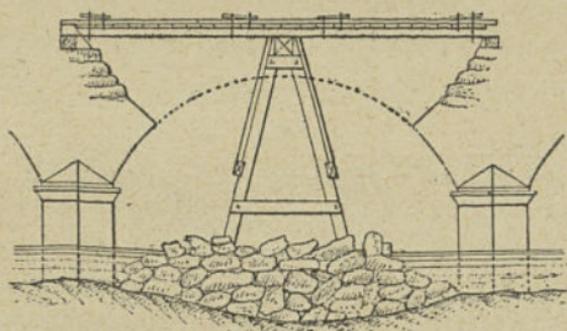


Fig. 96. — Chevalet sur décombre.

un chevalet monté sur les décombres de l'arche ; c'est

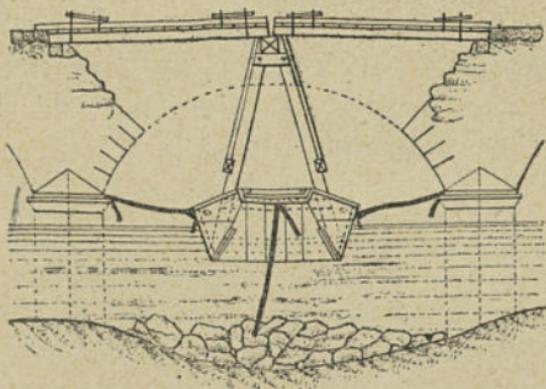


Fig. 97. — Chevalet sur bateau.

le procédé qui permit de réparer le pont de Dresde, après la bataille de Lutzen, en 1813.

Il exige en général des chevalets de grande hauteur, que l'on peut parfois réduire, au cas où, malgré les décombres, la profondeur de l'eau permet de faire flotter un bateau, dont on se servira pour soutenir le chevalet (fig. 97).

Cette méthode permet de franchir des brèches d'environ 6 mètres. Il convient d'établir le tablier en dos d'âne sur le chevalet, pour tenir compte de l'enfoncement qui se produira au passage des charges.

**Chevalet sur pile rompue.** — Lorsque la brèche a été produite par la rupture d'une pile dont la partie intacte dépasse un peu le niveau de l'eau, on y dresse une plateforme sur laquelle il est facile d'établir une palée-support, appuyée et contreventée sur des semelles.

**Dispositif de la travée.** — Quant au dispositif de la travée elle-même, lorsque la portée dépasse celle d'un longeron, c'est-à-dire 4 ou 5 mètres, on y appliquera un des nombreux procédés utilisant des fermes avec sous-poutres ou contrefiches, sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans les détails de ces constructions.

**Ponts par encorbellements.** — On peut également, pour franchir une brèche, disposer tout d'abord un lit de pièces de bois s'avancant en encorbellement au-dessus du vide, et chargées sur l'arrière, le plus possible, de rondins et de terre. Il suffit ensuite de jeter sur la portée ainsi réduite une travée de longerons.

Les ponts par encorbellements sont connus depuis la plus haute antiquité. Viollet le Duc, dans son *Diction-*

*naire d'Architecture*<sup>1</sup>, fait remarquer que les ponts de bois construits par les Gaulois et décrits par César ne sont autre chose que des ouvrages de ce genre.

La tradition n'en est pas tout à fait perdue et l'on trouve encore des ponts par encorbellement en Savoie, comme on en voit aussi dans la région du Kashmir où ils sont, paraît-il, d'un usage fréquent<sup>2</sup>.

**Exemple du puente Murcella.** — Les applications en campagne en sont rares, sans doute à cause de la sécurité précaire qu'ils présentent.

Cependant le procédé peut rendre quelques services lorsqu'on dispose de peu de ressources, et on en peut citer un exemple emprunté aux guerres d'Espagne.

Lorsque Masséna, en 1811, eut échoué devant les lignes de Torrès-Védras, il eut, dans sa marche en retraite, à franchir l'Alva, sur laquelle il trouva le pont rompu et présentant une brèche de 18 mètres. Ne disposant d'aucun matériel de franchissement, il fit abattre quelques

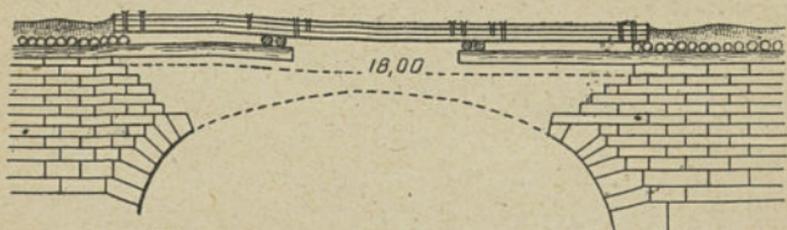


Fig. 98. — Réparation par encorbellements.

grands pins qu'on plaça des deux côtés de la coupure, les gros bouts portant sur la chaussée et les petits bouts dé-

<sup>1</sup> VIOLLET LE DUC.

<sup>2</sup> P. 1 et 2.

passant le bord de la brèche au  $\frac{1}{3}$  de sa longueur (fig. 98).

La partie des arbres reposant sur le pont fut recouverte d'autres arbres plus petits placés en travers, qu'on chargea ensuite de terre de manière à former contrepoids, sans qu'ils puissent basculer. Sur l'autre extrémité de ces arbres, on brêla deux pièces de bois formant traverses, sur lesquelles vinrent s'appuyer les poutrelles du tablier qui se composait ainsi de trois parties. Les madriers étaient remplacés par de forts rondins jointifs, brêlés sur les poutrelles.

Cette construction qui n'exigea aucun approvisionnement spécial, permit de rétablir la communication en quelques heures, et toute l'artillerie de Masséna défila sur le pont qui résista parfaitement.

**Pont de Pinhel, sur la Coa.** — Nous citerons enfin, comme exemple de réparation d'un pont en maçonnerie, rompu par la mine, le dispositif employé par les Anglais pour réparer le pont de Pinhel, sur la Coa. La coupure avait  $20^m,50$  d'ouverture et la chaussée du pont se trouvait à  $22^m,50$  au-dessus du niveau de l'eau. On commença par arc-bouter deux cadres formés d'arbres réunis par des traverses. Ces cadres furent maintenus par les câbles qui avaient servi à leur placement par rotation, ils furent ensuite réunis par deux entrails moisés et par un chapeau brêlé sur l'enfourchement et qui servit de support aux poutrelles du tablier. Enfin on diminua la portée de celles-ci en les faisant reposer sur deux chapeaux supportés par des chandelles, s'appuyant elles-mêmes sur les montants des cadres au points de jonction de ces montants avec les entrails (fig. 99).

Le dispositif est connu sous le nom de *dispositif d'Almeida*<sup>1</sup>.

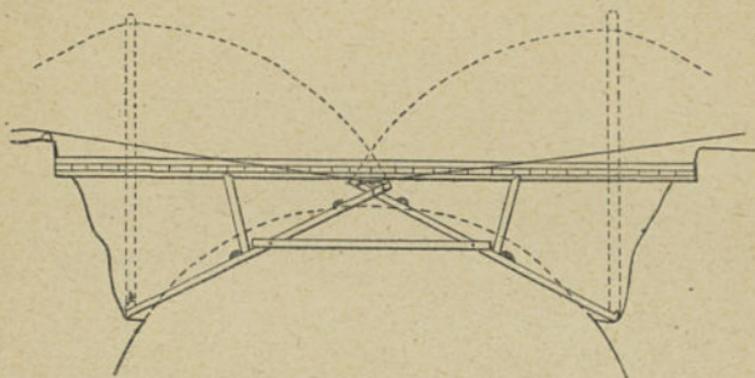


Fig. 99. — Dispositif d'Almeida.

**Pont Tarron.** — Enfin parmi les dispositifs de franchissement des grandes brèches, rappelons le pont Tarron dont nous avons déjà parlé et qui est susceptible de rendre tant de services, en s'adaptant aux circonstances les plus variées.

<sup>1</sup> ANONYME, 19.



## INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

---

- L. B. (Col. BERTRAND). 1 Passerelles Kromhout. *Revue du génie*, 1889. Berger-Levrault, Paris.  
2. Lancement d'un pont sur une rivière à marées. *Revue du génie*, 1891.
- P. (cap. PIERARD). 1. La construction des ponts de circonstance dans l'Inde anglaise. *Revue du génie*, 2<sup>e</sup> sem, 1896.  
2. Même sujet. *Revue du génie*, 2<sup>e</sup> sem. 1897.
- ANONYME. 1. *Historique du corps des pontonniers*, 1891. Charles Lavauzelle, Paris. In-12.  
2. *Ecole de ponts*, 1<sup>er</sup> fascicule, 1902. Imprimerie nationale. In-8<sup>o</sup>.  
3. *Ecole de ponts*, 1902. Imprimerie nationale. In-8<sup>o</sup>.  
4. *Ecole des mines*, 2<sup>e</sup> fascicule, 1902. Imprimerie nationale. In-8<sup>o</sup>.  
5. *Notice approuvée par décision ministérielle du 11 juillet 1902*. Paris.  
6. *Instruction pratique provisoire du 8 juin 1897 sur le service du génie en campagne, titre XV*. Paris.  
7. *Instruction sur le lancement du pont Marcille de 30 mètres*. Ecole de chemin de fer. Inédit.  
8. *Instruction sur l'emploi du pont Henry de 30 mètres*. Paris.  
9. *Instruction sur le montage et la mise en place des ponts-routes du 27 mai 1895*. Paris.  
10. *Instruction pour la cavalerie allemande du 6 avril 1893*.  
11. *Pionier-Taschenbuch (XI Abschnitt : Pontonieren)*. Berlin.  
12. *Instruction in military Engineering, military Bridges*. London.  
13. *Feld-Taschenbuch für genie and Pionier Offiziere*. Wien 1881.

- ANONYME. 14. Le chevalet van Cauwenberge. *Revue de l'armée belge*, t. I, 1892.
15. Le matériel de pontage de la cavalerie allemande. *Revue du cercle militaire*, 1893, n° 31.
16. I materiali da ponte della cavalleria tedesca ed austriaca. *Rivista di artiglieria e Genio*. Déc. 1904. Roma
17. Ponts de cavalerie. *Revue de la cavalerie*, 1889. Berger-Levrault, Paris.
18. Pont Brochocki. *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale en France*, mars 1893.
19. Dispositif d'Almeida. *Revue du génie*, 1898, 2<sup>e</sup> sem., p. 255.
20. Note sur la substitution du métal au bois dans les bateaux des équipages de pont. *Revue du génie*, 1902, 2<sup>e</sup> sem., p. 517.
21. Construction d'un pont de bateau sur la Seine. *Revue du génie*, 2<sup>e</sup> sem., 1893, p. 170.
22. Pont Tarron sur le Bonrieux. *Revue du génie*, 1905, 1<sup>er</sup> sem., p. 450.
23. *Professional papers of the corps of royal engineers*, 1897.
24. *Illustration*, sept. 1901.

ARON (capitaine d'artillerie).

1. Description des principaux équipages de ponts étrangers. *Revue d'artillerie*, juillet 1875.
2. Même sujet. *Revue d'artillerie*, juillet 1876.
3. Même sujet. *Revue d'artillerie*, décembre 1877.

G. BÉTHUYS et Cl. MANCEAU [G. ESPITALIER]. *L'Outillage d'une armée*. Lecène et Oudin, Paris. Grand in-8°.

BIRAGO (Chevalier). *Untersuchungen über die europäischen Militärbrückentrains*. Shants, Wien. Traduit en 1845 par le capitaine d'artillerie J. T. : *Recherches sur les équipages de ponts militaires en Europe*. Corréard, Paris.

CÉSAR. Commentaires.

CONSIDÈRE (Ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées). Mémoire sur l'emploi du fer et de l'acier dans la construction. *Annales des Ponts-et-Chaussées*. Mémoires et documents, 6<sup>e</sup> série, t. XII, 1886, 1<sup>er</sup> sem.

- DELACROIX (capitaine du génie). *Instruction pratique sur la construction et le lancement des ponts du système Tarron*, 1905. Imprimerie nationale, Paris.
- G. ESPITALIER. 1 (commandant du génie). *Ponts et viaducs*, H. Charles Lavauzelle, Paris. Gr. in-8°.
- 2 (lieutenant-colonel). Une passerelle pour la cavalerie. *La Nature*, 25 oct. 1902.
3. Une passerelle pour la cavalerie. *La Nature*, 31 oct. 1903.
4. *Le rôle de l'ingénieur colonial*, 2<sup>e</sup> éd., 1904. Ecole spéciale de travaux publics et Augustin Challamel. In 8°.
5. (V. G. BÉTHUYS).
- FOY (général). *Histoire des guerres d'Espagne*, 1828. Baudoin et Cie, Paris.
- FRANCK (commandant du génie). *Notice sur la construction des ponts militaires*, 1899. Lithogr. de l'école d'Application.
- GISCLARD (commandant). 1. Ponts funiculaires. *Génie civil*, t. XIX, p. 185.
2. Dispositif funiculaire pour ponts de guerre ou de colonisation. *Revue du génie*, 1896, p. 193.
- GISCLARD (lieut.-colonel). 3. Les ponts du Haut-Ogoué. *Génie civil*, t. XXIX, n° 20.
4. *Nouveaux types de ponts suspendus rigides*, 1906. Publications du Génie civil. In-8°.
- GOLTZ (général Von der). 1. *Opérations du génie allemand en 1870* (traduction Grillon), Paris.
2. *Feldzug 1870-71 Die Operationen der II<sup>e</sup> Armée*. Berlin, 1873-75. Ernst Siegfried Mitther u. sohn.
3. *Die sieben Tage von Le Mans, nebst einer uebersicht über die Operationen der II<sup>e</sup> Armée gegen den Loir in Dezember 1870*, Berlin 1872. Même éditeur.
- HABERT (commandant). 1. *Conversations sur le passage des cours d'eau*, 1905. Martin frères. Châlons-sur-M.

- HABERT (commandant). 2. *Notice sur le radeau-sac*. Martin frères, Châlons sur-Marne.
- HENRY (colonel). 1. *Ponts et viaducs mobilisables à éléments portatifs en acier*, 1892. Berger-Levrault, Paris. In-8°.  
2. *Architecture mobilisable*, 1900. Chapelot, Paris. In-8°.
- HERBERT (major). *Mitteilungen ü. G d. A. u. Geniewesens*, 5 Heft 1904, Wien.
- KREITMANN (commandant). *Le service du génie au Tonkin*. Berger-Levrault, Paris. In-8°.
- LEGRAND (com<sup>te</sup>). *Le génie à Madagascar*. Berger-Levrault. Paris. In-8°.
- LEROSEY (commandant). *Ponts improvisés et ponts démontables*, 1889. Lith. de l'école d'Application.
- MARVA et MEYER. *Projet de tablier métallique pour le rétablissement des ponts de voies ferrées en campagne*. Barcelone 1883.
- MARCILLE (capitaine). *Notice sur le rétablissement du pont de Clerval sur le Doubs en janvier 1871. Mémorial du génie*, n° 24.
- MEUDRA (cap. du génie). *Ponts militaires et passages de rivières*, 1873. Dumaine, Paris.
- NAPOLÉON. 1. *Commentaires*.  
2. *Correspondance*.
- PAULIN (colonel du génie). *Relation du passage de la Bérésina*.
- PÉRISSÉ. *Chute par gauchissement d'un pont démontable. Bulletin de la Société des ingénieurs civils de France*, juin 1901, Paris.
- SCHARR (major). *Matériel de ponts pour la cavalerie allemande. Jahrbücher für die armee und Marine*, mai 1904. A. Bath, Berlin.
- SPACCAMELA (maggiore). *I pontieri negli eserciti di Europa. Rivista di artiglieria ed genio* (settembre e ottobre 1892).
- THIERS. *Histoire du Consulat et de l'Empire*. Furne, 1865 Paris.
- THIVAL. *Passages des cours d'eau dans les opérations militaires*, 1881. Baudoin, Paris.
- TARRON (lieutenant du génie). *Etude sur un nouveau pont militaire pour la réparation des grandes brèches et le franchissement des torrents. Revue du génie*, 1902, 2<sup>e</sup> sem., p. 195 et 299.
- VIOLLET-LE-DUC. *Dictionnaire d'architecture*.
- WEITTE (Van). *Passage des cours d'eau et ponts militaires*, 1894. Berger-Levrault, Paris.
- WORMSER (commandant du génie territorial). *Un système français de ponts légers pour les troupes d'infanterie. Revue du cercle militaire*, n° 40, 1<sup>er</sup> octobre 1893, Paris.

## TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS ET DES MATIÈRES

	Pages		Pages
Action du courant . . . . .	114	Belge (matériel) . . . . .	92
» du vent. . . . .	115	Bérésina (passage-de la) . . . . .	17
» sur l'ancre. . . . .	116	Berthon (bateau démon- table) . . . . .	86
Adour (pont sur l') . . . . .	194	BÉTHUYS et Cl. MANCEAU . . . . .	17
Allemand (matériel) . . . . .	84	Betsiboka (pont sur la) . . . . .	167
Almeida (dispositif d') . . . . .	274	Birago . . . . .	76
Amarrage . . . . .	52	Bonrieux (pont sur le) . . . . .	183
Américain (matériel) . . . . .	95	Brélage . . . . .	45
Ancrage renforcé . . . . .	117	Bordage . . . . .	71
» des haubans de retenue . . . . .	199	Brochocki (pont) . . . . .	252
Ancre . . . . . 50, 84,	97	Câbles (calcul des). . . . .	190
ARON . . . . . 95,	97	Calcul du tablier . . . . .	41
Arcs de chaînette (pont sur) . . . . .	192	» des pilots . . . . .	166
Austro-Hongrois (matér.) . . . . .	88	Capok . . . . .	75
Avant-garde (passerelle d') . . . . .	126	Chaînette (pont sur) . . . . .	189
Bac . . . . .	157	CÉSAR . . . . . 7,	8
Bateau allemand . . . . .	84	Charges des ponts mili- taires . . . . .	40
» anglais . . . . .	84	Chariot . . . . . 70,	81
» américain . . . . .	95	Chevalet à deux pieds . . . . .	75
» belge . . . . .	92	» belge . . . . .	92
» français . . . . .	91	» Cauvenberghe . . . . .	93
» italien . . . . .	95	» (ponts de) . . . . .	119
» russe . . . . .	97	» (mise en place). . . . .	122
» d'équipage . . . . .	59	» à 4 pieds 150,	216
» en bois, en métal. . . . .	60	» palée . . . . .	218
» divisible . . . . . 63,	188	» bigue . . . . .	218
» pont en bateaux de commerce . . . . .	136	» Kromhout . . . . .	219

	Pages		Pages
Chevalets (emploi des)		GISCLARD . . . . .	193, 201
pour réparation des		GOLTZ (général von der).	270
ponts détruits . . . . .	271	Gribeauval (matériel). . . . .	12
Cinquenelle. . . . .	52, 55, 180	Guindage . . . . .	47, 91, 104
Conservation des ponts . . . . .	259	HABERT . . . . .	148, 215
CONSIDÈRE . . . . .	252	Haquet . . . . .	68, 79
Construction des ponts		HENRY . . . . .	241, 248
d'équipage . . . . .	100	HERBERT (major) . . . . .	128
Construction de chevalets	159	Historique du corps de	
Conversion (méth. par) . . . . .	110	pontonniers . . . . .	14
Cordages (pont sur) . . . . .	189	Indien (matériel) . . . . .	88
Corps mort. . . . .	54, 78	Italien (matériel) . . . . .	95
Corps perdus . . . . .	52	Jaugeage . . . . .	138
Corps de support . . . . .	49, 59	Jumelage . . . . .	45
Cottrau (pont) . . . . .	255	KREITMANN . . . . .	213
Courant (vitesse du) . . . . .	29	Kromhout (chevalet) . . . . .	219
» (action du) . . . . .	144	Lancement . . . . .	110, 179,
Cours d'eau. . . . .	28	234, 246. . . . .	251
Culées . . . . .	54	LEGRAND . . . . .	168
DELACROIX . . . . .	174, 183	LEROSEY . . . . .	253
Destruction des ponts . . . . .	265	Lobau (pont de l'île) . . . . .	113
Dimensions des bateaux		Madriers. . . . .	42, 67
d'équipage . . . . .	59	MARCILLE . . . . .	231
Divisible (bateau). . . . .	63	Marée (pontage sur un	
Eiffel (pont) . . . . .	249	fleuve à) . . . . .	124
Efforts auxquels un pont		Marovoay (pont du) . . . . .	214
est soumis . . . . .	34	MARVA et MEYER . . . . .	256
Empilage . . . . .	211	Massouro (pont sur le) . . . . .	205
Encorbellement (pont par)	272	Matériel de ponts . . . . .	5
Erosion . . . . .	31	» de transport. . . . .	68
Equipage . . . . .	57, 266	» français . . . . .	71
ESPITALIER, I, 23, 230, 201	257	» allemand, anglais	84
Estacades . . . . .	262	» indien. . . . .	88
Foy (général) . . . . .	16	» austro-hongrois . . . . .	88
Franchissement des ri-		» belge . . . . .	92
vières . . . . .	25	» américain, italien	95
Franchissement des fossés	224	» russe . . . . .	97
FRANCK . . . . .	219	» (ponts métall.). . . . .	226

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS ET DES MATIÈRES 283

	Pages		Pages
Mesures de police . . . . .	259	Pont sur cordages . . . . .	189
Méthodes improvisées (cir- constances de leur em- ploi) . . . . .	1	» Gislard . . . . .	193
Méthodes de construction des ponts . 100, 105, 108, 110, 161 . . . . .	179	» suspendu flexible . . . . .	195
MEURDRA . . . . .	78	» » rigide . . . . .	200
Mouillage d'une ancre . . . . .	50	» de voiture . . . . .	210
Nacelle . . . . . 65,	75	» poisson . . . . .	224
Niemen (pont sur le) . . . . .	149	» de chemin de fer . . . . .	226
Observatoire . . . . .	264	» à sous-tendeur . . . . .	256
Opérations préliminaires . . . . .	27	» en tubes . . . . .	257
Oscillations transversales . . . . .	48	» volant . . . . .	150
Palée . . . . . 165,	217	Pontage . . . . . 86, 91,	124
Panier d'ancrage . . . . .	52	Ponton . . . . .	59
Parties (méth. de constr.) par) . . . . .	108	Pontonnières (organis.) . . . . .	13
Passage de rivières (con- ditions de l'opération). . . . .	4	Portières . . . . . 105,	149
Passerelles . . . . .	126	Poupée . . . . .	71
» Veyry . . . . .	130	Poutrelles ordinaires 43,	
» de circons- tance . . . . .	214, 220	66 . . . . .	78
PAULIN (colonel) . . . . .	20, 22	Poutrelles de guindage . . . . .	47
PERISSÉ . . . . .	240	» à griffe . . . . .	77
Pilotis (pont de) . . . . . 163,	169	Profil d'un cours d'eau . . . . .	33
Pinhel (pont de) . . . . .	274	Protection des ponts contre les crues, marées, dé- bâcles . . . . .	261
Pont (éléments d'un pont militaire). . . . .	34	Puente Murcella . . . . .	273
Pont d'équipage (constr.). . . . .	100	Radeau d'arbres . . . . .	141
» de chevalets à 2 pieds . . . . .	119	» de tonneaux . . . . .	147
» de circonstance 134,	158	» sac . . . . .	215
» chevalets à 4 pieds . . . . .	159	Reconnaissance . . . . .	27
» de charpente . . . . .	171	Relevage d'une ancre . . . . .	51
» de pilotis . . . . . 163,	169	Réparation des bateaux, 63 . . . . .	269
» de radeaux . . . . .	141	Réparation des ouvrages . . . . .	268
» Tarron . . . . .	174	Repliement des ponts, 104, 107 . . . . .	117
		Résistance horizontale du tablier . . . . .	45
		Résistance d'un radeau . . . . .	145
		» d'un pilot . . . . .	166

## 284 TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS ET DES MATIÈRES

	Pages		Pages	
Sac Habert . . .	148,	215	VAN WETTER . 13, 48,	
SCHARR (major) . . .	127		66, 92, 149 . . . .	166
SPACCAMELLA . . . .	95		VIOLLET-LE-DUC . . . .	273
Supports-fixes. 49, 119,	158		WORMSER . . . . .	130
» flottants . 49,	135			

---

## TABLE SYSTÉMATIQUE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION . . . . .	I

Des circonstances où des méthodes improvisées s'imposent ; De l'importance des opérations de passage des rivières, à la guerre ; Nécessité de matériels spéciaux pour les ponts militaires ; Les premiers ponts militaires dans l'histoire ; Ponts de César ; Ponts au xvii<sup>e</sup> siècle ; Équipages de ponts au xviii<sup>e</sup> siècle ; Matériel Gribeauval ; Les ponts au xix<sup>e</sup> siècle et de nos jours ; Organisation des pontonniers en France ; A quelle arme doivent appartenir les pontonniers ? Les ponts de la Bérésina.

### CHAPITRE PREMIER

#### *Considérations générales*

§ 1. <i>Des opérations militaires de franchissement.</i> — Connaissances générales nécessaires ; Classification sommaire des moyens de franchissement ; Caractéristiques d'un ouvrage militaire ; Opérations préliminaires ; Etude et reconnaissance . . . . .	25
§ 2. <i>Aperçu général sur les cours d'eau.</i> — Pente des cours d'eau ; Vitesse moyenne ; Vitesse au thalweg ; Force d'entraînement et d'érosion ; Sinuosités ; Modifications accidentelles du lit des rivières . . . . .	28

## CHAPITRE II

*Eléments généraux d'un pont militaire*

- § 1. *Composition d'un pont militaire.* — Classification; Efforts auxquels un pont est soumis; Qualités d'un pont militaire . . . . . 37
- § 2. *Du tablier aux charges statiques et roulantes.* — Composition du tablier; Résistance du tablier et des poutrelles; Charges des ponts militaires; Calcul des éléments du tablier . . . . . 38
- § 3. *Résistance horizontale du tablier.* — Brèlage et jumelage; Guindage; Mesures contre les oscillations transversales . . . . . 45
- § 4. *Des corps de support.* — Des supports fixes; Des supports flottants; De l'ancre; Mouillage et relevage d'une ancre; Moyens de suppléer les ancres; Paniers d'ancrage, Corps perdus; Amarrage aux rives ou à une cinquenelle . . . . . 49
- § 5. *Des culées.* — Réactions des culées; Redressement du pont; Tracé du pont . . . . . 54

## CHAPITRE III

*Des équipages de ponts*

- § 1. *Considérations générales.* — Nécessité d'avoir un matériel spécial; Conditions essentielles auxquelles doit satisfaire un matériel de pont . . . . . 57
- § 2. *Des corps de support flottants d'un équipage de pont.* — Bateaux ou pontons; Dimensions; Forme; Bateaux en bois et en métal; Avantages et inconvénients des bateaux en bois; Adoption du bateau métallique en France; Inconvénients des bateaux divisibles; Réparation des voies d'eau; Résumé; Accessoires; Nacelles et supports fixes complémentaires . . . . . 59
- § 3. *Matériel du tablier.* — Poutrelles; Madriers; Cordages . . . . . 66

	Pages
§ 4. <i>Matériel de transport.</i> — Haquets à bateaux; Chariots . . . . .	68

## CHAPITRE IV

*Equipages de ponts français et étrangers*

§ 1. <i>Matériel français.</i> — Bateau d'équipage en bois (modèle 1853); Bateau métallique (mod. 1901); Nacelle métallique; Chevalet à deux pieds; Avantages et inconvénients du chevalet Birago; Matériel complémentaire; Longueur des travées; Haquet à bateau; Chariot de parc; Composition de l'équipage; Mobilité de l'équipage français; Moyens de débarquement; L'équipage convient à toutes les rivières; Il peut supporter les plus lourds fardcaux militaires; L'équipage peut être fractionné. . . . .	72
§ 2. <i>Matériel allemand.</i> . . . . .	84
§ 3. <i>Matériel anglais.</i> — Dispositif spécial de pontage; Matériel léger . . . . .	84
§ 4. <i>Matériel austro-hongrois.</i> — Chevalet à deux pieds; Bateau divisible; Avantages et inconvénients du bateau divisible . . . . .	88
§ 5. <i>Matériel belge.</i> — Chevalet; Chevalet von Cauwenberge; Avantages et inconvénients. . . . .	92
§ 6. <i>Matériel des Etats-Unis</i> . . . . .	95
§ 7. <i>Matériel italien.</i> — Bateau divisible; Chevalet. . . . .	95
§ 8. <i>Matériel russe.</i> — Ancre . . . . .	97
<i>Tableau comparatif des équipages de ponts des diverses puissances.</i>	

## CHAPITRE V

*Construction et repliement des ponts de bateaux d'équipage*

§ 1. <i>Généralités et définitions.</i> — Définitions et vocabulaire; Classification des méthodes de construction . . . . .	99
---	----

	Pages
§ 2. <i>Méthode par bateaux successifs.</i> — Pontage d'un bateau d'amont ; Pontage d'un bateau d'aval ; Guindage ; Replie ment ; Avantages et inconvénients de cette méthode . . . . .	100
§ 3. <i>Méthode par portières.</i> — Définitions ; Construction du pont ; Replie ment du pont ; Avantages et inconvénients de la méthode ; Intercalations de portières dans un pont pour bateaux successifs . . . . .	105
§ 4. <i>Méthode par parties.</i> — Définitions ; Construction et replie ment du pont ; Avantages et inconvénients de la méthode . . . . .	108
§ 5. <i>Méthode par conversion.</i> — Construction du pont ; Lancement du pont ; Replie ment du pont ; Avantages et inconvénients de la méthode ; Le pont de l'île Lobau (1809) . . . . .	110
§ 6. <i>Action du courant et du vent sur les ponts de bateaux et sur les anrages.</i> — Action du courant ; Action du vent ; Action sur l'ancrage ; Ancrages renforcés ; Résistance des ancrages pendant la conversion ; Influence des surcharges mobiles ; Ancrage allemand . . . . .	114

## CHAPITRE VI

<i>Ponts d'équipage sur supports fixes</i> . . . . .	119
--	-----

Ponts de chevalets à deux pieds ; Efforts subis par le chevalet ; Stabilité du chevalet ; Mise en place du chevalet ; Emploi accessoire des chevalets ; Cas d'un fleuve à marées.

## CHAPITRE VII

<i>Passerelles d'avant-garde</i> . . . . .	126
--	-----

Leur utilité ; Passerelle allemande ; Premières étapes en France ; Programme rationnel ; Passerelle Veyry ; Passerelle des sections techniques.

## CHAPITRE VIII

*Ponts de circonstance sur supports flottants*

§ 1.	<i>Considérations générales.</i>	135
§ 2.	<i>Ponts de bateaux du commerce.</i> — Caractères généraux des ponts de bateaux du commerce; Placement des bateaux par ordre de grandeur; Jaugeage des bateaux; Moyens d'assurer l'horizontalité du tablier; Mode de construction	136
§ 3.	<i>Ponts de radeaux.</i> — Avantages et inconvénients des radeaux; Radeaux d'arbres; Radeaux simples; Radeaux doubles; Construction; Force de support; Détermination des éléments d'un pont de radeaux; Radeaux de tonneaux; Construction; Supports divers; Construction d'un pont de radeaux; Pont de radeaux sur le Niemen, en 1792	141
§ 4.	<i>Ponts volants, Trailles, Bacs.</i> — Ponts-volants; Construction d'un pont-volant; Culées; Pont-volant d'équipage français; Trailles; Radeau traille; Bateau traille; Bac	150

## CHAPITRE IX

*Ponts de circonstance sur supports fixes*

§ 1.	<i>Ponts de chevalets à 4 pieds.</i> — Description et construction d'un chevalet; Mise en place des chevalets; Portière dans un pont de chevalets	158
§ 2.	<i>Ponts de pilotis.</i> — Avantages et inconvénients; Calcul des pilotis; Pont de pilotis légers	163
§ 3.	<i>Ponts en charpente en bois.</i> — Généralités sur les ponts en charpente; Dispositif à contrefiches; Dispositif à contrefiches et sous-longeron; Ferme simple à poinçon ou à aiguilles pendantes	171
§ 4.	<i>Ponts du système Tarron.</i> Conditions auxquelles le pont est destiné à satisfaire; Description sommaire; Système articulé avec arcs secondaires; Construction et lancement du pont	174
§ 5.	<i>Ponts à poutres américaines.</i> — Pont sur le Marovoay. Ponts improvisés.	185 17

## CHAPITRE X

*Ponts de cordages*

- § 1. *Pont sur chaînette.* — Emploi et inconvénients des ponts de cordages; Diverses sortes de ponts de cordages; Ponts sur chaînette; Calcul des câbles; Ponts sur arcs de chaînette; Pont du commandant Gisclard. . . . . 188
- § 2. *Exemple d'un pont sur chaînette.* — Sur l'Adour (1814). 194
- § 3. *Ponts suspendus flexibles.* — Détermination graphique des éléments du pont; Amarrage; Potences . . . . . 195
- § 4. *Ponts suspendus rigides système Gisclard.* — Inconvénients des ponts suspendus flexibles; Pont suspendu du système Gisclard; Description sommaire. . . . . 200

## CHAPITRE XI

*Ponts divers et passerelles de circonstance*

- § 1. *Ponts divers.* — Pont de voitures; Pont de gabions; Pont sur piles de planches ou de madriers; Pont sur piles en éléments Decauville; Pont Cantilever ou par encorbellement . . . . . 210
- § 2. *Passerelles de circonstance. Passerelles sur supports flottants.* — Passerelle d'arbres flottants arcs-boutés: Passerelle à tablier flottant . . . . . 214
- § 3. *Passerelles sur supports fixes:* 1° Passerelles sur chevalets à 4 pieds; 2° Sur chevalets palées; 3° sur chevalets bigues; 4° Sur chevalets Kromhout . . . . . 216
- § 4. *Passerelles sans supports intermédiaires.* — Passerelle sur longerons; Passerelles sur poutre armée; Passerelle à contrefiches; Passerelles sur cadres arc-boutés; Passerelles suspendues . . . . . 220
- § 5. *Passerelles spéciales pour le franchissement des fossés des forts.* — Pont poisson . . . . . 224

## CHAPITRE XII

*Matériels de ponts métalliques*

- § 1. *Généralités.* — Importance des voies ferrées à la guerre; Nécessité d'un matériel militaire de ponts de chemins de fer; Procédés anciens pour la réparation des ouvrages; Conditions d'établissement d'un matériel militaire; Classification des types de ponts; Caractères distinctifs d'un pont militaire . . . . . 226
- § 2: *Ponts à tronçons ou à gros éléments du système Marcille.* — Description; Caractéristiques des différents types; Construction et lancement du pont de 30 mètres; Réparation du pont; Lancement du pont; Mise en place du pont; Pont à voie inférieure; Repliement du pont; Lancement et repliement des ponts de 10, 20 et 45 mètres; Avantages et inconvénients des ponts Marcille . . . . . 231
- § 3. *Ponts à petits éléments ou à treillies.* — a) Ponts du système Henry; Pont Henry de 30 mètres; Pièces comprimées; Pièces étirées; Longerons; Assemblage; Contreventement; Appareil d'appui; Pont Henry de 45 mètres; Montage et lancement du pont de 30 mètres; Montage et lancement du pont de 45 mètres; Avantages et inconvénients des ponts Henry; Applications en temps de paix . . . . . 241
- b) *Pont-route démontable Eiffel.* — Description; Montage et lancement; Avantages et inconvénients . . . . . 249

## CHAPITRE XIII

- Divers types de ponts démontables* . . . . . 252

Pont Brochocki; Détail des éléments; Caractéristiques d'un pont de 20 mètres; Pont Cottrau; Pont Rocchi; Pont Herbert; Poutres à sous-tendeurs; Passerelles en tubes (syst. Espitallier).

## CHAPITRE XIV

*Conservation, destruction et réparation des ponts militaires*

- § 1. *Conservation.* — Mesures de police concernant la circulation; Mesures de protection contre les agents extérieurs; Estacades, leur emplacement; Observatoires et surveillance . . . . . 259
- § 2. *Destruction des ouvrages, des ponts militaires, des ponts en maçonnerie;* Destruction d'un équipage de ponts; Destruction à distance des ponts de l'ennemi . . . . . 265
- § 3. *Réparation des ponts en temps de guerre.* — Ponts de bateaux; Remplacement d'un bateau endommagé; Réparation des ponts permanents; Chevalets sur décombres, sur bateaux, sur pile rompue; Ponts par encorbellements; Exemple de puente Murcella; Pont de Pinhel, sur la Coa . . . . . 268

# ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

Publiée sous la direction du D<sup>r</sup> TOULOUSE,

---

Nous avons entrepris la publication, sous la direction générale de son fondateur, le D<sup>r</sup> Toulouse, Directeur à l'École des Hautes-Études, d'une ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE de langue française dont on mesurera l'importance à ce fait qu'elle est divisée en 40 sections ou Bibliothèques et qu'elle comprendra environ 1 000 volumes. Elle se propose de rivaliser avec les plus grandes encyclopédies étrangères et même de les dépasser, tout à la fois par le caractère nettement scientifique et la clarté de ses exposés, par l'ordre logique de ses divisions et par son unité, enfin par ses vastes dimensions et sa forme pratique.

## I

### PLAN GÉNÉRAL DE L'ENCYCLOPÉDIE

Mode de publication. — *l'Encyclopédie* se composera de monographies scientifiques, classées méthodiquement et formant dans leur enchaînement un exposé de toute la science. Organisée sur un plan systématique, cette Encyclopédie, tout en évitant les inconvénients des Traités, — massifs, d'un prix global élevé, difficiles à consulter, — et les inconvénients des Dictionnaires, — où les articles scindés irrationnellement, simples chapitres alphabétiques, sont toujours nécessairement incomplets, — réunira les avantages des uns et des autres.

Du Traités, *l'Encyclopédie* gardera la supériorité que possède un

ensemble complet, bien divisé et fournissant sur chaque science tous les enseignements et tous les renseignements qu'on en réclame. Du Dictionnaire, l'*Encyclopédie* gardera les facilités de recherches par le moyen d'une table générale, l'*Index* de l'*Encyclopédie*, qui paraîtra dès la publication d'un certain nombre de volumes et sera réimprimé périodiquement. L'*Index* renverra le lecteur aux différents volumes et aux pages où se trouvent traités les divers points d'une question.

Les éditions successives de chaque volume permettront de suivre toujours de près les progrès de la science. Et c'est par là que s'affirme la supériorité de ce mode de publication sur tout autre. Alors que, sous sa masse compacte, un traité, un dictionnaire ne peut être réédité et renouvelé que dans sa totalité et qu'à d'assez longs intervalles, inconvénients graves qu'atténuent mal des suppléments et des appendices, l'*Encyclopédie scientifique*, au contraire, pourra toujours rajeunir les parties qui ne seraient plus au courant des derniers travaux importants. Il est évident, par exemple, que si des livres d'algèbre ou d'acoustique physique peuvent garder leur valeur pendant de nombreuses années, les ouvrages exposant les sciences en formation, comme la chimie physique, la psychologie ou les technologies industrielles, doivent nécessairement être remaniés à des intervalles plus courts.

Le lecteur appréciera la souplesse de publication de cette *Encyclopédie*, toujours vivante, qui s'élargira au fur et à mesure des besoins dans le large cadre tracé dès le début, mais qui constituera toujours, dans son ensemble, un traité complet de la Science, dans chacune de ses sections un traité complet d'une science, et dans chacun de ses livres une monographie complète. Il pourra ainsi n'acheter que telle ou telle section de l'*Encyclopédie*, sûr de n'avoir pas des parties dépareillées d'un tout.

L'*Encyclopédie* demandera plusieurs années pour être achevée ; car pour avoir des expositions bien faites, elle a pris ses collaborateurs plutôt parmi les savants que parmi les professionnels de la rédaction scientifique que l'on retrouve généralement dans les œuvres similaires. Or les savants écrivent peu et lentement : et il est préférable de laisser temporairement sans attribution certains ouvrages plutôt que de les confier à des auteurs insuffisants. Mais cette lenteur et ces vides ne présenteront pas d'inconvénients, puisque chaque

livre est une œuvre indépendante et que tous les volumes publiés sont à tout moment réunis par l'*Index* de l'*Encyclopédie*. On peut donc encore considérer l'*Encyclopédie* comme une librairie, où les livres soigneusement choisis, au lieu de représenter le hasard d'une production individuelle, obéiraient à un plan arrêté d'avance, de manière qu'il n'y ait ni lacune dans les parties ingrates, ni double emploi dans les parties très cultivées.

**Caractère scientifique des ouvrages.** — Actuellement, les livres de science se divisent en deux classes bien distinctes : les livres destinés aux savants spécialisés, le plus souvent incompréhensibles pour tous les autres, faute de rappeler au début des chapitres les connaissances nécessaires, et surtout faute de définir les nombreux termes techniques incessamment forgés, ces derniers rendant un mémoire d'une science particulière inintelligible à un savant qui en a abandonné l'étude durant quelques années ; et ensuite les livres écrits pour le grand public, qui sont sans profit pour des savants et même pour des personnes d'une certaine culture intellectuelle.

L'*Encyclopédie scientifique* a l'ambition de s'adresser au public le plus large. Le savant spécialisé est assuré de rencontrer dans les volumes de sa partie une mise au point très exacte de l'état actuel des questions ; car chaque Bibliothèque, par ses techniques et ses monographies, est d'abord faite avec le plus grand soin pour servir d'instrument d'études et de recherches à ceux qui cultivent la science particulière qu'elle présente, et sa devise pourrait être : *Par les savants, pour les savants*. Quelques-uns de ces livres seront même, par leur caractère didactique, destinés à servir aux études de l'enseignement secondaire ou supérieur. Mais, d'autre part, le lecteur non spécialisé est certain de trouver, toutes les fois que cela sera nécessaire, au seuil de la section, — dans un ou plusieurs volumes de généralités, — et au seuil du volume, — dans un chapitre particulier, — des données qui formeront une véritable introduction le mettant à même de poursuivre avec profit sa lecture. Un vocabulaire technique, placé, quand il y aura lieu, à la fin du volume, lui permettra de connaître toujours le sens des mots spéciaux.

## II

## ORGANISATION SCIENTIFIQUE

Par son organisation scientifique, l'*Encyclopédie* paraît devoir offrir aux lecteurs les meilleures garanties de compétence. Elle est divisée en Sections ou Bibliothèques, à la tête desquelles sont placés des savants professionnels spécialisés dans chaque ordre de sciences et en pleine force de production, qui, d'accord avec le Directeur général, établissent les divisions des matières, choisissent les collaborateurs et acceptent les manuscrits. Le même esprit se manifestera partout : éclectisme et respect de toutes les opinions logiques, subordination des théories aux données de l'expérience, soumission à une discipline rationnelle stricte ainsi qu'aux règles d'une exposition méthodique et claire. De la sorte, le lecteur, qui aura été intéressé par les ouvrages d'une section dont il sera l'abonné régulier, sera amené à consulter avec confiance les livres des autres sections dont il aura besoin, puisqu'il sera assuré de trouver partout la même pensée et les mêmes garanties. Actuellement, en effet, il est, hors de sa spécialité, sans moyen pratique de juger de la compétence réelle des auteurs.

Pour mieux apprécier les tendances variées du travail scientifique adapté à des fins spéciales, l'*Encyclopédie* a sollicité, pour la direction de chaque Bibliothèque, le concours d'un savant placé dans le centre même des études du ressort. Elle a pu ainsi réunir des représentants des principaux Corps savants, Établissements d'enseignement et de recherches de langue française :

*Institut.*

*Académie de Médecine.*

*Collège de France.*

*Muséum d'Histoire naturelle.*

*École des Hautes-Études.*

*Sorbonne et École normale.*

*Facultés des Sciences.*

*Facultés des Lettres.*

*Facultés de médecine.*

*Instituts Pasteur.*

*École des Ponts et Chaussées.*

*École des Mines.*

*École Polytechnique.*

*Conservatoire des Arts et Métiers.*

*École d'Anthropologie.*

*Institut National agronomique.*

*École vétérinaire d'Alfort.*

*École supérieure d'Électricité.*

*École de Chimie industrielle de Lyon.*

*École des Beaux-Arts.*

*École des Sciences politiques.*

*Observatoire de Paris.*

*Hôpitaux de Paris.*

Au XVIII<sup>e</sup> siècle, « l'Encyclopédie » a marqué un magnifique mouvement de la pensée vers la critique rationnelle. A cette époque, une telle manifestation devait avoir un caractère philosophique. Aujourd'hui, l'heure est venue de renouveler ce grand effort de critique, mais dans une direction strictement scientifique ; c'est là le but de la nouvelle *Encyclopédie*.

Ainsi la science pourra lutter avec la littérature pour la direction des esprits cultivés, qui, au sortir des écoles, ne demandent guère de conseils qu'aux œuvres d'imagination et à des encyclopédies où la science a une place restreinte, tout à fait hors de proportion avec son importance. Le moment est favorable à cette tentative ; car les nouvelles générations sont plus instruites dans l'ordre scientifique que les précédentes. D'autre part la science est devenue, par sa complexité et par les corrélations de ses parties, une matière qu'il n'est plus possible d'exposer sans la collaboration de tous les spécialistes, unis là comme le sont les producteurs dans tous les départements de l'activité économique contemporaine.

A un autre point de vue, l'*Encyclopédie*, embrassant toutes les manifestations scientifiques, servira comme tout inventaire à mettre au jour les lacunes, les champs encore en friche ou abandonnés, — ce qui expliquera la lenteur avec laquelle certaines sections se développeront, — et suscitera peut-être les travaux nécessaires. Si ce résultat est atteint, elle sera fière d'y avoir contribué.

Elle apporte en outre une classification des sciences et, par ses divisions, une tentative de mesure, une limitation de chaque domaine. Dans son ensemble, elle cherchera à refléter exactement le prodigieux effort scientifique du commencement de ce siècle et un moment de sa pensée, en sorte que dans l'avenir elle reste le document principal où l'on puisse retrouver et consulter le témoignage de cette époque intellectuelle.

On peut voir aisément que l'*Encyclopédie* ainsi conçue, ainsi réalisée, aura sa place dans toutes les bibliothèques publiques, universitaires et scolaires, dans les laboratoires, entre les mains des savants, des industriels et de tous les hommes instruits qui veulent se tenir

au courant des progrès, dans la partie qu'ils cultivent eux-mêmes ou dans tout le domaine scientifique. Elle fera jurisprudence, ce qui lui dicte le devoir d'impartialité qu'elle aura à remplir.

Il n'est plus possible de vivre dans la société moderne en ignorant les diverses formes de cette activité intellectuelle qui révolutionne les conditions de la vie ; et l'interdépendance de la science ne permet plus aux savants de rester cantonnés, spécialisés dans un étroit domaine. Il leur faut, — et cela leur est souvent difficile, — se mettre au courant des recherches voisines. A tous, l'*Encyclopédie* offre un instrument unique dont la portée scientifique et sociale ne peut échapper à personne.

## IV

CLASSIFICATION  
DES MATIÈRES SCIENTIFIQUES

La division de l'*Encyclopédie* en Bibliothèques a rendu nécessaire l'adoption d'une classification des sciences, où se manifeste nécessairement un certain arbitraire, étant donné que les sciences se distinguent beaucoup moins par les différences de leurs objets que par les divergences des aperçus et des habitudes de notre esprit. Il se produit en pratique des interpénétrations réciproques entre leurs domaines, en sorte que, si l'on donnait à chacun l'étendue à laquelle il peut se croire en droit de prétendre, il envahirait tous les territoires voisins ; une limitation assez stricte est nécessitée par le fait même de la juxtaposition de plusieurs sciences.

Le plan choisi, sans viser à constituer une synthèse philosophique des sciences, qui ne pourrait être que subjective, a tendu pourtant à échapper dans la mesure du possible aux habitudes traditionnelles d'esprit, particulièrement à la routine didactique, et à s'inspirer de principes rationnels.

Il y a deux grandes divisions dans le plan général de l'*Encyclopédie* ; d'un côté les sciences pures, et, de l'autre, toutes les technologies qui correspondent à ces sciences dans la sphère des applications. A part et au début, une Bibliothèque d'introduction générale est

consacrée à la philosophie des sciences (histoire des idées directrices, logique et méthodologie).

Les sciences pures et appliquées présentent en outre une division générale en sciences du monde inorganique et en sciences biologiques. Dans ces deux grandes catégories, l'ordre est celui de particularité croissante, qui marche parallèlement à une rigueur décroissante. Dans les sciences biologiques pures enfin, un groupe de sciences s'est trouvé mis à part, en tant qu'elles s'occupent moins de dégager des lois générales et abstraites que de fournir des monographies d'êtres concrets, depuis la paléontologie jusqu'à l'anthropologie et l'ethnographie.

Étant donnés les principes rationnels qui ont dirigé cette classification, il n'y a pas lieu de s'étonner de voir apparaître des groupements relativement nouveaux, une biologie générale, — une physiologie et une pathologie végétales, distinctes aussi bien de la botanique que de l'agriculture, — une chimie physique, etc.

En revanche, des groupements hétérogènes se disloquent pour que leurs parties puissent prendre place dans les disciplines auxquelles elles doivent revenir. La géographie, par exemple, retourne à la géologie, et il y a des géographies botanique, zoologique, anthropologique, économique, qui sont étudiées dans la botanique, la zoologie, l'anthropologie, les sciences économiques.

Les sciences médicales, immense juxtaposition de tendances très diverses, unies par une tradition utilitaire, se désagrègent en des sciences ou des techniques précises ; la pathologie, science de lois, se distingue de la thérapeutique ou de l'hygiène qui ne sont que les applications des données générales fournies par les sciences pures, et à ce titre mises à leur place rationnelle.

Enfin, il a paru bon de renoncer à l'anthropocentrisme qui exigeait une physiologie humaine, une anatomie humaine, une embryologie humaine, une psychologie humaine. L'homme est intégré dans la série animale dont il est un aboutissant. Et ainsi, son organisation, ses fonctions, son développement s'éclairent de toute l'évolution antérieure et préparent l'étude des formes plus complexes des groupements organiques qui sont offertes par l'étude des sociétés.

On peut voir que, malgré la prédominance de la préoccupation pratique dans ce classement des Bibliothèques de l'*Encyclopédie scientifique*, le souci de situer rationnellement les sciences dans leurs

rapports réciproques n'a pas été négligé. Enfin il est à peine besoin d'ajouter que cet ordre n'implique nullement une hiérarchie, ni dans l'importance ni dans les difficultés des diverses sciences. Certaines, qui sont placées dans la technologie, sont d'une complexité extrême, et leurs recherches peuvent figurer parmi les plus ardues.

**Prix de la publication.** -- Les volumes, illustrés pour la plupart, seront publiés dans le format in-18 jésus et cartonnés. De dimensions commodes, ils auront 400 pages environ, ce qui représente une matière suffisante pour une monographie ayant un objet défini et important, établie du reste selon l'économie du projet qui saura éviter l'émiettement des sujets d'exposition. Le prix étant fixé uniformément à 5 francs, c'est un réel progrès dans les conditions de publication des ouvrages scientifiques, qui, dans certaines spécialités, coûtent encore si cher.

---

# TABLE DES BIBLIOTHÈQUES

---

DIRECTEUR : **D<sup>r</sup> TOULOUSE**, Directeur de Laboratoire à l'École des Hautes-Études.

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL : **H. PIÉRON**, agrégé de l'université.

## DIRECTEURS DES BIBLIOTHÈQUES :

1. *Philosophie des Sciences*. **P. PAINLEVÉ**, de l'Institut, professeur à la Sorbonne.

### I. SCIENCES PURES

#### A. Sciences mathématiques :

2. *Mathématiques* . . . **J. DRACH**, professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse.  
3. *Mécanique* . . . **J. DRACH**, professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse.

#### B. Sciences inorganiques :

4. *Physique*. . . **A. LEDUC**, professeur adjoint de physique à la Sorbonne.  
5. *Chimie physique* . . **J. PERRIN**, chargé de cours à la Sorbonne.  
6. *Chimie* . . . **A. PICTET**, professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Genève.  
7. *Astronomie et Physique céleste* . . . **J. MASCART**, astronome adjoint à l'Observatoire de Paris.  
8. *Météorologie*. . . **B. BRUNHES**, professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Clermont-Ferrand, directeur de l'Observatoire du Puy-de-Dôme.  
9. *Minéralogie et Pétrographie*. . . **A. LACROIX**, de l'Institut, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.  
10. *Géologie*. . . **M. BOULE**, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.  
11. *Océanographie physique*. . . **J. RICHARD**, directeur du Musée Océanographique de Monaco.

## C. Sciences biologiques normatives :

- |   |                          |   |
|---|--------------------------|---|
| 12. Biologie                                  | } A. Biologie générale . | M. CAULLERY, professeur adjoint à la Sorbonne.  |
|   |                          | } B. Océanographie biologique   |
| 13. Physique biologique .                     |                          |   |
| 14. Chimie biologique . .                     |                          | G. BERTRAND, chargé de cours à la Sorbonne.   |
| 15. Physiologie et Pathologie végétales . . . |                          | L. MANGIN, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.   |
| 16. Physiologie . . . .                       |                          | J.-P. LANGLOIS, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.  |
| 17. Psychologie . . . .                       |                          | E. TOULOUSE, directeur de Laboratoire à l'École des Hautes-Études, médecin en chef de l'asile de Villejuif. |
| 18. Sociologie . . . .                        |                          | G. RICHARD, professeur à la Faculté des Lettres de l'Université de Bordeaux.                                |

- 
- |  |                            |   |   |
|--|----------------------------|---|---|
| 19. Microbiologie et Parasitologie . . . . |                            | A. CALMETTE, professeur à la Faculté de Médecine de l'Université, directeur de l'Institut Pasteur de Lille. |   |
| 20. Pathologie.                            | } A. Pathologie médicale . | M. KLIPPEL, médecin des Hôpitaux de Paris.  |   |
|  |                            | } B. Neurologie . . .   | E. TOULOUSE, directeur de Laboratoire à l'École des Hautes-Études, médecin en chef de l'asile de Villejuif. |
|  |                            |   | } C. Path. chirurgicale .   |

## D. Sciences biologiques descriptives :

- |                         |                                      |  |
|-------------------------|--------------------------------------|--|
| 21. Paléontologie . . . |                                      | M. BOULE, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.   |
| 22. Botanique.          | } A. Généralités et phanérogames . . | H. LECOMTE, professeur au Muséum d'Histoire naturelle. |
|                         |                                      | } B. Cryptogames . . .                                 |

23. *Zoologie* . . . . . G. LOISEL, directeur de Laboratoire à l'École des Hautes-Études.
24. *Anatomie et Embryologie* . . . . . G. LOISEL, directeur de Laboratoire à l'École des Hautes-Études.
25. *Anthropologie et Ethnographie* . . . . . G. PAPILLAUT, directeur-adjoint du Laboratoire d'Anthropologie à l'École des Hautes Etudes, professeur à l'École d'Anthropologie.
26. *Economie politique* . . . D. BELLET, secrétaire perpétuel de la Société d'Economie politique, professeur à l'École des Sciences politiques.

---

 II. SCIENCES APPLIQUÉES

## A. Sciences mathématiques :

7. *Mathématiques appliquées* . . . . . M. D'OCAGNE, professeur à l'École des Ponts et Chaussées, répétiteur à l'École polytechnique.
28. *Mécanique appliquée et génie* . . . . . M. D'OCAGNE, professeur à l'École des Ponts et Chaussées, répétiteur à l'École polytechnique.

## B. Sciences inorganiques :

29. *Industries physiques* . . . H. CHAUMAT, sous-directeur de l'École supérieure d'Électricité de Paris.
30. *Photographie* . . . . . A. SEYEWETZ, sous-directeur de l'École de Chimie industrielle de Lyon.
31. *Industries chimiques* . . . J. DERÔME, professeur agrégé de Physique au collège Chaptal, inspecteur des Établissements classés.
32. *Géologie et minéralogie appliquées* . . . . . L. CAYEUX, professeur à l'Institut national agronomique, professeur de géologie à l'École des Mines.
33. *Construction* . . . . . J. PILLET, professeur au Conservatoire des Art et Métiers et à l'École des Beaux-Arts.

## C. Sciences biologiques :

34. *Industries biologiques* . . . G. BERTRAND, chargé de cours à la Sorbonne.
35. *Botanique appliquée et agriculture* . . . . . H. LECOMTE, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.
36. *Zoologie appliquée* . . . . . R. BARON, professeur à l'École vétérinaire d'Alfort.

37. *Thérapeutique générale et pharmacologie*. . . G. POUCHET, membre de l'Académie de médecine, professeur à la Faculté de Médecine de l'Université de Paris.
38. *Hygiène et médecine publiques* . . . . . A. CALMETTE, professeur à la Faculté de Médecine de l'Université, directeur de l'Institut Pasteur de Lille.
39. *Psychologie appliquée*. E. TOULOUSE, directeur de Laboratoire à l'École des Hautes-Études, médecin en chef de l'asile de Villejuif.
40. *Sociologie appliquée*. . TH. RUYSEN, professeur à la Faculté des Lettres de l'Université de Bordeaux.

M. ALBERT MAIRE, bibliothécaire à la Sorbonne, est chargé de l'*Index* de l'Encyclopédie scientifique.



