



Photo Benoît

Coll. C.T.F.T.

*Pont du Fonds du Bâ formé d'énormes équarris de Makoré,
Chantiers de la Société Forestière Equatoriale*

PETITS PONTS FORESTIERS EN BOIS

par P. SALLENAVE,

*Chef de la Division de Technologie
du Centre Technique Forestier Tropical.*

DESIGNING A SMALL FOREST BRIDGE

SUMMARY

Having described the conditions required from forest roads, the author goes on to say that such roads should have their bridges built of wood, in preference to any other material. For bridges of short span, up to 40 or 48 feet, he recommends the use of round logs as bridging beams, provided these answer to certain requirements, rather than that of sawn bridging-pieces.

Details for the erection of a small 40 feet bridge are also given, they include computations referring to the flooring, which has to be particularly resistant. A model design has enabled to find out that such a bridge built with Mamea Africana wood could easily bear a load of 25 tons distributed on two axles 40 inches distant; the maximum weight admitted being 50 tons, in other words, 25 tons per axle.

PEQUENOS PUENTES FORESTALES DE MODERA

RESUMEN

Después de haber determinadas las condiciones que deben cumplir los caminos forestales, el autor manifiesta que los puentes para tales caminos, deben ser edificados con madera, de preferencia a cualquier otro material. Para puentes de menor dimensiones, alcanzando 12 a 14 metros, se aconseja el empleo de trozas redondas como vigas traveseras, en lugar de maderas aserradas, con tal que dichas trozas cumplen ciertas condiciones.

El autor sigue exponiendo los detalles referente a la construcción de un pequeño puente de 12 metros de alcance, incluyendo a estos el cálculo del entablado que debe tener resistencia particularmente grande. El modelo, en reducción permitió averiguar que tal puente construido con madera de Mamea Africana puede traer, sin dificultad ninguna, una carga de 25 toneladas traída por dos ejes distantes de 4 metros; el máximo admisible siendo solo alcanzado con una carga de 50 toneladas, sea 25 toneladas por eje.

Les routes forestières construites pour évacuer les gros bois d'œuvre doivent répondre à certaines exigences :

— Elles doivent supporter de fortes charges. Toutefois, les véhicules qui transportent de grosses grumes roulent en général à faible vitesse.

— Elles doivent également être économiques. Souvent, en effet, elles ne seront utilisées que pendant quelques années et seront abandonnées lorsque l'exploitation des cantons qu'elles desservent sera terminée.

Les ponts, qui complètent toute route, doivent présenter les mêmes caractères. Ce seront en général des ponts lourds mais leur construction doit être aussi facile et peu coûteuse que possible. Dans la majorité des cas, ils seront à voie unique.

Le bois est, en forêt plus que partout ailleurs, le matériau le moins cher et le plus facile à mettre en œuvre. Dans toute exploitation forestière il abonde, et il se trouve des ouvriers capables de le travailler.

La construction de ponts d'une portée supérieure à 15 m. exige cependant une compétence assez grande. Les poutres supportant le tablier seront en effet obligatoirement formées d'un assemblage de pièces de bois régulièrement débités et par suite d'un prix assez élevé. De plus, leur construction exige la participation d'une main-d'œuvre spécialisée parfois difficile à trouver.

Pour les petits ponts, par contre, les forestiers ont tout intérêt à utiliser comme poutres de travure des troncs d'arbres non équarris, de diamètre et de longueur suffisants. De telles pièces de bois ont un double avantage. Elles sont particulièrement économiques puisque leur prix n'est fonction que de leur abattage, de leur façonnage rapide et de leur transport, assez court, de la forêt au chantier

de construction. Elles sont, de plus, particulièrement résistantes car les grumes entières n'ont pas de fibres tranchées. On peut toujours les considérer comme parfaitement « de droit fil ».

Leur choix doit cependant se faire avec soin.

On n'utilisera que les essences de bois résistant parfaitement bien à la pourriture et aux attaques d'insectes, même dans les conditions assez dures où elles seront mises en œuvre, c'est-à-dire exposées aux intempéries et dans des emplacements souvent très humides. Les grumes à aubier attaquant devront être entièrement désaubierées, de façon à ne conserver que le bois parfait de bonne conservation.

On choisira des billes de pied aussi droites que possible sans défauts apparents tels que fentes importantes, cœur pourri, gros nœuds, bosses, etc... Par contre, les arbres à fibre fortement vissée, impropres au sciage, pourront être utilisés sans inconvénient.

Les essences les plus résistantes en flexion ou celles dont la « cote de flexion » (rapport de la résistance en flexion à la densité) est élevée (20 à 25) pourront paraître les plus intéressantes. Mais les bois durs et lourds à forte résistance unitaire permettront de mettre en œuvre des grumes de diamètre relativement faible. Les bois tendres et légers pourront être également utilisés, si les grumes sont d'un diamètre suffisant et si leur conservation est assurée.

Les portées admissibles pour ce genre de construction sont fonction des charges qu'aura à supporter le pont, de la longueur des grumes, de leur diamètre et de la nature du bois.

En forêt tropicale où des grumes longues et de fort diamètre se trouvent assez facilement nous pensons que des ponts de 12 et même 15 m. de portée peuvent être construits de cette façon.

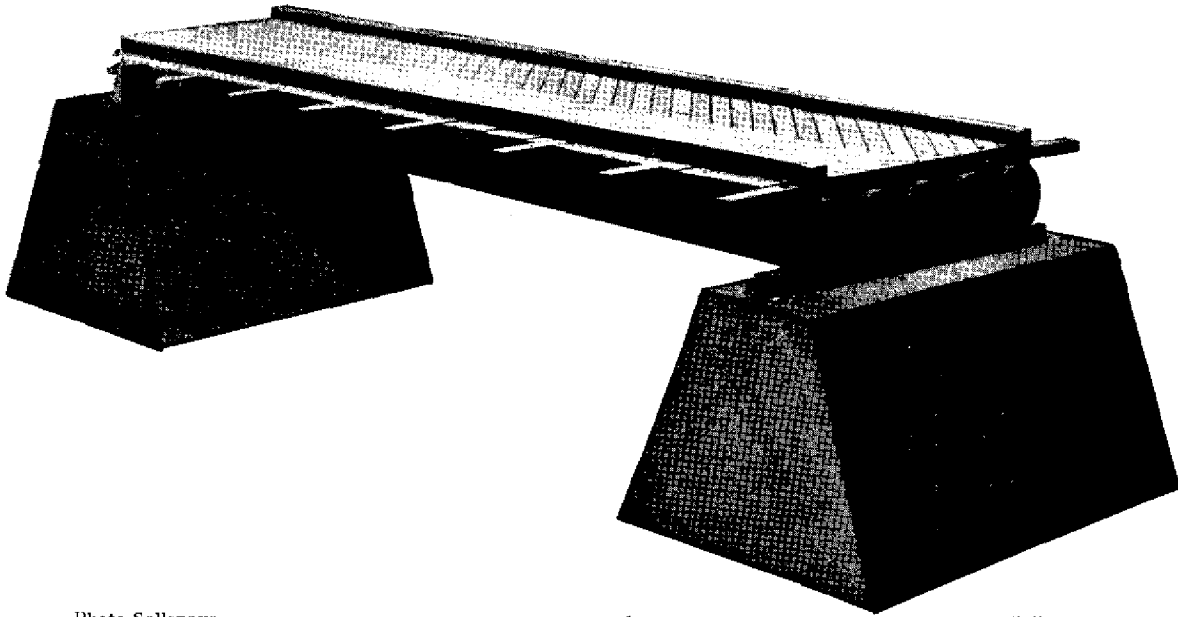


Photo Sallenave.

Maquette du pont au $\frac{1}{10}$. Vue générale

Coll. G.T.F.T.

Etude d'un petit pont en bois

A la demande d'un exploitant forestier de l'A. E. F. nous avons étudié un petit pont de ce type,

de 12 m. de portée. Nous donnons ci-dessous le détail de cette étude.

I. — CARACTÉRISTIQUES DU PONT

- a) Portée ou largeur d'écoulement des eaux entre culés : 12 m.
- b) Largeur de la chaussée de roulement : 2 m. 80.

- c) Le pont devra supporter le passage d'un véhicule type de 25 tonnes sur deux essieux distants de 4 m.

II. — CHOIX DES GRUMES

a) Essences

L'étude a été faite pour un pont construit en Oboto (*Mamea africana*), essence de bonne conservation, de dureté et de résistance à la flexion plutôt médiocre (résistance moyenne à la flexion 800 à 1.000 kg./cm², cote de flexion 13 à 15). Certaines essences ayant des résistances plus fortes seraient plus avantageuses car les diamètres des grumes pourraient être réduits.

b) Longueur

Pour une portée de 12 m. on choisira des grumes d'une longueur de 13 m. environ. On pourra admettre une légère courbure dans un seul plan (flèche maximum $\frac{1}{150}$ de la portée).

c) Diamètre

Nous rappelons que les grumes formant poutres devront être entièrement privées de leur aubier.

Seul le bois parfait sera pris en considération pour le calcul de résistance.

La travure sera formée de 5 grumes jointives de même diamètre. Avec l'Oboto, pour des portées de 12 m., les grumes auront un diamètre moyen de bois parfait de 0 m. 65, soit 0 m. 70 à la base et 0 m. 60 au petit bout, environ.

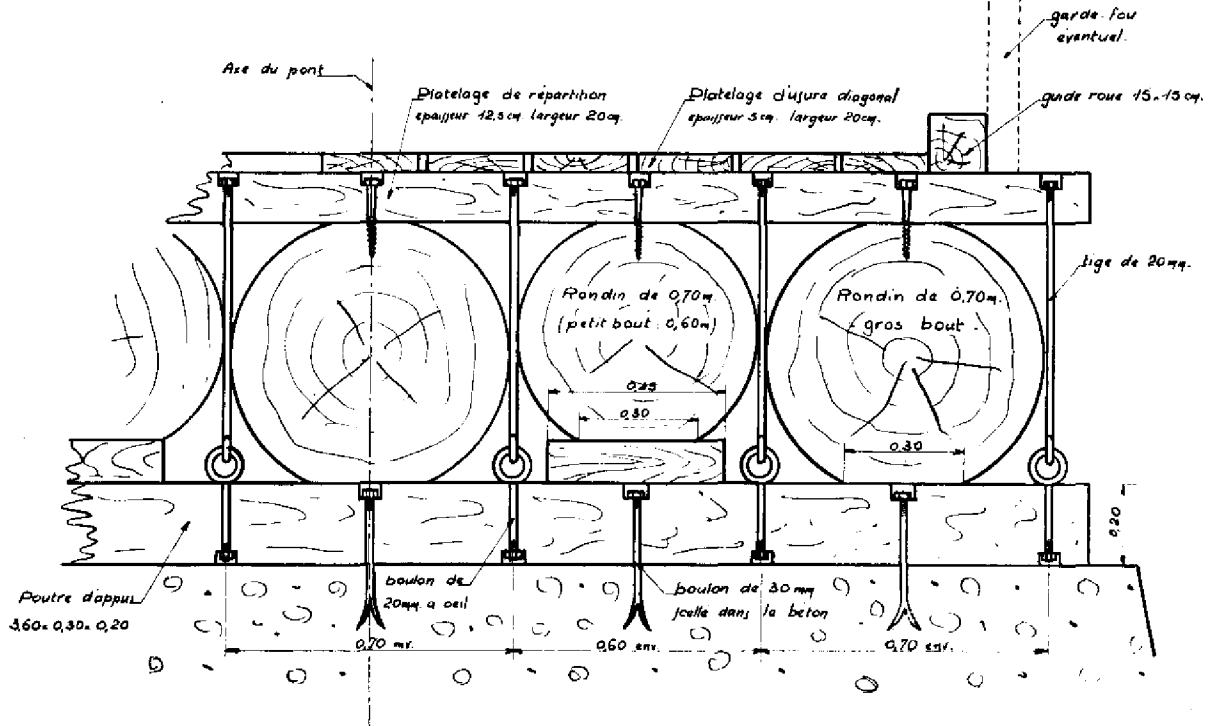
Pour des ponts de même capacité (25 t. sur deux essieux) les diamètres à adopter varieront avec la portée de la travée et avec l'essence.

Nous donnons dans le tableau ci-dessous les diamètres moyens que l'on pourra choisir pour trois essences africaines.

Portée	Diamètre moyen du bois parfait en cm		
	Oboto	Tali	Azobé
12 m.....	65	60	53
10 m.....	61	56	50
8 m.....	57	53	46
6 m.....	52	49	42

DÉTAILS DE CONSTRUCTION DU PONT

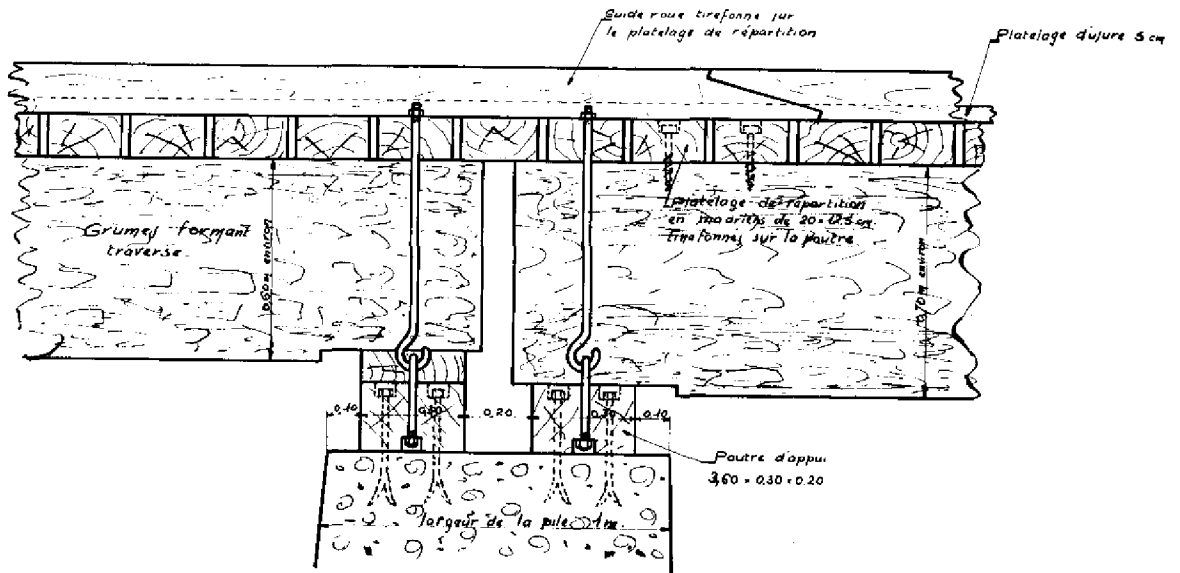
Coupe transversale d'un appui



L'étude que nous avons faite intéressait un pont de 90 m. de longueur totale en 9 travées, dont la plus longue avait une portée de 12 m. Les supports, culés et piles intermédiaires étaient

construits en béton. Dans ces conditions nous avons seulement étudié les pièces d'appui assurant le repos des poutres sur ces supports et le tablier du pont.

Appui sur pile intermédiaire



Les pièces d'appui

Ce sont de fortes pièces de bois posées à plat sur les supports du pont (culés et piles) et organisées pour recevoir les extrémités des rondins formant la travure.

Chaque pièce d'appui sera constituée par une poutre de bois dur, imputrescible, de 3 m. 60 de long, 0 m. 30 de largeur et 0 m. 20 d'épaisseur. Elle sera posée à plat, parfaitement horizontale

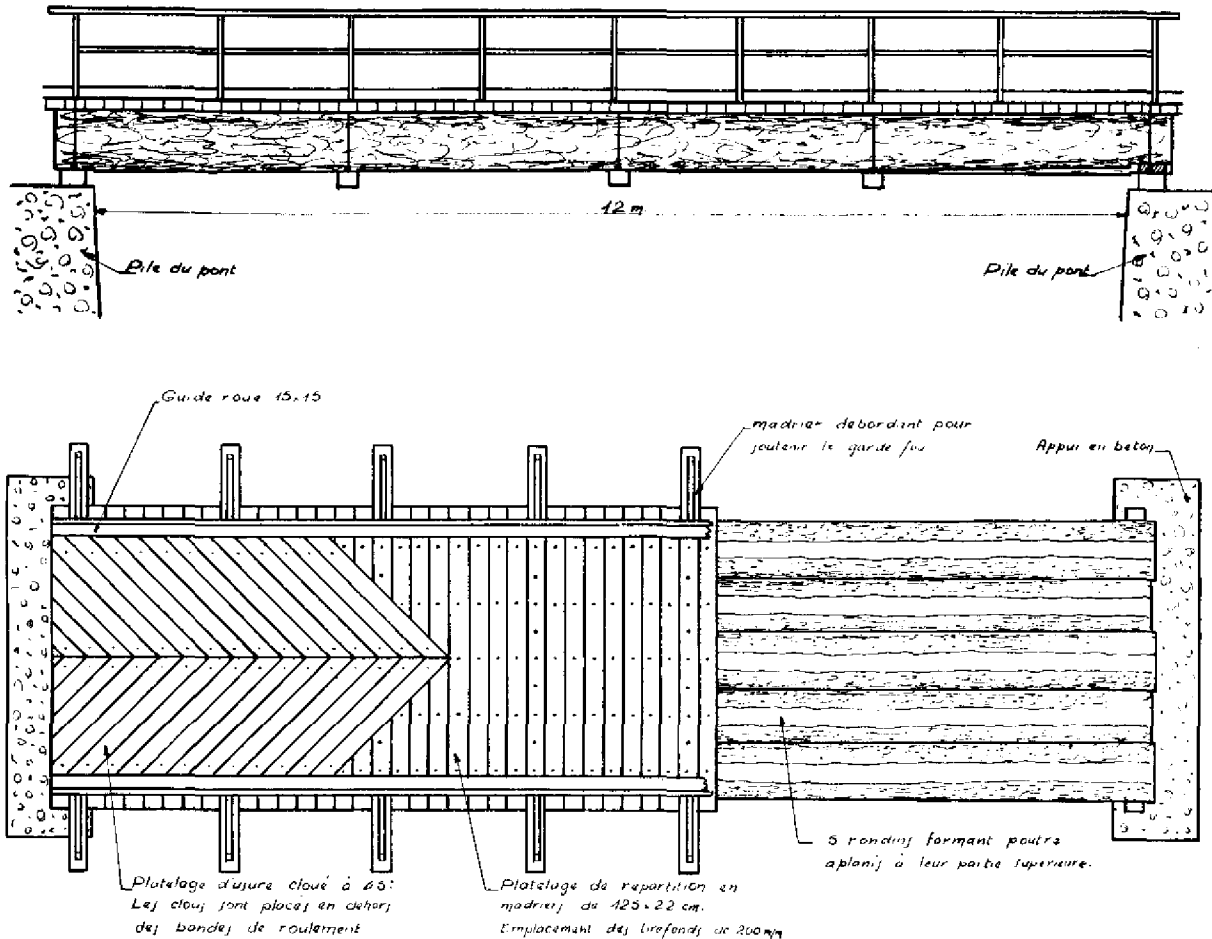
Le tablier

1. La travure.

Les poutres de travure, au nombre de cinq, seront constituées, comme nous l'avons dit, par des grumes entières de 0 m. 65 de diamètre moyen, et d'une longueur de 13 m. pour une ouverture de pont de 12 m.

Avant leur mise en place elles devront subir un certain façonnage :

Vue en élévation d'une travée avec garde-fou



dans les deux sens (utiliser le niveau) et ancrée sur l'assise de béton par 10 boulons de 30 mm. de diamètre, à tête queue de carpe scellés dans le béton. Un lit de béton gras assurera une assise parfaite à cette poutre d'appui.

Dans l'axe de cette poutre d'appui on fixera avant sa mise en place six boulons à œil de 20 mm. de diamètre aux emplacements indiqués sur le plan. Ces boulons sont destinés à permettre l'acrochage de tiges de 20 mm. servant au blocage des poutres de travure sur la poutre d'appui.

a) Elles seront entièrement désaubiérées.

b) Leur partie supérieure sera légèrement aplanie et dressée sur une largeur de 20 cm. environ pour permettre un bon contact du platelage de répartition.

c) Les deux côtés latéraux seront également légèrement aplanis pour permettre un meilleur serrage des cinq grumes.

d) Enfin aux deux extrémités, sur une longueur de 0 m. 50 leur face inférieure sera soigneusement aplanie sur une largeur de 0 m. 30 pour assurer

aux rondins un repos parfait sur la poutre transversale d'appui.

e) Si la grume a une légère flèche, la partie concave sera tournée vers le haut. Éviter les grumes ayant une flèche supérieure à $\frac{1}{150}$ de la portée.

f) Si la grume a une section légèrement ovale, le grand axe de l'ovale sera placé verticalement.

Ainsi façonnées, les grumes seront mises en place :

- Une dans l'axe du pont.
- Puis deux grumes de part et d'autre.
- Puis deux grumes de rive.

On alternera, sur chaque appui gros bout et petit bout des grumes. Sous les petits bouts une cale d'épaisseur convenable (12 cm. environ) sera fixée sur l'appui par 4 tirefonds, de façon que les dessus de toutes les grumes soient dans un même plan. Ces cales auront 45 à 40 cm. de long et 30 cm. de large comme la poutre d'appui.

On fixera dans les boulons à œil précédemment décrits des tiges d'acier de 20 mm. ayant 0 m. 80 de long, filetés à l'extrémité qui monteront entre les grumes. Puis on mettra en place, au-dessus des poutres de travure, un premier madrier de répartition, percé de trous convenables pour recevoir les tiges d'acier de 20 mm. de diamètre.

Par serrage des boulons sur ces tiges, on bloquera les extrémités des rondins sur la poutre d'appui.

La liaison des extrémités des cinq rondins sera terminée par la mise en place de forts tirefonds traversant le premier madrier de répartition et se vissant sur chacun des rondins.

2. Platelage de répartition.

Ce platelage, très important pour la répartition des efforts sur le pont, sera constitué par des madriers de 12 cm. 5 d'épaisseur et de 20 à 22 cm. de largeur ; la longueur de ce madrier sera de 3 m. 60.

Si le pont doit recevoir un garde-fou, on prévoira tous les 1 m. 50 environ un madrier de 4 m. 90, destiné à recevoir les montants et les contre-fiches du garde-fou (montants et contre-fiches seront faits en chevrons de 8 cm. × 8 cm., de même que la lisse de main courante).

Ce platelage de répartition sera placé perpendiculairement à la travure. Chaque madrier sera séparé du voisin par un intervalle de 1 à 2 cm. et sera fixé sur chaque rondin par un tirefond de 20 cm. de long à tête partiellement encastrée.

On s'assurera, avant la mise en place du plate-

lage, que les dessus aplanis des rondins sont bien dans un même plan.

Tous les 3 m. environ on placera *sous les grumes* un madrier de 12 cm. 5 × 20 cm. qui sera serré sur le madrier de répartition correspondant par six longues tiges de 20 mm., filetées au bout, analogues à celles qui ont été utilisées sur les appuis.

On aura ainsi une bonne liaison de toutes les grumes formant la travure.

3. Guide-roues.

On fixera, par des tirefonds de 20 cm. de long à tête encastrée, des guide-roues en abords de pont sur les madriers de répartition. Ces guide-roues sont constitués par des équarris de 15 × 15 cm. et laisseront entre eux un passage de 2 m. 80 (1 m. 40 de part et d'autre de l'axe du pont).

4. Platelage d'usure.

Ce platelage sera constitué par des demi-madriers de 5 cm. d'épaisseur et 20 cm. de largeur qui seront fixés par des clous cervelles sur le platelage de répartition.

Ces demi-madriers d'usure seront placés soit dans le sens de l'axe du pont (perpendiculaires aux madriers de répartition) soit à 45°. Cette dernière disposition paraît plus intéressante.

5. Garde-fou.

Sera constitué à l'aide de chevrons de 8 cm. × 8 cm. Un montant avec contre-fiches tous les 1 m. 50. Une main courante à 0 m. 90 de hauteur. Une barre horizontale à 0 m. 45 de hauteur. Si on veut prévoir un trottoir, il sera nécessaire d'allonger, tous les 1 m. 50 les madriers de répartition de la largeur du trottoir (0 m. 60 au minimum); le trottoir sera en porte à faux et sera muni d'un platelage spécial.

6. Remarques générales.

Afin d'assurer au bois un supplément de conservation, on aura intérêt à enduire de créosote chaude tous les bois avant leur mise en œuvre. Les assemblages où l'eau risque de séjourner (poutres d'appui : dessus des poutres de travure, dessus du platelage de répartition, etc...) seront enduits de ce produit avec une attention particulière.

Si les appuis et piles de pont sont bien construits, avec des fondations suffisantes pour résister aux affouillements, un tel pont sera très durable.

Justification

Le diamètre moyen des grumes servant de poutre ainsi que l'équarrissage des madriers du platelage de répartition ont été déterminés par le calcul, en adoptant comme contrainte admissible pour l'Oboto travaillant en flexion, la valeur de 110 kg/cm².

Nous ferons grâce aux lecteurs de ces calculs, d'ailleurs simples.

Mais afin de nous rendre compte du moins approximativement quelle sera la flèche prise par le pont sous la charge type prévue (25 tonnes sur

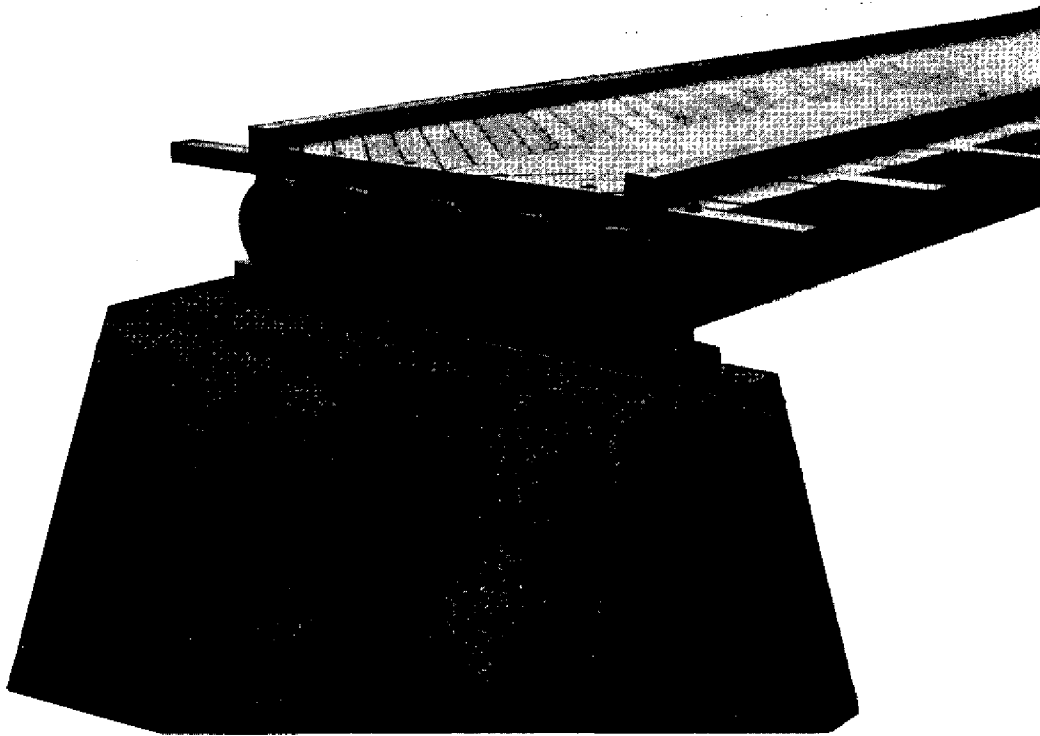


Photo Sullenave.

Maquette du pont au $\frac{1}{10}$. Détail d'un appui

Coll. C.T.F.T.

deux essieux) nous avons construit une maquette exacte de cet ouvrage à l'échelle de 1/10. C'est cette maquette qui a été essayée.

On peut en effet admettre que, pour de faibles charges et de faibles déformations, les mêmes formules sont applicables à deux pièces de bois ne différant que par l'échelle.

Dans ces conditions, les dimensions des pièces de bois (équarrissage, diamètre, longueur) sont, pour la maquette, réduites dans le rapport de l'échelle soit 1/10. Les charges que supportent ces pièces doivent être réduites comme le carré de l'échelle soit 1/100 pour que les déformations prises sous l'effet de ces charges en soit proportionnelles à l'échelle. Enfin le volume et par suite le poids des pièces de bois sont réduits au cube de l'échelle soit ici 1/1000.

Ainsi pour représenter les conditions réelles, la maquette reposant sur deux appuis distants de 1 m. 20 devra supporter les charges suivantes :

- véhicule type réduit à l'échelle ;
- poids mort du pont (charge permanente).

a) **le véhicule type**, réduit à l'échelle est figuré par 4 Dés de 40 × 45 mm. représentant les surfaces de contact de ses roues avec le platelage. Ces roues sont espacées de 40 cm. dans le sens de l'axe du pont et de 20 cm. dans le sens transversal. Le véhicule est au milieu du pont. Le poids du véhicule réduit à l'échelle est de 250 kg., soit 125 kg. par essieu,

b) **Le poids mort du pont réel** a été estimé par calcul et par pesée de la maquette. Il est de 25 tonnes environ et doit donc être représenté sur la maquette par une charge uniformément répartie de 250 kg. On calcule que cette charge uniformément répartie donne la même flèche qu'une charge supplémentaire de 85 kg. par essieu.

La maquette a donc été essayée sous une charge totale de 420 kg. soit 210 kg. par essieu.

Les déformations ont été enregistrées par des comparateurs donnant le 1/100 de mm.

1° *Mesure de la flèche sous la charge prévue :*

L'essai a consisté à appliquer des charges croissantes de 0 à 450 kg. à la vitesse constante de 1,25 mm/minute et à enregistrer la flèche pour chacune de ces charges. Cet essai a été refait trois fois. Le tableau suivant donne les flèches mesurées en 1/100 de mm. :

Charge en kg	1 ^{er} Essai	2 ^e Essai	3 ^e Essai
0	0	19	20
50	37	52	51
100	76	81	85
150	110	115	120
200	143	151	151
250	175	182	181
300	210	214	215
350	242	249	249
400	275	280	280
420	287	293	293
450	310	314	313

On voit que pour toutes ces charges la flèche reste inférieure à $1/300$ de la portée soit 4 mm. Elle est donc acceptable.

2° *Essai de fluage.*

La maquette a été laissée sous une charge de 420 kg. pendant 16 heures, ce qui correspond au temps pendant lequel une telle charge peut être imposée au pont accidentellement.

Indications des deux comparateurs :

	A	B
Départ charge nulle	0	0
charge 420 kg	278,5	291
Après 4 heures	279	291,5
Après 16 heures	279,5	292

L'augmentation de flèche de la maquette au cours des 16 heures d'essai est de $1/100^{\circ}$ de millimètre, ce qui est extrêmement faible.

3° *Mesure de la charge maximum admissible.*

L'essai a consisté à déterminer la charge pour laquelle le pont prend la flèche maximum admis-

sible, $1/300^{\circ}$ de la portée, donc sur la maquette la flèche de 4 mm.

Les chiffres obtenus ont été les suivants :

Flèche de 3 mm. ou $1/400^{\circ}$ de la portée pour une charge de 500 kg.

Flèche de 4 mm. ou $1/300^{\circ}$ de la portée pour une charge de 660 kg.

La charge a été portée à 700 kg. Flèche : 4,30 mm.

Lorsque la charge est enlevée, il reste une flèche résiduelle qui s'annule avec le temps.

Valeurs de cette flèche résiduelle :

Temps 0	0,06 mm
Après 5 minutes	0,01 mm
Après 10 minutes	0,02 mm
Après 15 minutes	0,00 mm

Ce résultat montre la parfaite élasticité du pont pour une charge bien supérieure à la charge prévue. En effet, une charge de 700 kg. sur la maquette correspond à une charge sur le pont de 53 tonnes ou 26,5 tonnes par essieu.

Conclusion

Les essais ont été parfaitement concluants et montrent que l'on se trouve en présence d'une construction extrêmement rigide capable de supporter aisément les charges pour lesquelles elle a été calculée.

Maquette du pont à $\frac{1}{10}$. Vue du dessous de la travée

Photo Sallenave

Coll. C.T.F.T.

