



Photo Lepitre.

Chargement à la grue à béquilles. Mise en place de deux grosses grumes sur un Magirus Jupiter.

GRUE A BÉQUILLES

par C. LEPITRE,

Ingénieur de recherches au Centre Technique Forestier Tropical.

SUMMARY

THE PROP CRANE

This article adds details to what has already been said in this Revue regarding the prop crane. The first part deals with the efficiency of the machine, which is capable of loading a lorry in a half-hour, or even in less than 20 minutes if the work is prepared by a « service tractor ». This tractor is one of the main items in the cost of loading by crane, viz. : — from 100 to 160 fr per m³ in a total cost of from 180 to 240.

Another advantage of the prop crane is the flexibility it allows in the organization of the development : preparation of the loads may be completely dissociated, in time, from the actual loading operation.

In a second part the author discusses the possibility of increasing the force of the prop crane (from 20 to 25 metric tons). A sketch, abstracted from a detailed drawing, shows a possible design for a 25-ton crane.

RESUMEN

LA GRUA DE PORTICO

El presente artículo da mayores precisiones de lo que ya se ha dicho en esta revista referente a la grúa de pórtico. La primera parte se refiere al rendimiento de la máquina : la misma permite el cargar un camión en una media hora o, inclusive, en veinte

minutos si su trabajo es preparado con la ayuda de " un tractor de servicio ". Este tractor constituye el elemento principal de precio de costo del cargamento mediante grúa : 100 a 160 fr por m³ sobre un total de 180 a 240.

Otro de los motivos de interés por el empleo de la grúa de pórtico es la flexibilidad que permite a la organización de la explotación : la preparación de los cargamentos puede ser disociada completamente en el tiempo del cargamento propiamente dicho.

En la segunda parte, el autor examina las posibilidades de acrecentar la potencia de la grúa de pórtico de 20 a 25 toneladas métricas. Un croquis, copiado de un plano detallado, muestra cómo puede concebirse una grúa de 25 Tdas.

Nos lecteurs sont familiers de cet engin qui a déjà été décrit (1) et dont le rendement a été signalé récemment (2).

Nous ne reviendrons pas sur la description d'un matériel qui est déjà connu. Notre propos est seulement d'examiner son rendement avec quelques détails et d'apprécier dans quelle mesure sa construction peut être modifiée pour pousser ses possibilités au maximum.

La « grue à béquilles » peut être définie comme une **chèvre motorisée** dont un des montants (ou flèche) est fixé à l'arrière d'un camion. Les deux autres montants (ou béquilles) sont articulés à l'extrémité de la flèche.

La charge est levée au moyen d'un mouflage dont le câble s'enroule sur un treuil fixé au châssis du camion et mû par la prise de force du camion. En position de travail, la chèvre enjambe la charge à lever, les deux béquilles se trouvant du même côté. Le châssis du camion est alors soutenu par des billots placés au niveau du point d'appui de la flèche. Les roues arrière du camion sont calées pour absorber la réaction vers l'avant provoquée par la flèche.

Pour chaque déplacement, les béquilles sont ramenées vers l'avant du camion et reposent sur des supports prévus à cet effet. La flèche est simplement maintenue par deux haubans.

Nous avons indiqué (2) les qualités à rechercher dans un engin de chargement utilisé en exploitation forestière tropicale : la rusticité et la puissance y sont indispensables. Un choix doit souvent être effectué entre les qualités de rapidité, de souplesse et de bon marché. La grue à béquilles concilie assez bien ces exigences plus ou moins contradictoires ; la principale critique qu'on puisse lui faire est de requérir un « tracteur de service » coûteux, pour l'approvisionner et effectuer toutes les manutentions du parc. Cette sujétion est plus ou moins lourde suivant les chantiers : elle ne peut être pesée sagement qu'en fonction de l'organisation de l'ensemble du travail.

Nous examinerons successivement :

— le rendement de l'ensemble grue et tracteur d'approche en nous aidant d'exemples précis.

— les transformations qui permettent d'obtenir de l'engin une puissance maximum.

RENDEMENT DE LA GRUE A BÉQUILLES

En 1957, 58 et 59 nous avons observé deux grues à béquilles utilisées par la Compagnie des Scieries Africaines (S. C. A. F.) en Côte d'Ivoire. Ces grues réalisées à partir de camions réformés International RF. 190 à double pont arrière, sont équipées de treuils PAN du modèle habituellement monté sur le tracteur Latil H. 14 TL. 10.

En 1958, les deux grues en service sur le chantier ont assuré les chargements à une cadence dépassant 250 m³ par jour. Pendant un mois, soit du 19 juillet au 18 août 1958, elles ont chargé 5 440 m³, soit 311 camions en 25 jours de travail, c'est-à-dire une moyenne journalière de 218 m³, correspondant à 12 à 13 voyages. La journée la plus active a vu charger 277 m³ sur 15 camions.

Pratiquement une seule grue a pu facilement charger 12 camions par jour. Les deux grues travaillant ensemble étaient donc très en deçà de leurs

possibilités. Leur présence simultanée donnait néanmoins une plus grande souplesse au chantier et permettait de réduire au minimum l'attente des camions. Ceci suffit à justifier la présence des deux engins. Du point de vue financier, l'investissement que représente une grue supplémentaire est faible puisque ces engins sont réalisés à partir de camions réformés et de treuils d'occasion ; la grue supplémentaire influe très peu dans le prix de revient du chargement.

Le chantier était organisé de la façon suivante :

1° Un tracteur (D.7 Caterpillar) effectue le débardage, mais au lieu de rassembler les grumes sur des parcs, celles-ci sont déposées par petits groupes le long des routes secondaires. Ce procédé réduit la distance de débardage et économise l'ouverture des parcs. Cette seconde économie est en partie théorique puisque le tracteur de débardage doit débrousser par endroit les côtés des routes s'il veut rassembler quelques arbres côte à côte.

2° L'équipe de tronçonnage parcourt ensuite les dépôts successifs de grumes débardées et découpe celles-ci en billes marchandes.

3° L'équipe de chargement entre alors en action. Un « tracteur de service » (second D.7), rassemble

(1) « L'exploitation CORRE Frères à Agboville » (Côte d'Ivoire) par P. ALLOUARD *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 40 de mars-avril 1955, p. 17.

« Le chargement des grumes dans les Exploitations Forestières Tropicales » par P. ALLOUARD paru dans le Recueil Technique de l'Exploitant Forestier.

(2) « Le choix d'un engin de chargement » par C. LEPITRE *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 67 de septembre-octobre 1959, p. 43.



Photo Lepitre.

Le tracteur de service utilise fréquemment la pelle de son bulldozer pour trier les grumes et les mettre en place en vue du chargement.

à l'aide de son bull, de son treuil ou par tirage à froid (sans arche), les billes tronçonnées et constitue les charges. Lorsque les billes doivent être placées en deux lits sur les camions, le tracteur de service se charge de les gerber avec sa pelle. Comme il peut gerber des grumes mesurant jusqu'à 6 m³, cette opération est rarement confiée à la grue. Celui-ci dispose donc de chargements tout préparés et n'a plus qu'à assurer le levage de l'ensemble de la charge. A cet effet, elle vient se placer perpendiculairement aux billes rassemblées ; il suffit alors de passer les béquilles par-dessus le chargement, de passer et d'attacher les élingues et de lever.

Le chargement a donc lieu en deux phases bien distinctes :

- a) Préparation des charges au tracteur,
- b) Chargement proprement dit à la grue.

Ces deux opérations peuvent aussi bien se succéder dans le temps, qu'être séparées par plusieurs heures. C'est là une commodité considérable qui dispense le tracteur de service « d'assister » au chargement au moment même du passage des camions.

1°) Durée du chargement d'un véhicule

De quelques études de temps, on peut tirer les chiffres suivants :

Durée moyenne d'un chargement, décomptée entre la fin d'un chargement et la fin du chargement suivant : 31 minutes. L'attente d'un camion correspond donc en moyenne à 31 minutes par camion à passer avant lui.

Ce temps se décompose en :

- 1° Déplacement de la grue d'un chargement à l'autre et mise en position . . . 10,5 mn
- 2° Mise en place des élingues, équilibrage et levage de la charge 7 mn
- 3° Chargement du camion (mise à bord). . . 13,5 mn

Bien que ces chiffres moyens correspondent à un petit nombre de chargements, nous pouvons admettre qu'ils constituent un ordre de grandeur très acceptable. En fait, la durée totale de chargement est restée comprise le plus souvent entre 25

et 35 minutes, mais on relève des chiffres plus élevés dès que des incidents interviennent.

La « mise à bord » de la charge dure entre 10 et 20 mn. C'est la durée minimum pendant laquelle la présence du camion est indispensable ; les opérations antérieures peuvent être effectuées avant l'arrivée du camion. Si on admet que pendant l'attente d'un camion, la charge est laissée à terre pour ne pas fatiguer le matériel, les camions pourraient être chargés en 13,5 minutes, plus le temps nécessaire au levage, soit au total 17 minutes environ. Il en est rarement ainsi parce que les camions se présentent non pas échelonnés mais plus ou moins groupés. Il est donc plus judicieux de prévoir une durée de chargement d'une demi-heure environ. Ce délai a été observé avec des charges moyennes de 13,5 m³. S'il avait fallu charger 20 m³, les opérations auraient sans doute été un peu plus longues.

Un des avantages de la grue à béquilles consiste donc dans sa rapidité de manœuvre ; nous avons vu qu'il a été possible, quand il le fallait, d'effectuer aisément 12 chargements avec une seule grue ; mais pour alimenter une flotte de 7 camions faisant deux voyages par jour (soit 14 chargements journaliers), deux grues servies par un seul tracteur restent indispensables pour éviter des attentes trop longues.

2^o) Le tracteur de service. Son rendement

L'équipe qui assure le chargement dispose, disons-nous, d'un tracteur « de service » chargé de grouper les billes pour constituer la charge de chaque camion. Le tracteur de service fait partie intégrante de l'équipement de la grue à béquilles et nous verrons plus loin qu'il constitue le principal élément de son prix de revient.

On peut examiner séparément le rendement de cet engin. Pour mettre en relief les chiffres obtenus nous comparerons les résultats du travail sur parc avec ceux du débardage puisque ces deux opéra-

tions se succèdent et sont de nature voisine. Nous disposons de chiffres provenant de deux exploitations différentes. Dans l'une et l'autre un D.7 était utilisé pour approvisionner la grue.

EXPLOITATION A

Le débardage est effectué bord route, sans ouverture de parc (Cf. SCAF).

a) Rendement du tracteur de service.

Le tableau I résume les résultats obtenus en 1958 pour l'ensemble de l'année et pour le mois de février pris isolément.

TABLEAU I

	Total Année 1958	Février 58 seul
Nbre d'heures de tracteur (horomètre).....	623	24 j. de travail
Volume chargé	21.000 m ³	102 3.892 m ³
Rendement journalier moyen		162,2 m ³ pour 4 h. 25 de travail
Rendement horaire ...	33,7 m ³	38 m ³

Le chiffre de 4 h 25 de travail par jour pour 162 m³ montre qu'un seul tracteur de service peut suffire à une production élevée. Sur le chantier étudié le tracteur a pu approcher, pour le charger, un volume de 277 m³ en une journée.

b) Débardage.

La production montre des variations importantes en fonction du terrain et de la distance de débardage. Notons que nous incluons dans le temps de débardage, outre le temps de tirage proprement dit, le temps de déplacement d'un lieu de débardage au suivant et le temps passé à ouvrir les emplacements de dépôts des grumes au bord de la route. La ventilation s'effectuait comme suit en 1957 :

- Débardage proprement dit. 85%
- Déplacements sur routes 5%
- Ouverture des dépôts de grumes 10%

Utilisation de la pelle du bulldozer pour gerber les billes formant un chargement : ici un lot de petits Sambas (voir B. F. T. N° 67, page 49, un exemple de manutention de billes plus lourdes). Un D 7 est capable avec sa pelle de gerber ainsi des billes pesant 5 tonnes. Pour des billes plus lourdes, il est toujours possible d'utiliser des perches formant rampes de chargement.

Photo Lepitre.



Les données relevées en 1957 et 58 sont indiquées au Tableau II. Elles portent sur l'ensemble de 1958, 7 semaines en février-mars 58 et la grande saison sèche 1957.

TABLEAU II

	Total année 1958	7 semaines en févr.- mars 1958	4 mois 1/2 1957 grande saison sèche
Nbre journées de travail.....		42	101
Nbre de voyages de tracteur.....		800	1.241
Nbre de voyages par jour.....		19	12,4
Volumes marchand par voyage.....	9 à 10 m ³	9 à 10 m ³	8,6 m ³
Nbre d'heures tracteur passées au débardage (horomètre).....	834	238	580
Durée moy. d'un voyage.....		0,3 h	0,47 h
Volume total débardé.....	21.000	7.600	10.687
Volume débardé à l'heure.....	25 m ³	32 m ³	18,4 m ³

Les données du Tableau II appellent quelques observations : le rendement élevé obtenu en février et mars 1958 correspond à des conditions de débardage très favorables avec distance très courte (100 à 150 m). En 1957 la distance de débardage était légèrement supérieure (250 à 300 m) et le rendement en bois marchand plus faible.

Si on compare les productions horaires du tracteur D.7 au chargement et au débardage (Tableau III) on constate que le travail fourni par le tracteur de service correspond à un véritable débardage sur courte distance.

Notons que le temps passé sur le lieu de dépôt en bordure de route est certainement un peu supérieur à celui qui serait dépensé sur un parc ordinaire plus important. En effet, il arrive que le tracteur doive rassembler des billes un peu éloignées le long des routes de tirage, ce qui constitue un débardage complémentaire. Sur un parc où toutes les grumes sont rassemblées, l'amélioration du rendement du tracteur de service pourrait être sensible.

Chargements tout préparés attendant le passage des camions. Le tracteur de service a quitté le parc.

Photo Lepître.

TABLEAU III

	Total année 1958	Année 1957 4 mois 1/2
Rendement tracteur de service.....	33,7 m ³ /heure	33 m ³ /heure (1)
Rendement tracteur débardage.....	25 m ³ /heure	18,4 m ³ /heure
Nombre d'heures tracteur consommées pour 100 m ³ .		
Chargement.....	3	3
Débardage.....	4	5,4
Total.....	7	8,4
Sur ce total, le chargement représente	43 %	36 %

(1) Nous avons admis ici, faute de donnée plus précise, un chiffre comparable à celui de 1958.

EXPLOITATION B

Nous avons pu faire la même comparaison entre débardage et chargement sur un second chantier rassemblant les grumes sur parc. Un seul tracteur D.7 y assumait tous les travaux. Il débardait sur 290 m en moyenne avec une charge moyenne de 7,5 m³ (marchands).

Le tableau IV résume les données que nous possédons.

TABLEAU IV

Rendement débardage.....	14 m ³ /heure
" tracteur de service	26,6 "
Nombre d'heures de tracteur consommées pour 100 m ³ :	
Débardage.....	7,2 soit 65 %
Parc	3,8 soit 35 %
Total	11

Ici le rendement des manutentions était assez bas en raison des petites dimensions des grumes (volume moyen 3 m³). On sait, en effet, que le



temps passé à chaque manœuvre est pratiquement indépendant du volume de la bille déplacée et que le rendement dépend étroitement du volume moyen des grumes. Le tracteur effectue des opérations qui se mesurent en **nombre**, mais son rendement se chiffre en **volume** déplacé.

D'après les résultats observés sur les exploitations de référence, le rendement du tracteur de service semble varier entre 25 et 40 m³/heure ; c'est-à-dire que le chargement à la grue à bécquilles coûte cher en heures de tracteur.

3°) Le choix du tracteur de service

Le problème a été examiné dans une note précédente (1). Pour des raisons d'organisation, le tracteur de service est en général du même type que les autres chenillés de l'exploitation. Quand on le peut on affecte à ce poste un tracteur usagé.

Il est donc sage de calculer le prix de l'heure de tracteur de service sur les mêmes bases que l'heure des autres tracteurs. Selon des chantiers on compte sur un matériel de la classe D.7 (cas le plus fréquent), ou aussi sur des tracteurs moins puissants (tel l'HD.11).

Dans tous les cas, le prix de revient doit être estimé au plus juste puisque le tracteur de service ne peine guère.

4°) Prix de revient du chargement à la grue

Les calculs forfaitaires que nous présentons n'ont d'autre but que de motiver quelques conclusions pour lesquelles la précision des chiffres importe peu.

Nous séparerons le prix de revient de la grue proprement dite des frais d'utilisation du tracteur de service, puisqu'il s'agit là de deux phases indépendantes de l'opération de chargement.

a) Prix de revient de la grue.

Amortissement : Nous estimons à 1 500 000 fr. CFA la valeur d'une grue à bécquilles. L'amortissement peut être calculé comme suit :

— Gros chantier : 25 000 m³/an : deux grues amorties en trois ans : 40 fr/m³.

— Chantier moyen : 15 000 m³/an : une grue amortie en trois ans : 33 fr/m³.

— Petit chantier : 8 000 m³/an : une grue amortie en cinq ans : 37 fr/m³.

Retenons une valeur moyenne de 37 fr/m³.

Main-d'œuvre : Il faut compter :

— Un chef d'équipe à 20 000 fr CFA par mois, à plein temps ou pendant une fraction seulement, selon l'importance du chantier.

— Un chauffeur à 15 000 fr CFA par mois sur chaque grue.

— 4 manœuvres à 5 000 fr CFA par mois pour servir une grue.

Sur un petit chantier, manœuvres et chauffeurs ne sont pas comptés au titre chargement à plein temps.

En admettant que la main-d'œuvre ne travaille que 8 mois par an au chargement, les salaires correspondent à 25 fr CFA/m³ environ.

Les frais de carburant, huile et câbles et d'entretien général de la grue peuvent être estimés à 10 fr CFA/m³.

Total : Nous obtenons 72 fr/m³ auxquels il faut ajouter les frais généraux, soit un total de 80 fr CFA/m³ environ.

b) Prix de revient du tracteur de service.

Le coût de l'heure de D.7, avec bulldozer et treuil forestier peut être évalué, tous frais compris, à environ 4 000 fr CFA. Pour un rendement de 25 à 40 m³ à l'heure de tracteur cela correspond à une dépense de 100 à 160 fr par m³.

Le tracteur de service constitue ainsi la principale source de dépenses, les autres frais exposés plus haut n'ont chacun qu'une importance secondaire et influent peu sur le coût total. Ce dernier varie donc en chiffres ronds de 180 à 240 fr CFA/m³ : il fait de la grue, en dépit de ses nombreuses qualités, un engin cher.

Mais, nous l'avions déjà indiqué précédemment (1) le coût d'un procédé de chargement ne peut être considéré isolément. Les avantages que peut procurer une organisation du travail, notamment en matière de souplesse, peuvent être tels qu'une dépense supplémentaire sur le poste *chargement se trouve compensée et au-delà par une diminution de frais sur un autre poste*. D'autres part nombreux sont les chantiers, surtout parmi les moins importants, où les heures de tracteur de service peuvent être, en fait, des heures récupérées sur les temps morts du ou des chenillés ; et la grue facilite tout particulièrement cette récupération puisqu'elle permet de *dissocier complètement le travail du tracteur du passage des camions*.

Qu'on imagine la commodité, le débardage terminé, de pouvoir préparer le soir les chargements de la matinée ou de la journée du lendemain, de pouvoir employer les moments où un tracteur doit être arrêté, ou simplement l'intérêt que présente la possibilité de grouper tous les travaux de préchargement à un moment de la journée au lieu de voir le tracteur passer plusieurs fois par jour du débardage au travail de parc, changements de besogne qui s'accompagnent toujours d'une baisse de rendement. De plus l'attente des camionnés se trouve réduite.

(1) N° 67 de B. F. T. (p. 46).

Chaque fois que le chargement est fait à la pelle du bulldozer (et à la fosse) ou à la bique (engin fixe), il est permis de penser que la grue à béquilles assurerait le même service dans de meilleures conditions : rapidité accrue et plus grande souplesse. Les deux procédés ci-dessus exigent en effet la présence du chenillé soit pendant, soit entre chaque chargement. *Puisque de toute façon on utilise ce chenillé pourquoi ne pas en tirer le meilleur parti*, la réalisation de la grue n'est pas si compliquée.

Cet engin de levage réunit bon nombre de qualités : puissance, rusticité, rapidité de travail, mobilité extrême, grande souplesse d'emploi, cela vaut d'être payé un peu cher (1). C'est parce qu'elle répond aux besoins de nombreux chantiers que nous avons cru bon de développer un peu longuement ici les conditions d'emploi de la grue à béquilles.

CONSTITUTION DE LA GRUE A BÉQUILLES

Voici une description sommaire de la dernière grue construite par la SCAF. Sa puissance de levage est de 20 tonnes : nous donnerons donc quelques ordres de grandeur des efforts qui s'exercent sous cette charge. Les symboles et lettres utilisés sont les mêmes que ceux de la figure 1.

— La flèche en forme de « A », longue de 6 m est faite de deux longerons entretoisés. Elle s'articule à la base sur l'arrière du châssis du camion. Elle supporte un effort $R_1 = 17\ 000$ kg.

— Sous la fixation de la flèche, le châssis du camion est renforcé par un profilé destiné à répartir les efforts verticaux ($p = 15\ 000$ kg) en prenant appui sur des billots formant cales que les manœuvres mettent en place à chaque chargement. Les efforts horizontaux ($T = 4\ 700$ kg) résultant de la pression de la flèche et de la traction du câble sur le treuil sont équilibrés par les freins du camion et par des cales placées devant les roues.

— Le mouflage est à 4 brins. Sur l'axe qui porte les poulies s'articulent les béquilles : elles sont, à cet effet, terminées par un embout métallique. L'articulation présente un jeu important pour permettre de rapprocher ou d'écarter à volonté les béquilles du plan vertical de la flèche au moment de la mise en place de la grue au-dessus de chaque chargement.

(1) Nous renvoyons le lecteur, pour l'examen des avantages respectifs des divers procédés de chargement à l'article « Le choix d'un engin de chargement » par G. LEPRÈRE du n° 67 de *Bois et Forêts des Tropiques*.



Photo Lepître.

En attendant l'arrivée d'un camion.

— Les béquilles, longues de 7,80 m environ, sont des perches simplement écorcées d'un diamètre de 17 à 18 cm, elles pèsent 190 kg environ chacune. Ce poids est à la limite de ce que les manœuvres peuvent commodément déplacer.

L'essence adoptée comme donnant les meilleurs résultats est un arbre du genre *Memecylon* (2). D'autres espèces essayées précédemment fléchissaient dangereusement. Il est superflu d'insister sur la nécessité de choisir des perches bien droites : la moindre courbure se traduit en effet par un flambage considérable.

(2) Dénommé « MBé » par les manœuvres du chantier. Le genre fait partie de la famille des *Melastomatacées* ; il est décrit dans la flore d'AUBRÉVILLE sous le nom vernaculaire de « Mligbé ».

Les deux béquilles réunies supportent une charge $R_2 = 9\ 500$ à $10\ 000$ kg (3). On notera que R_2 est différent de R_1 supporté par la flèche: en effet le moufle 0 est soumis au poids P de la charge, mais aussi à la traction du brin de câble qui va au treuil ($P/4$, aux frottements près, avec un moufle à 4 brins) La résultante R est donc inclinée vers la flèche.

R_2 se répartit sur les deux béquilles; compte tenu de l'angle qu'elles forment entre elles et des inégalités du terrain, on peut admettre que chacune d'elles peut supporter $0,6 R_2$ ou $6\ 000$ kg. Le calcul (formule de Rankine sur la compression avec flambage) donne un taux de fatigue du bois de 183 kg/cm². Ce chiffre élevé justifie le soin à apporter dans le choix de l'espèce et de la forme des perches.

— Un treuil PAN de $5/7$ t est monté sur le châssis du camion, il est entraîné par la prise de force. Le câble a un diamètre de $5/8$ " soit 16 m/m environ. La traction du câble engendre sur le camion une composante verticale q dont nous avons choisi le point d'application (fictif) en B. Dans les conditions de la figure 1, $q = 3\ 400$ kg. C'est le poids mort du camion qui s'oppose à q et au couple de cabrage autour du point A qui en résulte.

(3) Les valeurs de R_1 et R_2 indiquées ici correspondent à un angle d'ouverture béquilles/flèche de 65 grades, assez courant en pratique. Flèche et béquilles sont à peu près également inclinées.

— Le crochet placé sous le moufle est identique à celui qui est utilisé sur les câbles des treuils de tracteurs à chenilles. Il a été choisi pour son excellente tenue mécanique. Les élingues de levage sont réalisées avec des chutes de câbles de débardage. Deux jeux sont prévus pour ceinturer les charge-ments de sections différentes. Chaque chargement est soulevé à l'aide de deux élingues.

Possibilité d'accroissement de la puissance de la grue à béquilles

Nous avons indiqué, pour la grue telle qu'elle est décrite ci-dessus, une capacité maximum de 20 t. Cette puissance n'a été en pratique utilisée que de façon intermittente et il serait probablement malaisé de l'obtenir régulièrement, faute d'une hauteur sous crochet suffisante pour lever commodément des charges de 6 billes en trois lits superposés. En fait, la grue 20 t convient bien à la manutention de charges réparties entre 13 et 20 tonnes.

Mais avec l'amélioration des réseaux routiers et l'accroissement des distances de transport, il est prudent de prévoir le cas où 20 tonnes deviendront une charge courante. Les spécifications des grumiers de 150 à 170 ch couramment utilisés ne prévoient-elles pas, avec semi-remorque, une charge utile de 22 à 23 tonnes ?

Quel serait le comportement de la grue à béquilles avec une charge maximum de 25 tonnes, correspondant à une utilisation courante entre 20 et 25 tonnes ? Ce chiffre constitue le maximum de ce que peut faire un engin de cette nature, maximum qui correspond à la limite des préoccupations courantes des exploitants forestiers. Au delà de 25 t. le principe du préchargement comme il est connu en Afrique ne conviendrait vraisemblablement plus, le volume des charges, trop important, rendant longues et difficiles leur manutention en une fois et leur constitution préalable au sol. Les techniques de chargement de billes une à une seraient certainement mieux adaptées.

Un autre facteur limitant la capacité de la grue, est la résistance des béquilles qui doivent rester assez légères pour être maniables.

Catage de l'arrière de la grue. Après aplatissage des ressorts du camion, les billots en bois supporteront les efforts transmis par la flèche.

Photo Tuffier.



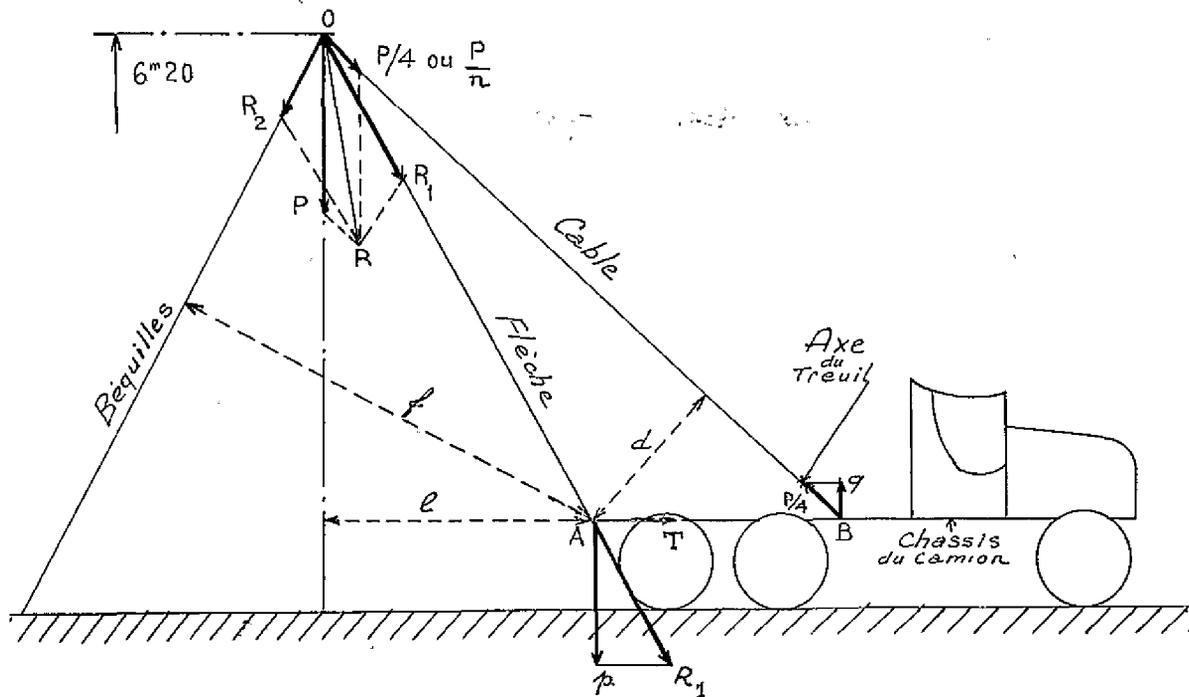


FIG. 1. — Grue type 20 tonnes sur International R. F. 190. En O s'exercent les efforts P et P/A (ou P/n) dont la résultante est R laquelle se décompose à son tour en R_1 et R_2 , T est égal à la différence : composante horizontale de R_1 moins composante horizontale de P/A. B est le point fictif de rencontre de la direction du câble et du châssis.

Si l'on veut porter la puissance à 25 t nous sommes amenés à envisager les modifications suivantes :

- hauteur sous crochet.
- charge des béquilles.

HAUTEUR DISPONIBLE SOUS CROCHET

Sur le matériel étudié en service, l'axe du moufle (fig. 1) se situe à 6,20 m environ du sol. Ce dégagement permet difficilement de lever assez haut un chargement de 6 billes si les élingues se placent mal ou si l'ensemble est un peu encombrant : cette difficulté entraîne des pertes de temps importantes.

En augmentant le dégagement sous le moufle de 6,20 m à 7,20 m on supprimerait cet ennui. Cet accroissement de hauteur oblige à allonger la flèche (ce qui n'est pas difficile) et surtout les béquilles.

Allonger les béquilles et accroître la puissance de l'engin veut dire *à priori* augmenter leur poids ou admettre un taux de fatigue du bois plus élevé. Or le poids de chaque béquille a atteint, avons-nous dit, la limite de ce que les manœuvres peuvent facilement déplacer par-dessus les chargements préparés à terre. La sécurité ne permet pas d'accroître le taux de fatigue du bois. La seule solution consiste donc à réduire la charge R_1 supportée par les béquilles : c'est ce problème qui va retenir notre attention.

COMMENT FAIRE VARIER LA CHARGE DES BÉQUILLES ?

Appelons (figure 1) :

- l la distance de A à la verticale du moufle.
- d la distance de A au câble.
- n le nombre de brins du mouillage en O.
- f la distance de A au plan des béquilles.

Entre la charge des béquilles et les principales caractéristiques de la grue l'équation des moments autour de A nous donne la relation suivante :

$$R_2 = P \cdot \frac{l - d/n}{f}$$

Pour diminuer R_2 on peut diminuer l et augmenter d . Si les béquilles restent symétriques de la flèche, ce qui est normal, f dépend de l .

Nous proposons donc (figure 2) de redresser la flèche (diminution de l) et de faire passer le brin du câble qui s'enroule sur le treuil sur une poulie auxiliaire C (augmentation de d). Le mouillage sera effectué à 5 brins au lieu de 4.

Pourquoi ce nouveau mouillage ? Avec une charge de 25 t, 4 brins supposeraient, non compris les frottements, un effort sur le câble de 6,3 t ; il nous semble préférable pour utiliser des treuils courants de ramener l'effort à 5 t en ajoutant un brin supplémentaire.

L'angle formé par la flèche et le plan des béquilles n'est plus que de 40° (ou 45 grades). Nous avons représenté figure 2 un chargement encombrant de 6 billes levé à 2 m du sol, ce qui est une hauteur très large. Un espace de 0,20 m reste libre, de part

et d'autre des trois billes de 90, côté béquilles et côté flèche. Le dégagement entre l'arrière du camion et le pied des béquilles reste supérieur à 4 m. C'est l'augmentation de la hauteur où se trouve le moufle qui permet de redresser ainsi la flèche : l'espace libre entre flèche et béquilles diminue d'autant moins vite, quand on s'élève, que la « chèvre » est plus haute.

Notons en passant que la grue à béquilles telle que nous la proposons ici s'applique à des grumiers de 2,50 m à 2,70 m environ de largeur de traverse, puisque les gabarits conformes au Code de la Route sont les plus fréquents. Elle n'est pas adaptée aux gabarits de 3 m et plus.

Nous utilisons la poulie C pour accroître l'influence sur l'équilibre de la grue du brin du câble qui vient au treuil : en effet nous ne pouvions guère changer l'emplacement de celui-ci. La figure 2 représente la poulie située à 2 m du châssis du camion et au droit de l'arrière de la cabine : cet emplacement permet un montage assez simple et une variation de d satisfaisante.

Il nous faut maintenant prévoir un lest de 2 500 kg environ placé (pour raison de commodité) entre le treuil et la cabine : si tout à l'heure le poids mort du camion suffisait à s'opposer au couple de cabrage autour du point A engendré par le câble, il n'en est plus de même maintenant.

Avec ces modifications la charge supportée par les béquilles devient $R_3 = 0,34 P$ (1) ou 8 500 kg

(1) Avec le moutlage à 5 brins. Il est commode d'exprimer les efforts en fonction de P, c'est-à-dire la charge à lever.

pour $P = 25$ t. Chaque béquille supporte $8\,500 \times 0,6 = 5\,100$ kg. La longueur de chacune d'elles étant passée à 3,50 m le calcul (par la formule de Rankine) amène à leur donner un diamètre de 17,5 cm soit un poids de 205 kg (en prenant l pour densité du bois et en adoptant le taux de travail calculé plus haut, soit 183 kg/cm²). Ce poids de 205 kg reste maniable.

L'ensemble des transformations ci-dessus nous amène au résultat cherché, c'est-à-dire une puissance de 25 t. Une dernière remarque mérite toutefois d'être faite : nous avons supposé que les béquilles doivent être en bois, pourquoi ne pas choisir un tube métallique ? Le bois a l'avantage de se trouver sur place, mais, surtout, ses caractéristiques technologiques le rendent particulièrement bien adapté ici. Les béquilles sont, notre exposé le montre, le point faible de la grue : il faut une pièce légère, solide et capable d'encaisser les à coups que ne manque pas de provoquer le paquet de billes à lever ; on peut craindre qu'un tube métallique n'ait pas une rusticité suffisante.

Il faut choisir des perches brutes, seulement écorcées, qui ont une résistance bien supérieure à des pièces, de même équarissage, mais taillées dans des troncs plus gros et qui contiendraient des fibres coupées. Ces perches doivent être choisies dans une essence bien déterminée et remarquable par son bois dense, nerveux, aux fibres contournées et enchevêtrées. Si on sait que le genre Memecylon correspond à cet usage, on ne peut affirmer, faute d'essais, qu'un autre genre ou espèce conviendra. Les taux de fatigue utilisés sont en effet élevés.

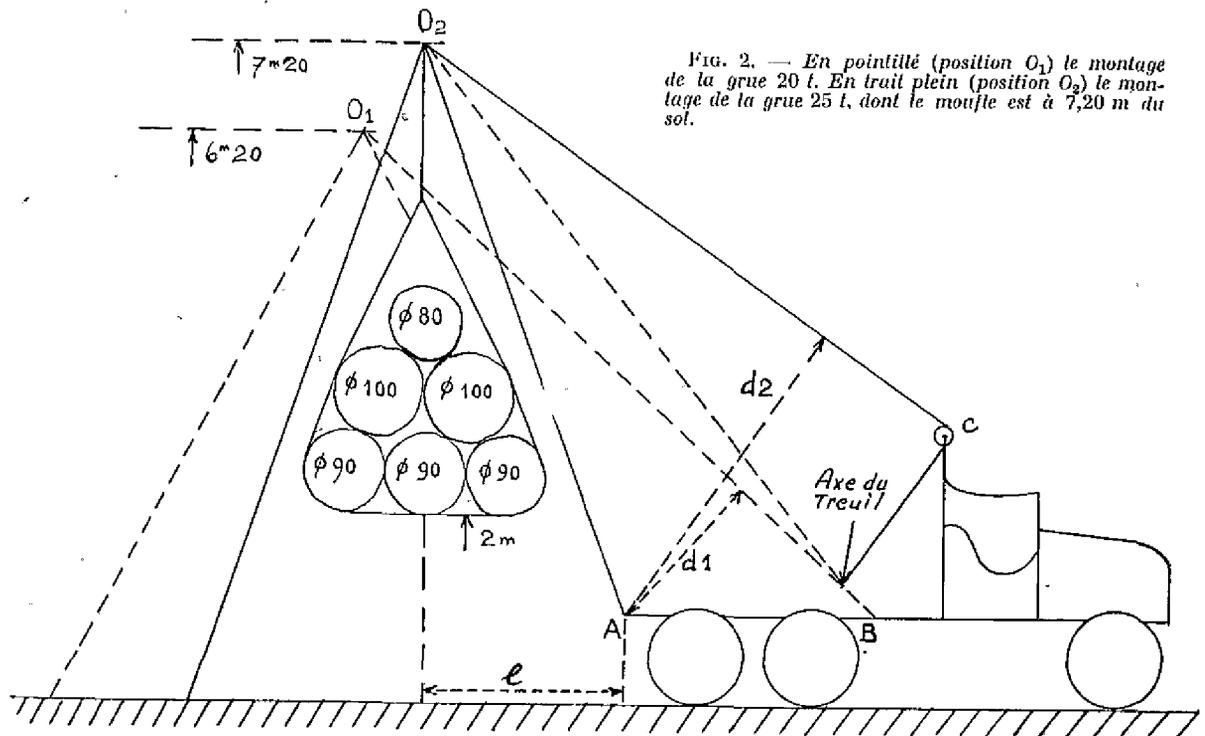


FIG. 2. — En pointillé (position O_1) le montage de la grue 20 t. En trait plein (position O_2) le montage de la grue 25 t, dont le moufle est à 7,20 m du sol.



Photo Lepitre.

Passage des béquilles par-dessus le chargement tout préparé.

Dans ces conditions il n'est tout de même pas indifférent de savoir comment les béquilles peuvent être réalisées en tube métallique. Une béquille de 205 kg sur 8,50 m pèse 24 kg au mètre ; quels résultats peut-on escompter par exemple d'un tube d'acier de diamètre extérieur 178 m/m, diamètre intérieur 167 m/m, c'est-à-dire pesant 19,25 kg au mètre ?

Chaque béquille de 8,50 m pesant 165 kg résisterait alors à :

— 6 000 kg pour un acier travaillant à 6 kg/mm^2 (acier doux).

— 10 000 kg pour un acier travaillant à 10 kg/mm^2

Il deviendrait ainsi possible de supprimer le renvoi de câble en C (et le contrepoids) : en effet R, serait égal à 0,44 P soit 11 000 kg ou 6 600 kg par béquille. On pourrait envisager aussi d'ouvrir plus la « chèvre » pour autoriser le chargement de camion de 3 m de gabarit.

* * *

On trouvera (figure 3), le croquis d'une grue, avec béquilles de 205 kg en bois, correspondant aux caractéristiques ci-dessous :

- Force 25 t,
- Hauteur de l'axe du moufle sur la flèche : 7,20 m,
- Mouflage à 5 brins,
- Hauteur de levée 2 mètres sous charge,
- Ouverture des pieds au sol : 4 m,
- Effort de compression sur la flèche : 21 000 kg,
- Pression au sol en A : 19 800 kg,

— Réaction T vers l'avant du camion : 3 000 kg (1)

— Poids des éléments métalliques de la grue (en dehors du camion) 1 700 à 1 800 kg.

— Camion porteur : International RF 190 : poids mort à vide : 2 450 kg sur essieux AR, 2 020 kg sur essieux AV.

Ce croquis appelle un certain nombre de remarques.

(1) Cet effort est d'autant plus faible que les béquilles sont plus redressées, c'est pourquoi il est inférieur à celui que nous avons avec la grue 20 t.

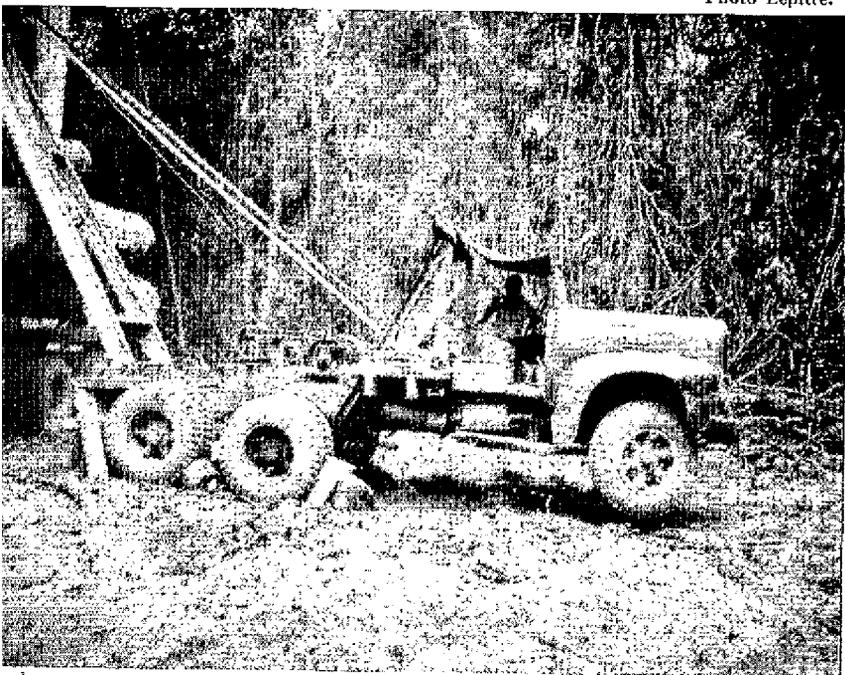


Photo Lepitre.

Assemblage de la flèche, des béquilles et du moufle.

Si, par suite de l'enfoncement des béquilles ou d'un certain ripage des cales du camion, les haubans viennent à être tendus, ils soulèvent l'avant du camion (ce n'est pas le câble qui en est responsable). Il y a donc toujours intérêt à reculer légèrement le camion de façon à détendre les haubans avant de commencer le levage.

Photo Lepitre.



L'articulation flèche-béquille est fixée sur le même axe, de gros diamètre, que le moufle. Les béquilles sont pourvues d'une articulation à deux degrés de liberté (du type Cardan).

Les poulies sont montées sur bagues. Des poulies à roulements à rouleaux, seraient moins encombrantes ; mais les dimensions des roulements empêcheraient sans doute le montage sur le même axe que l'articulation des béquilles : le dessin devrait être modifié en conséquence. Il ne faut de toute façon, pas perdre de vue que les efforts qui s'exercent sont élevés (2 fois 5 t par poulie).

L'articulation flèche sur châssis se fait sur une chape renforçant l'arrière du camion et qui transmet les efforts à une bêche d'appui au sol. Cette bêche remplace le calage par billots habituellement utilisé. Sa largeur est celle du châssis du camion : une largeur supérieure est inutile puisque la stabilité de l'ensemble est assurée par le trépied béquilles-flèches. La bêche est terminée par un sabot en bois dont l'épaisseur peut être choisie à la demande. La course vers l'avant est limitée par des cales fixées sur une traverse et qui s'appuient sur les pneus. La course vers l'arrière (rappelons que les réactions de la grue poussent le camion vers l'avant) est limitée par deux bras de réaction munis d'un ergot.

La bêche peut être relevée à l'aide du moufle de la grue, une chaîne la retient en position de transport. Pour la mettre en position, on la laisse tomber au sol ; on pose les bras de réaction (effacés en position de transport) sur les fers ronds destinés à les recevoir et on recule le camion jusqu'à ce que les ergots des bras se mettent en place. Cette opération doit être faite après mise en position des béquilles ; elle a pour résultat de redresser la flèche de quelques degrés et de détendre les haubans, destinés à la maintenir en position de transport). Ce relâchement des haubans évite de voir ceux-ci soulever l'avant du camion, quand, sous la charge, les béquilles s'enfoncent dans le sol.

La poulie de renvoi (C) est supportée par un bras articulé à proximité du treuil. Ce bras est maintenu en position de travail par deux tirants qui se fixent sur le bouclier placé derrière la cabine du camion. En position de transport, le bras (portant la poulie) et la flèche de la grue peuvent être, l'un au-dessus de l'autre, rabattus sur le bouclier.

Le lest destiné à éviter le cabrage du camion prend place au pied et derrière ce bouclier.

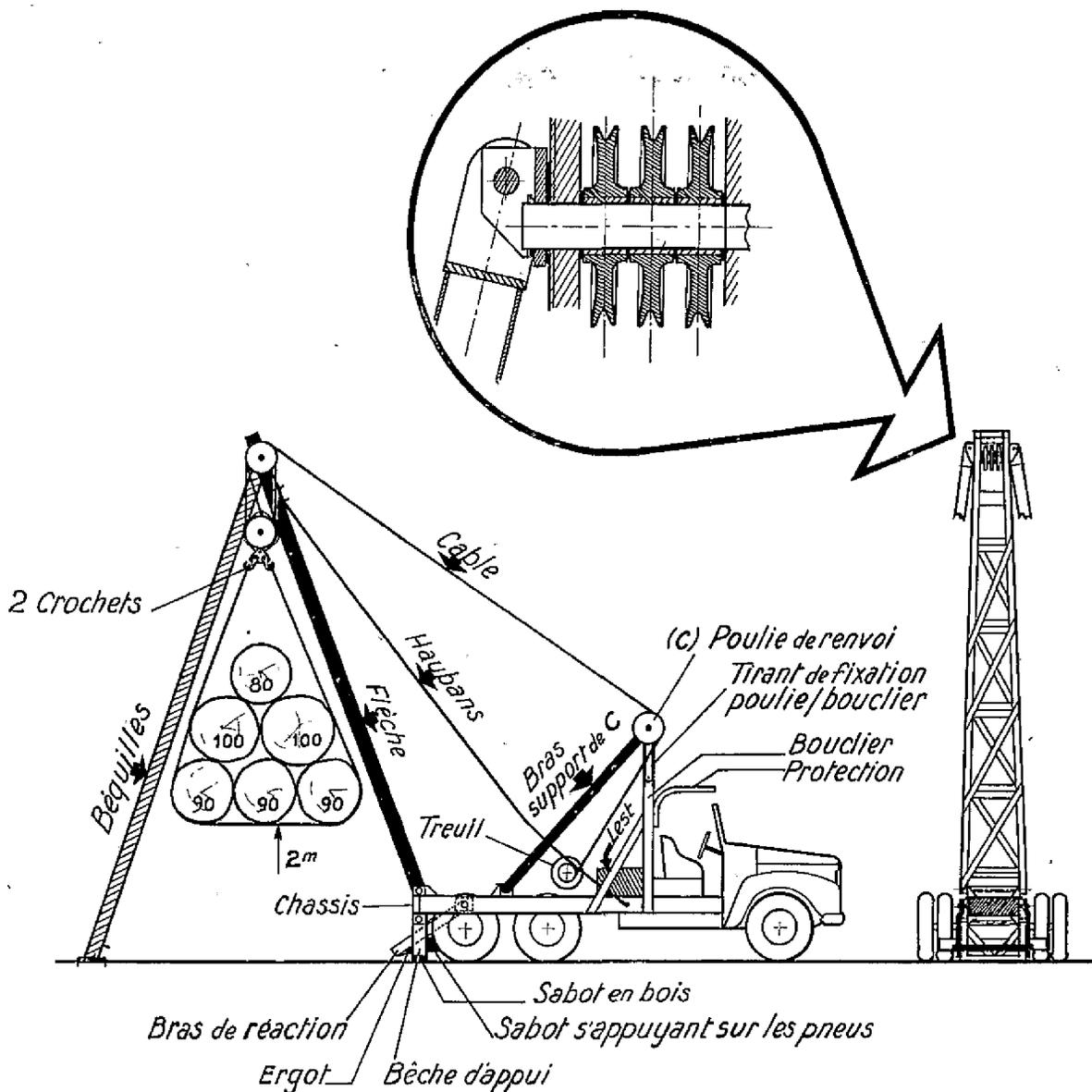


FIG. 3. — Grue de 25 t à béquilles en bois montée sur International RF. 190. Le bras de réaction est représenté en pointillé, une coupe étant supposée faite par le milieu du châssis. En médaillon le montage des poulies et l'articulation flèche-béquilles à deux degrés de liberté.

Les efforts supportés par le châssis du camion sont les suivants : poids du lest de 2 500 kg, traction sur le bouclier (due à la poulie C), traction du treuil, pression par le bras supportant la poulie C. Ces efforts s'exercent à faible distance l'un de l'autre et ne risquent pas de fatiguer le châssis. Notons que l'International RF. 190 étant robuste il n'a pas été jugé utile de figurer un faux châssis.

NOTE

Le CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL possède les plans détaillés de la grue ainsi décrite et les tient à la disposition de ceux qui les dési-reraient. Ces plans peuvent être adaptés à tout type de camion et recevoir toutes sortes de modifications (moufles sur roulements, béquilles en acier, etc...).