

Grues à vapeur et modélisme

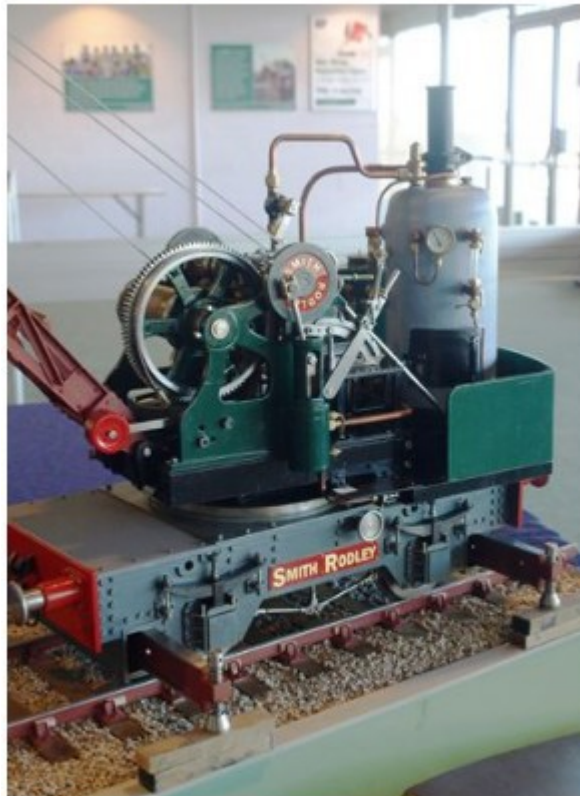
Les grues n'ont clairement pas le pouvoir évocateur et le romantisme attachés aux bateaux à vapeur ou aux locomotives à vapeur. De plus la présence de nombreux mécanisme à engrenages au fonctionnement obscur est un facteur bloquant à peu près certain. Si aux USA les treuils de débardage (steam donkey) jouissent d'une certaine popularité on ne trouve que très rarement des grues à vapeur modélisées et de loin en loin des grues électriques.



Steam Donkey



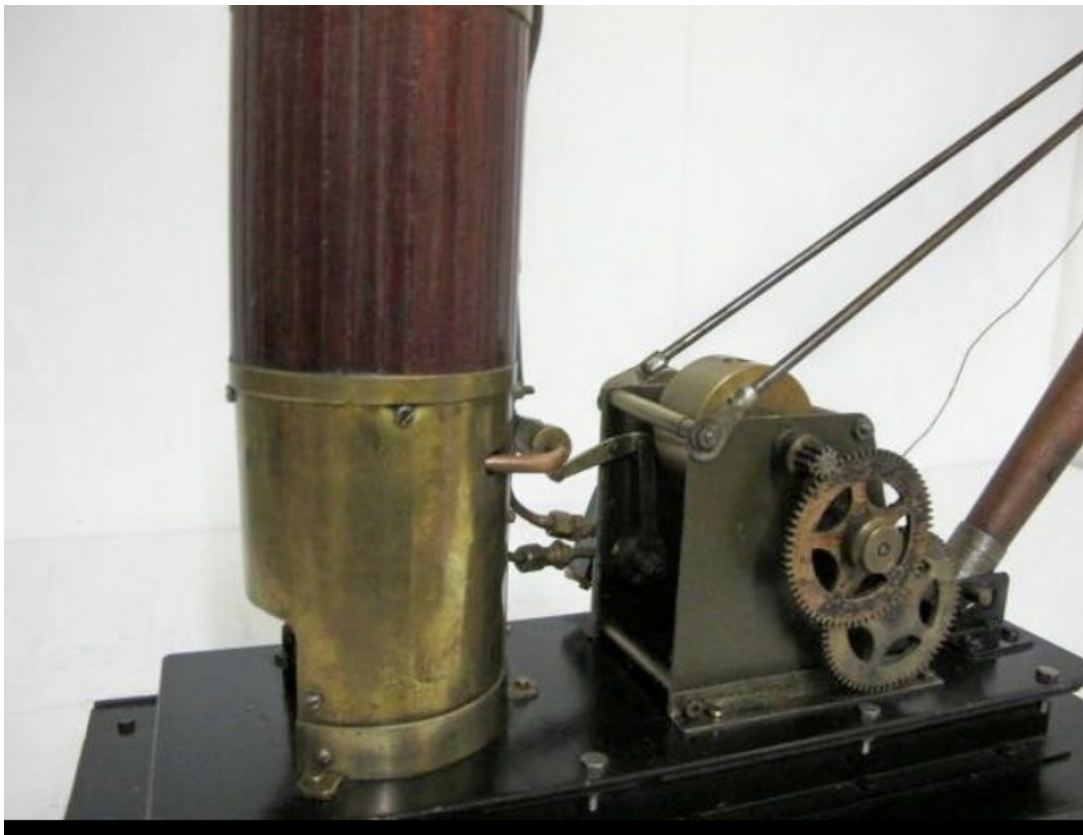
Grue à vapeur ancienne qui semble remarquablement conçue avec tout ses mouvements.

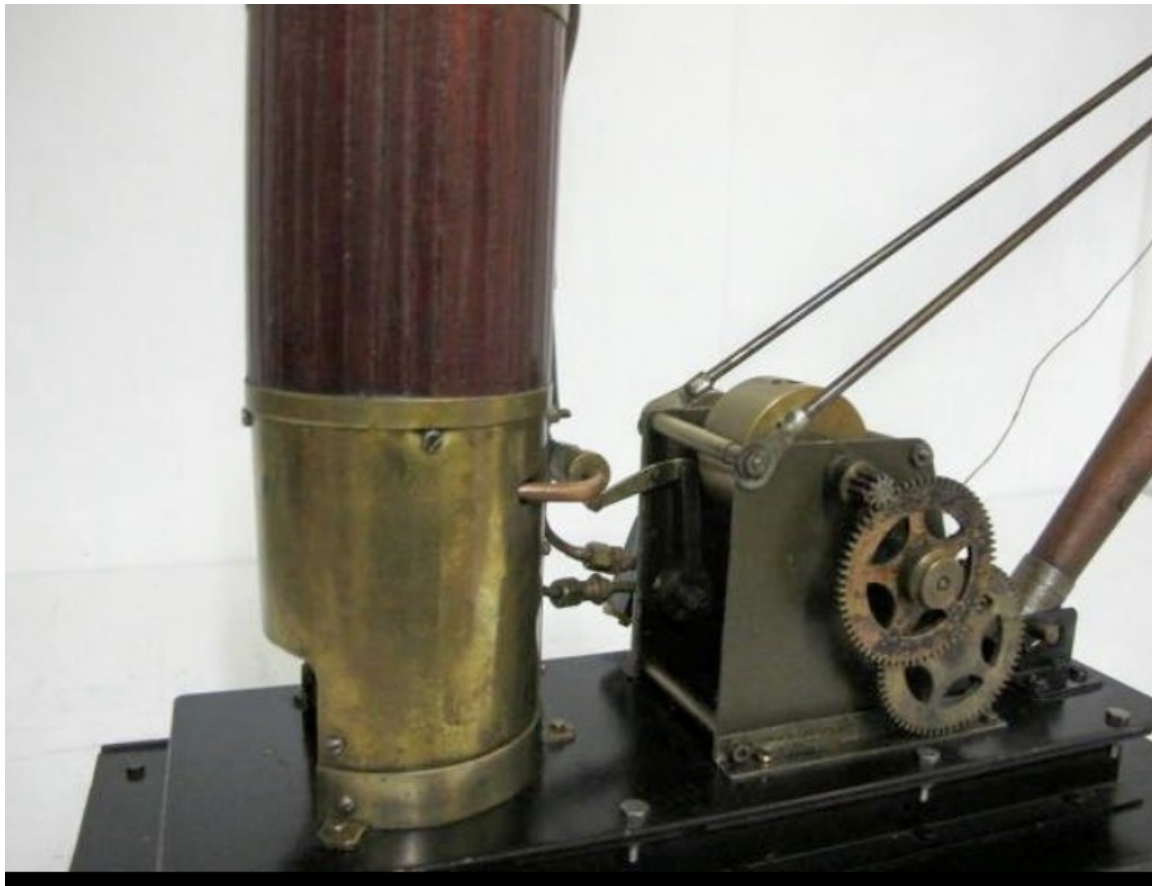


This Smith Rodley Crane earned Ronald Masterton a Bronze medal.

Et une grue jouet¹ basée sur un article de LBSC paru dans Model Engineer.

¹ Qui s'est quand même vendue aux enchères 1500 € en 2014 !



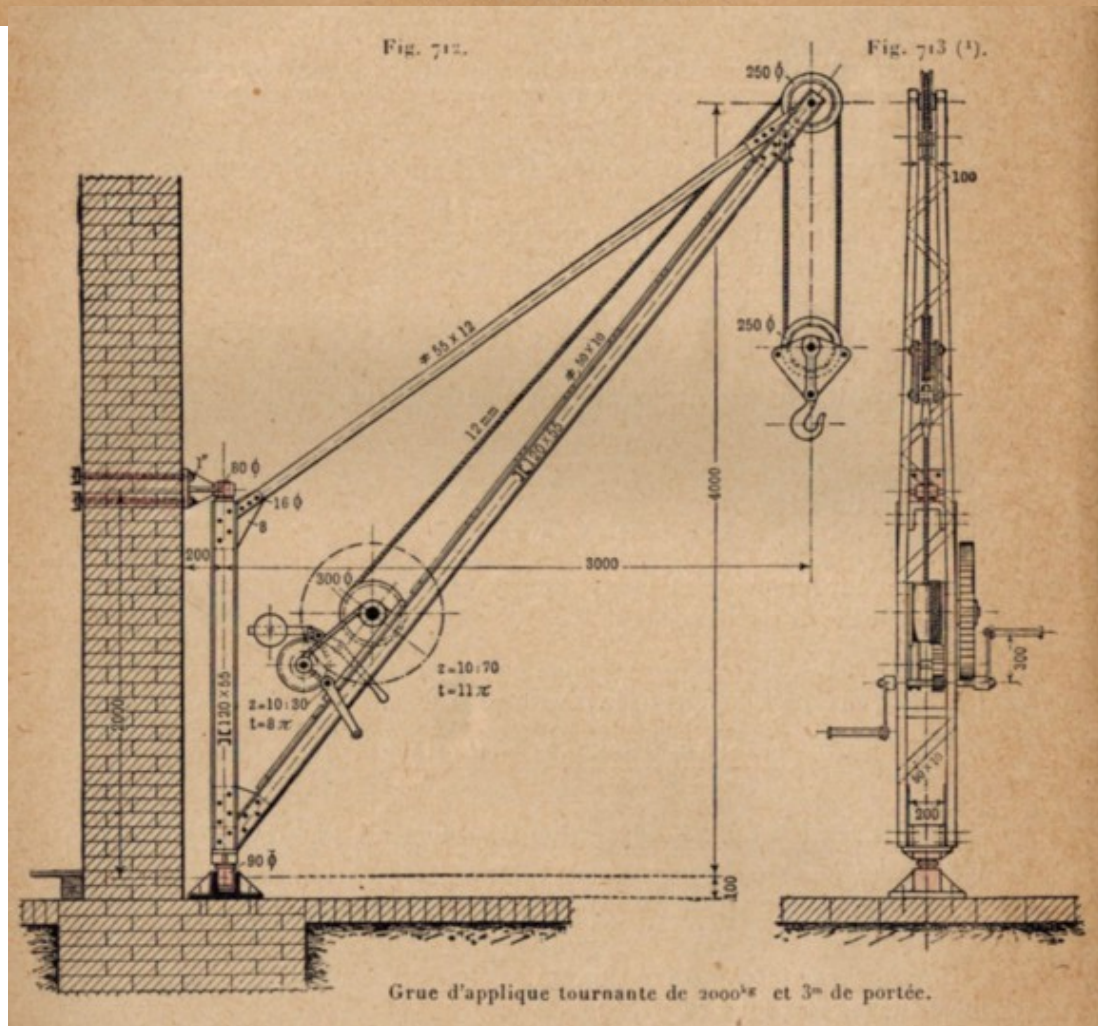
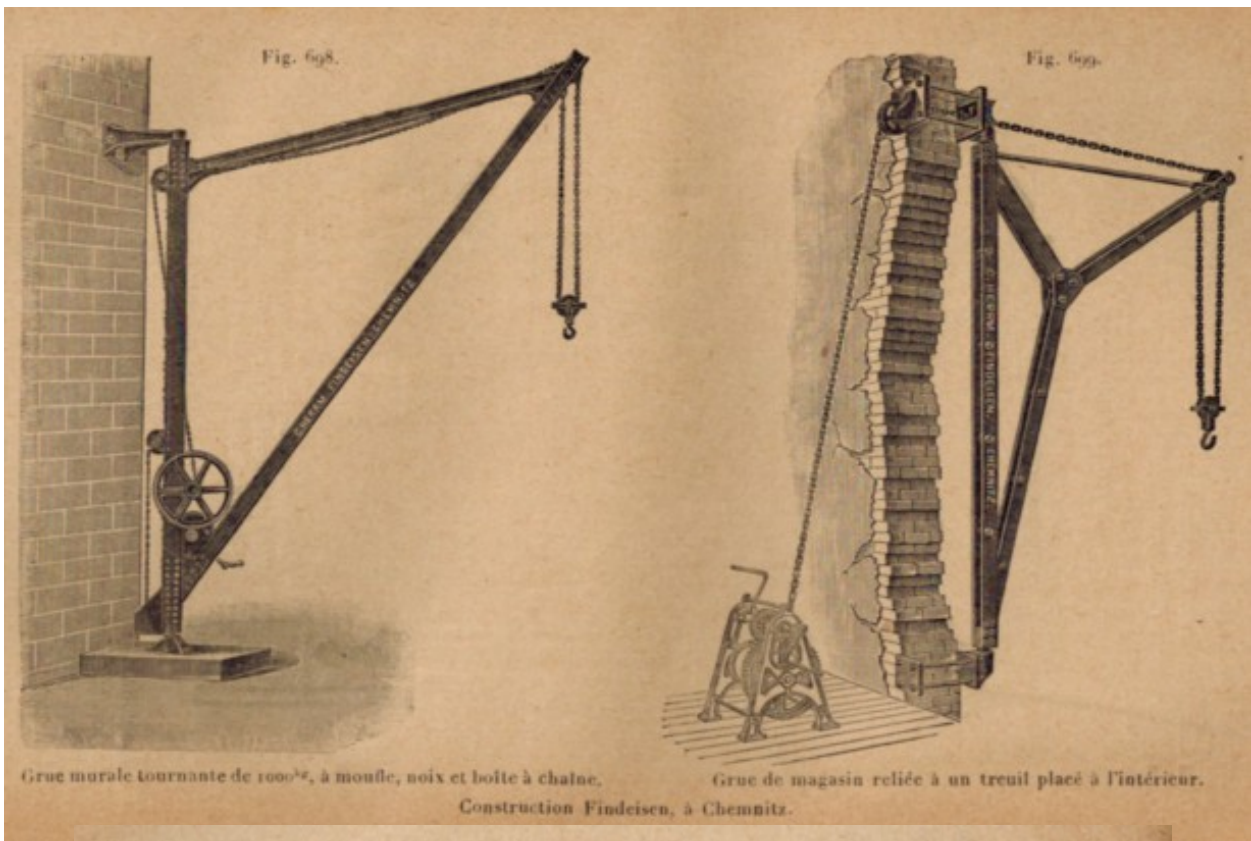


J'ai donc pensé qu'il serait utile de réunir de la documentation sur le sujet et de la mettre à disposition des modélistes tentés par l'aventure.

Je me suis intéressé aux grues tournantes à vapeur de petite capacité, leur esthétique me plaisant et leur fonctionnement restant attractif. Elles peuvent être modélisées à une échelle suffisamment grande pour avoir un fonctionnement complet et réaliste et l'agrémenter avec des accessoires détaillés sans pour autant nécessiter un camionnette à châssis long pour les transporter.

Parmi les nombreux types de grues tournantes, celles que j'ai retenues sont les grues pivotantes à colonne ou à fût tournant et celles à plateforme tournante.

L'avantage de ces grues tournantes sur les grues murales d'applique ou les grues Derrick est qu'elles peuvent pivoter sur 360° et qu'elles ont été déclinées en nombreuses variantes. Ci-dessous grues d'appliques de facture classique qui peuvent peut-être servir de mise en jambe avant de se lancer dans un projet plus conséquent



Le document est partagé en deux grandes sections.

- Des gravures pour l'aspect général, gravures plus ou moins fidèles techniquement d'ailleurs.
- Des documents plus techniques sur lesquels baser la conception.

Les deux principales sources documentaires qui ont été utilisées:

- Les appareils de levage – Hugo Bethmann *Trad. L. Benoist* Gauthier Villard (éd. Vers 1930-1940)
- Appleby's handbook machinery – Vol. 2 Hoisting Machinery.

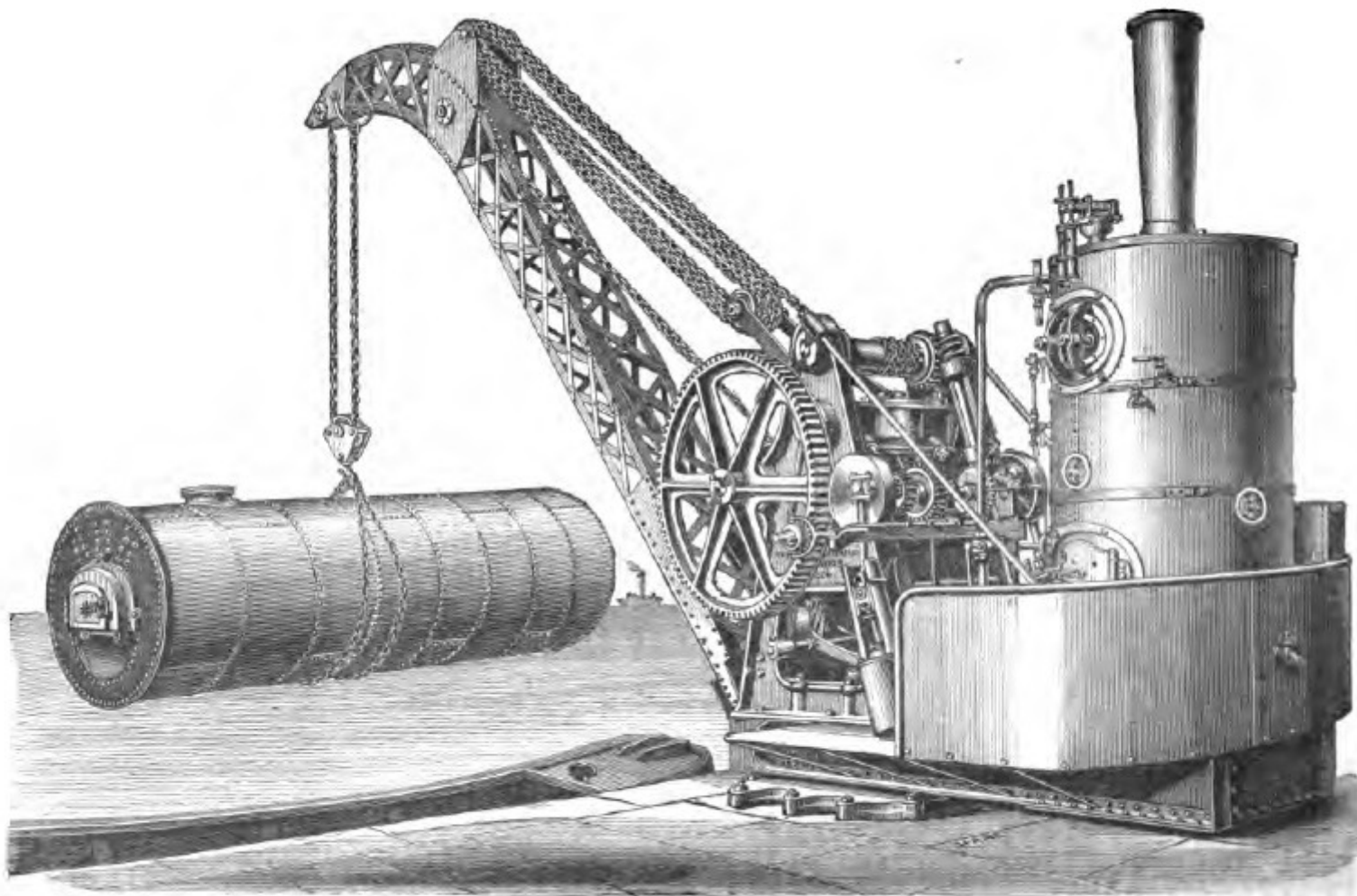
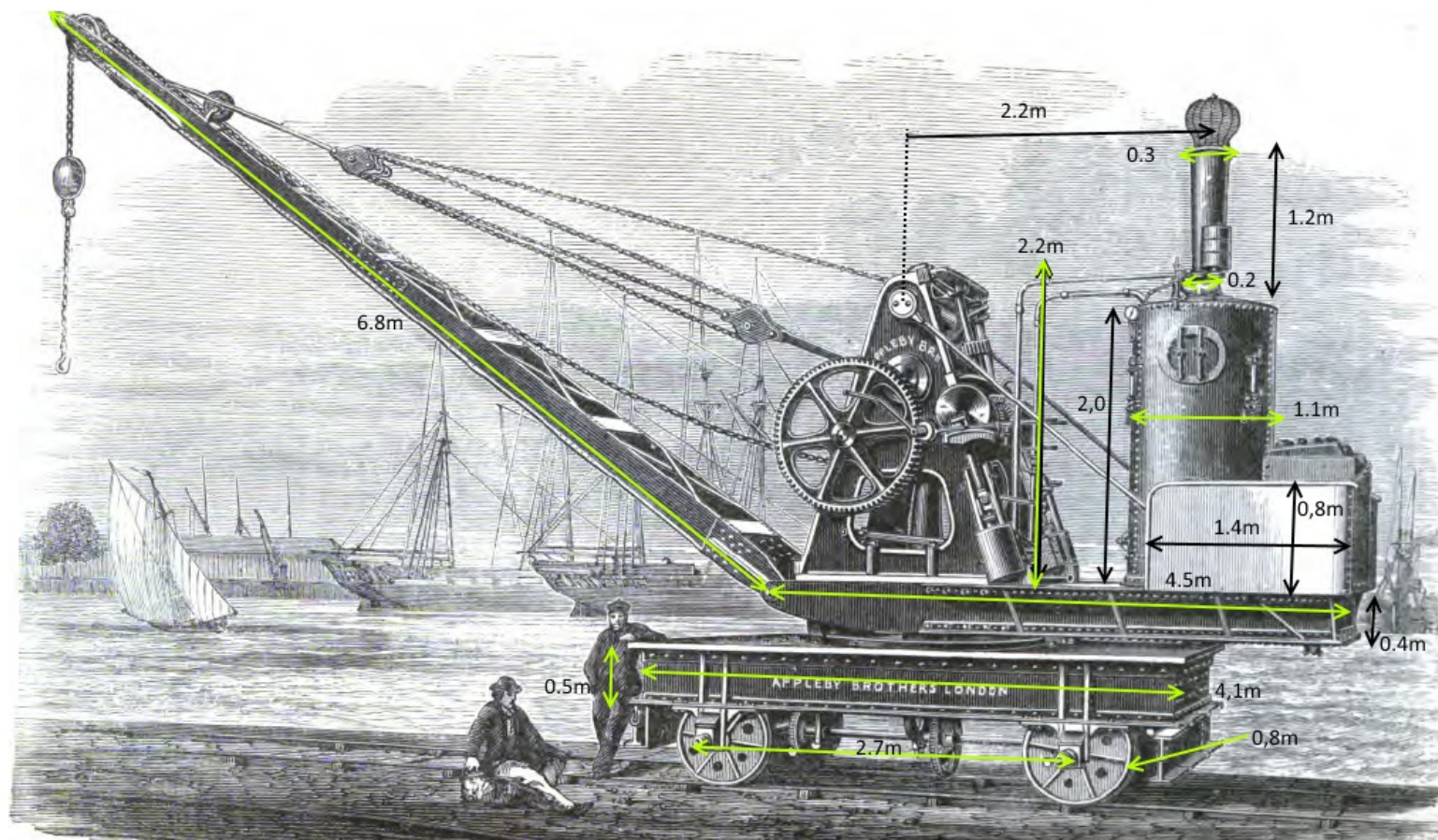


Fig. 103.

Grue de dock à colonne tournante.

PL/11/12/14



Grue tournante de « 10 tons » automotrice portée 4,6m à pleine charge.

(dimensions approximatives recalculées à partir de la dimension de la chaudière)

Tous les mouvements sont animés par les deux moteurs (D=190,5mm xcourse=254mm) alimentés à environ 8 bars ; Flèche réglable par pignon et vis sans fin ; Rotation prise par renvoi conique sur le second arbre avec double embrayage conique par commande à pied. Mouvement automoteur pris sur

l'arbre moteur par crabotage, renvoi d'angle puis transmission par chaîne aux essieux. Levage 4 vitesses disponibles. Descente au frein et/ou par inversion de vapeur. Chaudière simplifiée à chauffe rapide avec deux tubes d'eau traversant le foyer, conçue pour fonctionner avec n'importe quelle eau avec une grande fiabilité. Gavage en eau par excentrique sur mouvement principal et pompe à piston.

Image suivante : série de grues commandées spécialement par le Midlands Railway sur la même base mécanique que la précédente. En désaccouplant les essieux des chaînes elles étaient tractées à vitesse de convoi sur le lieu de travail. La forme de la flèche est optimisée pour l'utilisation ferroviaire.

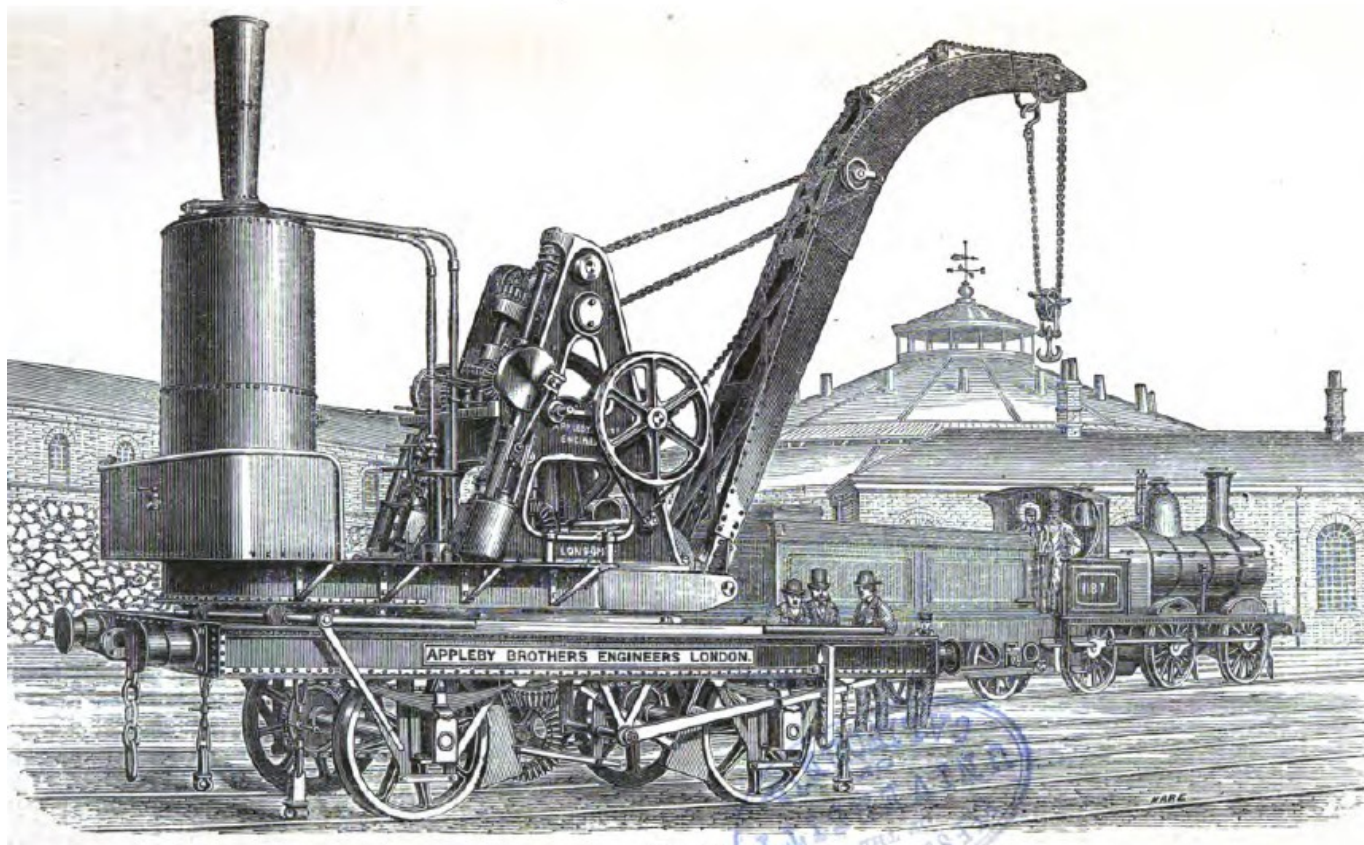


Fig. 117.

Bâche à eau visible à l'arrière de la chaudière. On notera les pinces rails pour la stabilité de la machine. Capacité 7 tons à 4,8m. Poids en ordre de marche 18 tons environ

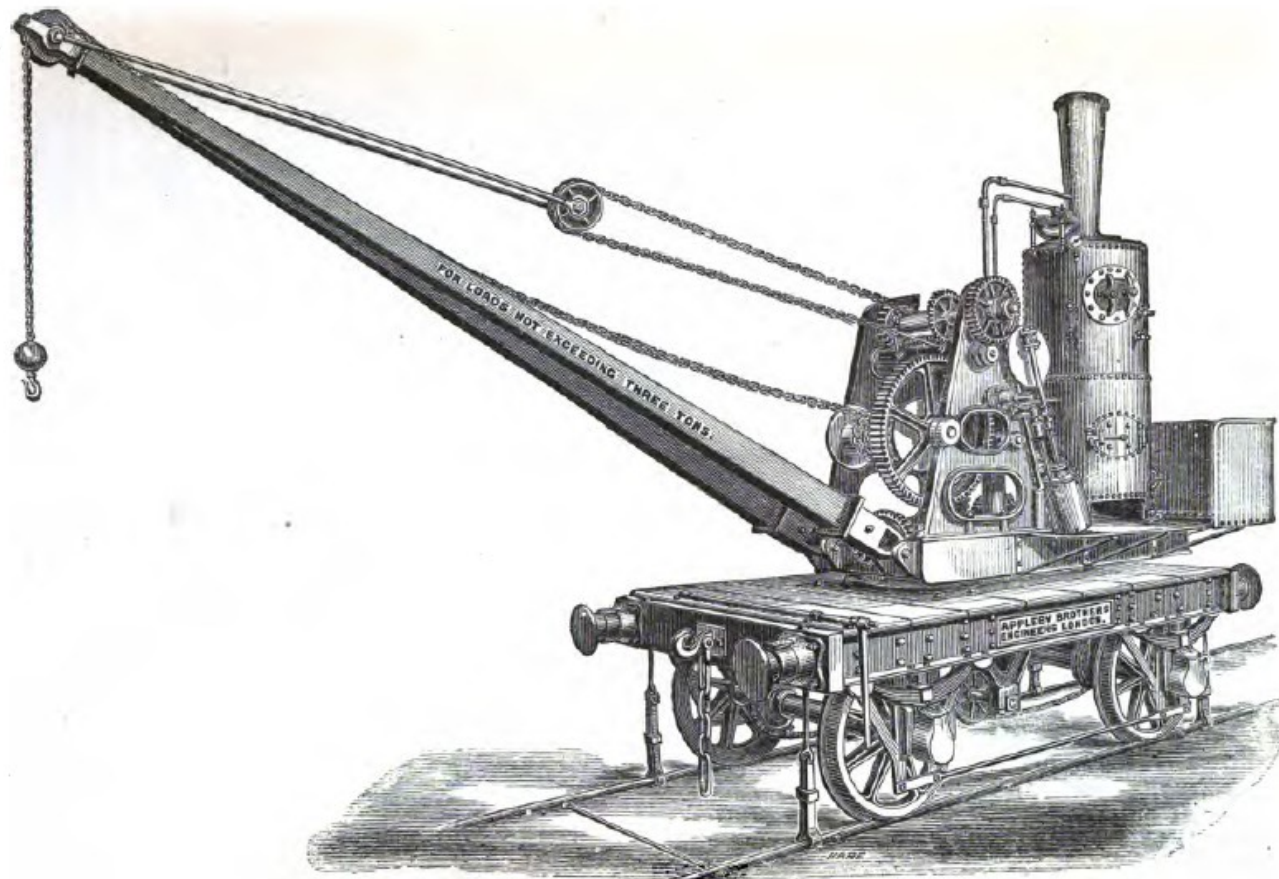
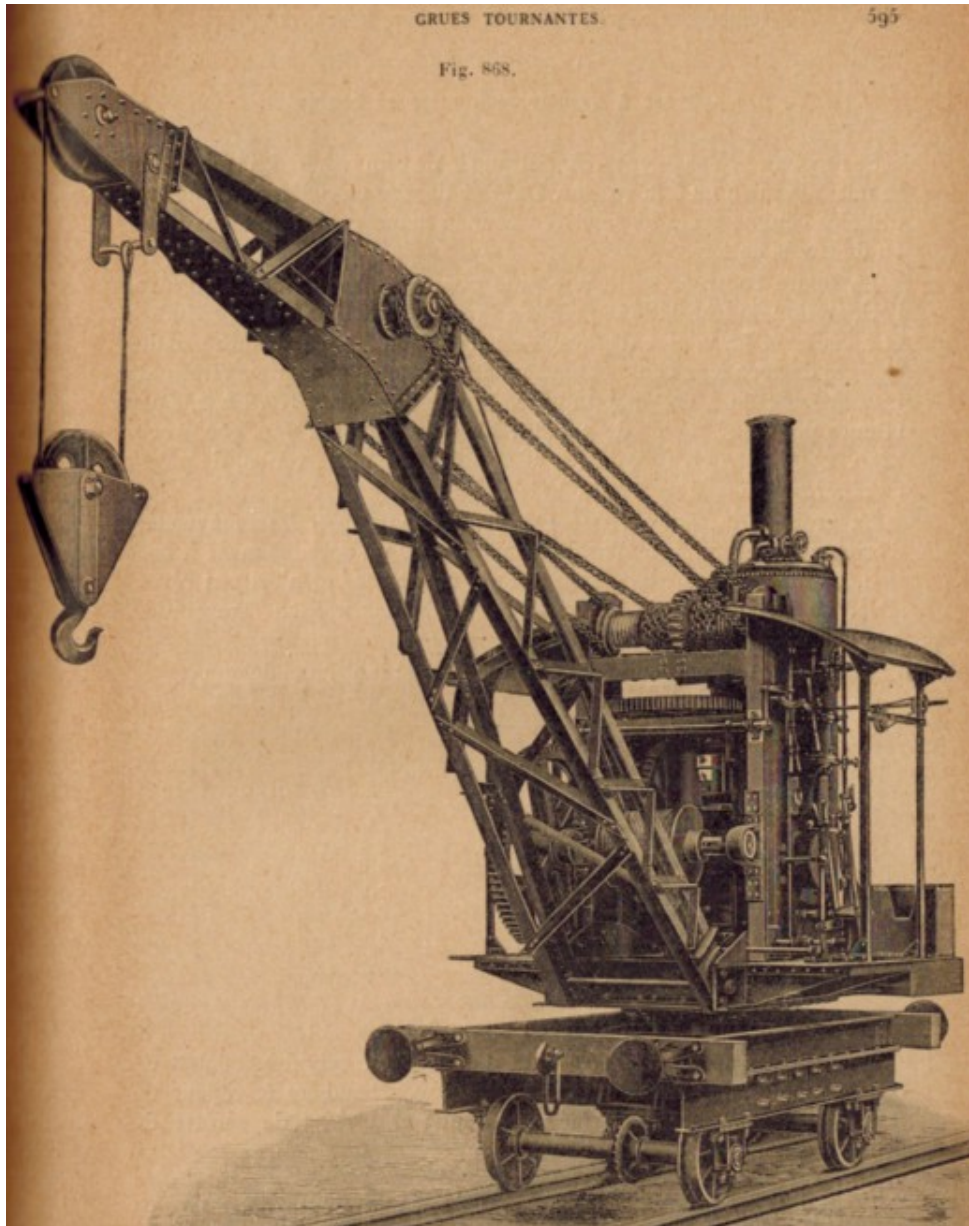


Fig. 118.

Toujours sur la même base mécanique, mais simplifiée un grue légère. On distingue mieux la disposition de la chaudière et, pratique courante, les membrures de flèche sont en bois fretté.



Grue pivotante à colonne.

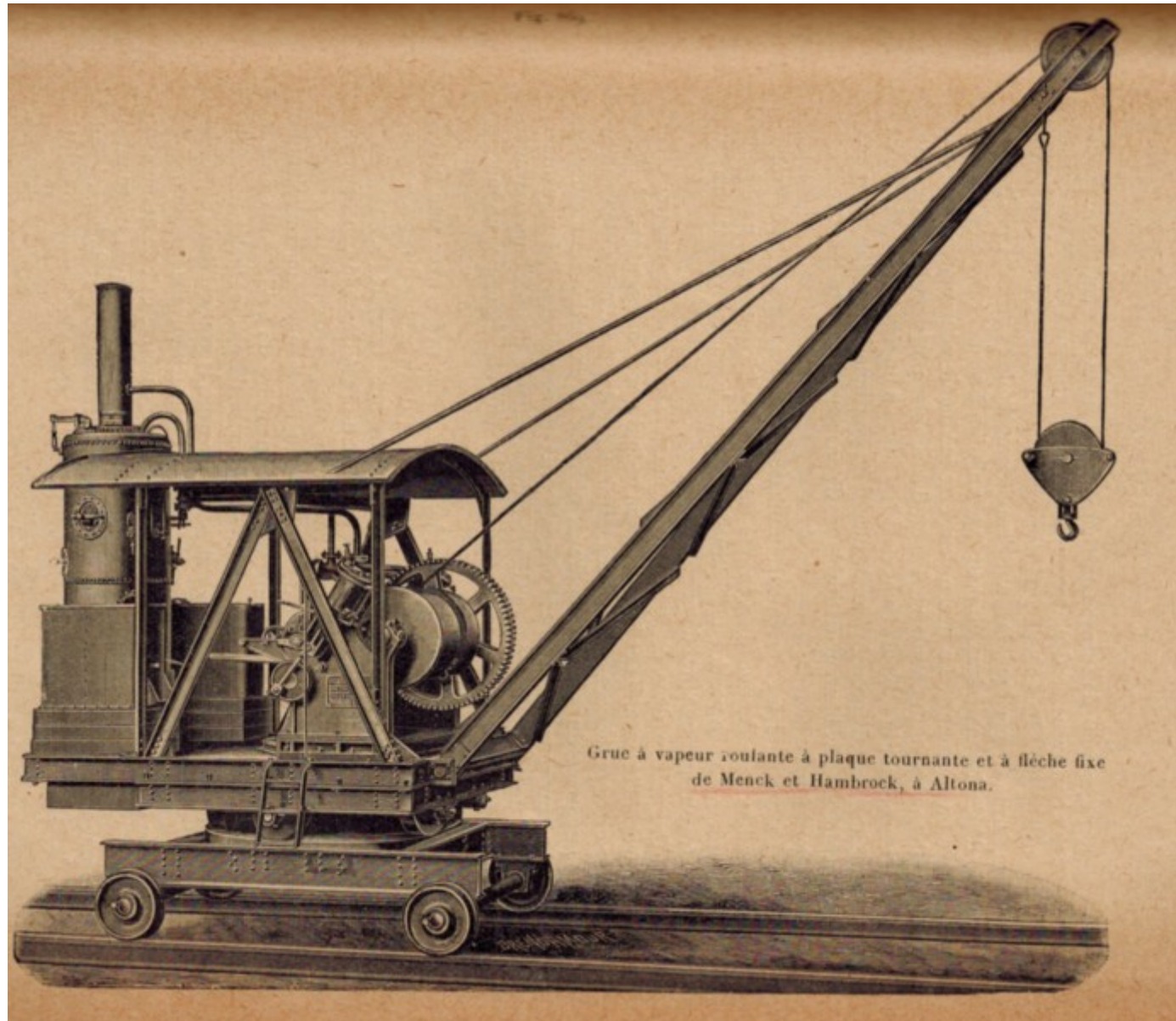
Le levage, l'orientation, la translation se réalisent par une machine bicylindre à coulisse.

Vitesse de levage environ 6m/mn avec mouflage pour des charges de 1000 à 12000kg.

Vitesse de translation: 40 à 60 m/mn ;

Rotation : 2,6 à 1,6 trs/mn en charge pour une portée de flèche de 3 à 8 m.

Largeurs de voies de travail: 750, 900, 1000, 1250, 1345, 1525



Grue à plaque tournante de chez DEMAG.

Le mouvement d'orientation est pris sur l'arbre de manivelle par un accouplement à friction. La machine motrice n'est pas réversible et tourne toujours dans le même sens. Le levage se fait aussi par embrayage à friction. La translation s'exécute à la main.

Machine à vapeur $D=160\text{mm}$ course 180mm ; 180 trs/mn ; coulisse de Joy ;

Chaudière 8 bars effectifs, surface de chauffe 7m^2 , surface de grille $0,35\text{m}^2$

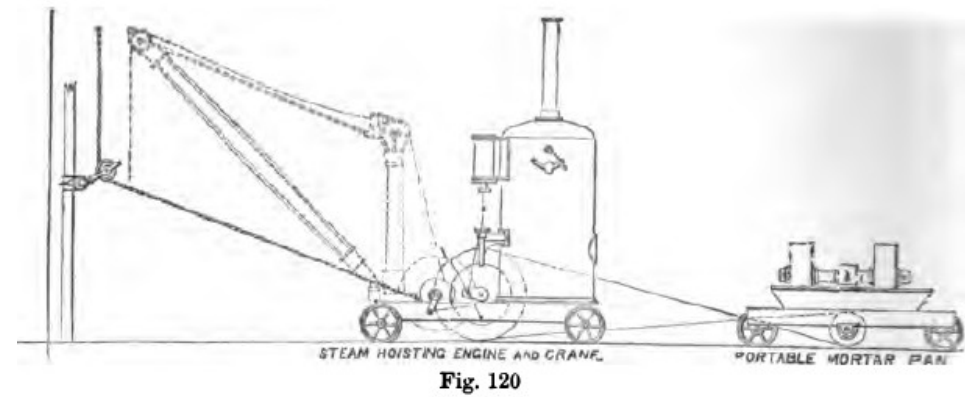
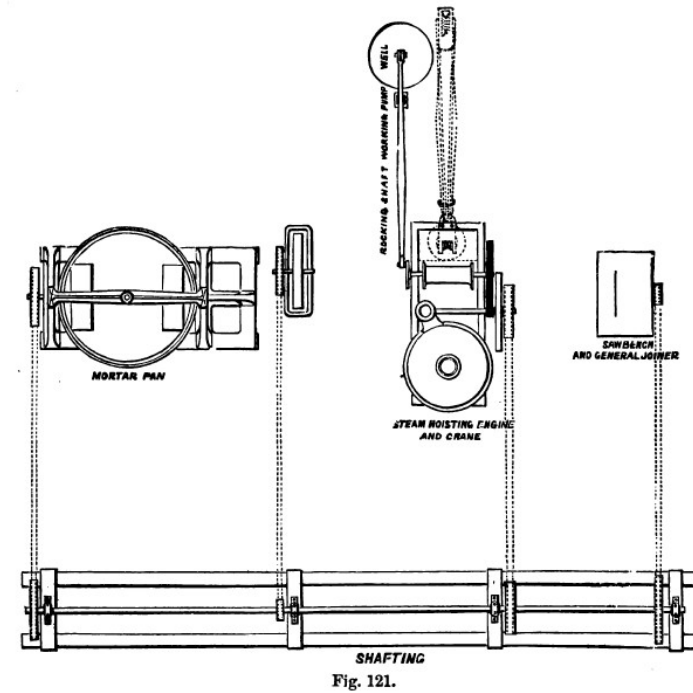
Levage : 3000kg à 20m/mn , 6000kg à 10m/mn . Portée 4m , hauteur poulie 9m .

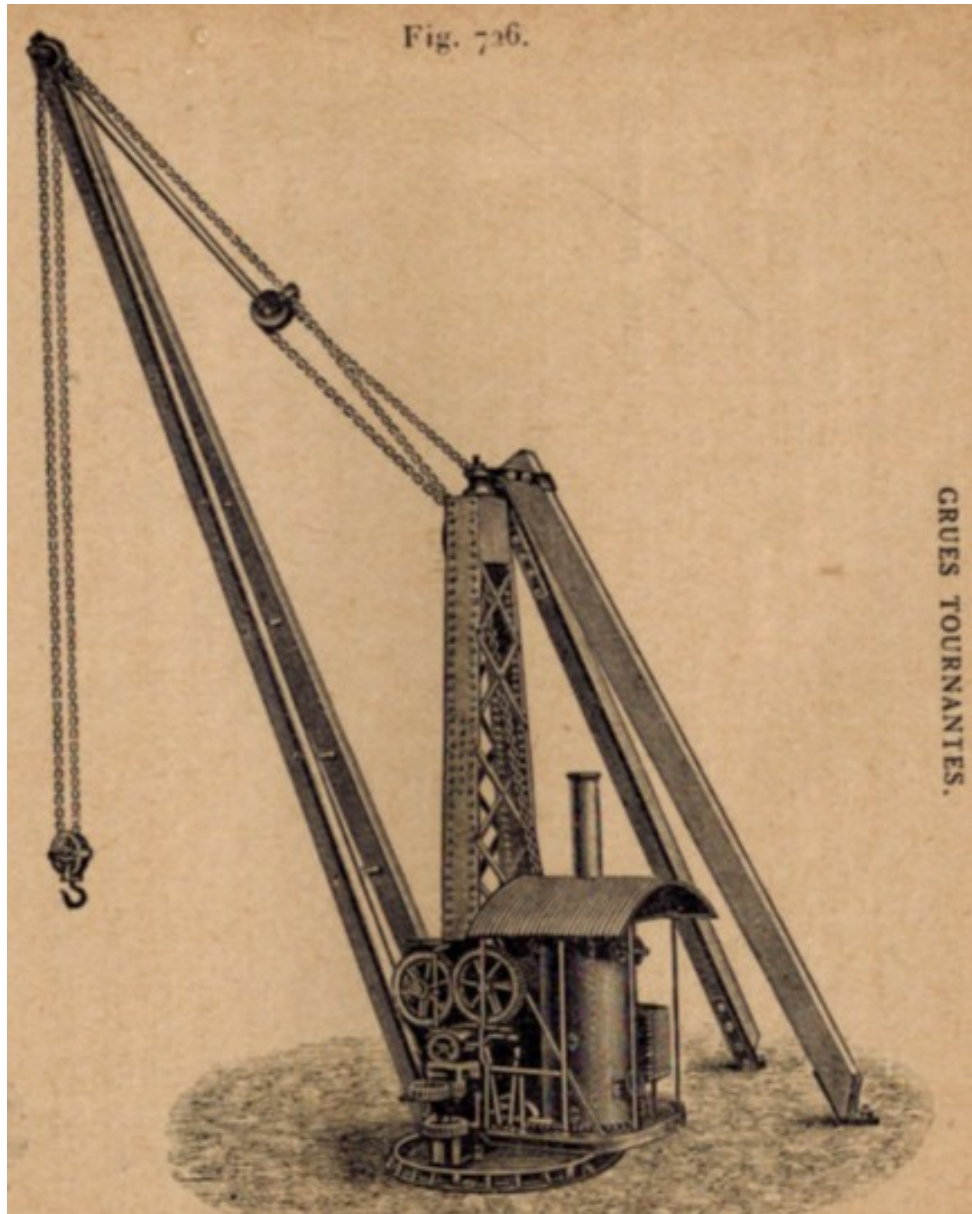
Rotation : $2,5\text{ trs/mn}$

Translation 50 à 70 m/mn

Durée d'un relevage complet de flèche : 50 secondes .

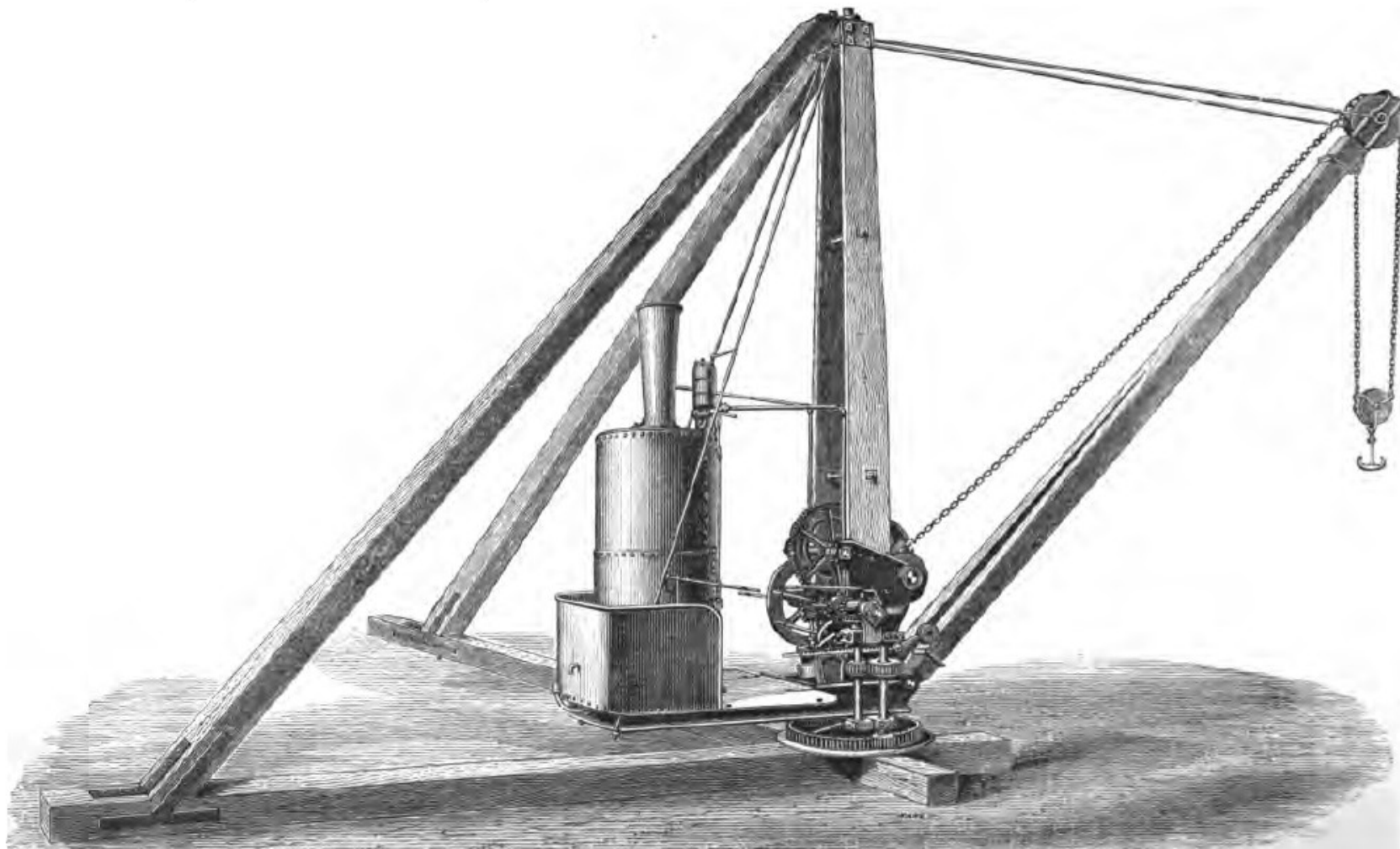
A côté de ces grues « aristocratiques » on trouvait des grues de chantier mobiles. Elle servaient à animer divers équipements : monte-charge, scie, bétonnière, pompe de puits, ligne d'arbre,





Enfin on trouvait aussi des grues qui pouvaient être démontées et suivre les chantiers itinérants de grande ampleur, installations portuaires, lignes de chemin de fer, Elles sont connues sous le nom de grues derrick. En plus de l'inclinaison de la volée elles assurent la rotation de celle-ci, sur un angle variant de 180° à 250° suivant la disposition de la charpente. Ces machines étaient assez souvent groupées et alimentées en vapeur par une seule chaudière.

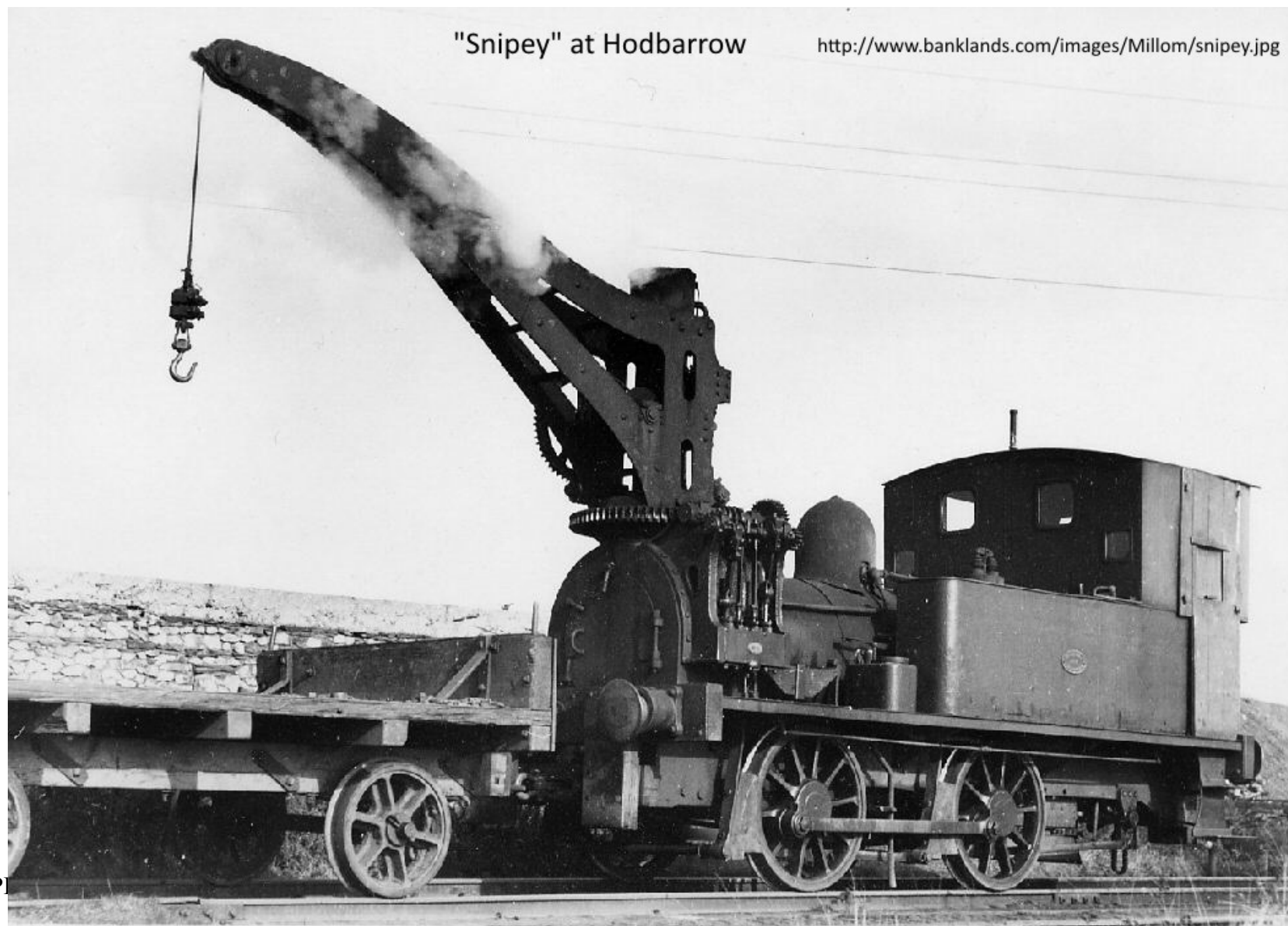
Il en existait aussi, basées sur le même concept, des gigantesques dans les ports et plus particulièrement en construction navale. Pour ces installations stationnaires de grande puissance la motorisation et la commande électrique ont très vite supplanté la vapeur.



Exemple de grue Derrick simple de petite capacité à charpente bois. Apparemment la flèche est fixe ce qui n'est pas très courant.

PL/11/12/14

A j'allais oublier ! Pour les amateurs de complications il y avait aussi des locomotives grues. Quelques photos ci après



Hodbarrow Hematite Mines

"Snipey": a Nielson Crane Tank (4004 of 1890) was used to carry pit props



<http://www.banklands.com/images/Millom/090a370-4-OCTHodbarrow6803.jpg>

Hawthorn Leslie & Co., crane/tank engine

0-6-0T, 5' 6" gauge,

two cylinders for the locomotive, one cylinder for the crane.

Walschaerts valve gear, used for both shunting as well as lifting operations.

Maker's No 3538. 1923



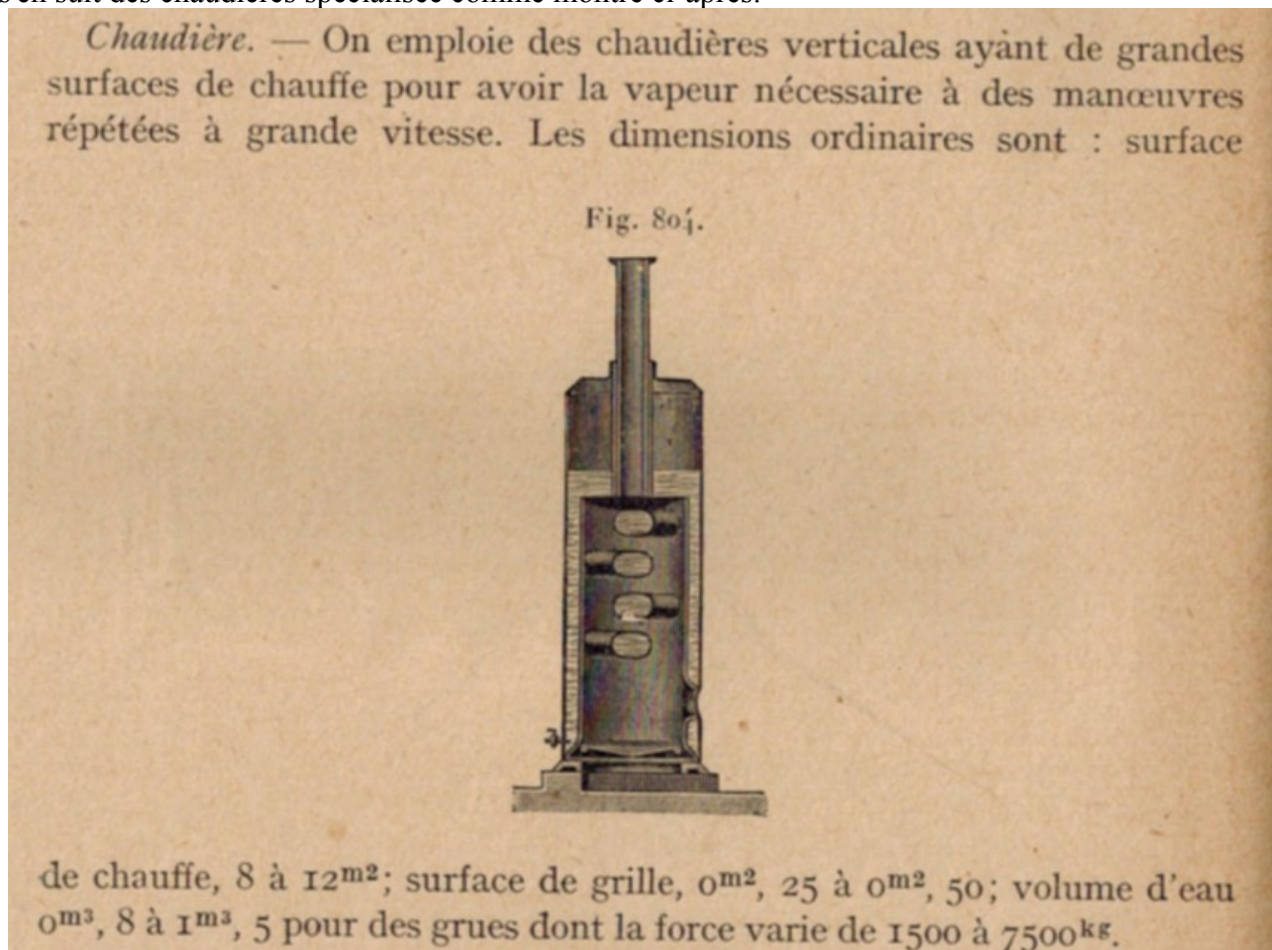
<http://www.oldengine.org/members/diesel/Delhi/delhi3.htm>

Grues tournantes à vapeur

Caractéristiques générales

Dans ces grues à vapeur on cherchait moins à réaliser une utilisation rationnelle de la vapeur qu'une construction simple et de surveillance facile. Les chiffres de consommation n'étaient pas très avantageux en raison bien sûr de l'échappement à l'air libre, mais des admissions considérables de vapeur exigées lors des démarrages et des arrêts répétés dans le fonctionnement courant. Cela occasionnait du refroidissement des cylindres et des conduites, des pertes par condensation.

Les besoins en vapeur des grues sont très spécifiques : gros besoins pendant très peu de temps. Il s'en suit des chaudières spécialisées comme montré ci-après.

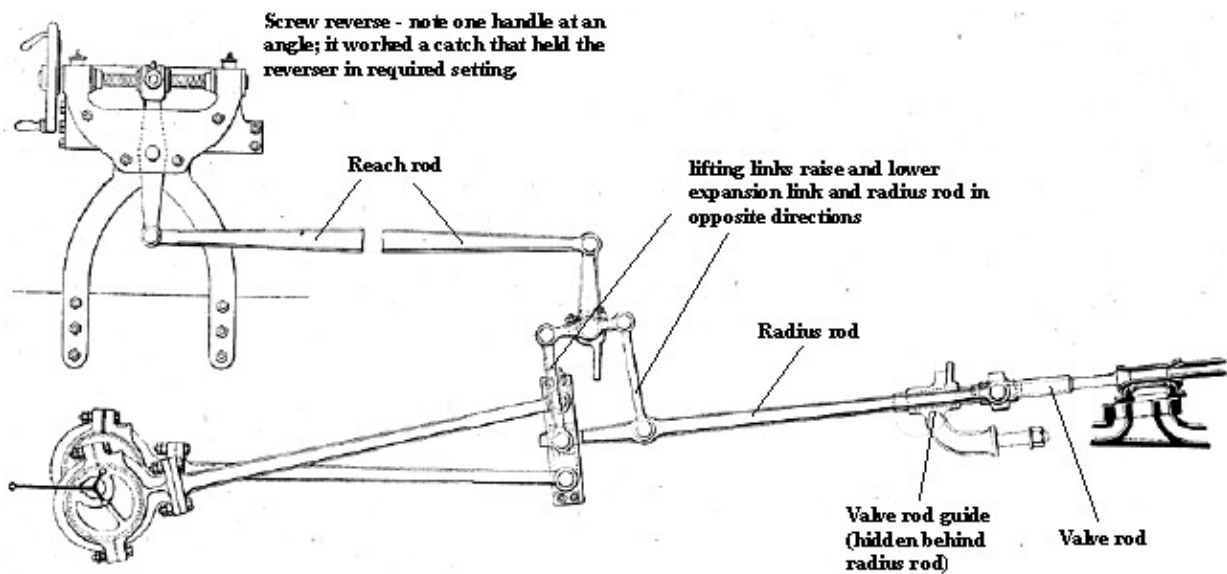
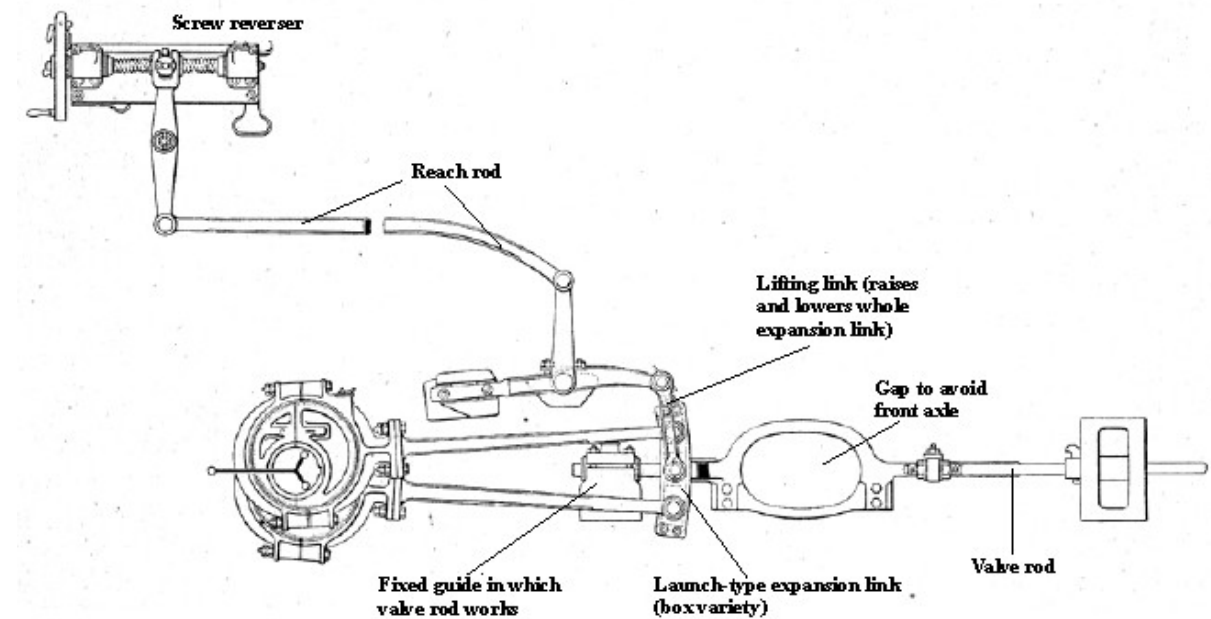


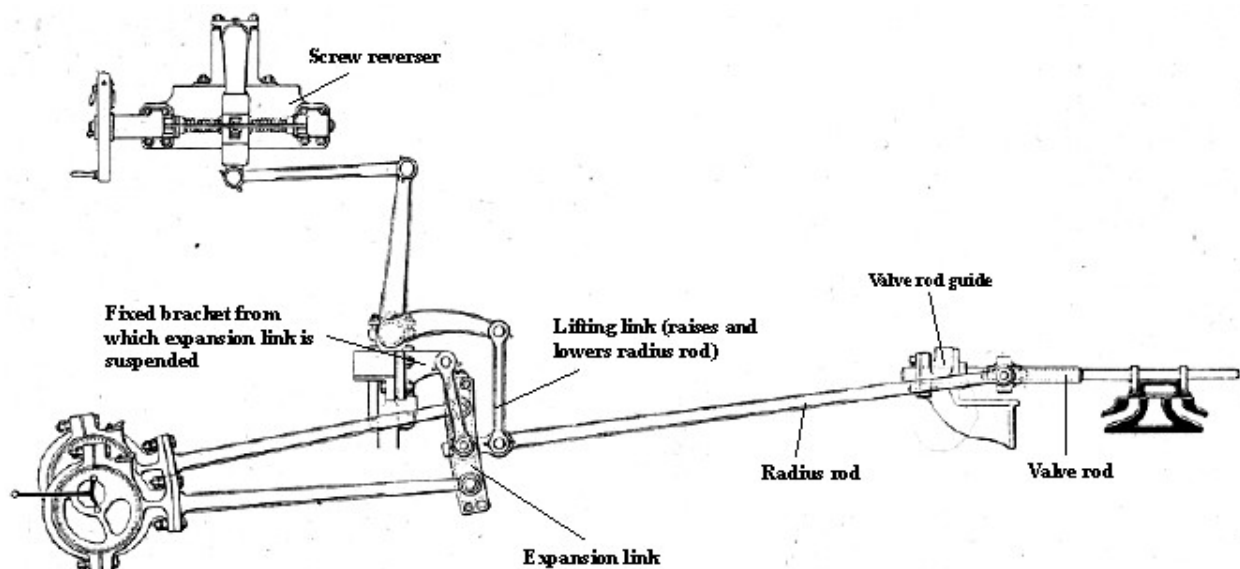
Les moteurs des treuils à vapeur de ces grues sont généralement bicylindres double effet séparés mais identiques, obliques ou horizontaux, travaillant sur le même vilebrequin. Ce sont souvent des moteurs « carrés » avec un course un peu supérieure au diamètre. Sur ces grues de capacité moyenne l'alésage est de l'ordre de 200 à 250mm maximum. Ils sont prévus pour fonctionner sous 6 à 8 bars effectifs avec une coupure d'admission entre 40 et 80%, l'expérience montrant qu'il fonctionnaient plutôt à pleine vapeur vers 50 à 60% à la coupure d'admission. Ces moteurs tournent en charge entre 100 et 200 trs/mn, rarement plus. La contre pression¹ à l'échappement, en considérant une grande admission et un faible volume mort en tête de cylindre, est de 1,1 à 1,2 bars.

Les deux manivelles sont généralement calées à 90° l'une de l'autre. Ces machines bicylindres

¹ Pression résiduelle de la vapeur après détente c'est à dire une température de l'ordre de 120°C

s'imposent dès lors que le changement doit être réalisé rapidement. Le changement de marche était obtenu par une coulisse Stephenson ou bien par les coulisses Allan ou Gooch. Les schémas sont ci-après (source Wikipedia).





La descente de charge peut être effectuée selon trois méthodes principales :

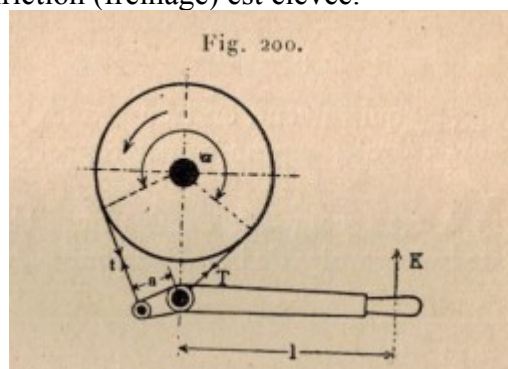
- renversement du sens de rotation du moteur
- mécanisme de changement de marche à engrenages, le moteur tournant toujours dans le même sens
- par découplage de l'arbre du tambour et freinage à friction sur cet arbre rendu libre.

En général on utilise un frein à bande sur l'arbre moteur ou plus couramment sur l'arbre du second mouvement.

Freinage de charge à la descente

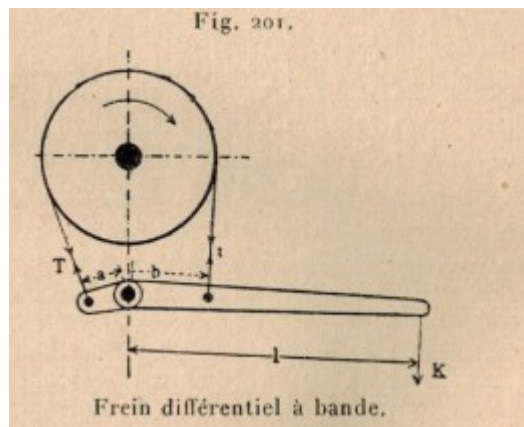
Les dispositifs de freinage ont été extrêmement nombreux mais sur ces petits treuils c'est généralement les freins à bande, simple ou différentiel, à action manuelle ou automatique, qui étaient installés. Dans cette famille de freins, une lame d'acier entoure la jante de la poulie de frein, en fonte usinée.

Le frottement tend à entraîner la bande dans le sens de rotation tandis que la force T l'en empêche. Plus la force T est importante, plus la pression exercée par la bande sur le tambour est importante et donc, plus la composante de friction (freinage) est élevée.



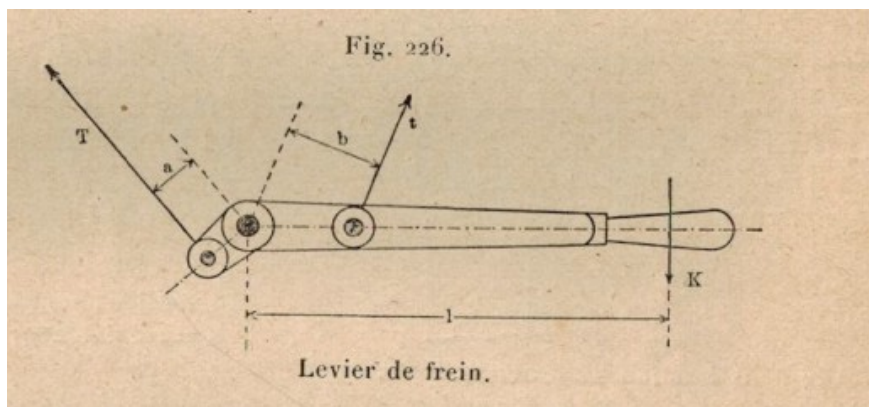
Frein à bande simple

Dans le frein à bande simple un des brins est fixe sur l'axe de levier

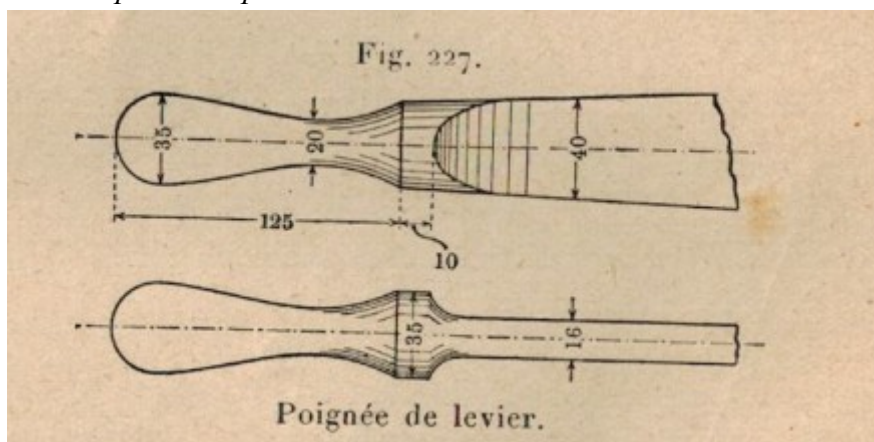


Frein à bande différentiel

Ce frein permet une plus grande progressivité de freinage. La même force appliquée K va, selon la position du levier produire un freinage plus ou moins intense.

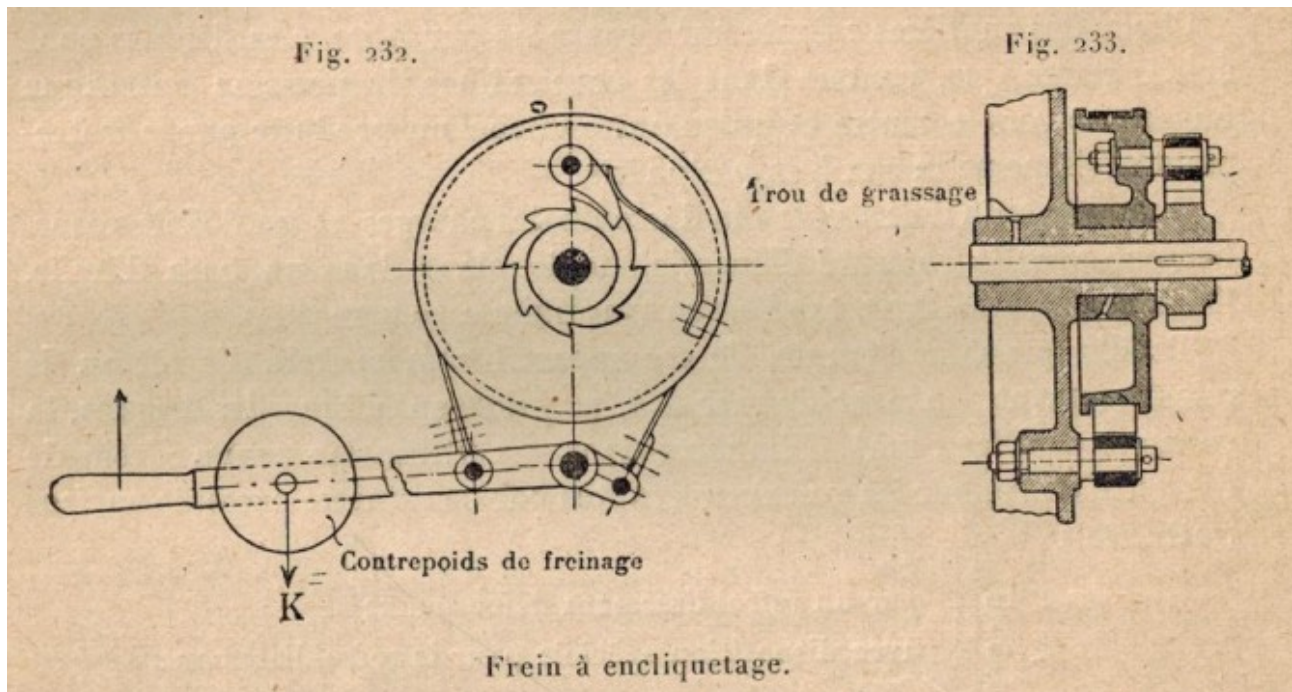


Rien n'était laissé au hasard, les leviers étaient calculés pour ne pas fléchir ni se voiler. Les poignées étaient optimisées pour une bonne tenue en main



Réglage des freins à bande (voir schémas)

- il faut avant tout fixer le sens de rotation à la descente de la charge
- le brin de bande qui s'enroule, soumis à l'effort T doit, dans un frein différentiel, toujours être fixé au bras de levier a le plus court ; l'autre extrémité, à la sortie de la poulie devra agir sur le grand bras b parce que T agit comme résistance au mouvement du levier et t , dans une disposition correcte s'ajoutera à la pression du levier
- les extrémités de la bande de frein doivent le plus possible former un angle droit avec le bras de levier afin que l'action sur la bande commence sans retard
- l'arc d'enroulement (partie de bande en contact avec le tambour) sera le plus grand possible pour que K soit faible
- dans les freins à bande simple, l'extrémité qui sort de la poulie avec la tension la plus faible doit être attachée au levier et l'autre extrémité à l'axe d'articulation
- on veillera à équilibrer le levier pour qu'en position de repos la bande ne s'use pas prématurément par frottement continu sur le tambour



Frein à encliquetage dit « automatique »

Dans ce dispositif astucieux, la poulie porte-cliquet est montée folle sur l'arbre. L'axe du cliquet est monté sur cette poulie. La roue à cliquet est solidaire de l'arbre. La bande de frein est tendue par un contre-poids dont l'effet est réglable.

- *Levée de charge* : La poulie de frein est arrêtée et retenue par la bande de frein. La roue à cliquet tourne alors sans engagement de cliquet
- *Arrêt de la charge* : la charge suspendue tente d'entraîner l'arbre en sens contraire de la montée ; les dents de la roue à cliquet se placent sous le cliquet et trouvent une résistance, puisque la poulie de frein et l'axe du cliquet qu'elle porte sont retenus par la tension de la bande de frein
- *Descente de la charge* : Aussitôt qu'on lève le levier de frein, le poids de la charge entraîne tout cet ensemble, maintenant devenu solidaire par encliquetage. C'est alors l'ouvrier qui assure la régularité du mouvement de descente.

Blocage de charge en position

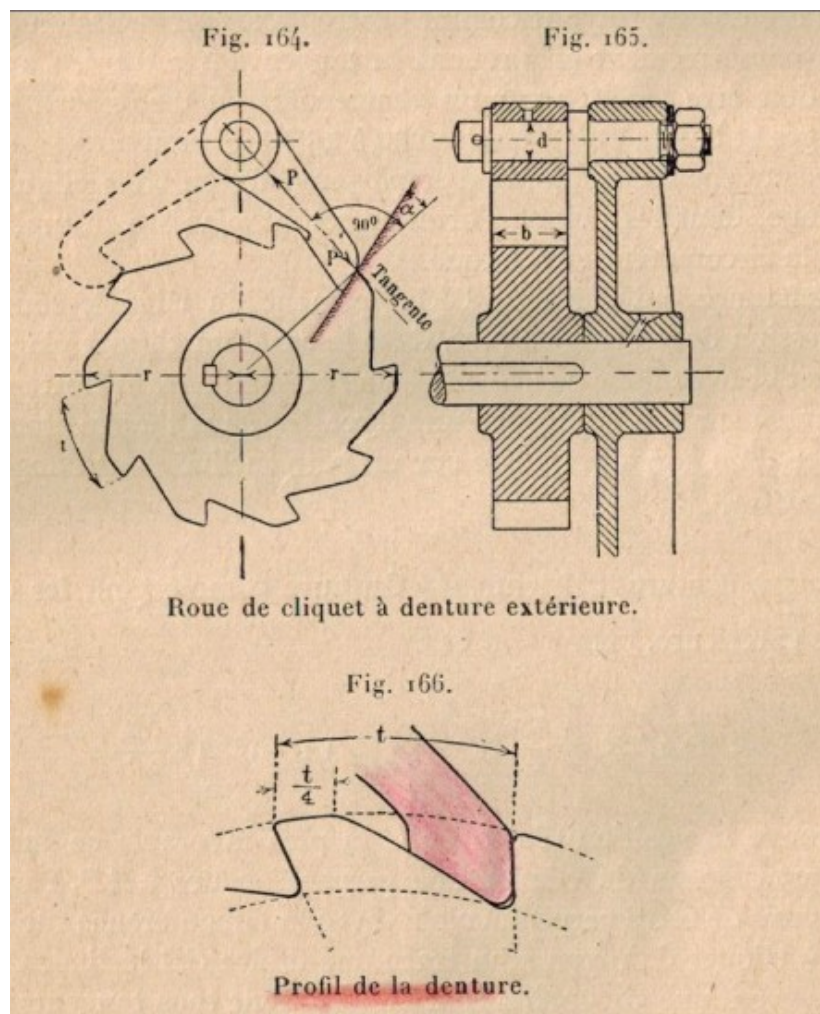
Dans ce domaine de nombreux dispositifs se sont disputé le marché, mais c'est le système de roue à cliquet à denture extérieure qui fut le plus utilisé sur les treuils des grues qui nous préoccupent.

La roue à cliquet est un dispositif de sécurité qui faisait aussi l'objet de calcul et d'une conception soignée. En effet la pression exercée par le cliquet est extrêmement importante, particulièrement par les effets dynamiques à chaque arrêt. Le cliquet doit exercer sa pression en fond de dent et le pied de dent doit être suffisamment massif. Le nombre de dents était compris entre 8 et 12 et toujours inférieur à 20.

La roue à cliquet est conçue du plus petit diamètre possible car, si pour une roue de grand diamètre l'effort à la périphérie est plus faible, par contre sa vitesse périphérique très élevée produit des chocs très violents (qui croissent comme le carré de la vitesse) lors des arrêts.

La position d'attaque la plus favorable du cliquet (voir schéma) se trouvera au point de contact de la tangente au cercle extérieur de la roue menée du centre d'attache du cliquet.

Pour que le cliquet échappe et s'abaisse jusqu'au pied de la dent, le flanc rectiligne de la dent doit faire avec le rayon un angle α qui soit supérieur à l'angle de frottement ρ . En général α vaut 15° et la hauteur des dents est de 15 à 25mm sur les treuils courants.

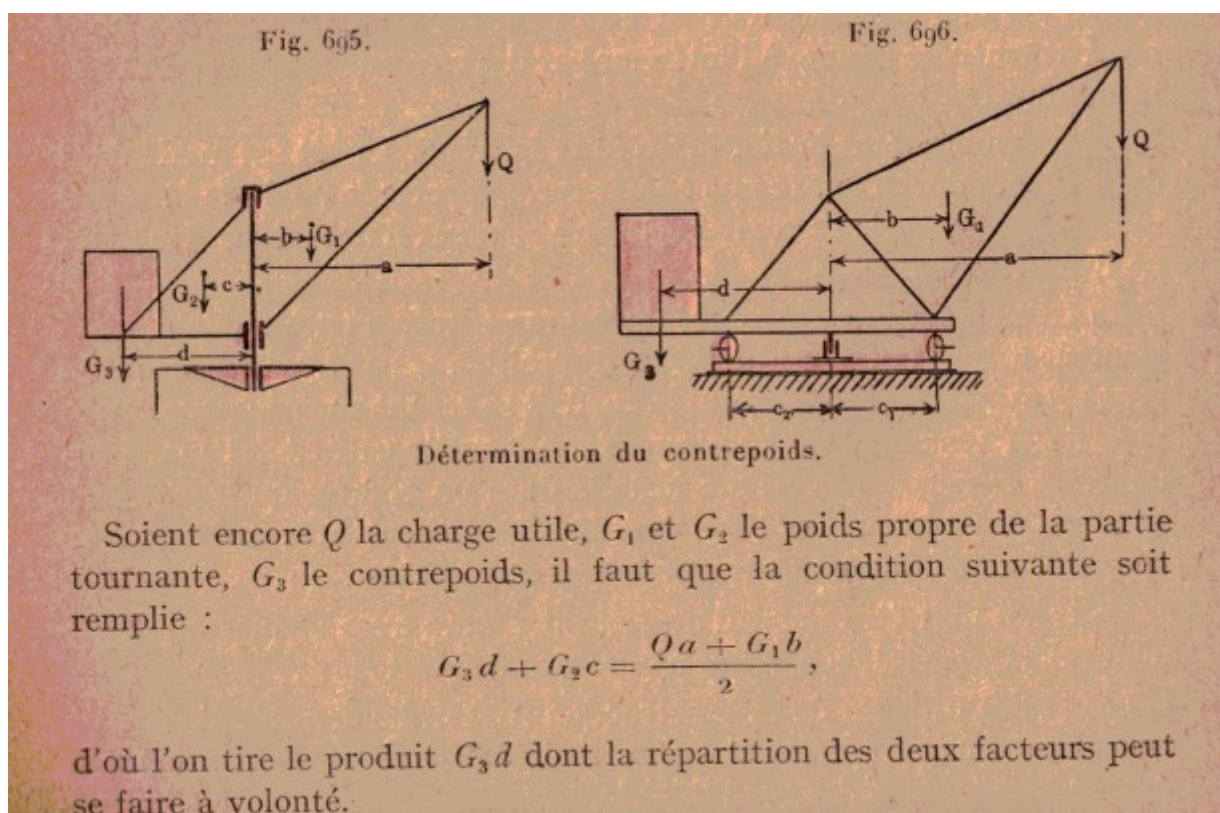


Stabilité de la grue

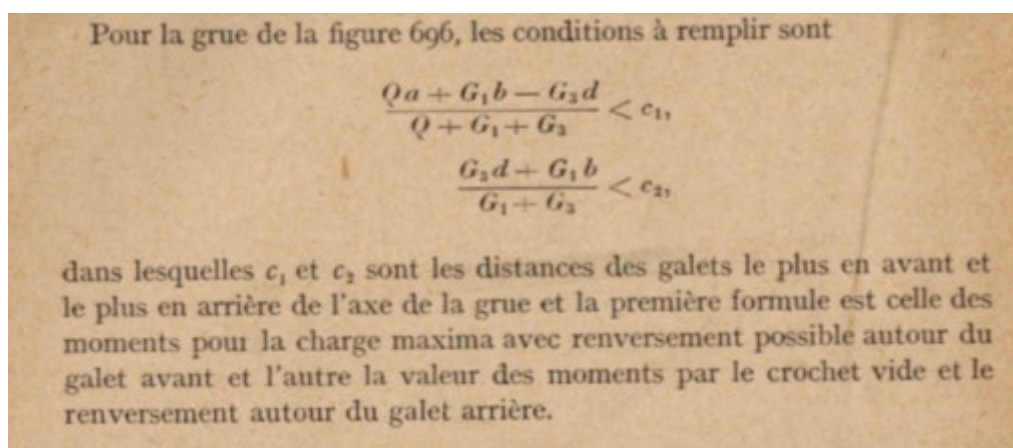
Sauf à prendre des coefficients de sécurité colossaux, l'étude de la stabilité dynamique de la grue en mouvement n'est pas accessible par le calcul manuel simple. Il faut au moins vérifier la stabilité statique, en vide et en charge, même pour nos modèles, pour éviter de tout voir basculer. Le contrepoids est en partie réalisé par la masse de la chaudière et de sa bâche à eau. C'est un simple calcul de bras de leviers par rapport à l'axe de rotation. La partie fastidieuse est le calcul manuel de la position des centres de gravité des différents composants. Le contrepoids anti-basculement Q_3 est globalement fixé par celui de la chaudière et la distance d peut varier, mais dans des limites réduites.

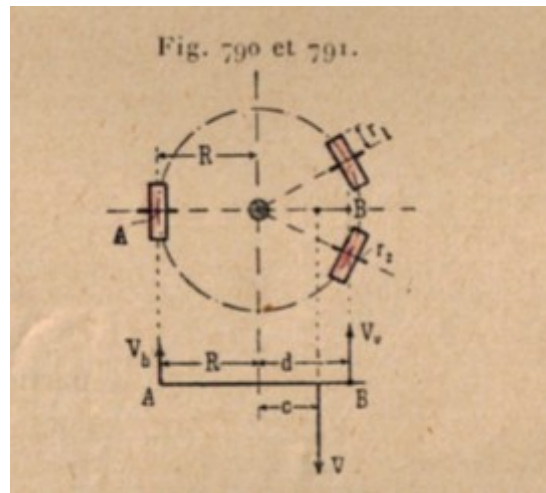
On vérifie simplement que la résultante des forces (charge, poids de la flèche, poids du treuil et de sa plateforme, contrepoids dont chaudière) se trouve bien à l'intérieur du polygone d'appui de la plaque de fondation.

On voit ci-après les deux types de grues : à fût tournant, à plateforme tournante.



Les deux formules qui suivent servent à vérifier que tout se passe bien en charge ou à vide

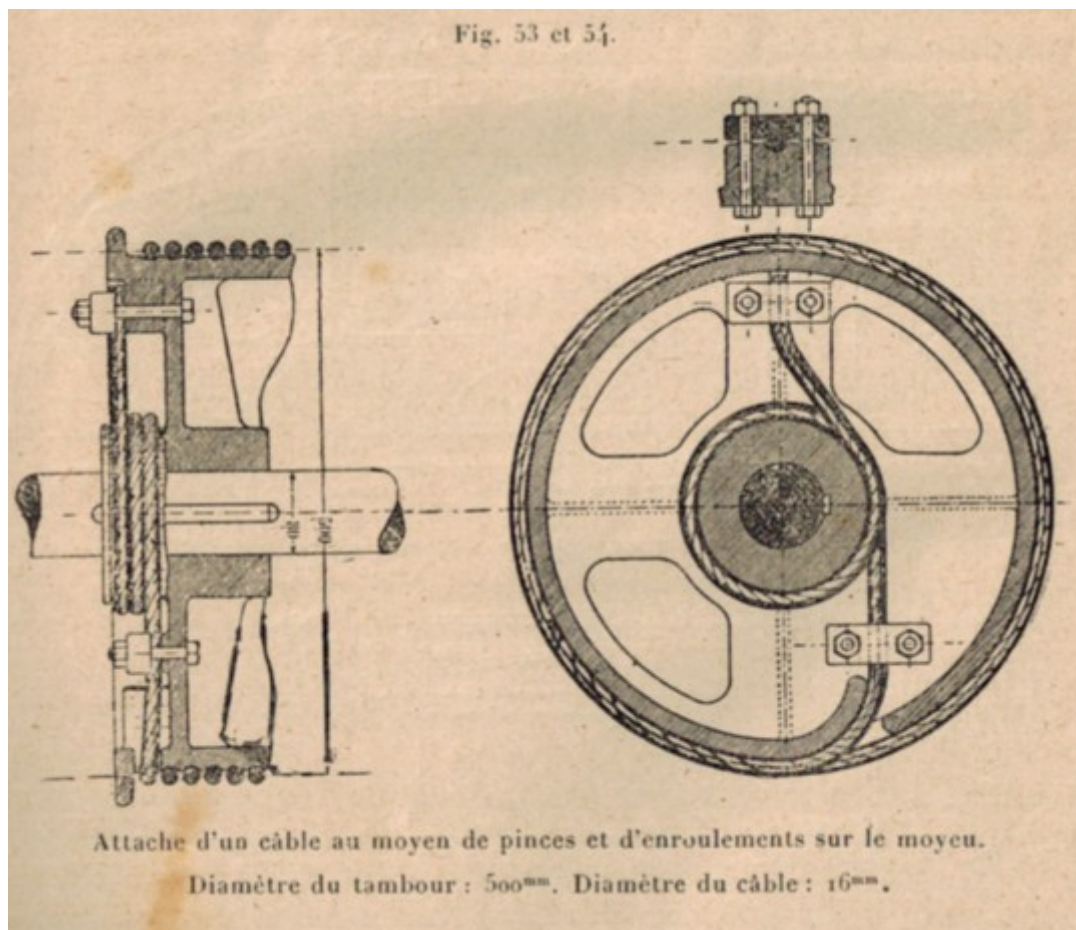
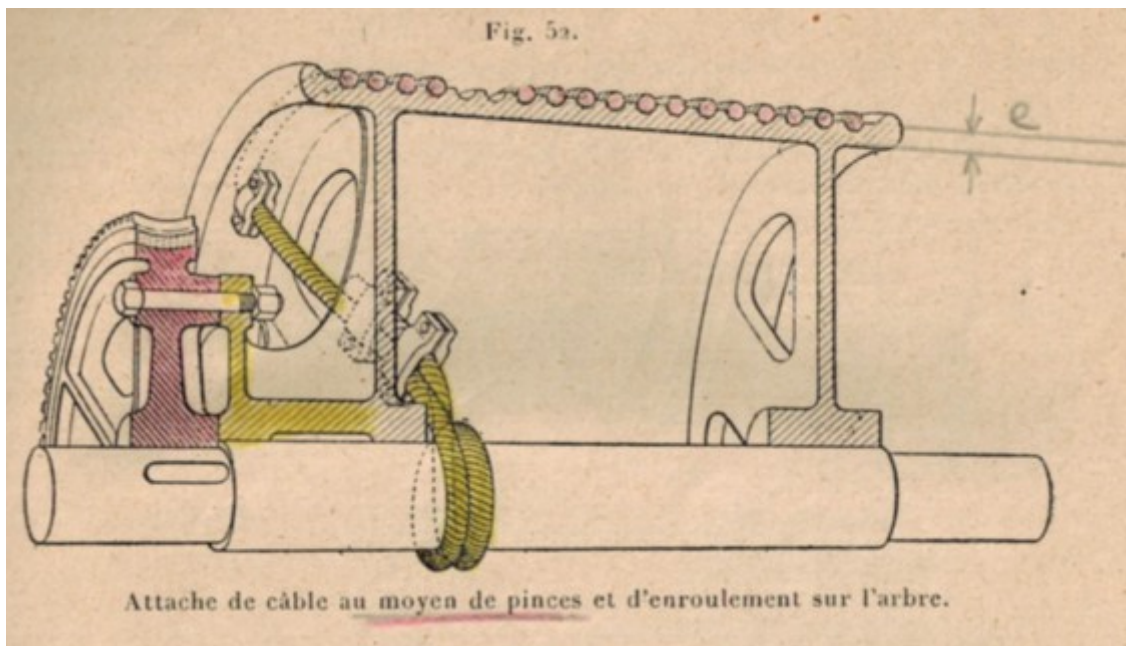




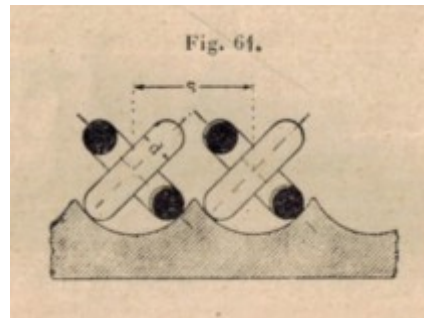
Tambours de treuil

Pour moi il s'agissait de grosses bobines avec du fil autour. C'est pas tout à fait cela. Voici quelques éléments intéressants :

- les câbles métalliques n'ont supplanté les câbles en chanvre puis les chaînes que très progressivement au fur et à mesure que la qualité des fils et du toronnage se sont améliorés . Ils étaient accusés d'avoir la fâcheuse habitude d'être sujet à une sournoise corrosion interne, de glisser ou de rompre sans prévenir.
- ce n'est qu'exceptionnellement que l'on superpose deux couches de câbles sur le tambour. L'enroulement est alors irrégulier, le câble s'use rapidement et le moment de la charge s'accroît. Le tambour est cannelé avec un pas $s = d + 2$ à 4mm , d étant le diamètre du câble. On réalise les canelures pour qu'il n'y ait pas de coincement du câble.
- le diamètre du tambour est calculé comme celui des poulies : $D = 400 \text{ à } 800 d$, où d est le diamètre du câble.
- la longueur l du tambour dépend de la longueur L de câble à enrouler. En général on prévoit 2 tours morts laissés enroulés pour éviter de surcharger l'attache du câble sur le tambour lorsque la charge est descendue à fond de course. Cette longueur doit être optimisée et le tambour doit être soigneusement calculé à la flexion et à la torsion. A partir de $l > 600\text{mm}$ ils venaient de fonderie avec une conception nervurée et des paliers rapportés.



Pour les tambours à chaîne, le diamètre est établi comme les poulies à chaînes. $D=20 \text{ à } 30d$, avec d le diamètre de maillon.

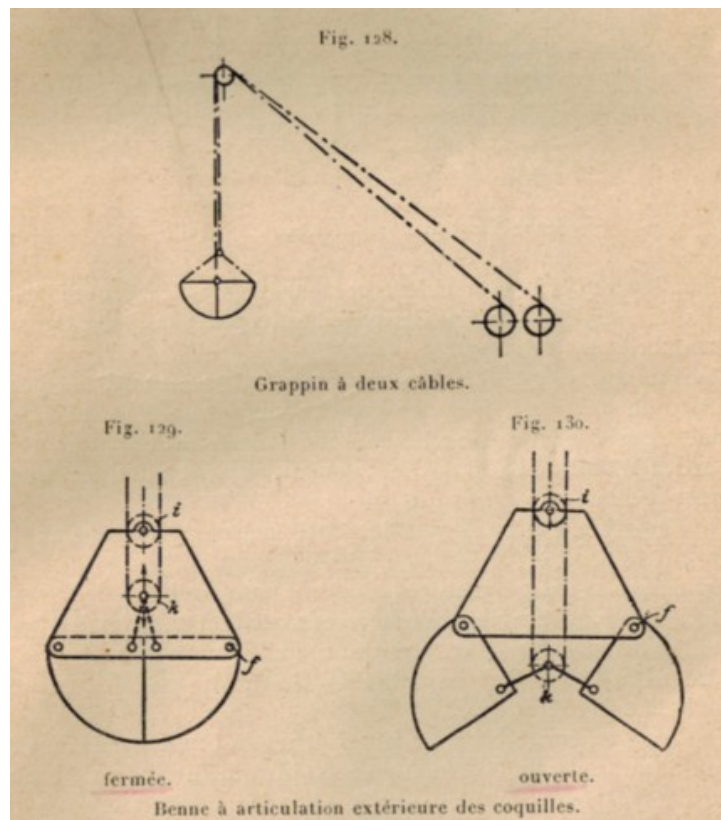


Bennes preneuses

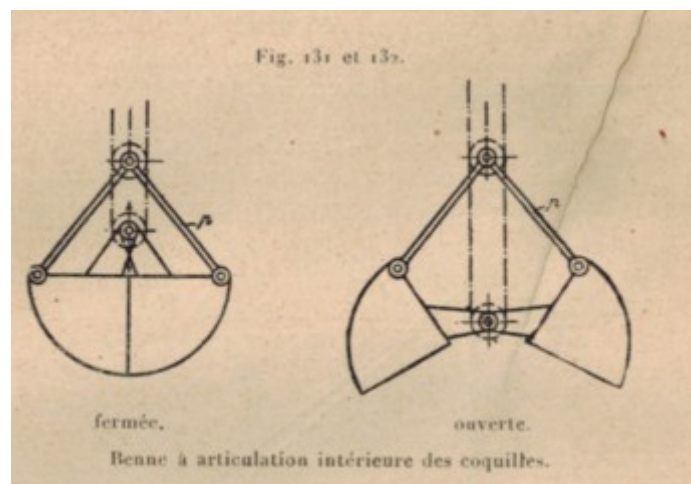
Je me souviens des quelques fois ou tout minot, dans les années 1955, j'arrivai à convaincre mon grand-père de m'emmener à pied faire un tour au port de Bayonne. Du haut de mes quatre ans je me régalaï de voir les grues en fonctionnement. J'adorai celles avec une benne preneuse car je ne comprenais pas par quel mystère il s'ouvrait et dévorait le contenu des cales du bateau. Ce temps n'est plus mais j'ai enfin compris le mystère de ces becs géants qui allaient chercher leur pitance au fond des cales des grands cargos.

Les bennes preneuses a deux câbles étaient les plus répandues.

L'un des câbles (levage ou ouverture) est fixé au cadre de la benne qui porte les coquilles et ensuite s'enroule sur un tambour. L'autre câble (fermeture) commande les coquilles au moyen d'un palan dont le moufle fixe est solidaire du châssis de la benne, sur lequel il s'enroule avant de monter vers l'autre tambour. Le secret c'est que suivant les vitesses relatives de manœuvre, le grappin montera, descendra, s'ouvrira ou se fermera.

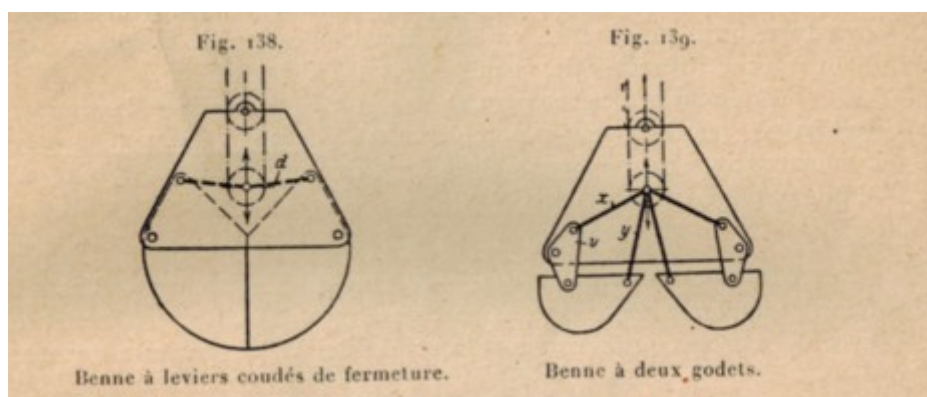
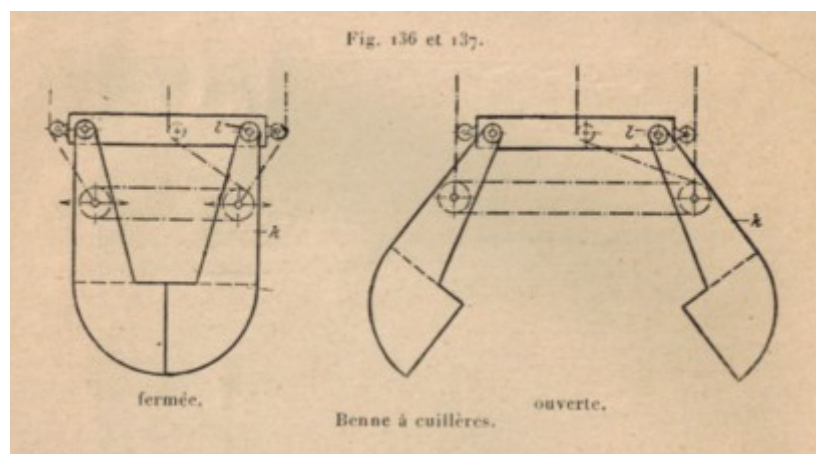


Les figures 129 et 130 représentent un type classique à articulation extérieure.



Les coquilles oscillent autour de tourillons f placés sur le châssis fixe de la benne. Les angles des coquilles décrivent à la fermeture un circonférence autour de f . La fermeture s'effectue par un palan i_k . Le moufle fixe i est fixé au châssis et le moufle mobile k est relié par des bielles aux angles intérieurs des coquilles.

On peut voir dans ce qui suit les schémas d'autres types classiques de bennes preneuses.



Des types spécialisées vivent le jours comme les bennes preneuses à moteur électrique auxiliaire qui

furent mises au point pour les matériaux pondéreux semi-friables comme les scories de haut-fourneau

Exemples de grues

Grue de quai à colonne tournante

Les vues détaillées qui suivent montrent une grue de quai de 5500kg de charge et de 5,50 mètre de portée. Sur ces vues on y voit bien le système de pivotement en particulier (en vue de dessus) les quatre rouleaux de reprise de charge. D'autres détails intéressants sont aussi fournis.

ROUES	NOMBRE de dents	PAS	DIAMÈTRE du cercle primaire	LONGUEUR des dents
A	12	13 π	156	60
B	12		156	60
C	60		780	60
D	12		156	60
E	72		936	60
F	10	15 π	150	90
G	50		750	90
H	10		150	70
I	36		450	70

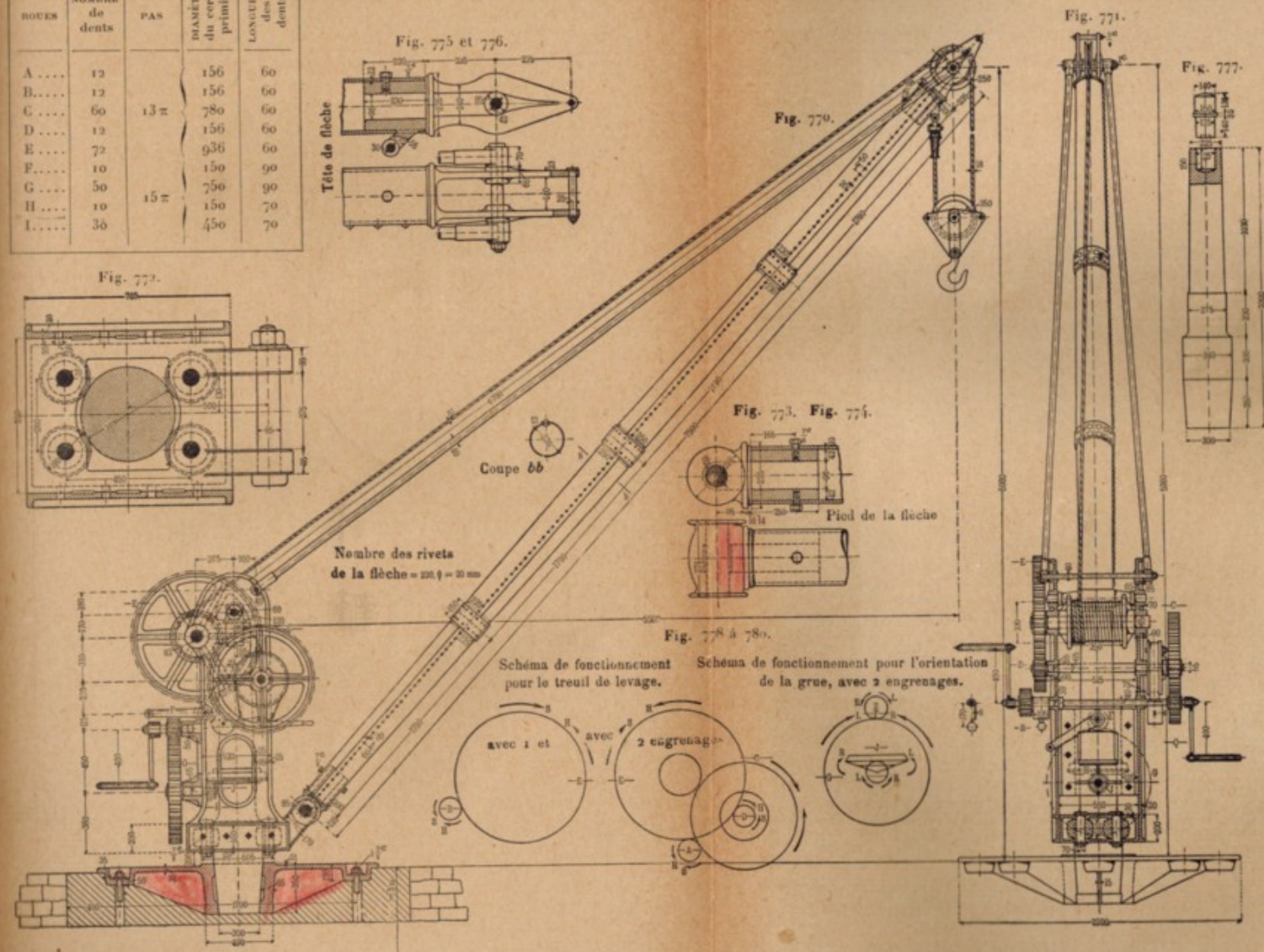


Fig. 794.

Technical drawing of a steam crane (Grue tournante à vapeur) showing the engine, boiler, and jib. The drawing includes dimensions and a detail of the hook mechanism.

Dimensions and labels:

- 2220 (width of boiler)
- 6500 (length of boiler)
- 7 m² de surface de chauffe (7 m² of heating surface)
- 8 atmosphères effectives de pression en service (8 effective pressure atmospheres in service)
- 6000 (height of crane)
- 1200 (width of base)
- 210 (width of base)
- 300 (height of base)
- 275 (height of base)
- 350 (height of base)
- 1200 (width of base)
- 210 (width of base)
- 300 (height of base)
- 275 (height of base)
- 350 (height of base)

Detail of the hook mechanism:

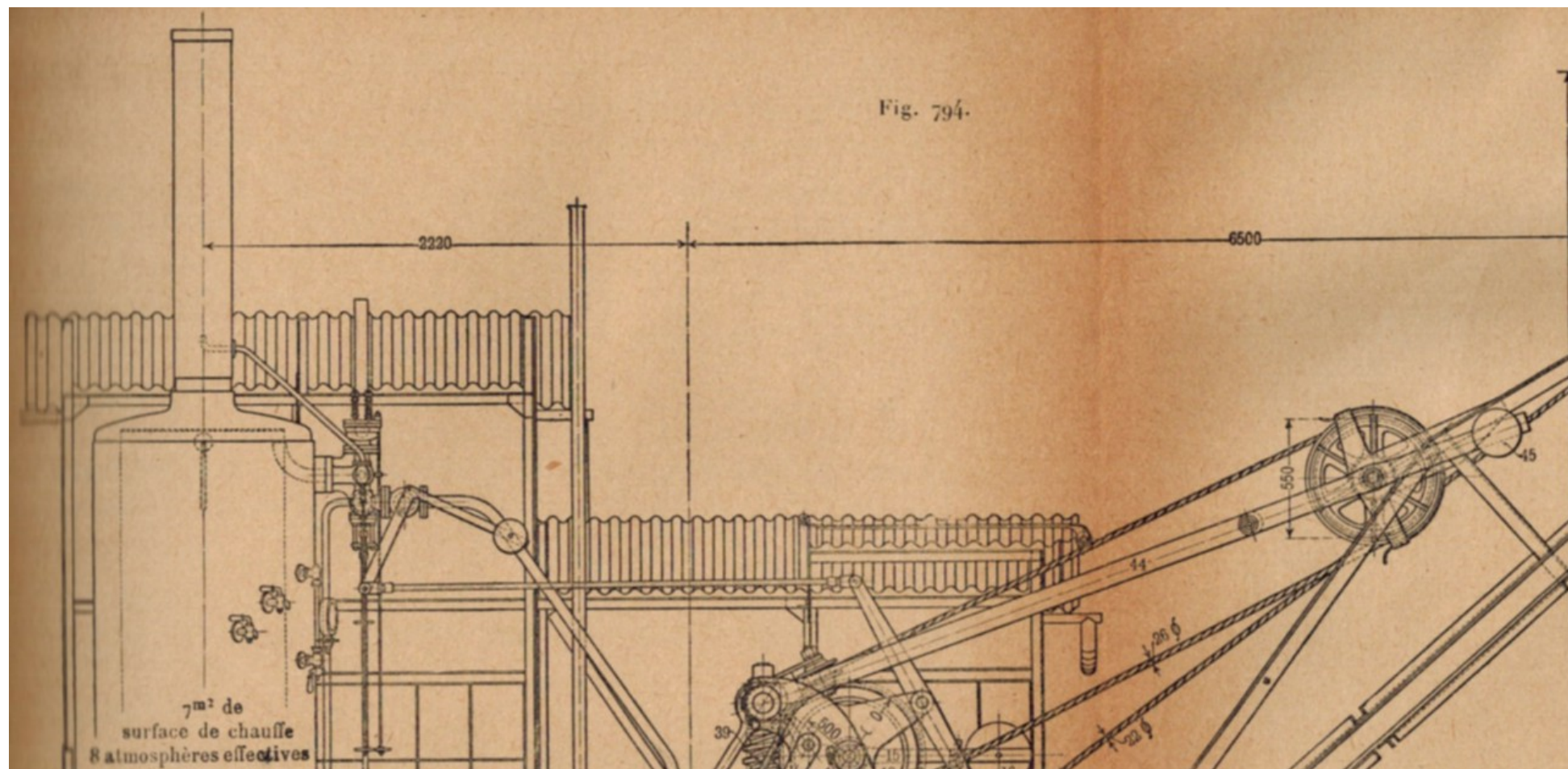
- 600 (width of hook)
- 600 (width of hook)
- 600 (width of hook)

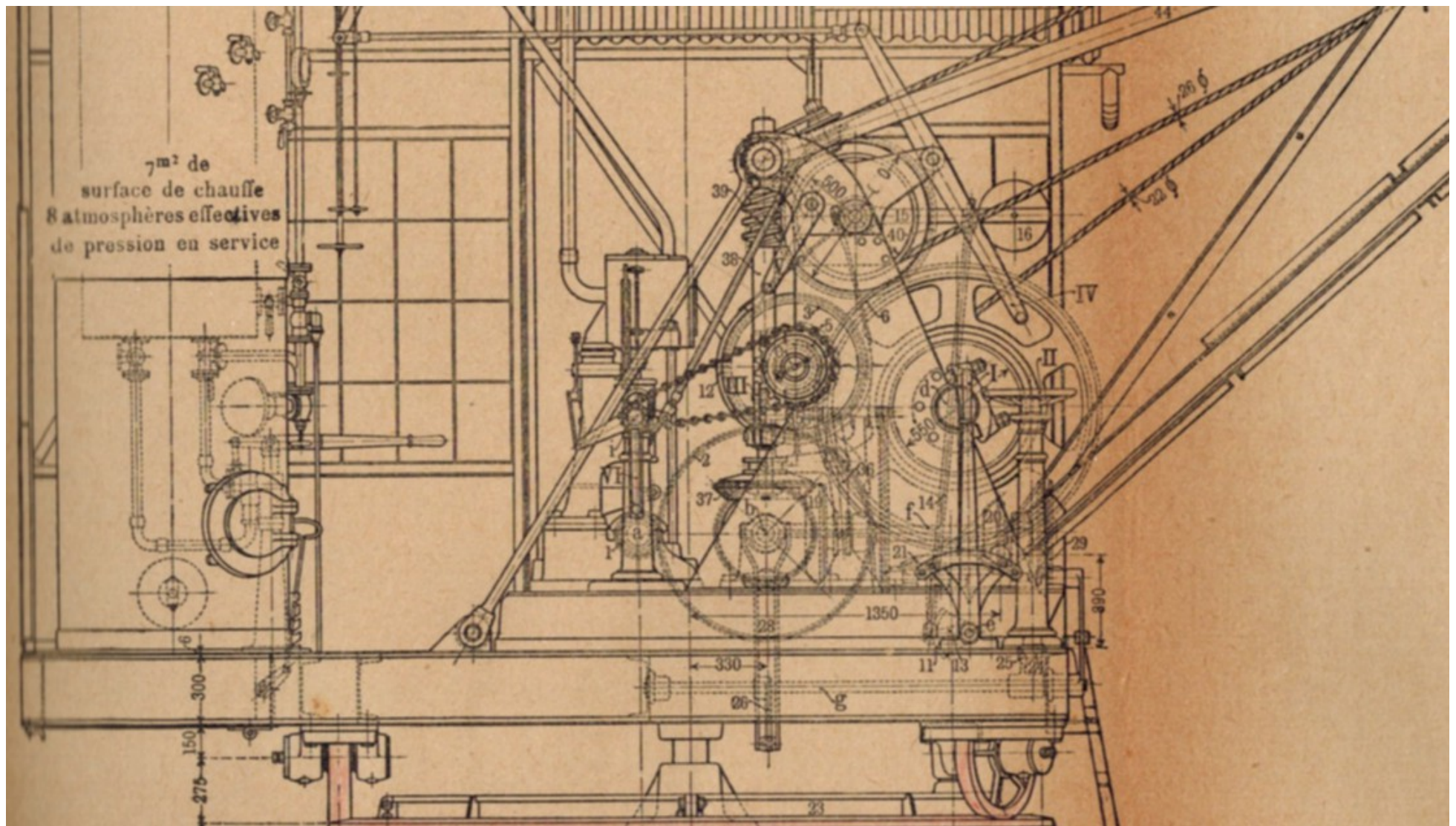
[illegible]

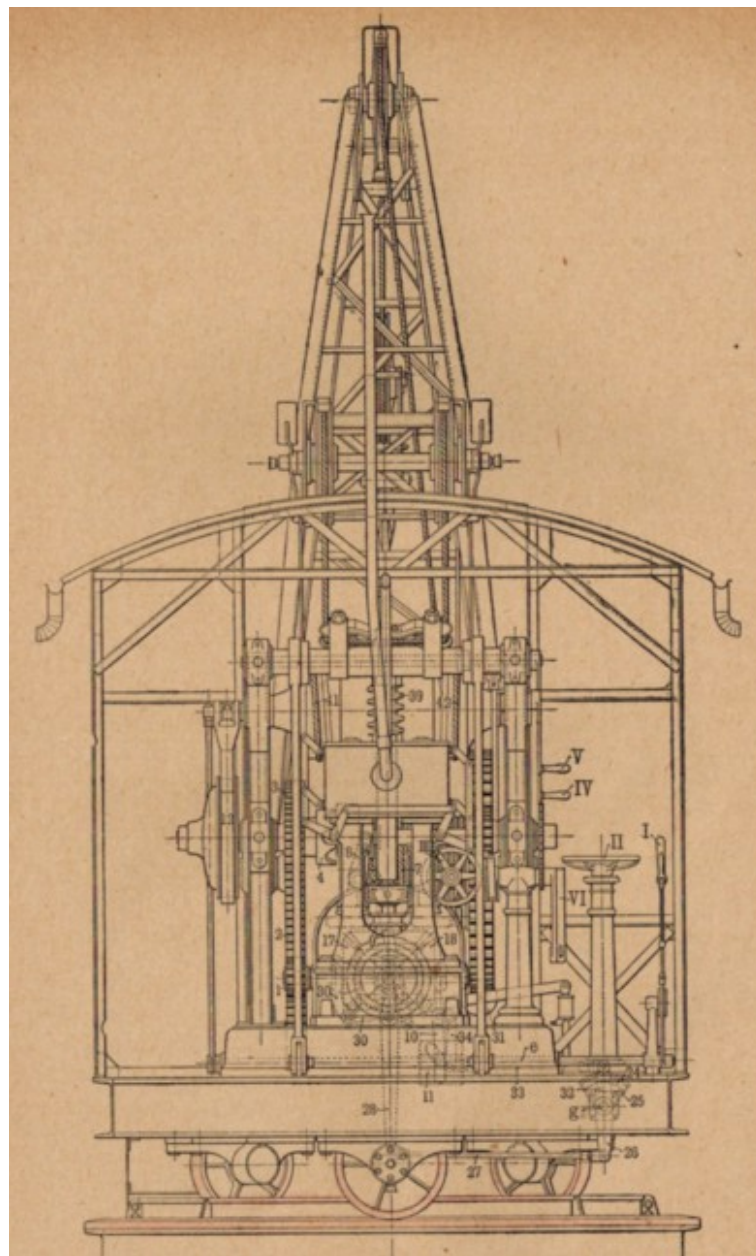
Fig. 794.

7m² de surface de chauffe
8 atmosphères effectives
de pression en service

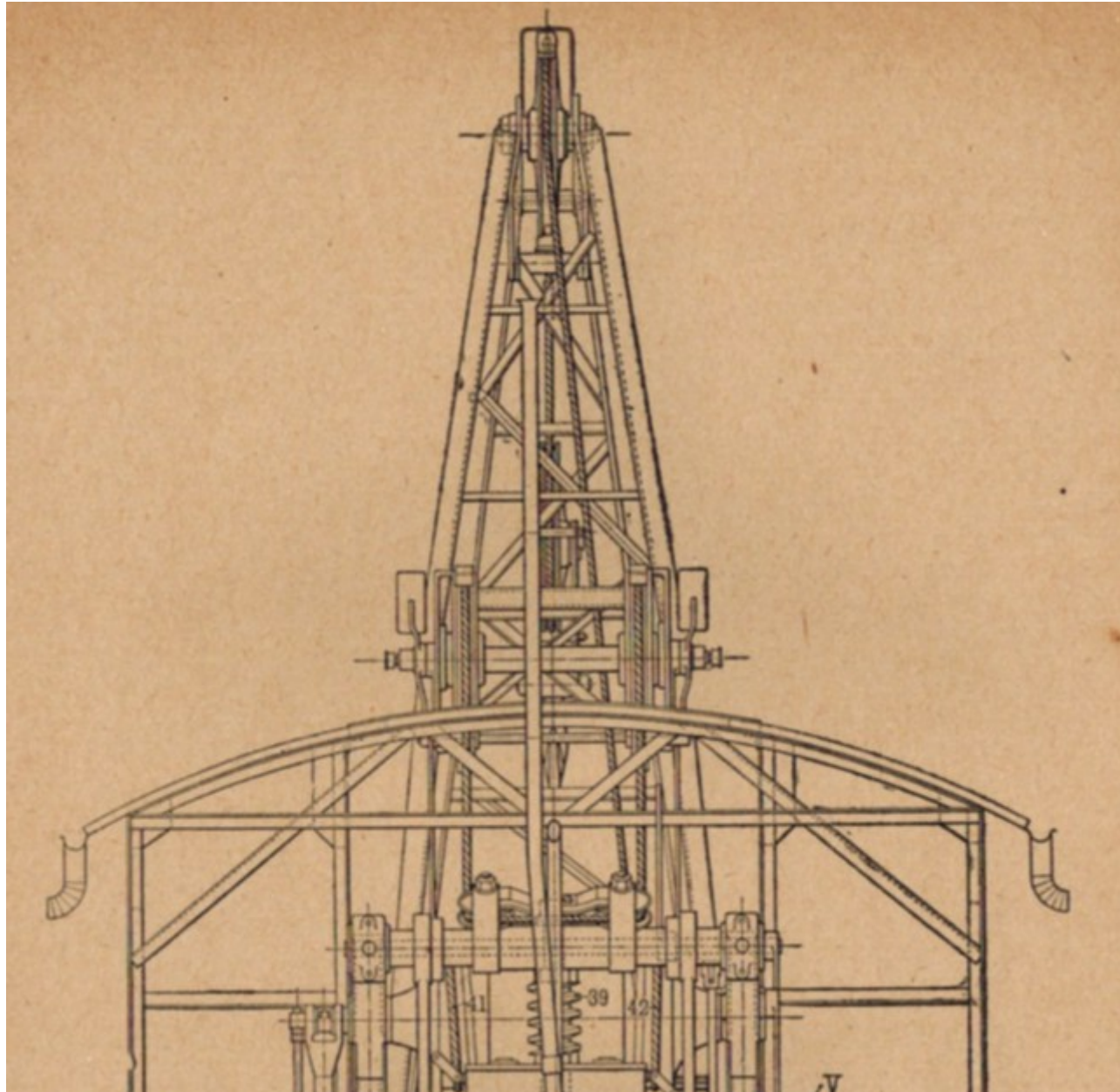
Dimensions: 2200, 6500, 6000, 210, 1100, 300, 275, 350, 1200, 600, 150, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300, 320, 340, 360, 380, 400, 420, 440, 460, 480, 500, 520, 540, 560, 580, 600, 620, 640, 660, 680, 700, 720, 740, 760, 780, 800, 820, 840, 860, 880, 900, 920, 940, 960, 980, 1000.



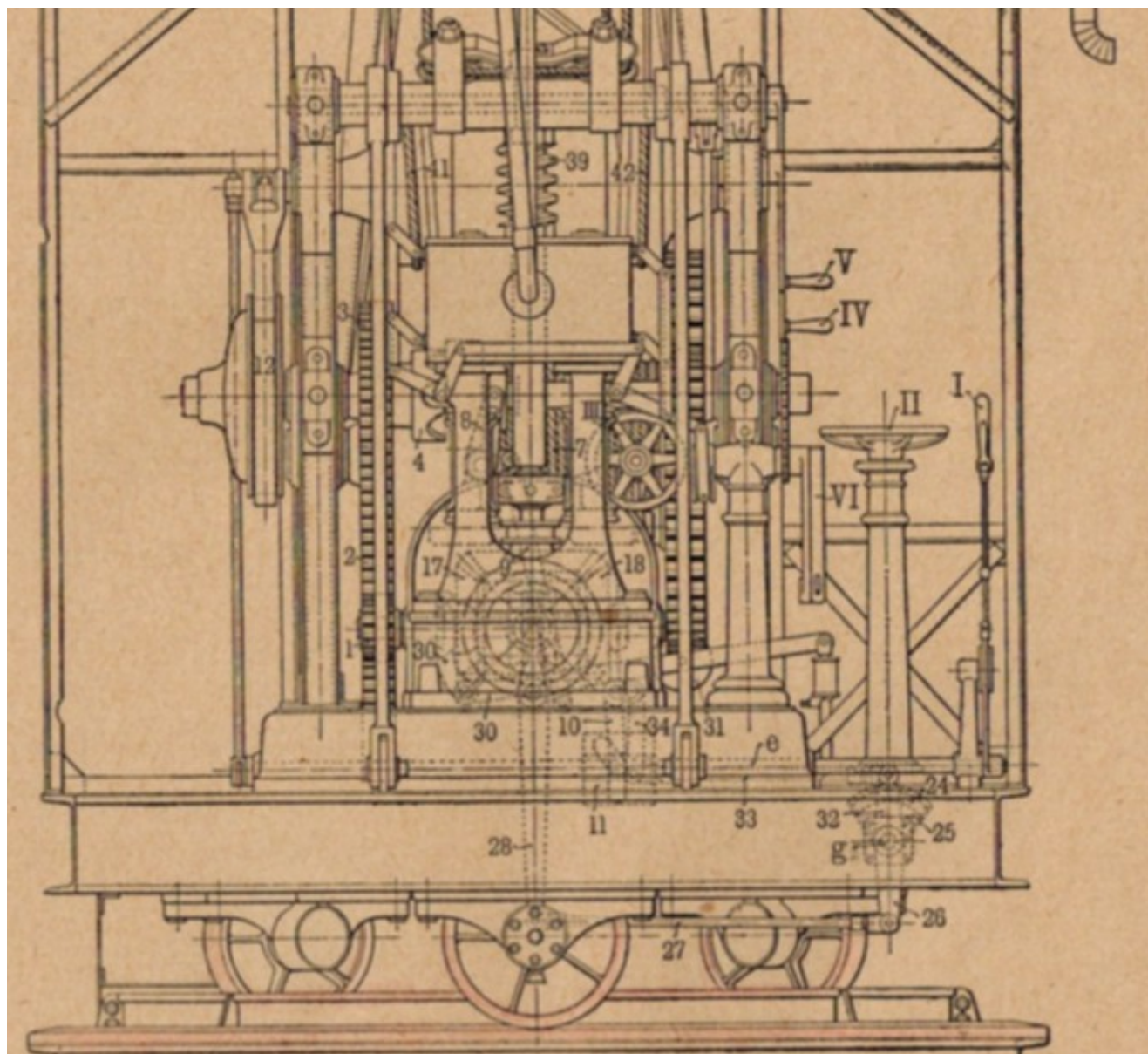




PL-11/12/14



PL-11/12/14



Grue à plateforme tournante

Les vues détaillées qui précèdent sont celles d'une grue fixe de 5000kg à 6,50m. La volée est montée sur une plateforme tournante, centrée sur un pivot fixé dans la plaque de fondation et supportée par trois galets coniques. Deux de ces galets sont du côté de la volée et l'autre du côté opposé (côté chaudière).

Les trois mouvements, levage de charge, orientation de la plateforme et variation de la portée sont réalisés par un moteur compound¹ avec cylindres de 150mm d'alésage et 200mm de course fonctionnant à 8 bars. Il développe 23 CV à 200 ts/mn. La chaudière est de type verticale multitubulaire avec 7m² de surface de chauffe.

Vitesse de levage à pleine charge : 11,5 m/mn

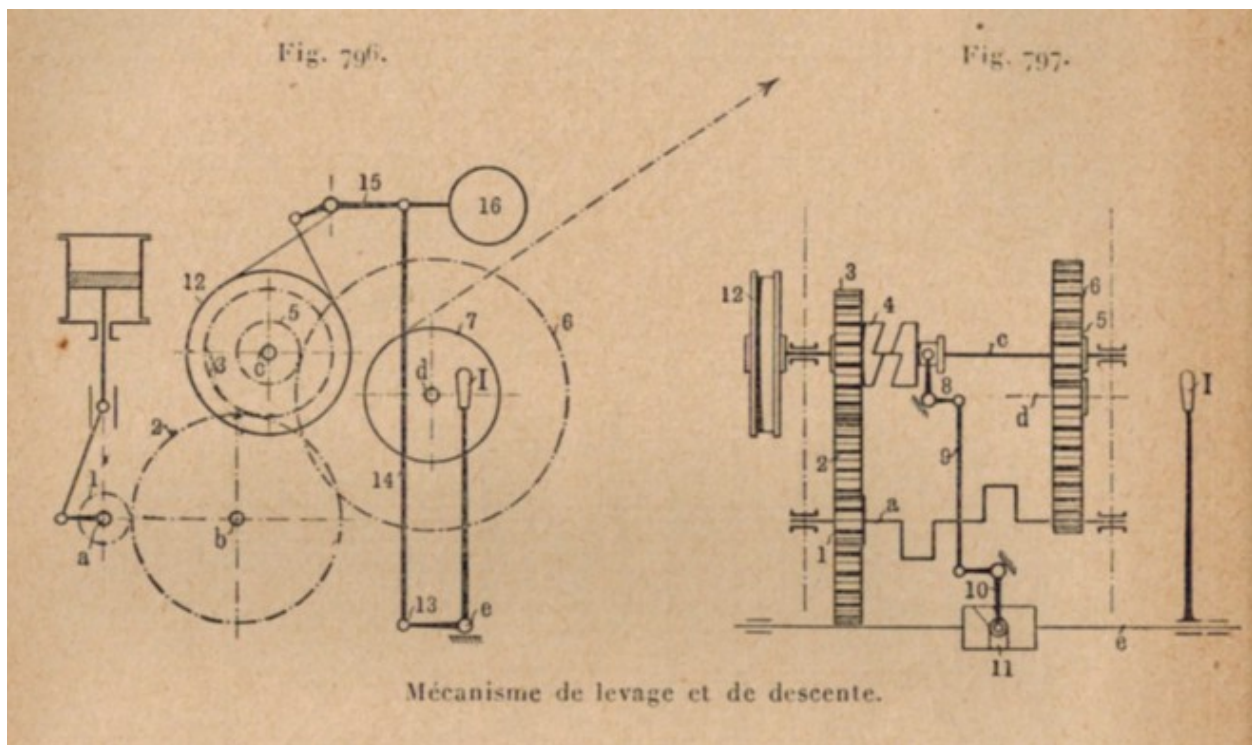
Vitesse d'orientation : 100 m/mn. Il s'agit de la vitesse tangentielle qui ne doit pas être trop élevée pour éviter les efforts complémentaires de renversement liées à la force centrifuge et au balancement de charge lors de l'arrêt de rotation. Pour une portée de 6,50 m cela correspond à environ 2,5 trs/mn.

En suivant sur les schémas numérotés on peut comprendre le fonctionnement des divers mécanismes

Levage de charge (fig. 796 et 797).

L'arbre de couche *a* transmet son mouvement par les roues dentées droites 1 et 2 à l'arbre intermédiaire *b*, et de là par la roue 3, engrenant avec 2, à l'arbre *c*. La roue 3, montée folle sur l'arbre *c*, peut être rendue solidaire de ce dernier par un embrayage à griffes 4 ; elle conduit alors, par les roues dentées 5 et 6, l'arbre *d* et, avec lui, le tambour 7.

L'embrayage à griffes est commandé par le levier *I* et par le système de tiges et de leviers 8 à 10, représenté sur la figure 797. Le levier coudé 10 porte une petit galet couissant dans la rainure du



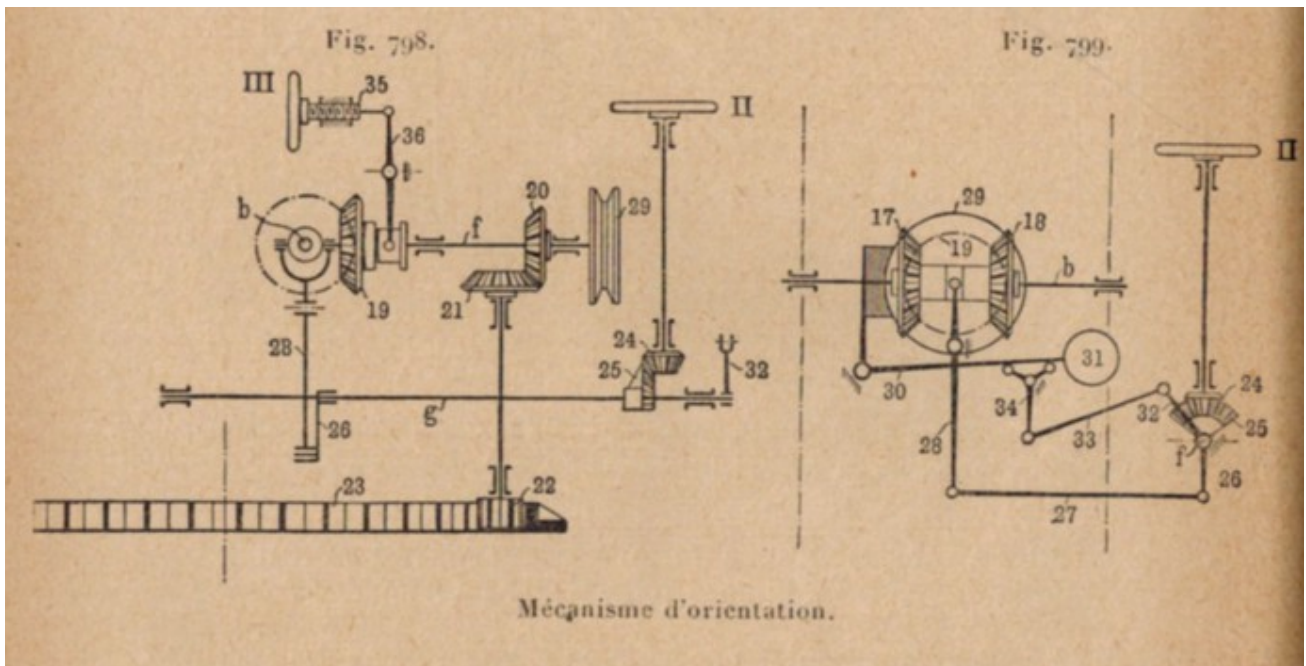
¹ NdR : un peu étonnant pour ce type de machine sous 8 bars, s'agit-il d'un mauvais qualificatif ?

secteur *II*, qui tourne sous l'action de l'arbre *e* du levier à main.

Descente de charge

La descente s'effectue par le dégagement du frein à bande *12*, calé sur l'arbre *c*, au moyen du levier *I*, et des leviers *13* à *16*. Lorsqu'on tire le levier *I*, on provoque la montée, et lorsqu'on le pousse, la descente de charge.

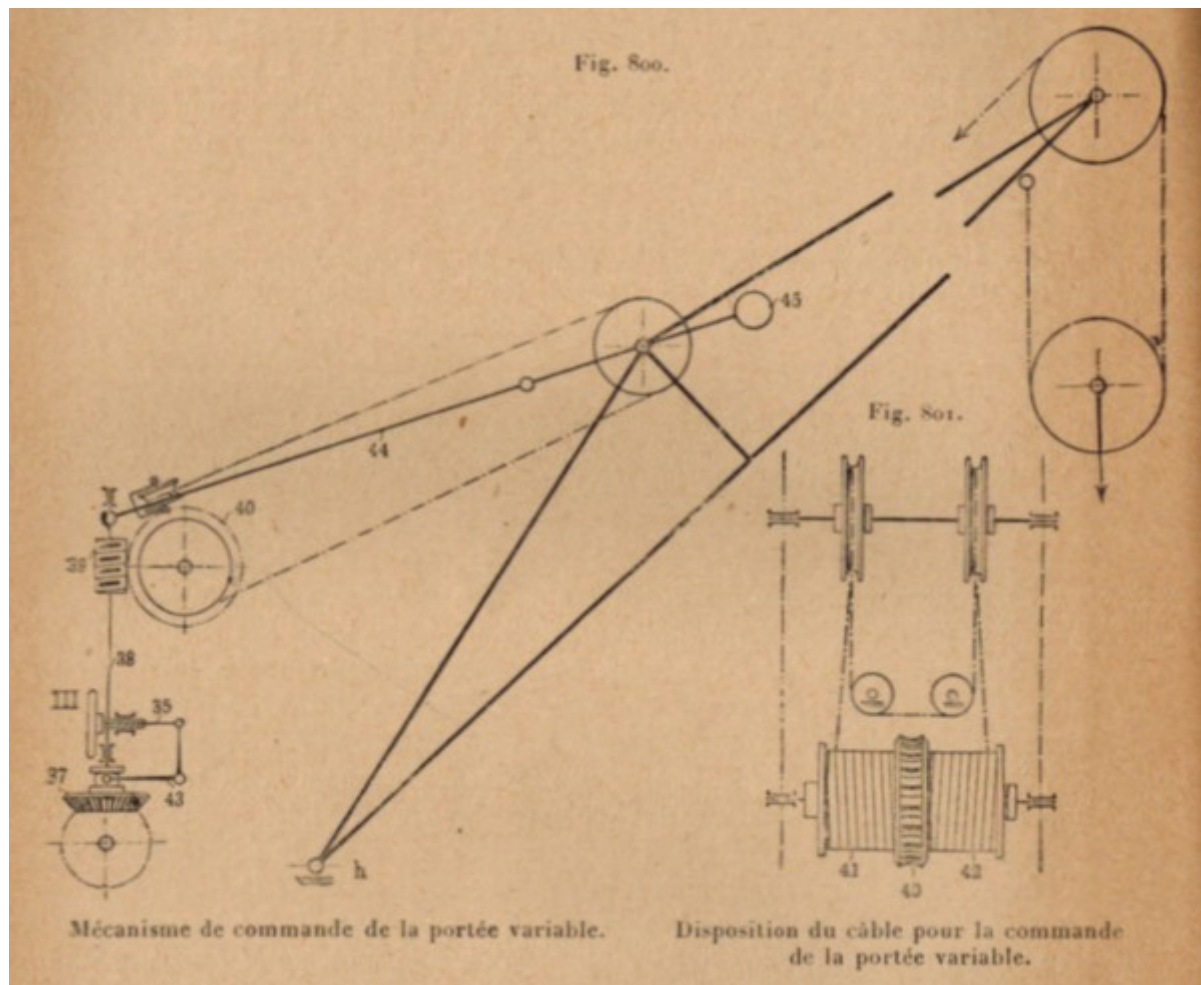
Orientation de la grue (fig. 796 et 799)



Sur l'arbre *b* se trouve une jeu d'engrenages *17, 18, 19* au moyen duquel on commande l'arbre *f*, puis les pignons d'angle *20, 21* et le pignon droit *22* ; celui-ci engrène avec la couronne dentée *23*, boulonnée sur la plaque de fondation, et fait tourner la grue à droite ou à gauche, selon qu'on a poussé dans un sens ou dans l'autre le manchon de changement de marche. La manœuvre de ce dernier se fait au moyen du volant à main *II*, du pignon conique *24*, du secteur denté *25* et des leviers *26, 27, 28*.

Pour diminuer le chemin parcouru par la grue après le débrayage du mouvement d'orientation, on a installé sur l'arbre *f* un frein à sabot de coincement *29*, qui se trouve serré par le contrepoids *31* lorsque le manchon d'embrayage est dans sa position moyenne, mais qui est dégagé, au moyen des leviers et tiges *32* et *34*, par le volant *II*, en même temps que le manchon est embrayé d'un côté ou de l'autre. La chute brusque du sabot de freinage lors du débrayage, est empêchée par un amortisseur à air. Le volant *III*, avec la vis *35* et le levier à deux branches *36*, permet de reculer le pignon *19* et, par suite, d'isoler le mécanisme d'orientation.

Modification de l'inclinaison de la volée (fig . 800 et 801)



Dans les pignons de commande du mouvement de rotation engrène en même temps un autre pignon conique 37, qui actionne l'arbre vertical 38, et la vis sans fin 39. La roue à vis correspondante 40 fait tourner les deux tambours d'enroulement 41 et 42, situés de chaque côté, et sur lesquels le câble réglant la portée de la grue s'enroule et se déroule. Le volant III permet de découpler la roue 37 dès que le mécanisme d'orientation doit fonctionner. La volée a son axe d'articulation en *h* ; lorsqu'elle est à la portée maximum, elle n'est plus supportée par le câble métallique, mais par le tirant articulé 44, qui se replie sous l'action du contrepoids 45 dès que la portée diminue.

Manoeuvre à bras de la grue (Fig. 794 et 795)

Sur l'arbre *i*, actionné par la manivelle à bras VI, est calée une noix qui transmet son mouvement, par chaîne, à une roue commandant les mécanismes. Lorsque la grue marche à la vapeur, cette roue tourne folle sur l'arbre *c* ; on ne l'accouple à cet arbre que pour la manœuvre à bras, au moyen d'un écrou à oreilles et d'une vis traversant le moyeu de ladite roue. Le levier IV commande la valve d'admission de la vapeur.

Purge des cylindres (Fig. 802 et 803)

Les problèmes de condensation étant récurrents on voit la tringlerie de commande des purgeurs des 2 cylindres. Le levier de manœuvre est noté V. On appréciera la complexité et l'ingéniosité du tout mécanique.

