

LIVRE QUATRIÈME.

OPÉRATEURS.

776. Le mouvement imprimé aux opérateurs et outils pour surmonter les résistances étant le but de toute opération mécanique, ceux-ci sont aussi variés que les divers travaux qu'on peut effectuer sur la matière. Les machines ayant le plus souvent pour but de faire effectuer au moyen des forces mécaniques les opérations qu'on peut obtenir du travail manuel, de faire agir mécaniquement les outils, on conçoit aisément de quelle importance est la connaissance du mode d'opérer de ceux-ci, qui n'est pas moindre que celle des récepteurs, puisque ces derniers sont utiles que pour faire mouvoir les opérateurs; c'est donc bien à tort que jusqu'à ce jour on a négligé de faire entrer l'étude de ces derniers dans la science mécanique. On comprend aussi combien de grands résultats peuvent provenir d'un perfectionnement des outils, quelquefois minime en apparence, mais qui permet souvent l'introduction du mouvement par forces mécaniques dans des cas où ce mode d'opérer paraissait impraticable.

Dans l'état avancé de la cinématique, un bon constructeur n'est jamais embarrassé pour produire un mouvement voulu. Toutes les fois que le mode d'action d'un outil opérateur est bien analysé, la machine opératrice qui le fera mouvoir par l'effet de puissances naturelles devient possible par cela même.

Comme le remarque M. Poncelet, l'opérateur est soumis,

quant à l'économie du travail, aux mêmes conditions que le récepteur, c'est-à-dire qu'on doit préférer autant que possible les outils travaillant d'une manière continue, sans chocs mettant en jeu les actions moléculaires. C'est pour ce motif, par exemple, que les scies circulaires remplacent avec avantage, dans nombre de cas, les scies rectilignes, les laminoirs, le marteau, etc.

La division des premiers éléments des opérateurs en éléments du système levier, tour ou plan, inutile à considérer dans les combinaisons du troisième livre, reprend ici la valeur qu'elle a dans tout le reste de cet ouvrage, puisque le dernier élément de l'opérateur ayant à produire son action par un mouvement, appartient par sa nature propre à un de ces systèmes ou à une combinaison de ces systèmes.

Les opérateurs et outils variant de nature et de forme en raison de la résistance à surmonter, nous les classerons en trois sections principales : la première correspondant aux résistances considérées au point de vue dynamique, la troisième et surtout la seconde au point de vue géométrique, à celui des positions relatives des éléments et de la forme à obtenir :

1° Résistances au mouvement comprenant les résistances dues à la pesanteur, à l'inertie et aux résistances passives ;

2° Résistances à surmonter pour disposer les éléments sur lesquels on opère dans un ordre déterminé ;

3° Résistances à surmonter pour produire une forme déterminée en surmontant les forces de cohésion.

CHAPITRE PREMIER.

Résistances au mouvement.

PREMIÈRE CLASSE.

PESANTEUR. — TRANSPORT VERTICAL DES CORPS PESANTS.

777. Cette section comprend tous les organes opérateurs des machines qui servent à l'élévation des fardeaux en général, et notamment à celle des liquides.

Nous n'avons pas à nous étendre sur cette partie, qui est l'objet spécial de la mécanique appliquée. La question, au point de vue géométrique, se réduit à une simple communication de mouvement, à produire le mouvement rectiligne du corps réuni avec le système de transformation. Nous n'avons donc, comme pour les récepteurs, qu'à consigner ici les principaux résultats de la mécanique, afin d'en déduire pour les divers cas les directions et les vitesses que l'on peut avoir à considérer dans des problèmes de cinématique : nous obtiendrons ce résultat que, possédant d'une part la vitesse des premiers éléments des récepteurs, et d'autre part celle des premiers éléments des opérateurs, on aura, par l'étude des organes de transformation de mouvement, tout ce qui est nécessaire au tracé géométrique de la machine complète.

SOLIDES.

778. *Système levier.* — Tout le monde connaît l'emploi du levier sous forme de barre de fer ou de bois, pour soulever un corps pesant, en maniant avec les bras l'extrémité opposée à celle engagée sous le fardeau et faisant naître un point d'appui par un support placé très-près de la résistance. Un homme

soulève ainsi un poids considérable d'une petite hauteur, l'effort moteur décrivant alors un chemin bien plus étendu à l'extrémité du long bras du levier.

Nous pourrions encore citer les balanciers à bras égaux ou inégaux, lorsqu'ils servent à élever des poids. Nous ne donnerons comme application curieuse du système levier que la chèvre (fig. 668) employée pour lever les voitures légères, et qui

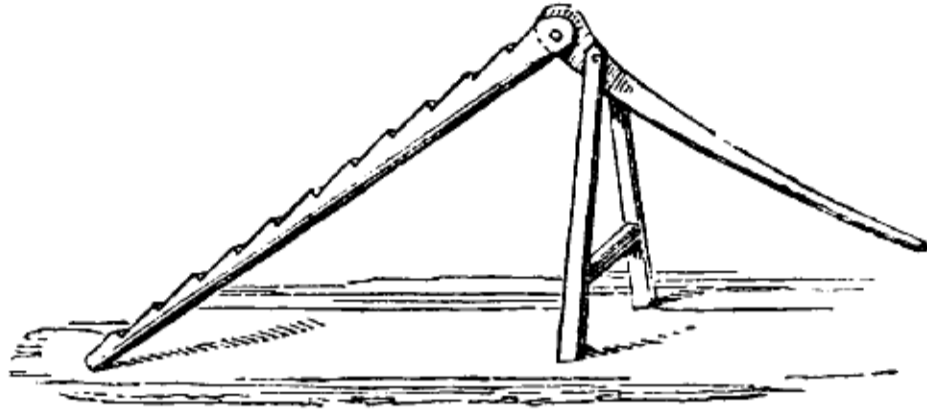


Fig. 668.

consiste en un chevalet à deux pieds, portant un axe qui est traversé par l'œil d'un levier dont le petit bras est articulé avec une longue pièce de bois dont l'autre extrémité porte à terre. Le mouvement du grand bras fait lever la pièce de bois sur laquelle appuie l'essieu de la voiture et élève celle-ci. Le petit bras de levier pouvant dépasser la verticale, lorsque le grand vient s'appuyer sur la barre qui réunit les deux pieds du chevalet, la voiture reste soulevée pour le nettoyage des roues, le démontage des boîtes, etc., etc.

779. *Système tour.* — Les corps solides ne peuvent que dans des cas spéciaux être élevés directement par le système tour proprement dit, être, par exemple, placés dans les augets inférieurs d'une roue à augets pour en être extraits par la partie supérieure. Les systèmes de ce genre sont, au contraire, fréquemment employés avec l'intermédiaire des cordes qui servent à entourer le fardeau et viennent s'enrouler sur un cylindre. La corde est guidée en ligne droite par la pesanteur du corps à élever, et, en s'infléchissant à chaque instant autour d'un élément circulaire, constitue un organe intermédiaire entre le système plan et le système tour, propre à les mettre en rapport.

Le problème de l'élévation des fardeaux consiste donc à don-

ner à la corde un mouvement rectiligne continu d'ascension, en général avec une vitesse très-réduite, pour pouvoir soulever des fardeaux très-lourds avec les forces limitées dont on dispose. Tous les organes produisant ce mouvement avec plus ou moins de vitesse seront donc capables de produire l'élévation des fardeaux à l'aide de forces variant, pour un même poids, en raison inverse des vitesses : telles sont les *poulies*, les *moufles*, etc., servant seulement à changer la direction ou la vitesse d'un mouvement rectiligne (fig. 669), le *treuil* (fig. 670), les *roues à chevilles*, les *chèvres*, les *grues* (fig. 671), espèce de treuil permet-



Fig. 669.

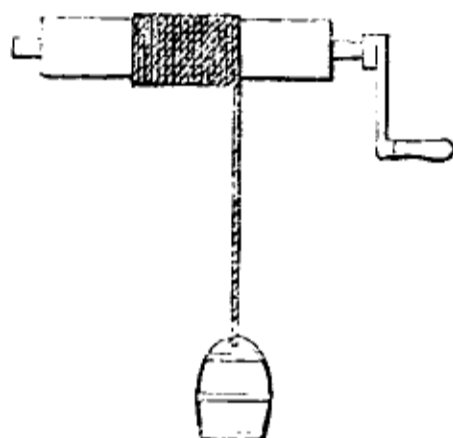


Fig. 670.

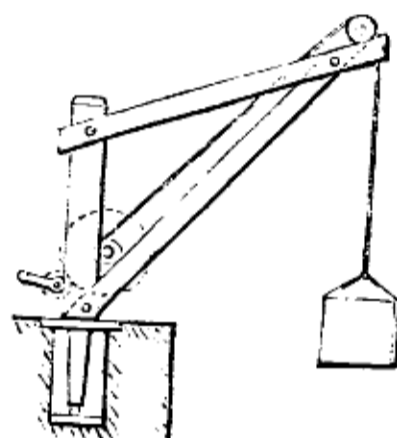


Fig. 671.

tant de saisir un fardeau placé à une certaine distance en avant de l'axe de rotation, etc.

Dans ces divers appareils, les vitesses des points d'application de la puissance et de la résistance seront déterminées comme nous l'avons dit dans le second livre, puisque ces systèmes ne sont que des transformations du mouvement rectiligne et vertical du fardeau.

Pour bien fixer les idées, calculons les rapports des vitesses de la manivelle motrice et du poids à soulever dans la grue. Soit P le poids à soulever, l le chemin qu'il parcourt en 1", ω la vitesse angulaire (supposée constante) de la manivelle motrice et du pignon qui est adapté sur le même axe, ω' la vitesse de la roue dentée engrenant avec le pignon, et du treuil monté sur le même axe, a le rayon du treuil, b le rayon de la roue dentée qui y est adaptée, c le rayon du pignon, d celui de la manivelle.

D'après la théorie du treuil, $l = a\omega'$, et d'après celle des engrenages $c\omega = b\omega'$ ou $\omega' = \frac{c\omega}{b}$, d'où $l = \omega \frac{ca}{b}$.

La manivelle décrivant le chemin $d\omega$, le fardeau parcourt $l = \omega \frac{ca}{b}$; le rapport des vitesses est $\frac{ca}{bd}$. Si F est la puissance, P la résistance, abstraction faite des frottements et roideur des cordes, $F\omega d = P \frac{ca}{b} \omega$ ou $Fd = P \frac{ca}{b}$.

Pour le maximum de travail utile, $P\omega d$ doit être égal à $8^k \times 0,75 = 6^{km}$ en 1" pour un homme, la formule précédente permettra de déduire la valeur de P pour ce travail d'après les dimensions de la machine. Soit, par exemple :

$$r = 0,75, \omega = 1, c = 0,05, a = 0,20, b = 1^m,$$

on aura :

$$P = \frac{Fdb}{ca} = \frac{6}{0,05 \times 0,20 \times 1} = \frac{6}{0,01} = 600^k.$$

La tendance au déversement, considérable lorsqu'on fait tourner la grue chargée d'un fardeau, manœuvre nécessaire pour le chargement et le déchargement des fardeaux, fait naître un frottement dont le travail est diminué par l'emploi de galets circulaires.

Pour compléter ce qui est relatif à l'emploi des cordes combinées avec des enroulements circulaires, nous devrions dire un mot de la poulie mobile et des moufles qui sont employées seules, ou comme partie d'un système complexe qui comprend d'autres organes. Mais nous avons indiqué ce système en parlant des transformations de mouvement pour transformer un mouvement rectiligne en un autre mouvement semblable, dans un rapport de vitesse donné.

Nous renverrons donc à ce que nous avons dit livre II, sur les combinaisons possibles de poulies mobiles pour former des moufles; remarquant toutefois que les résistances dues à la flexion des cordes et qui croissent avec le nombre de poulies, font de

