AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT
WASHINGTON, D. C. 20523
BIBLIOGRAPHIC INPUT SHEET

FOR AID USE ONLY
Batch 70

1. SUBJECT CLASSIFICATION

A. PRIMARY
Development and economics — DM00-0000-0000

B. SECONDARY
Industries and industrialization

2. TITLE AND SUBTITLE
Les transmissions de force motrice dans l'artisanat familial

3. AUTHOR(S)
(101) AID/TA/OST

4. DOCUMENT DATE	5. NUMBER OF PAGES	6. ARC NUMBER
1962	42p.	ARC 621.161

7. REFERENCE ORGANIZATION NAME AND ADDRESS
AID/AFR/RTAC; AID/TA/OST

8. SUPPLEMENTARY NOTES (*Sponsoring Organization, Publishers, Availability*)
(In Collection: techniques am.,4)
(In French and English. English,41p.: PN-AAE-805)

9. ABSTRACT

10. CONTROL NUMBER
PN-AAE-806

11. PRICE OF DOCUMENT

12. DESCRIPTORS
Power equipment
Power transmission
Small scale industries

13. PROJECT NUMBER

14. CONTRACT NUMBER
AID/AFR/RTAC

15. TYPE OF DOCUMENT

AID 590-1 (4-74)

TECHNIQUES AMÉRICAINES - 4

les transmissions de force motrice dans l'artisanat familial

(4e édition)

.CENTRE RÉGIONAL D'ÉDITIONS TECHNIQUES

Traduction d'une brochure en langue anglaise intitulée
Power Transmissions for Cottage Industry
(C 1 - 10)
publiée par
Agency for International Development
Department of State
Washington 25, D. C.

La présente édition en langue française a été préparée par REGIONAL TECHNICAL AIDS CENTER, AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT, DEPARTMENT OF STATE, WASHINGTON, D. C., dénommé *Centre Régional d'Editions Techniques* (*C.R.E.T.*) *de l'Organisation Américaine pour le Développement International* (*A.I.D.*).

Ce Centre a été chargé d'établir et de diffuser des traductions françaises **de publications** techniques dans le cadre du programme de coopération **technique** de l'A.I.D. dans les pays d'expression française.

Tous renseignements au sujet de ces publications devront être adressés **à la** *Mission Américaine de l'A.I.D., Ambassade des Etats-Unis d'Amérique* **(capitale** du pays d'où émane la demande).

INTRODUCTION

Il existe dans le monde de vastes régions où beaucoup de gens, habitant des zones rurales ou de petits villages, travaillent à la production d'articles relativement simples qui sont, soit utilisés à domicile, soit vendus sur place. Les petites installations travaillant à cette production sont généralement appelées « industries artisanales » car elles sont dans bien des cas limitées au domicile familial, quoiqu'il arrive fréquemment qu'un certain nombre de familles travaillent en coopération dans un local d'accès facile pour les travailleurs. Le travail se fait généralement à bras et la force motrice actionnant les outils ou les autres équipements utilisés est fournie par l'ouvrier lui-même, ce qui limite beaucoup sa capacité de production. Dans certains cas, cette capacité pourrait être avantageusement accrue par l'utilisation de machines simples et d'une source d'énergie plus moderne. Beaucoup de petites industries importantes, telles que le tissage à la main, ne se prêtent pas facilement à une mécanisation simple, en raison de la conception même de l'équipement : il faudrait modifier radicalement ce dernier pour permettre l'utilisation efficace des sources d'énergie courantes. Au contraire, de nombreux outils tels que les tours à bois et les perceuses, se prêtent tout naturellement à l'introduction de la puissance et dans ce cas, on peut accroître la productivité par cette méthode.

L'accroissement de la capacité de production dans une région y accroîtrait également la possibilité d'élever le niveau de vie. C'est dans cet esprit que l'A.I.D. a demandé au *Stanford Research Institute* de préparer une brochure exposant les principes de l'utilisation de la force motrice dans les industries « artisanales » susceptibles de bénéficier d'un tel progrès. La présente brochure se propose l'objectif, limité, de traiter des diverses méthodes de transmission de la force motrice depuis sa source jusqu'à l'organe entraîné, et des divers dispositifs accessoires qui contribuent à la réalisation d'une transmission adéquate. Les éléments de transmission que l'on décrira se limitent aux matériels simples, que l'on peut obtenir sur place à peu de frais ou sans frais, en excluant l'emploi de dispositifs relativement coûteux qu'il faut se procuprer dans le commerce. On signale les diverses sources d'énergie dont on peut disposer dans une région, ainsi que l'économie relative et la commodité d'emploi de ces sources. On ne s'est nullement proposé de faire un ouvrage qui puisse être considéré en quoi que ce soit comme susceptible de remplacer les ouvrages techniques nécessaires à l'installation et au fonctionnement des équipements modernes de grande puissance ou à grande vitesse. Bien au contraire, la brochure ne décrit que les types d'équipements qui peuvent être improvisés par des moyens rudimentaires, à partir de matériaux simples.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

INTRODUCTION v

Chapitre

I - SOURCES D'ÉNERGIE 1

II - MÉTHODES DE TRANSMISSION DE LA FORCE MOTRICE .. 5

III - COMMANDES ET CHANGEMENTS DE VITESSE 17

IV - APPLICATIONS 27

1

SOURCES D'ÉNERGIE

Les sources d'énergie dont on peut disposer à domicile, ou dans les petites installations industrielles des régions rurales, sont très variées ; elles comprennent l'énergie hydraulique, le vent, l'électricité, les muscles de l'homme et des animaux et les combustibles tels que le pétrole, la tourbe, le charbon et le bois, utilisés pour produire de la vapeur ou pour actionner des moteurs à combustion interne. Les sources d'énergie représentées sur la figure 1 peuvent, par conversion fournir un mouvement rotatif, grâce à une machine appropriée. Le mouvement rotatif est d'un emploi commode et il constitue le point de départ des transmissions de force motrice décrites dans la présente brochure.

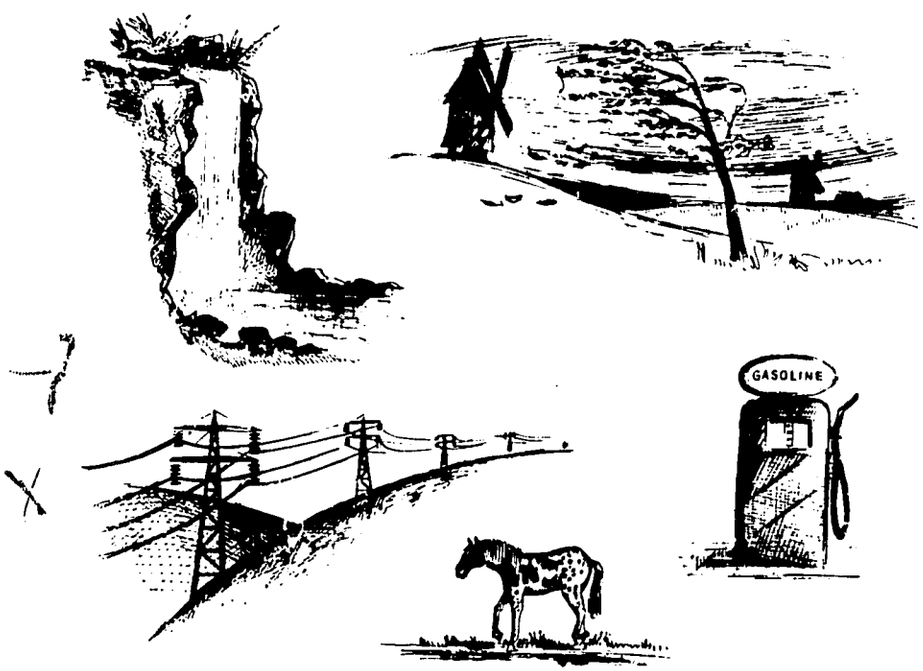

FIGURE 1

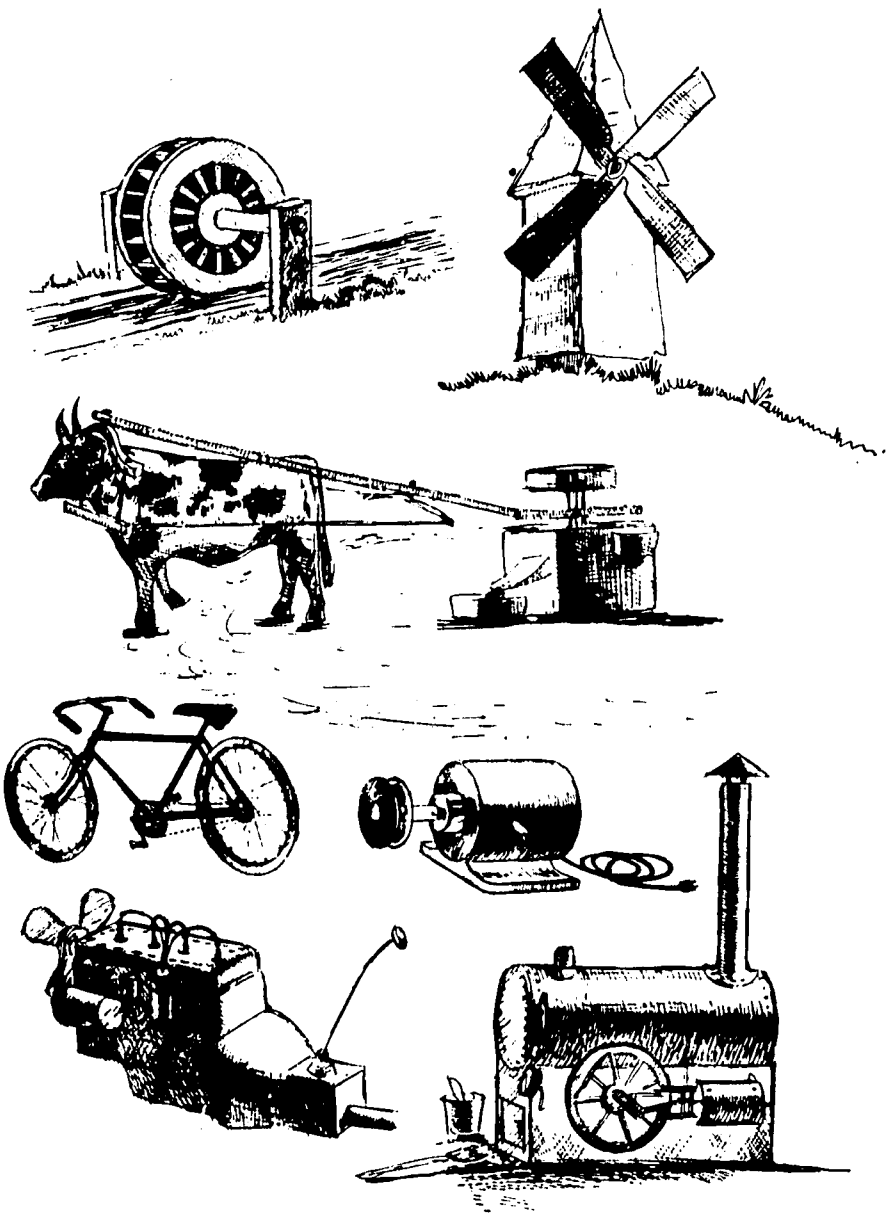

FIGURE 2

Quand on se propose d'appliquer l'énergie aux outils et aux équipements, il est important d'examiner les différents types d'énergie et d'entraînement disponibles. Dans certaines régions, on ne dispose en pratique que d'une seule forme d'énergie ou de combustible, mais dans d'autres, il existe plusieurs sources d'énergie. Les commentaires ci-après ont pour but d'aider au choix de la source de puissance la plus pratique et la plus économique.

Dans bien des contrées, les machines sont actionnées par des moteurs électriques, des moteurs à essence, des moteurs Diesel et des moteurs à vapeur, aussi bien que par des roues hydrauliques, des moulins à vent et des animaux. Les roues hydrauliques, les moulins à vent et les animaux sont surtout utilisés dans des fermes anciennes ou de vieux moulins, mais on les remplace graduellement par de meilleures sources d'énergie, là où ces sources existent. La bicyclette est utilisée dans tous les pays et c'est un excellent exemple de machine permettant de convertir la puissance musculaire de l'homme en mouvement rotatif.

Quand on dispose d'électricité, le moteur électrique présente de nombreux avantages pour la petite industrie : il est très économique d'achat et de fonctionnement ; il demande peu d'entretien ; on peut facilement l'installer à proximité de la machine utilisée, et il peut être mis en marche et arrêté rapidement. En outre, on dispose pour les moteurs électriques d'une gamme très étendue de puissances, allant de 1/20 de cheval à plus de 5 chevaux-vapeur et tous ces moteurs sont faciles à manœuvrer. Il faut que quelqu'un d'expérimenté aide à choisir le moteur, car le type à choisir dépend de la vitesse et de la puissance nécessaires, de la nature du courant électrique dont on dispose, de la ventilation et de la poussière de l'emplacement d'utilisation, et du genre de travail que le moteur devra exécuter. Le moteur de 1/4 de cheval-vapeur fonctionnant sur 110 ou 220 volts, et tournant à 1 725 tours/minute, convient à un grand nombre d'usages dans la petite industrie. Les moteurs de ce type ne fonctionnent généralement qu'à une seule vitesse, mais on peut se procurer, pour un prix plus élevé, des moteurs à vitesse variable. (Des méthodes permettant d'obtenir plusieurs vitesses avec un moteur à une seule vitesse seront indiquées au chapitre III.) Un petit atelier, situé dans une région électrifiée, doit envisager en premier lieu le moteur électrique pour fournir la force motrice nécessaire à son équipement.

Les moteurs à essence ou Diesel possèdent beaucoup des avantages des moteurs électriques, mais, pour leur permettre de fournir un service satisfaisant pendant une longue durée, ils demandent un entretien régulier et la surveillance d'un mécanicien qualifié. On utilisera les moteurs de ce type pour les équipements qui nécessitent une puissance importante (jusqu'à 25 chevaux-vapeur ou plus) et en particulier ceux qui doivent fonctionner longtemps sans interruption. Il faut qu'on puisse

se procurer l'essence ou le gas-oil à un prix raisonnable. Ces moteurs, montés sur des roues ou des patins, sont très commodes pour fournir la force motrice à un équipement qui doit être fréquemment déplacé d'un point à un autre, tel qu'une scierie mobile. On emploie souvent à cet effet les moteurs à essence récupérés sur de vieilles automobiles. Les moteurs à essence ou Diesel peuvent être mis en marche et arrêtés facilement, et peuvent fonctionner à toutes les vitesses jusqu'à 2 000 ou 3 000 tr/mn.

Lorsqu'on ne dispose ni de courant électrique, ni d'essence ni de gas-oil, il faut envisager la machine à vapeur. Celle-ci convient avant tout pour les machines fixes et peut utiliser comme combustible de nombreuses matières, telles que le bois, la tourbe et le charbon. Si on dispose déjà d'une alimentation continue en vapeur pour certaines opérations ou pour le chauffage, un moteur actionné par cette vapeur sera tout à fait pratique. Les moteurs à vapeur fonctionnent à volonté à n'importe quelle vitesse, mais sauf si on dispose d'une source permanente de vapeur, leur mise en marche est lente : avant que le moteur puisse fournir de la puissance, il faut préparer et allumer le foyer devant produire la vapeur. Les machines à vapeur requièrent la surveillance d'un mécanicien qualifié, mais peuvent fournir une grande puissance pendant une longue durée.

La bicyclette n'est pas une source de force motrice, mais elle peut servir à convertir la force musculaire de l'homme en une rotation rapide pour actionner un outillage simple. Comme on le montrera plus loin, il suffit d'installer une bicyclette complète dans un cadre pour fournir de la puissance à l'outillage, ou bien on peut en enlever les pédales, la chaîne et les pignons et les utiliser comme dispositif permanent destiné au même travail.

Nous décrirons dans les chapitres qui suivent les méthodes qui permettent de relier la source d'énergie à l'organe ou à l'outil entraîné, de modifier la vitesse, et d'interrompre l'alimentation de l'outil en force motrice. La présente brochure n'est pas destinée à être utilisée avec les outillages commerciaux : elle ne saurait remplacer les notices techniques fournies par les fabricants avec leurs machines. Les instructions contenues dans la présente brochure sont destinées aux gens qui ont à construire leurs propres appareils. Dans le cas de conditions d'emploi rigoureuses, on se réfèrera toujours à la notice du fournisseur de l'outillage. Pour de plus amples renseignements, il faut consulter un ingénieur.

2

MÉTHODES DE TRANSMISSION DE LA FORCE MOTRICE

Toutes les sources courantes de force motrice décrites au chapitre I fournissent le mouvement sous forme de rotation d'un arbre ou d'une roue. Le problème qui se présente alors est de transmettre cette force motrice à l'outil. Quelquefois, l'outil ou la machine à entraîner sont fixés directement à l'arbre ou à la roue en rotation. Mais quelquefois aussi l'outil est placé à une certaine distance de la source de force motrice et il faut trouver un moyen de transmettre cette force jusqu'à l'outil.

Les arbres, courroies, cordages, chaînes, câbles, galets à friction, engrenages et tringles sont des dispositifs de liaison (ou éléments de « transmission »). On les utilise pour transmettre l'énergie mécanique de l'arbre tournant ou d'une autre pièce (dite « menante ») d'un moteur électrique, d'une roue hydraulique, d'un moulin à vent, etc... à une pièce (dite « menée ») d'un outil ou d'une machine. Parfois, on ne se sert que d'un seul dispositif de raccordement. Parfois d'un assemblage de deux dispositifs ou plus. Le choix du dispositif ou de l'assemblage convenable dépend des facteurs suivants :

1) Distance entre la pièce menante et la pièce menée.

2) Positions relatives de la pièce menante et de la pièce menée.

3) Puissance à transmettre.

4) Glissement toléré.

5) Nature des contraintes créées par la machine.

6) Temps, moyens et fonds disponibles pour fabriquer, se procurer ou acheter la transmission.

7) Durée prévue de l'installation.

Le présent chapitre de la brochure décrit les transmissions que l'on peut fabriquer ou se procurer aisément et donne quelques suggestions sur la façon de les utiliser.

Arbres

On se sert souvent d'arbres en rotation pour transmettre la puissance d'un moteur à une machine ou à un groupe de machines. L'arbre peut relier directement le moteur, ou une autre source de force motrice,

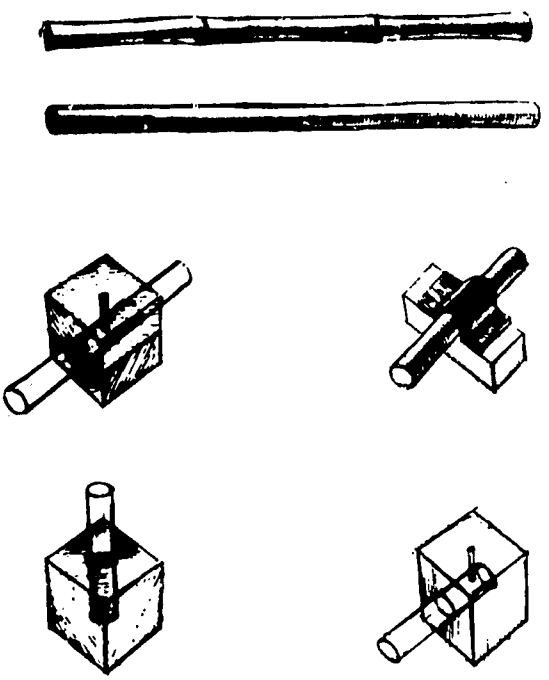

FIGURE 3

à la machine ou à l'outil, mais habituellement, la force motrice est prise sur l'arbre du moteur au moyen de courroies, d'engrenages ou de chaînes et transmise ainsi à l'outil ou à un autre arbre. Cette façon de faire est souvent plus commode et permet l'emploi d'embrayages et de mécanismes de changement de vitesse que l'on décrira plus loin. L'arbre peut être formé d'une barre d'acier, d'un petit tronc d'arbre, d'une tige de bambou, d'une section de tuyau ou de quelque chose de semblable. Il peut être plein ou creux, mais il doit être rectiligne et bien équilibré, afin de ne pas vibrer quand il tourne rapidement. L'arbre peut être plus ou moins long mais, s'il l'est trop, il risque de fléchir au milieu ; pour éviter cela, il est quelquefois nécessaire de disposer un palier en son milieu. La figure 3 représente des paliers simples, qu'on peut façonner en bois ou en toute autre matière. L'un de ces paliers est formé d'une bande de cuir fixée à un bloc de bois, l'arbre étant tenu entre le cuir et le bois. D'autres paliers peuvent être façonnés dans des blocs de bois dur dans lesquels on a percé un trou légèrement plus grand que l'arbre. La rotation rapide de l'arbre dans l'un de ces paliers cause une usure rapide, de sorte qu'il faut y amener de l'huile ou de la graisse. Si on a percé un petit trou dans le haut du palier jusqu'au passage de l'arbre, on peut introduire l'huile ou la graisse sans avoir à enlever l'arbre du palier.

Un arbre équilibré, en bon état, peut transmettre n'importe quelle puissance à n'importe quelle vitesse de rotation, mais il est préférable de n'utiliser les arbres de fabrication rustique qu'à faible vitesse. D'autres méthodes de transmission de force motrice sont généralement meilleures aux vitesses et puissances élevées. Les arbres moteurs et les paliers des vieilles automobiles conviennent souvent, étant donné que ces pièces sont faites pour un travail à grande vitesse et à grande puissance.

Un arbre de renvoi est un arbre qui n'est pas directement relié à la source de puissance ou à l'outil. Une courroie (ou un autre système) transmet la puissance du moteur à un arbre de renvoi et une autre courroie la transmet de l'arbre de renvoi à un ou plusieurs outils. De cette façon, on peut actionner plusieurs outils en même temps, avec une unique source d'énergie. Sur la figure 4, un moteur unique, en faisant tourner un arbre de renvoi à l'aide d'une courroie, fournit la force motrice à deux tours.

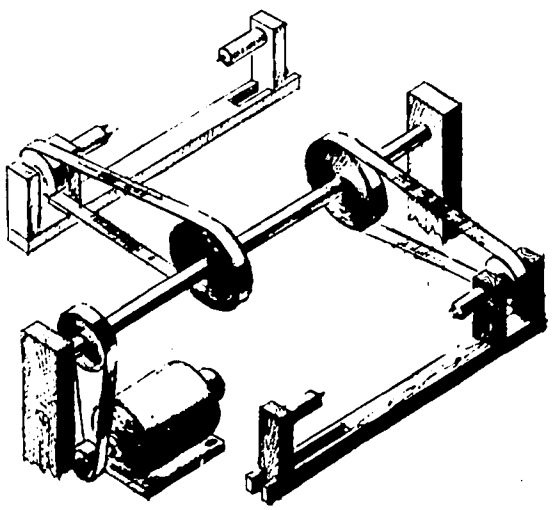

FIGURE IV

Les arbres flexibles sont utilisés pour transmettre de très petites puissances à un outil portatif qui doit être déplacé au cours du travail. Ces flexibles, que l'on achète habituellement chez un marchand d'accessoires, sont faits d'un fil métallique spécial, enroulé en hélice dans le sens voulu pour ne pas se dérouler en tournant. Un câble flexible de compteur de vitesse provenant d'une vieille automobile peut être raccordé à de petites fraises, meules, polisseuses ou perceuses et servir à des travaux de détail. Les flexibles sont très difficiles à faire à la main aussi, est-il préférable d'utiliser si possible d'autres systèmes simples tels que courroies et poulies.

Courroies, câbles et poulies

Les courroies et les câbles sont les intermédiaires les plus utilisés pour transmettre la force motrice d'un arbre ou d'une roue à un ou une autre. Ils permettent de relier convenablement des machines éloignées l'une de l'autre ou faisant entre elles un certain angle. Les courroies conviennent lorsqu'on peut admettre un certain glissement entre l'organe menant et l'organe mené ; par contre, quand on ne peut pas permettre de glissement et qu'il faut réaliser une liaison rigide, il faut utiliser des engrenages, une tringlerie ou des roues à rochets avec des chaînes.

On se sert d'un grand nombre de matériaux pour la fabrication des courroies ; le cuir, le caoutchouc, la toile de chanvre, le tissu de coton et l'acier. Les intestins de moutons, de chats ou d'autres animaux sont très résistants, aussi les utilise-t-on quelquefois comme courroies ou cordages pour les machines simples. Les courroies peuvent avoir une section plate, ronde, trapézoïdale ou autre et on leur donne généralement les trois quarts de la largeur de la roue (ou « poulie ») sur laquelle elles passent. Elles doivent être résistantes et souples.

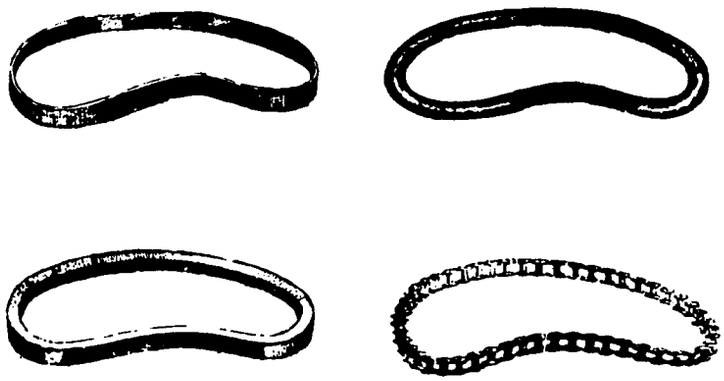

FIGURE 5

On peut transmettre la puissance d'un arbre à un autre, simplement en faisant passer une courroie ou un cordage autour des deux arbres, mais il est généralement préférable de monter une poulie sur chacun des arbres et de faire passer la courroie autour des poulies. On diminue ainsi le glissement et, si les poulies sont de tailles différentes, les vitesses des deux arbres seront également différentes. Ce changement de vitesse par utilisation de poulies de tailles différentes est très pratique, et sera examiné au chapitre III.

Une poulie qui est rigidement fixée à un arbre est appelée poulie « fixe » ; une poulie « folle » peut par contre tourner librement sur l'arbre sans affecter son mouvement. On voit sur la figure 6 des poulies

simples, ainsi que des exemples de procédés permettant de fixer une poulie, au moyen d'une cheville traversant à la fois la poulie et l'arbre. Si la poulie est placée près de l'extrémité de l'arbre, on peut donner à cette extrémité une forme carrée (au lieu de ronde) et, si la poulie est percée d'un trou carré et ajustée à l'arbre, elle sera liée ainsi. Pour empêcher la poulie de tomber, on s'arrange pour que l'extrémité de l'arbre dépasse la poulie, et on fait passer une cheville à travers la partie qui dépasse.

Le genre de courroie ou de poulie à utiliser dépend de la puissance et de la vitesse à transmettre, du glissement permis, et de la distance entre les arbres à relier. Les vitesses et les puissances élevées exigent des poulies qui soient robustes, bien équilibrées et qui aient des « jantes » lisses (surfaces sur lesquelles passe la courroie). Ces poulies ont des jantes convexes (dont le diamètre est plus grand au centre que sur les côtés). Une courroie plate reste au centre de la jante d'une telle poulie, tandis

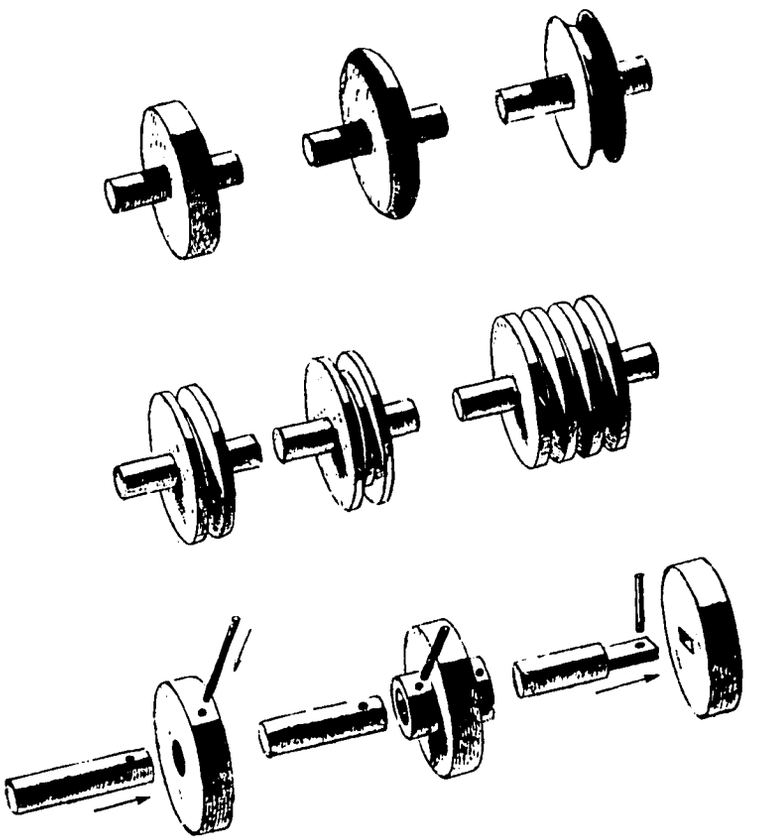

FIGURE 6

qu'elle se déporte et peut même tomber, avec poulie à jante plate ou concave (ayant un diamètre plus petit au milieu que sur les côtés). Si on utilise une grande puissance ou de grandes vitesses, il faut se faire aider, dans le choix des poulies et des courroies, par une personne ayant l'expérience des transmissions.

Pour les vitesses et puissances faibles, on peut se servir de matériaux simples qu'on trouve sur place. Les poulies et les courroies trapézoïdales en caoutchouc, provenant des ventilateurs et des dynamos de moteurs d'automobiles, sont souvent satisfaisantes. Les poulies que l'on utilise avec une courroie trapézoïdale ont une jante à gorge profonde et oblique où la courroie circule aisément. On se sert surtout de ces courroies et poulies lorsque les deux poulies sont relativement proches et là où une courroie plate risquerait de trop glisser. Quand les poulies sont éloignées l'une de l'autre, on se sert d'une courroie plate, car le poids et la flèche de la courroie augmentent son adhérence à la poulie ce qui diminue le glissement.

Quand on admet un certain glissement, on peut se servir de courroies rondes ou de cordages pour transmettre la force motrice entre des poulies (proches ou éloignées). Les poulies doivent alors avoir des jantes concaves (ou à gorge) et les cordages doivent être faits en chanvre de Manille ou en coton tissé serré.

Les cordages ou câbles métalliques sont utilisés pour transmettre des puissances élevées entre des poulies très éloignées l'une de l'autre, mais il est nécessaire d'utiliser des poulies spéciales en acier, ayant des jantes à gorge garnie de cuir. Ces câbles et poulies sont coûteux et doivent en général être fabriqués industriellement et installés par un personnel spécialisé, de sorte qu'on ne les étudiera pas dans la présente brochure.

Galets à friction

Une manière simple de transmettre un mouvement rotatif d'une roue à une autre, consiste à utiliser des galets qui roulent l'un sur l'autre pour lesquels la transmission de puissance se fait par frottement entre les deux surfaces. Pour transmettre le maximum de puissance, ces galets doivent être appuyés l'un sur l'autre avec une force considérable, ce qui malheureusement cause une usure rapide des paliers supportant les arbres. Les surfaces des galets doivent être faites d'un matériau qui ne soit pas glissant, tel que le caoutchouc, le cuir, le bois, le liège ou le gros drap, tandis qu'eux-mêmes peuvent être faits en n'importe quel matériau résistant.

Quand on transmet la force motrice entre deux arbres parallèles, les galets sont en contact jante contre jante. Si l'un des arbres est perpendiculaire à l'autre, la face latérale de l'un est en contact avec la jante de l'autre. Si les arbres font entre eux un angle quelconque, la jante de l'un (ou des deux) peut être de forme conique, de façon que les surfaces soient en contact correct, pour l'angle que font les arbres. Cette dernière liaison n'est pas très bonne, parce qu'il est difficile de faire en sorte que

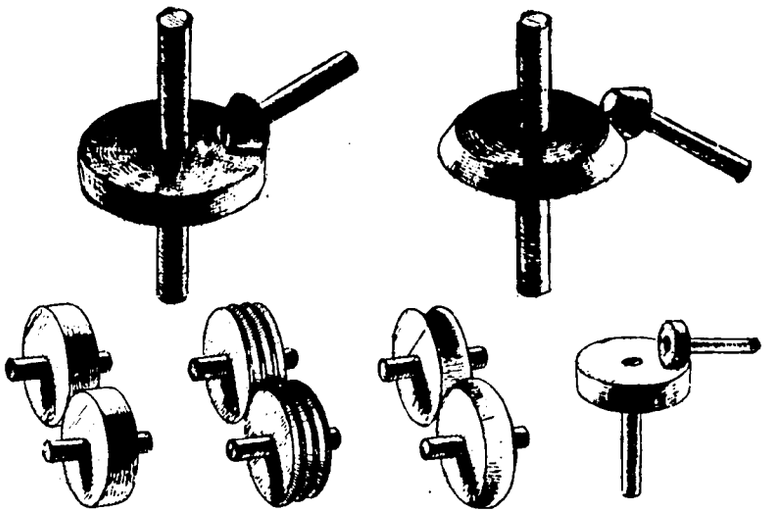

FIGURE 7

le mouvement de l'une des roues suive exactement le mouvement de l'autre, et que les contraintes sur les paliers et les arbres sont élevées. On indiquera à la rubrique « engrenages » de meilleurs moyens pour relier des arbres faisant des angles quelconques.

On ne se sert pas souvent de ces galets, car il existe en général de meilleurs moyens pour transmettre la force motrice. Cependant, ils permettent commodément de modifier progressivement la vitesse de certaines machines peu puissantes. La façon de les utiliser à cet effet sera exposée au chapitre III.

Entraînements à chaîne

Les entraînements à chaîne transmettent la force motrice d'un arbre à un autre sans glissement, et sans perte importante de puissance. Ils sont généralement plus coûteux que les courroies ou les cordages, et ne doivent être utilisés que si on exige une liaison sans glissement. On n'examinera dans la présente brochure que les chaînes simples, telles que celles qu'on trouve sur les bicyclettes ou les moteurs d'automobiles (pour la synchronisation), parce qu'il est souvent facile de s'en procurer. Il faut utiliser avec l'entraînement à chaîne une poulie spéciale, appelée « pignon » et la chaîne doit s'adapter exactement aux dents. Si on emprunte une chaîne à une bicyclette ou à un moteur d'automobile, il faut également lui emprunter les pignons, car une mauvaise adaptation entraînerait une usure rapide. L'usure sera également rapide si l'on

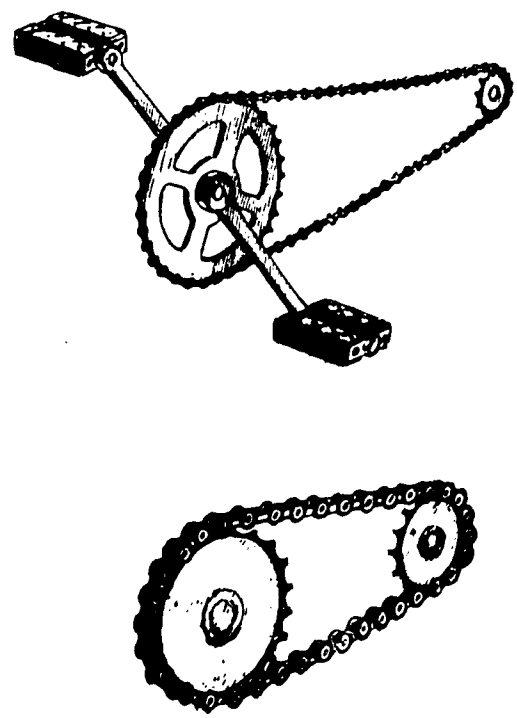

FIGURE 8

néglige d'huiler ou de graisser, ainsi que de nettoyer la chaîne de la poussière ou la crasse qui s'accumule dans les maillons.

On peut raccourcir une chaîne en enlevant des maillons, l'allonger en ajoutant des maillons à l'endroit où se trouve un maillon démontable. Ceci permet de relier des arbres situés à une distance quelconque l'un de l'autre.

Engrenages

Les engrenages sont des roues qui portent, sur leur périphérie, des encoches et des dents, de sorte qu'elles peuvent transmettre la force motrice, d'un arbre à un autre, sans glissement. Les arbres peuvent faire n'importe quel angle entre eux, parce qu'on peut donner aux engrenages des formes telles qu'ils s'adaptent l'un à l'autre sous n'importe quel angle. Les engrenages se font en bois dur, ou, si la puissance et la vitesse sont élevées, en un métal résistant, tel que l'acier. Si l'on n'a besoin que d'une faible puissance et si le glissement

a peu d'importance, il est préférable d'utiliser des courroies et des poulies, qui sont moins chères, plus faciles à fabriquer et conviennent généralement bien.

Il y a de nombreux types d'engrenages et la plupart sont très difficiles à fabriquer. Parmi les plus compliqués, se trouvent les engrenages « à vis sans fin » qui permettent de grandes différences de vitesse entre les arbres et les engrenages « coniques » qui permettent des variations de vitesse modérées. Les deux types d'engrenages servent à relier des arbres non parallèles. On peut récupérer de robustes dispositifs de cette sorte sur des automobiles, camions, chars et avions hors d'usage, mais pour les utiliser, il est préférable de prendre l'avis d'une personne qualifiée, en matière de transmission. Dans la mécanique simple, on peut utiliser des engrenages très simples, fabriqués en bois, que nous allons donc décrire. La figure 9 en représente quelques-uns.

Les roues à denture périphérique portent des dents ou des chevilles sur la jante. On peut utiliser, pour les travaux à faible puissance,

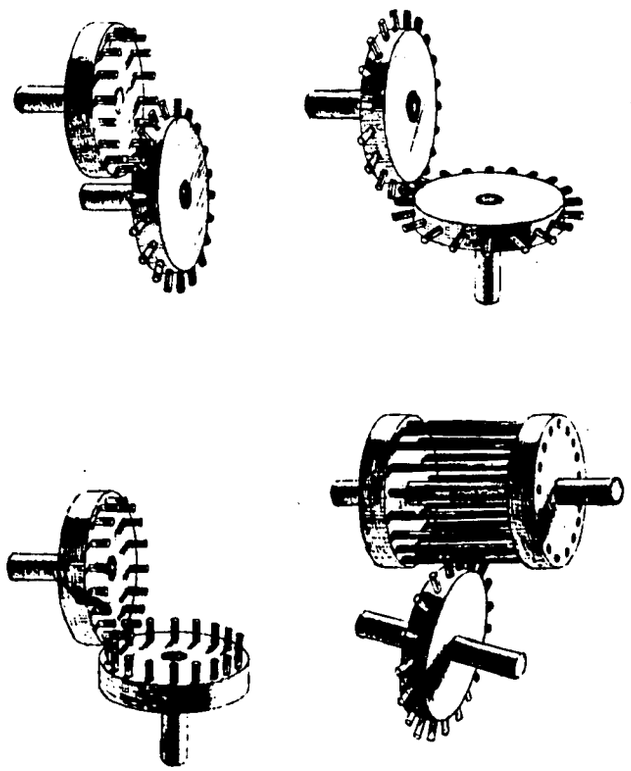

FIGURE 9

de telles roues, en bois, dans lesquelles on a taillé des dents ou enfoncé des chevilles dans des trous forés à cet effet. On se sert souvent de tels engrenages qui sont faciles à fabriquer avec des matériaux qu'on se procure aisément. Pour que les engrenages travaillent convenablement, les dents doivent être de même dimension et de même écartement sur les deux roues. Les roues dont les dents ou chevilles sont carrées, servent à relier des arbres parallèles.

Les roues à denture en couronne sont semblables aux précédentes à ceci près que les chevilles sont disposées en cercle sur la face latérale de la roue. On peut utiliser une telle roue avec une roue dentée normale pour relier deux arbres parallèles. Si les arbres sont perpendiculaires, on se sert de deux roues dentées de même type. S'ils font un angle quelconque, on se sert souvent d'une roue dentée normale avec une « cage d'écureuil ». Une « cage d'écureuil » est constituée par deux roues reliées par des tiges disposées en cercle.

Tous ces engrenages peuvent être utilisés pour modifier la vitesse de rotation : il suffit que les roues dentées soient de tailles différentes. On expliquera au chapitre III comment choisir les dimensions dans ce cas.

Tringlerie

Les bielles, manivelles et leviers constituent la tringlerie ; c'est le mode de liaison qui a le fonctionnement le plus doux, car le frottement est en général très faible. Sa durée est supérieure à celle des autres transmissions, et il n'y a pas de glissement. Aussi faut-il les utiliser, à la place des courroies ou des engrenages, chaque fois que c'est possible. Les tringles servent principalement à relier des arbres parallèles, quoique des systèmes plus compliqués puissent être utilisés dans le cas contraire. On n'examinera ici que les systèmes simples.

Pour relier des arbres parallèles de façon à les faire tourner

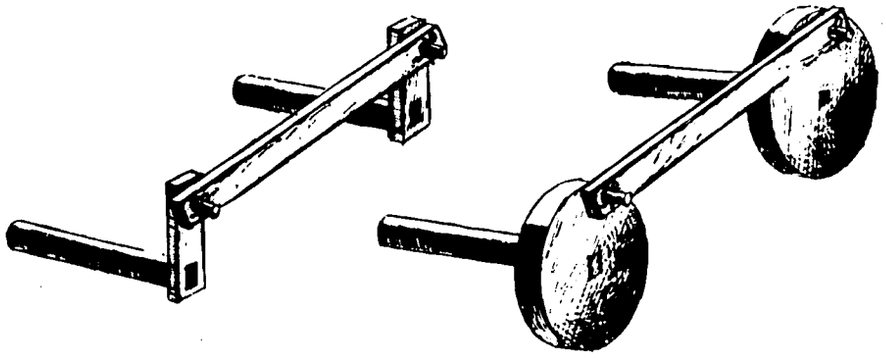

FIGURE 10

à la même vitesse, on peut se servir de manivelles d'égales longueurs reliées par une bielle. Une manivelle est une tige courte, dont l'une des extrémités est fixée rigidement sur l'extrémité d'un arbre qui lui est perpendiculaire ; l'autre extrémité porte en saillie un tourillon parallèle à l'arbre. Sur ce tourillon est articulée une bielle, que l'on relie à une manivelle semblable sur l'autre arbre. Si les manivelles des deux arbres sont exactement de la même longueur, la rotation de l'un des arbres produit une rotation identique de l'autre.

Au lieu de manivelles, on peut se servir de deux roues dont chacune est fixée à l'extrémité d'un arbre. Un tourillon fait saillie latéralement sur ces roues et la bielle de liaison y est articulée. La distance du tourillon à l'arbre doit être la même sur chaque roue si l'on veut que le mouvement de rotation de la roue menante produise un mouvement de rotation de la roue menée. Qu'on utilise des manivelles ou des roues, il est possible de faire tourner les arbres dans le même sens ou en sens inverse : il suffit de faire démarrer à la main l'arbre mené dans le sens voulu, au moment où l'on applique la force motrice. On voit sur la figure 10 des tringleries utilisant des manivelles ou des roues.

Si la manivelle menante est plus courte que la manivelle menée, la rotation de l'arbre menant produit un mouvement de va-et-vient de l'arbre mené. Quand on se sert de roues, on peut obtenir ce mouvement en plaçant le tourillon plus près de l'arbre sur la roue menante que sur la roue menée. La figure 11 représente ces moyens d'obtenir un mouvement alternatif.

Quand on se sert de roues reliées par une bielle, on peut créer entre elles une différence de vitesse en donnant aux roues des diamètres différents et en ajoutant une courroie et une poulie. Cette disposition

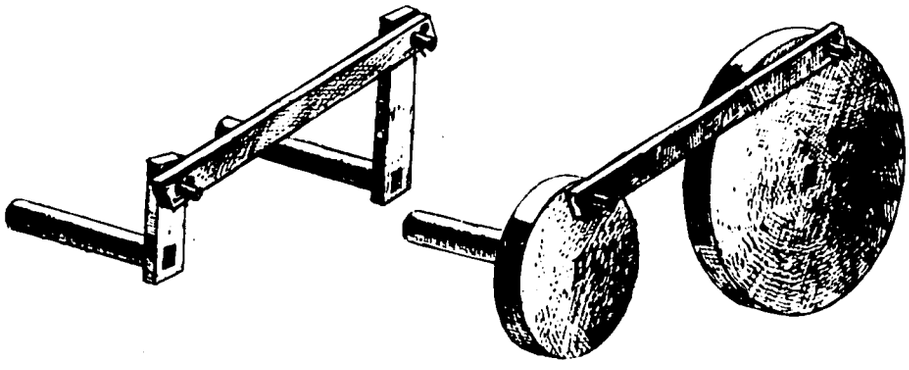

FIGURE 11

est représentée figure 12. Les axes sur lesquels tourillonne la bielle sont à égale distance des arbres, de sorte que la rotation de l'une provoque la rotation de l'autre. Mais l'une des roues est reliée par une courroie à une troisième roue ou poulie plus petite qu'elle. Les vitesses de rotation du premier et du second arbre sont les mêmes, mais celle du troisième arbre est plus grande.

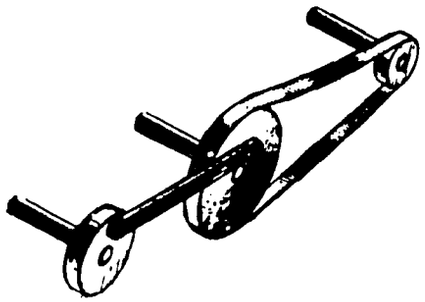

FIGURE 12

3

COMMANDES ET MÉCANISMES DE CHANGEMENT DE VITESSE

Embrayages

Comme on désire souvent modifier la vitesse de l'outil, l'arrêter ou le mettre en marche rapidement, il est avantageux de pouvoir le faire sans changer la vitesse de la source de force motrice, ni l'arrêter ou la mettre en marche. La mise en marche et l'arrêt d'un outil se font au moyen d'une commande. Le clabotage provoque une application soudaine et totale de la puissance, tandis que les embrayages à friction permettent une application progressive de celle-ci. Un clabot est constitué de deux roues, en bois ou en métal, fixées chacune sur un arbre. Les faces latérales de ces roues sont en regard, et portent une denture formée d'encoches ou de saillies. Quand on veut transmettre la puissance de la roue en rotation à la roue immobile, on amène les roues au contact, de sorte que les dents s'engrènent réciproquement ce qui rend les roues solidaires. Ce type de commande ne peut servir que pour un travail à faible vitesse et faible puissance.

Aux vitesses et puissances plus élevées, il est difficile de faire engrener les dents sans les rompre, ou sans causer de sévères secousses à la machine. Même à faible vitesse et puissance, les secousses peuvent être importantes, de sorte qu'une disposition légèrement différente peut être plus satisfaisante. On dispose sur la face latérale d'une des roues, deux axes diamétralement opposés, autour desquels on fait passer une courroie bien tendue. La face latérale de l'autre roue porte deux ergots également opposés mais plus rapprochés. Quand on amène les roues l'une contre l'autre les ergots de l'une viennent frapper la courroie de l'autre, et la courroie absorbe une partie du choc. Ce genre de commande est représenté sur la figure 13, la coupe expliquant le mode de construction.

Une commande simple et très pratique est l'embrayage à friction, qui permet l'application progressive de grandes puissances, à vitesse élevée, sans provoquer de secousses dans l'équipement. Les embrayages à friction peuvent être de divers types. L'un de ceux-ci est l'embrayage à disques (ou plateaux) qui se compose de deux roues dont les faces sont en regard, chacune étant fixée sur un arbre. Si l'on presse les

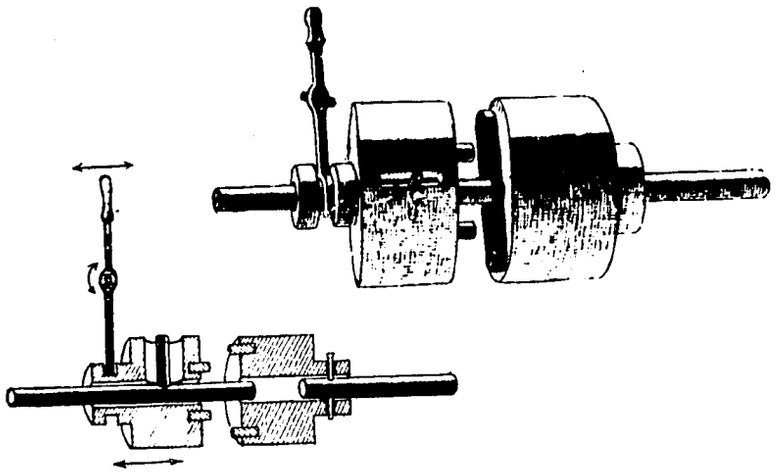

FIGURE 13

disques l'un contre l'autre, ils s'entraîneront mutuellement et l'on obtient une transmission satisfaisante, pour autant que le travail fourni ne provoque pas de glissement des disques l'un sur l'autre. Pour réduire le glissement on peut recouvrir d'un matériau tel que le cuir ou le liège les faces en contact. La figure 14 représente cet embrayage.

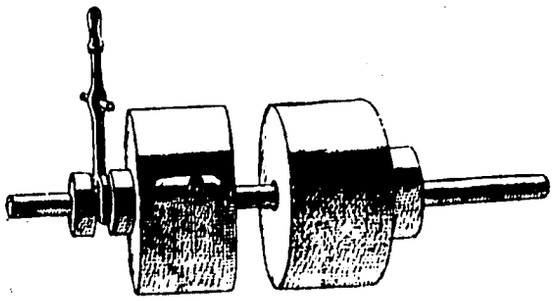

FIGURE 14

Pour les travaux à faible puissance, les galets à friction décrits au chapitre II peuvent servir d'embrayage : on fait se déplacer la jante de l'un le long d'un rayon de la face de l'autre. Quand la première roue (menée) porte sur le centre de la seconde roue (menante), la roue menée ne tourne pas. Lorsqu'on éloigne la roue menée du centre, la force motrice se transmet progressivement. Si on déplace la roue menée depuis le centre dans le sens opposé, le sens de rotation est inversé. Ce type d'embrayage est représenté sur la figure 15.

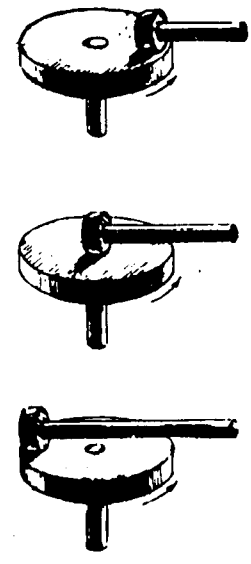

FIGURE 15

Les embrayages et boîtes de vitesse des vieilles automobiles conviennent très bien aux durs travaux, tels que celui d'un moulin, mais généralement un équipement de ce genre n'est pas pratiqué pour les petits travaux, car il pèse lourd et exige une puissance importante. La figure 16 représente un embrayage simple et très pratique qui utilise une poulie, une courroie et un guide-courroie et permet de

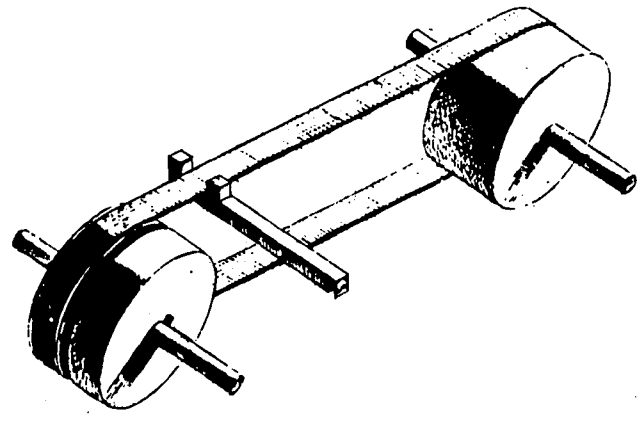

FIGURE 16

passer rapidement de la pleine puissance à l'arrêt ou inversement. On réalise cet embrayage en plaçant, sur le même arbre, deux poulies côte à côte, l'une étant fixe et l'autre folle. A l'aide d'un guide-courroie mobile, on peut faire sauter d'une poulie à l'autre une courroie en déplacement rapide, ce qui permet de mettre en marche ou d'arrêter l'arbre aisément. Quand la courroie est sur la poulie fixe, la force motrice est transmise à l'arbre. Quand on l'amène sur la poulie folle, elle ne l'est plus.

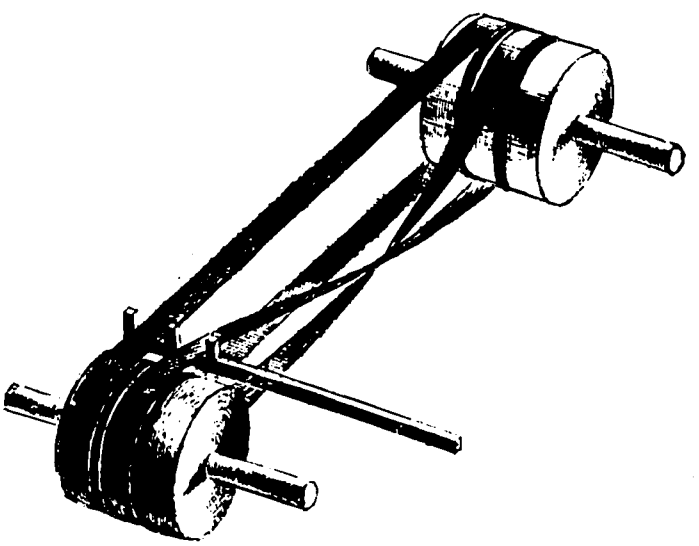

FIGURE 17

Si au lieu de commander la mise en marche ou l'arrêt, on désire inverser le sens de rotation, on peut utiliser un dispositif comportant trois poulies sur chaque arbre et deux courroies. La poulie médiane de chaque arbre est folle et les autres sont fixes. L'une des courroies est disposée normalement autour des poulies et sert à faire tourner les arbres dans le même sens, tandis que l'autre courroie est croisée, comme on le voit figure 17 et sert à faire tourner les arbres en sens inverse. Il n'y a au même moment qu'une seule courroie qui transmette de la puissance entre les poulies fixes. L'autre circule sur les poulies folles. Si on déplace les deux courroies en même temps, la courroie qui transmettait de la force motrice est débrayée et l'autre embrayée. De la sorte on change aisément le sens de rotation sans arrêter l'installation.

Un tendeur de courroies peut également servir d'embrayage et son action sur la courroie provoque le départ ou l'arrêt. Un tendeur de courroie est généralement constitué par une poulie folle, à jante

plate, que l'on peut appuyer contre une courroie lâche pour la tendre. La courroie doit être suffisamment longue pour qu'il y ait glissement, de façon qu'il n'y ait pas transmission de force motrice d'une poulie à l'autre. Quand le tendeur appuie sur la courroie, le mou est supprimé, la courroie s'agrippe aux poulies et la force motrice se transmet. La figure 18 montre ce dispositif.

Dispositifs à vitesse variable

On désire souvent pouvoir modifier la vitesse d'un outil ou d'une machine. Parfois on peut le faire en changeant la vitesse de la source de puissance, mais ce n'est pas toujours possible ni désirable, de sorte qu'il est nécessaire d'avoir un autre moyen de changer rapidement

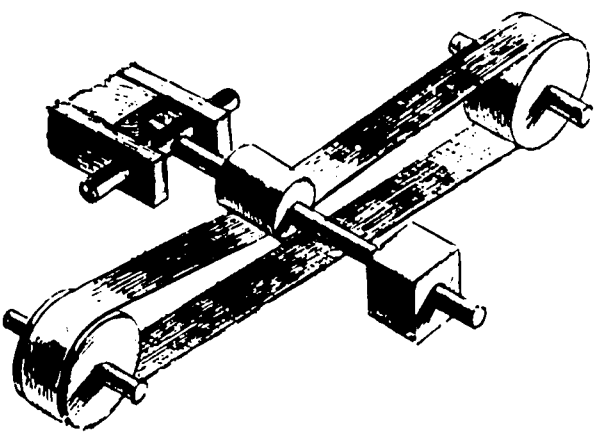

FIGURE 18

de vitesse. Il y a deux façons de le faire. La première méthode opère un changement discontinu et s'utilise généralement sur les tours, les perceuses, etc. Un jeu de poulies fixes, de différents diamètres, placées côte à côte sur un arbre, sont entraînées par une courroie au moyen d'un jeu semblable de poulies montées sur un autre arbre. En faisant passer la courroie d'une poulie à l'autre, quand la machine est arrêtée, on obtient des vitesses différentes. Le jeu de poulies peut être constitué par une seule pièce de bois, la bille étant simplement taillée à différents diamètres, sans que les différentes poulies soient séparées. Deux groupes de poulies de ce genre sont nécessaires et il faut prendre garde à leurs dimensions. S'il y a trois poulies par exemple, comme sur la figure 19, le diamètre

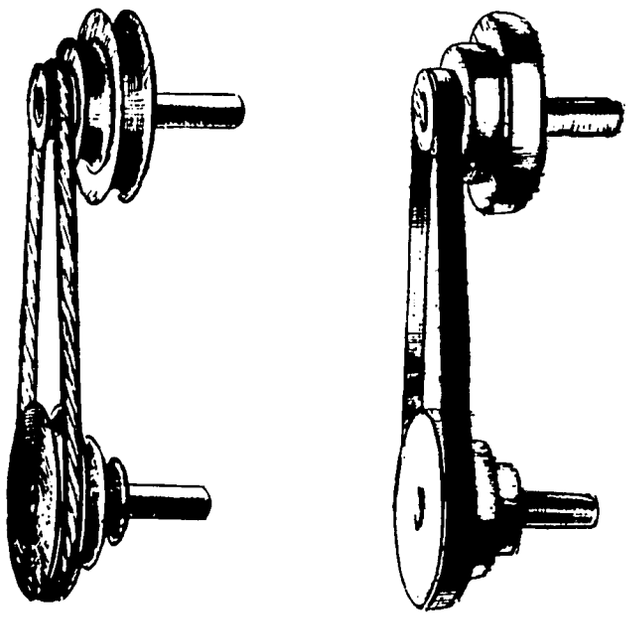

FIGURE 19

de la poulie la plus grande doit différer du diamètre de la poulie moyenne de la même quantité que le diamètre de la poulie moyenne diffère de la poulie la plus petite. Par exemple, si les poulies d'une série ont des diamètres de 10, 15 et 20 cm, chaque diamètre de poulie diffère de 5 cm de celui qui est à côté de lui. De cette façon, une courroie unique, de longueur convenable, peut être déplacée d'une position à une autre, sans devenir trop lâche ni trop tendue, parce que la somme des diamètres des deux poulies sur lesquelles circule la courroie reste constante. Si les poulies ne sont pas bien faites et que la courroie glisse, on peut se servir éventuellement d'un tendeur de courroie.

Quand on se sert des jeux de poulies qui viennent d'être décrits, il est généralement nécessaire d'arrêter la machine pour changer la vitesse. Pour obtenir un changement immédiat de vitesse pendant que la machine est en mouvement, il est commode d'utiliser deux paires de poulies (une fixe et une folle dans chaque paire), placées sur le même arbre et reliées par des courroies à des poulies de dimensions différentes fixées sur un autre arbre, comme le montre la figure 20. Cependant, ce système ne permet qu'un seul changement de vitesse.

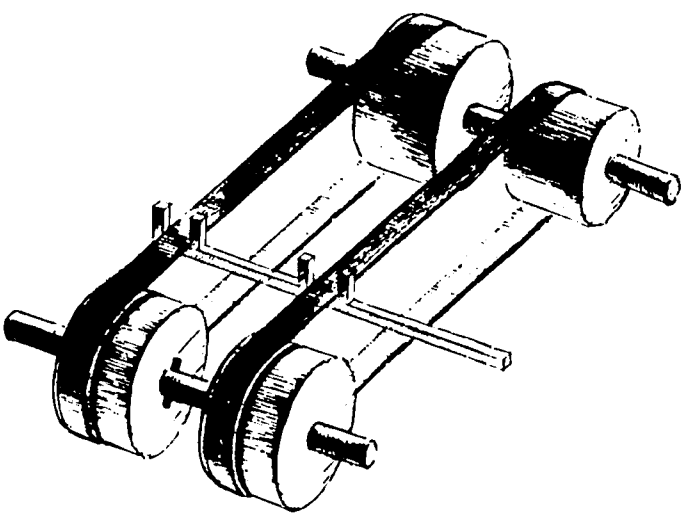

FIGURE 20

La figure 21 montre comment réaliser un changement progressif de vitesse, grâce à deux poulies coniques reliées par une courroie droite ou croisée. Ces poulies peuvent être faites en bois et doivent pour fonctionner convenablement, être de même forme et de même taille. Elles sont fixées sur des arbres parallèles, l'extrémité large de l'une étant en face de l'extrémité étroite de l'autre. La courroie croisée qui relie les deux cônes doit être maintenue par un guide-courroie mobile, pour ne pas se déplacer latéralement sur les poulies. Quand on provoque ce déplacement à l'aide du guide-courroie, on obtient la variation de vitesse.

Les galets à friction, décrits au chapitre II et repris dans le présent chapitre parmi les « embrayages », peuvent également servir à un changement continu de vitesse. Comme on le voit sur la figure 22, la jante d'une roue (menée) tourne sur la face latérale de l'autre (menante). En mettant les deux roues en contact à des distances différentes du centre de la roue menante, on peut obtenir différentes vitesses de rotation pour une même vitesse de la roue menante. Au centre la roue menée s'arrête et si on la déplace vers le bord extérieur de la roue menante, la vitesse augmente. Cet équipement est probablement le plus facile à faire et fournit un excellent service pour les travaux à faible puissance. Il est tout à fait pratique pour la fabrication de la joaillerie et les travaux similaires, où l'on désire de rapides changements de vitesse à faible puissance. Quand on a besoin de grandes puissances pour des travaux très durs, les dispositifs de variation de vitesse, que l'on peut faire soi-même,

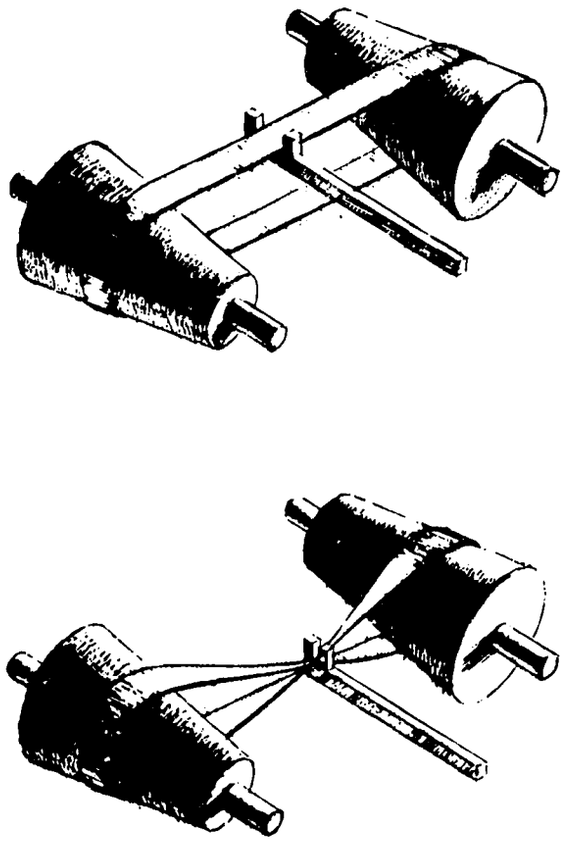

FIGURE 21

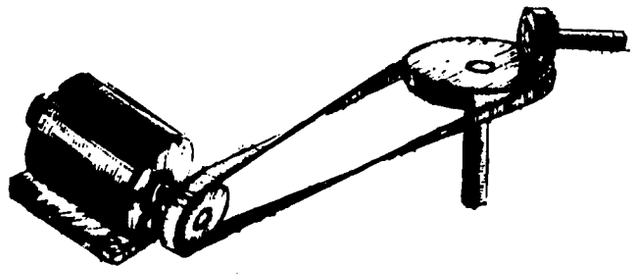

FIGURE 22

sont moins pratiques et il vaut mieux utiliser de vieilles transmissions d'automobiles ou autres engrenages solides.

Pour changer de vitesse sans qu'il y ait glissement, on se sert de roues dentées de diamètres différents, comme on l'a expliqué au chapitre II. Si le diamètre de la roue menée est plus petit que le diamètre de la roue menante, la vitesse de l'arbre mené est plus grande, et inversement. Pour évaluer la variation de vitesse, il est nécessaire de connaître la taille des roues dentées et de faire un calcul simple. Le paragraphe suivant donne les indications nécessaires.

Calcul du rapport de vitesse

Avant de fabriquer les pièces d'une transmission, il est important de décider quelle vitesse on désire obtenir, de façon à utiliser des roues, poulies ou engrenages de taille convenable. Pour tous les genres de transmissions les principes et les calculs qui interviennent sont les mêmes.

Si deux roues de tailles différentes sont reliées de telle sorte que l'une entraîne l'autre, la plus petite des deux fait plus d'un tour pour chaque tour de la grande. Ceci est vrai pour les galets à friction, les engrenages et les poulies reliées par des cordages, courroies ou chaînes. Il est facile de trouver combien de fois une des roues tourne plus vite que l'autre. Pour n'importe laquelle des combinaisons représentées sur la figure 23, il suffit de diviser le diamètre de A par celui de B pour obtenir le nombre de tours que B fera pour chaque tour de A. Si A a un diamètre de 60 cm et B un diamètre de 30 cm, un tour de A produit deux tours de B. Donc, le rapport de la vitesse de B à celle de A est égal au rapport du diamètre de A à celui de B. Par conséquent, si A a une vitesse de 100 tours par minute (tr/mn), et B une vitesse de 200 tr/mn, le diamètre de A doit être le double de celui de B.

Le même genre de calcul sert pour les engrenages. En divisant le nombre des dents de l'engrenage le plus grand, par le nombre des dents du plus petit, on obtient le nombre de tours que fait l'engrenage le plus petit pour chaque tour du grand. Ou bien, en divisant la vitesse de la roue la plus petite par celle de la plus grande, on obtient le rapport du nombre de dents de la grande au nombre de dents de la petite. De cette manière, il est possible de trouver la taille des poulies ou engrenages qui donneront la vitesse désirée, ou la vitesse que l'on obtiendra avec des poulies ou engrenages de dimension voulue. Par exemple, si la poulie A a un diamètre de 60 cm et tourne à la vitesse de 100 tr/mn, et si l'on désire avoir une autre poulie B tournant à 200 tr/mn, A doit avoir un diamètre double de celui de B, de sorte que ce dernier sera de 36 cm (60 cm $\times$ 100 tr/mn = diamètre de B $\times$ 200 tr/mn d'où B = 30 cm).

Règle : Le diamètre d'une poulie, multiplié par sa vitesse de

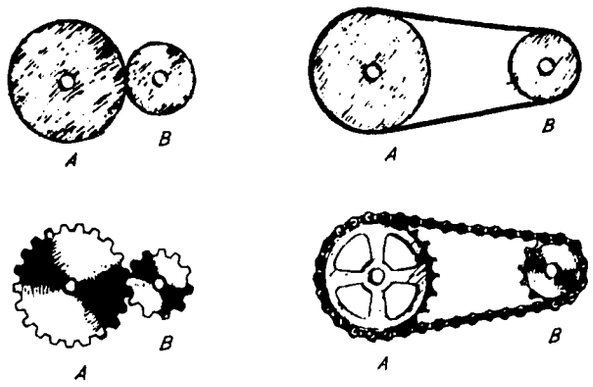

FIGURE 23

rotation, est égal au diamètre de la seconde poulie, multiplié par sa vitesse de rotation.

De même avec les engrenages, si l'engrenage A a 60 dents et tourne à 100 tr/mn, alors, pour faire que l'engrenage B tourne à 200 tr/mn, il faut que B ait 30 dents de même taille et espacement que celles de A. (60 dents $\times$ 100 tr/mn = nombre de dents de B $\times$ 200 tr/mn d'où B = 30 dents).

Règle : Le nombre de dents d'un engrenage multiplié par sa vitesse de rotation est égal au nombre de dents du second engrenage multiplié par sa vitesse de rotation.

4

APPLICATIONS

Les illustrations ci-après (figures 24-38) montrent comment on peut utiliser les équipements étudiés dans la présente brochure sur des machines simples. Les dispositifs figurés ne sont pas nécessairement les plus souhaitables ni les plus pratiques, car le choix de chaque ensemble de pièces dépend de la conception de la machine et des matériaux dont on dispose. Ces illustrations montrent simplement quelques moyens d'utiliser la puissance. On espère que ces exemples suggéreront d'autres utilisations de l'énergie motrice et aideront à choisir la méthode convenable pour transmettre celle-ci quels que soient les besoins qui se présentent.

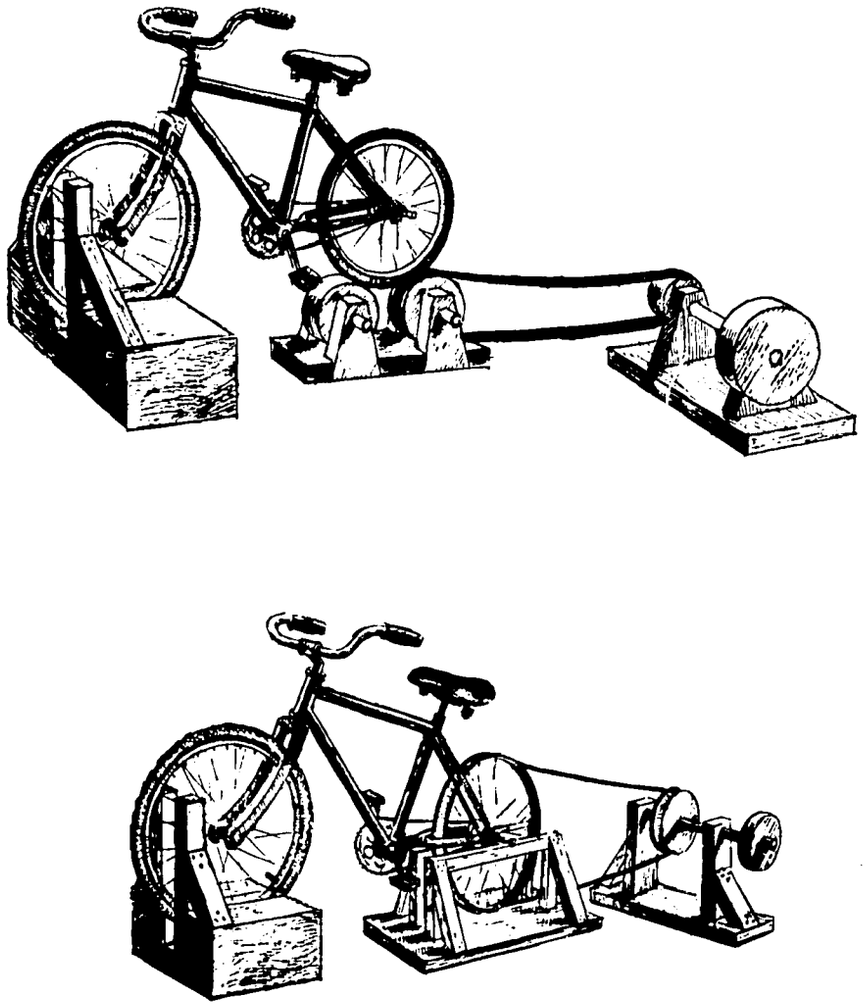

FIGURE 24

FIGURE 24. — Utilisation de la bicyclette comme source de mouvement. La pédale de la bicyclette fait tourner la poulie.

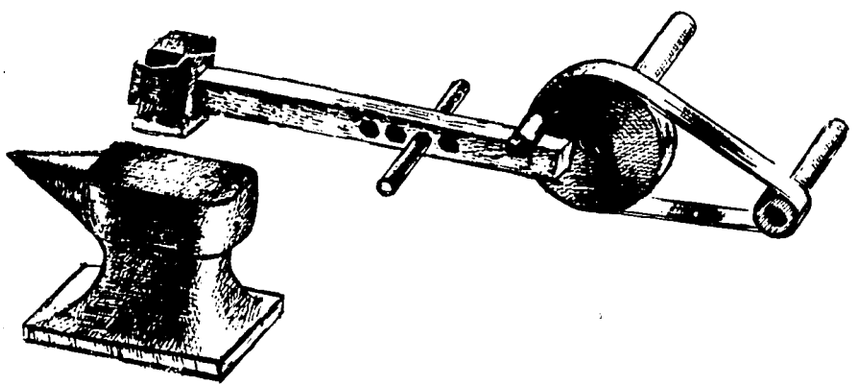

FIGURE 25

FIGURE 25. — Marteau de forgeron. Quand la poulie tourne, la tête du marteau s'élève et retombe sur l'enclume. On change de trou sur le manche pour obtenir un soulèvement plus ou moins grand.

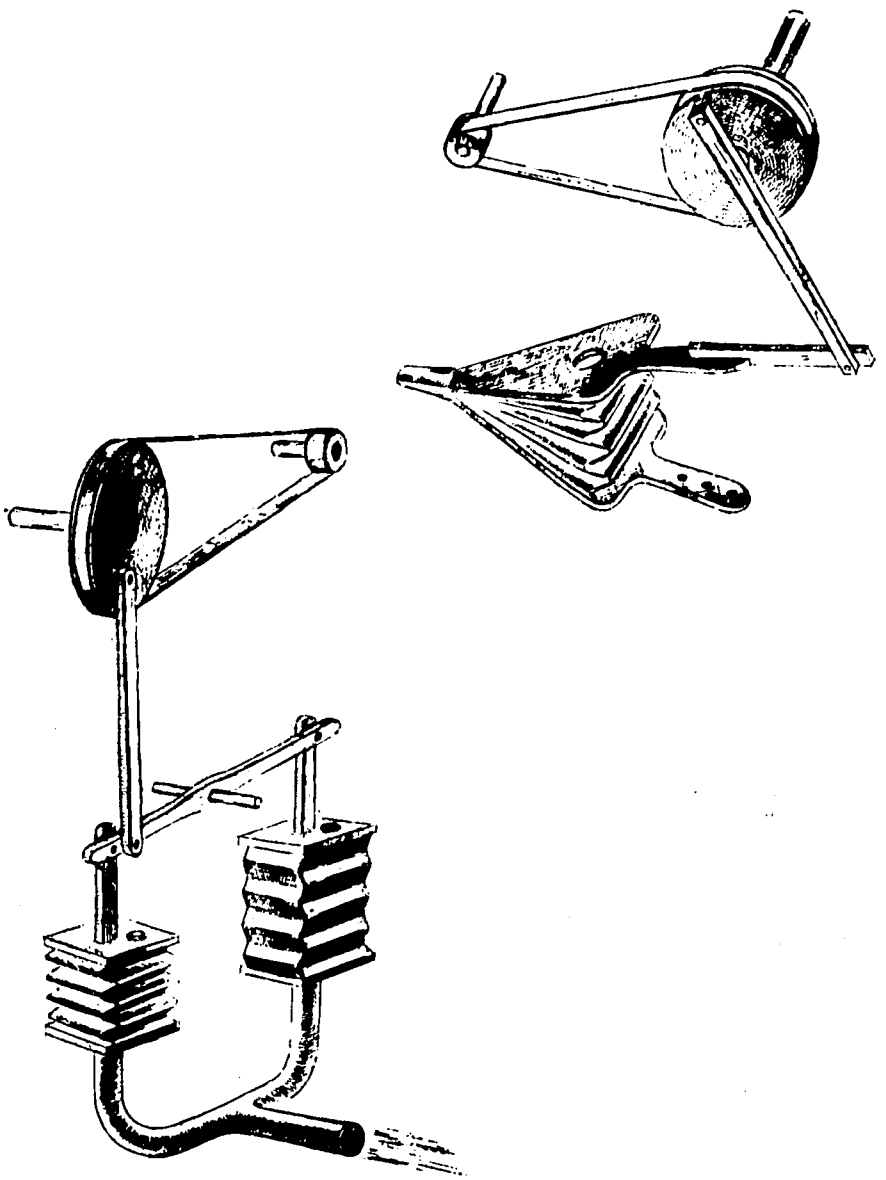

FIGURE 26

FIGURE 26. — Soufflets de forge. Quand la poulie tourne, les soufflets chassent l'air par la buse.

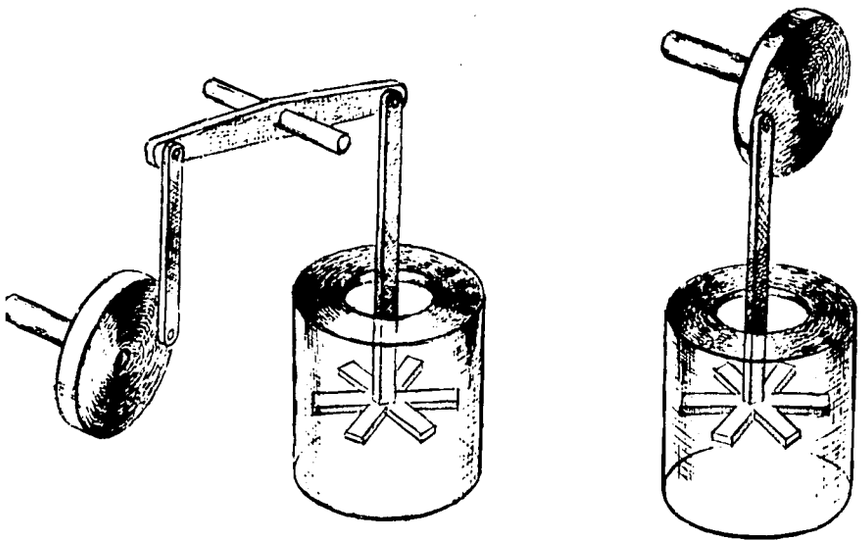

FIGURE 27

FIGURE 27. — Baratte. Quand la poulie tourne, le baratton monte et descend.

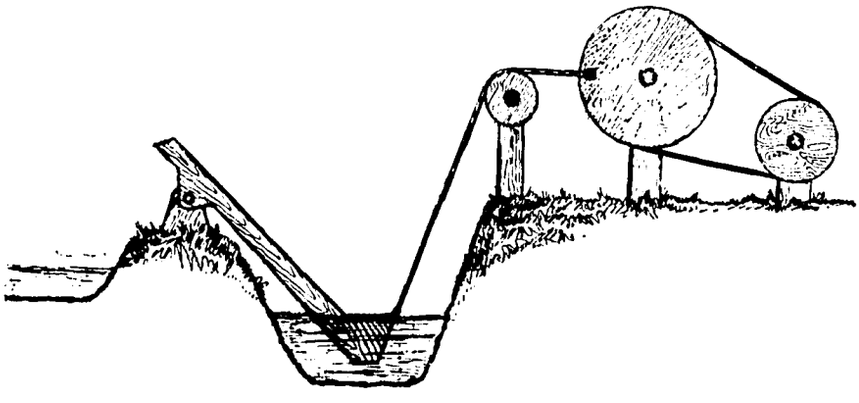

FIGURE 28

FIGURE 28. — Elévateur d'eau. Quand la poulie tourne, le godet plein d'eau monte et l'eau se déverse à l'autre extrémité, dans le fossé d'irrigation. Le godet redescend pour se remplir à nouveau.

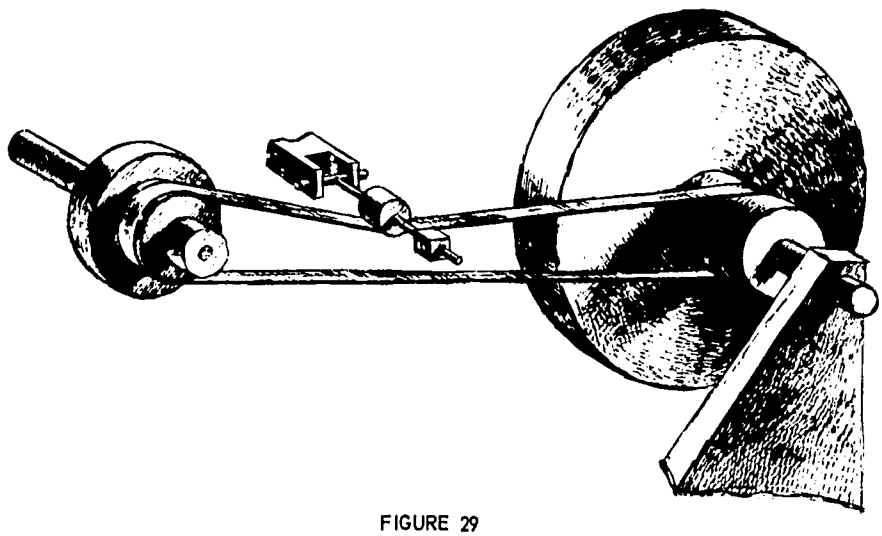

FIGURE 29

FIGURE 29. — Meule. On obtient différentes vitesses en faisant passer la courroie sur des poulies de tailles différentes.

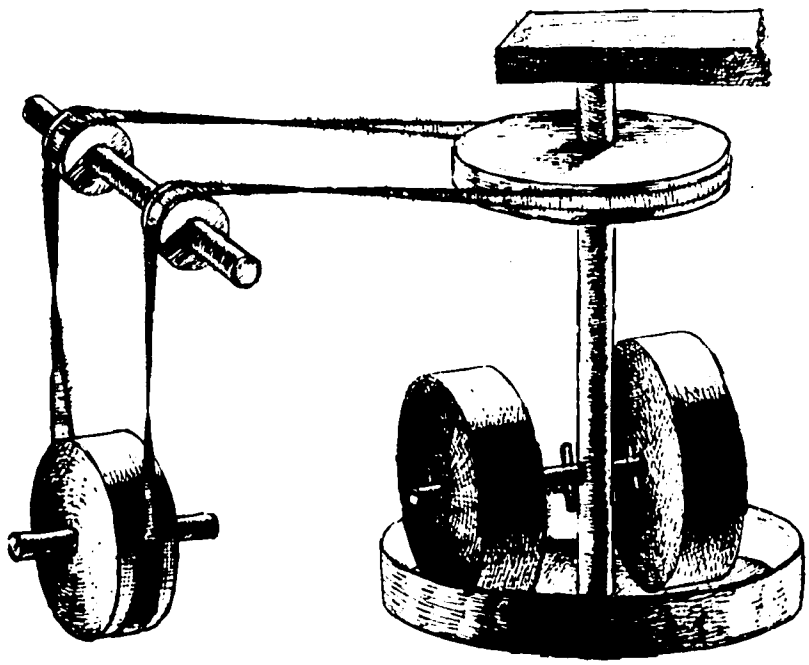

FIGURE 30

FIGURE 30. — Broyeur à couleurs. Quand la poulie tourne, les roues broyeuses roulent dans la cuvette en écrasant le produit.

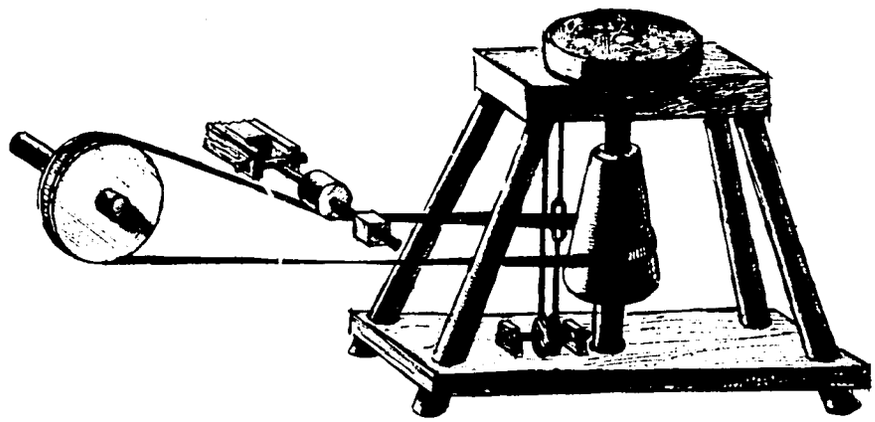

FIGURE 31

FIGURE 31. — Tour de potier. Quand la poulie tourne, on obtient différentes vitesses en faisant passer la courroie plus ou moins haut sur la poulie conique.

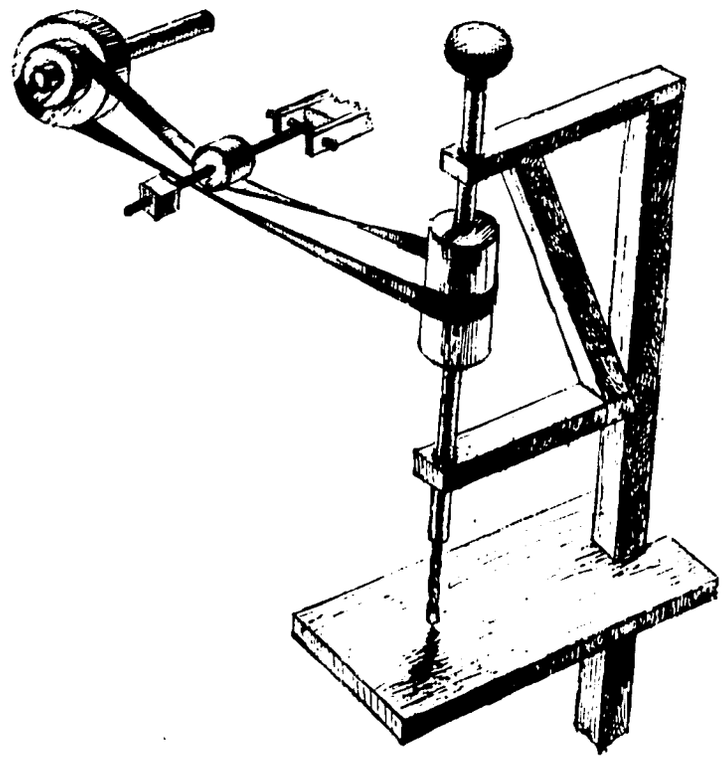

FIGURE 32

FIGURE 32. — Perceuse sensitive. On obtient différentes vitesses pour le perçage en faisant passer la courroie sur une poulie à gradins. Appuyer sur le haut de l'appareil pour percer.

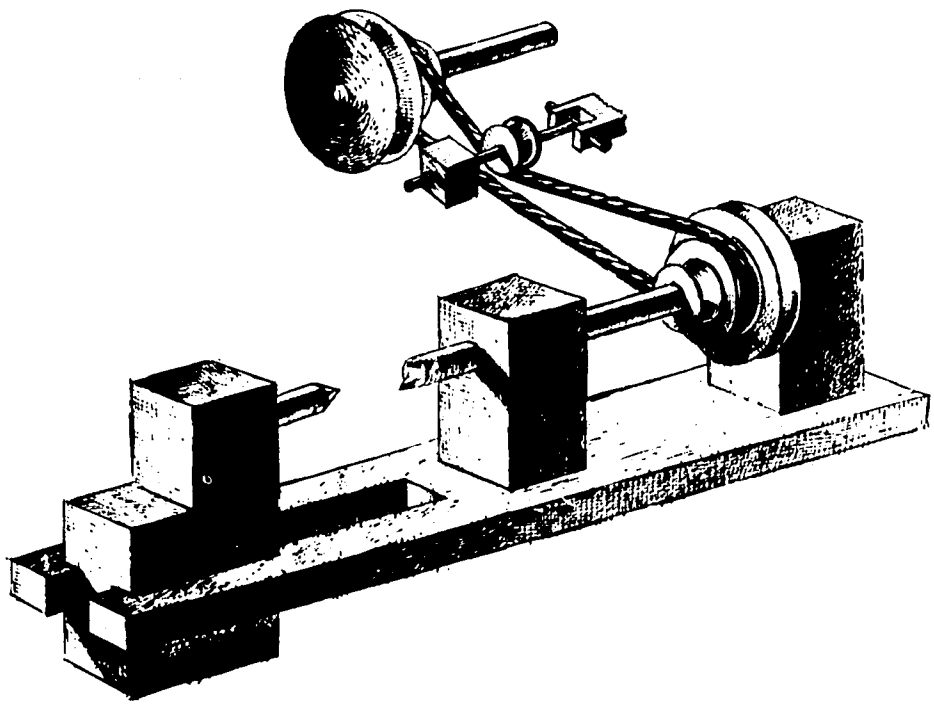

FIGURE 33

FIGURE 33. — Tour. On obtient différentes vitesses du tour en faisant passer le cordage sur d'autres gradins.

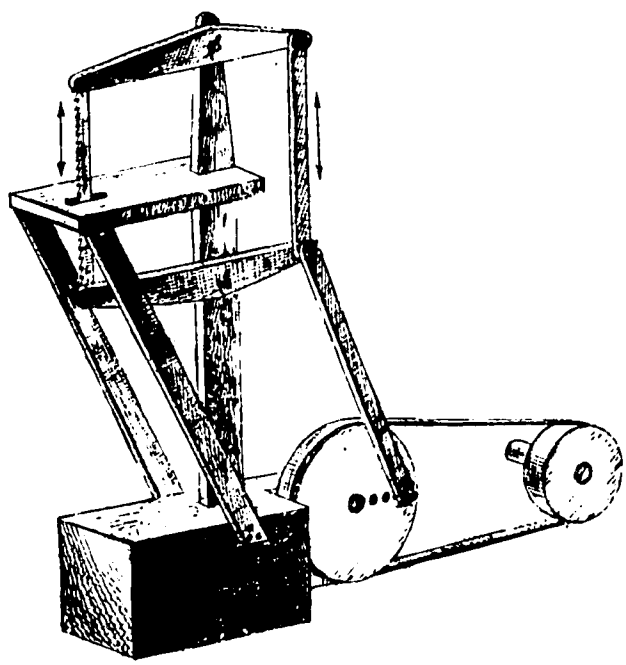

FIGURE 34

FIGURE 34. — Scie à chantourner. Quand la poulie tourne, la scie monte et descend. On obtient différentes amplitudes de sciage en utilisant les différents trous de la poulie.

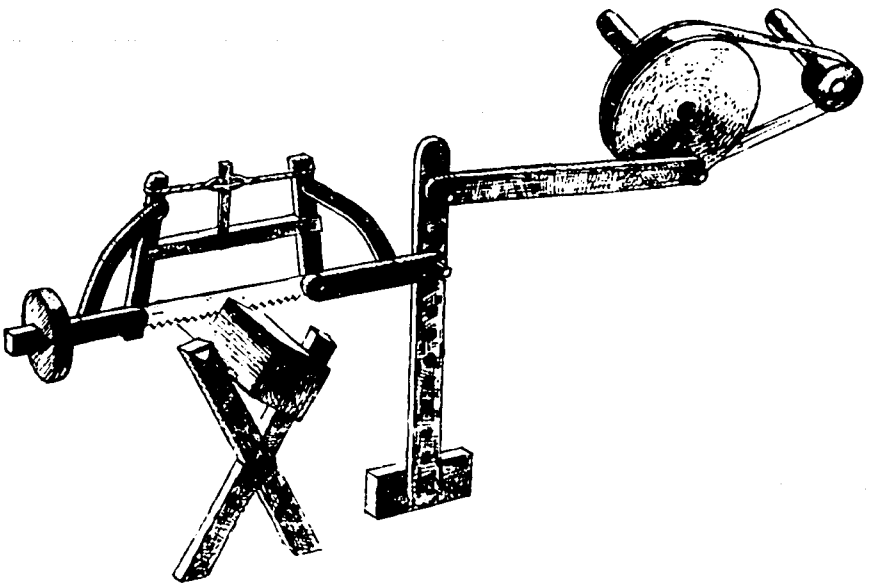

FIGURE 35

FIGURE 35. — Scie à tronçonner. Quand la poulie tourne, la scie se meut d'avant en arrière sur la bille. On modifie la hauteur de la scie et l'amplitude du mouvement en utilisant des trous différents.

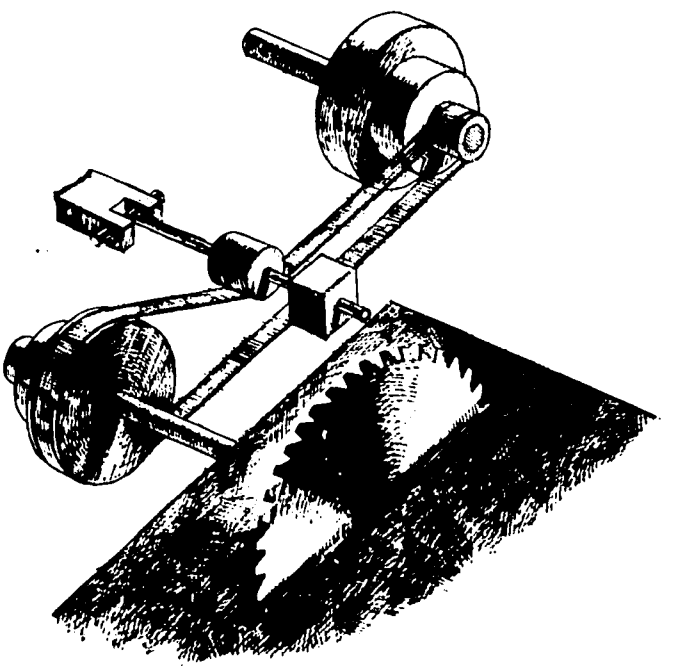

FIGURE 36

FIGURE 36. — Scie circulaire. On obtient des vitesses différentes de la scie en faisant passer la courroie sur d'autres gradins.

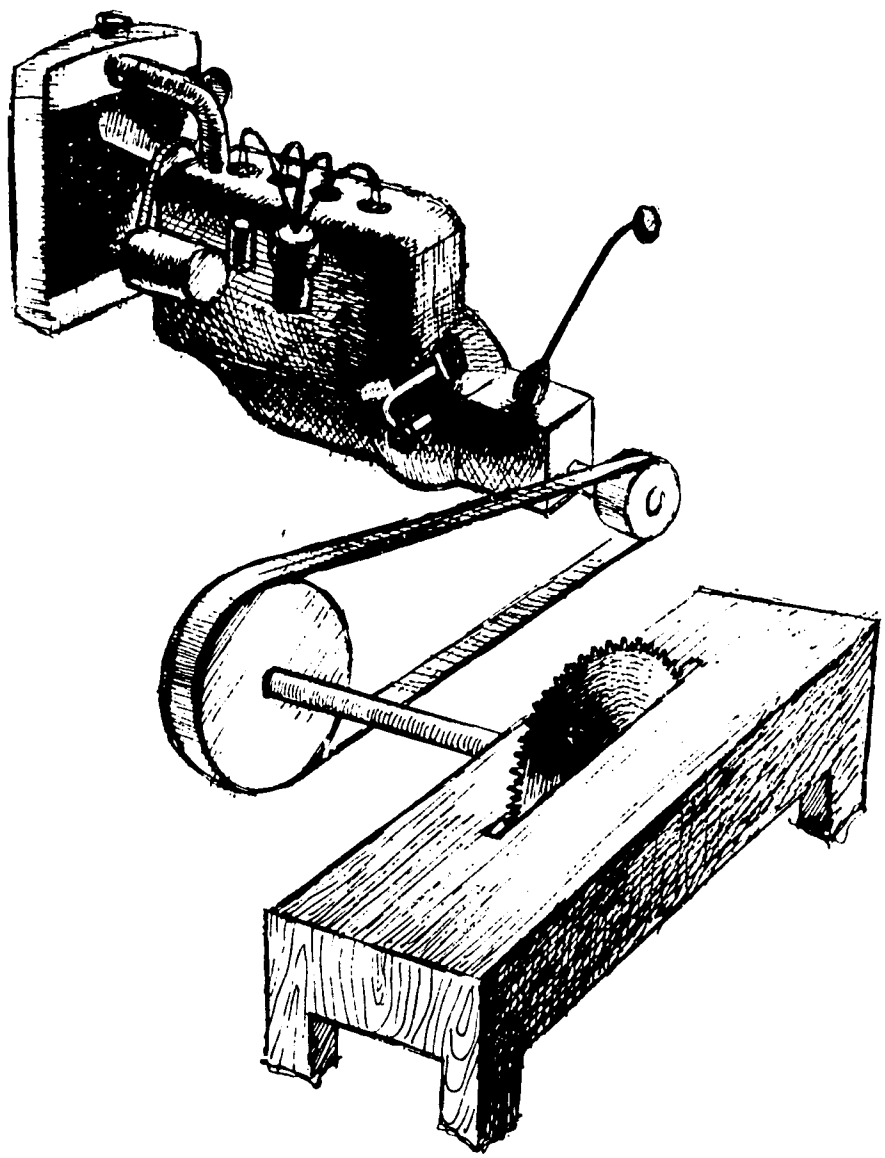

FIGURE 37

FIGURE 37. — Scie mécanique. On obtient différentes vitesses en changeant les vitesses du moteur d'automobile.

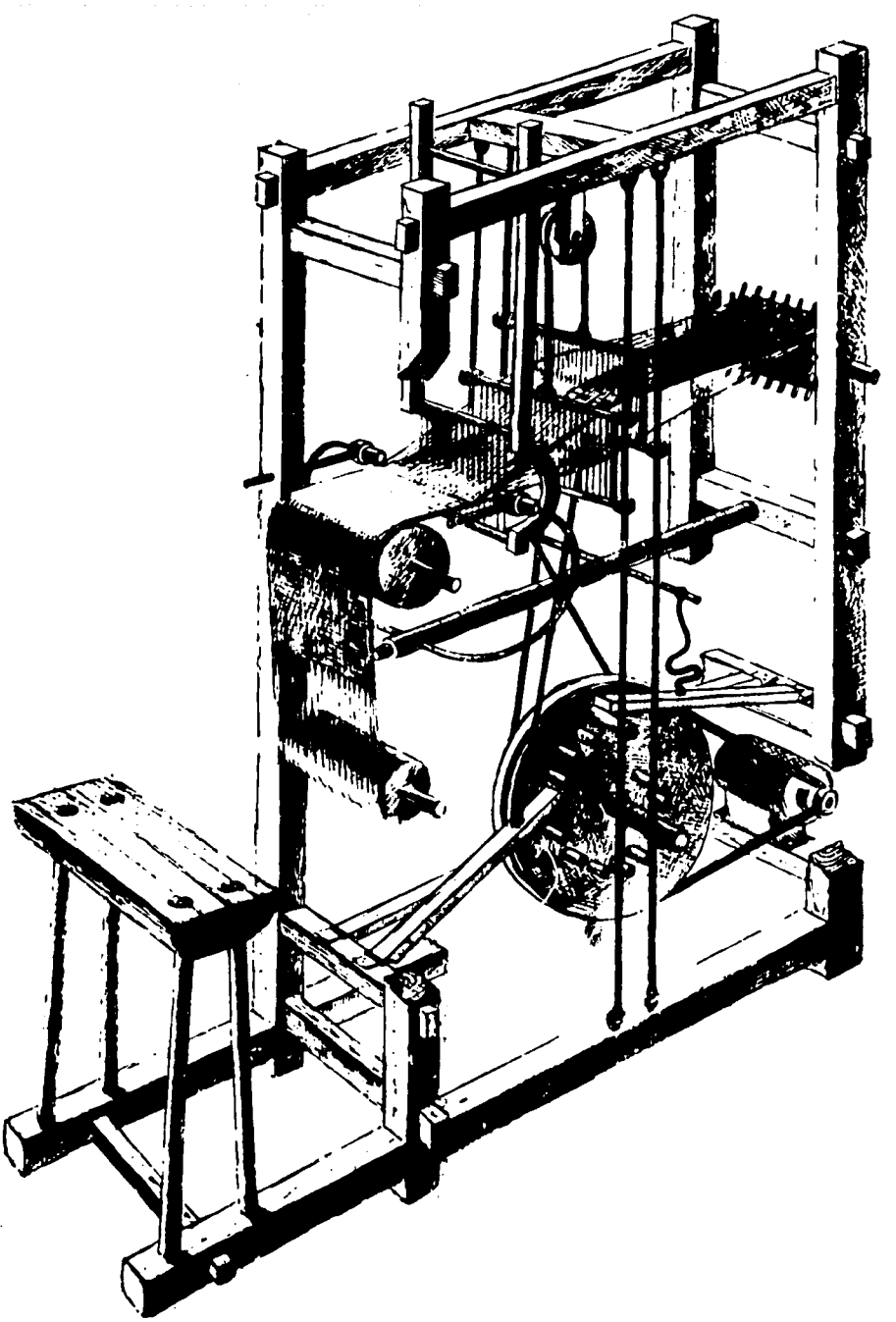

FIGURE 38

FIGURE 38. — Métier à tisser simple. Quand le moteur tourne, la grande roue, les lices et la navette fonctionnent successivement. Le peigne et le tissu terminé sont déplacés à la main.