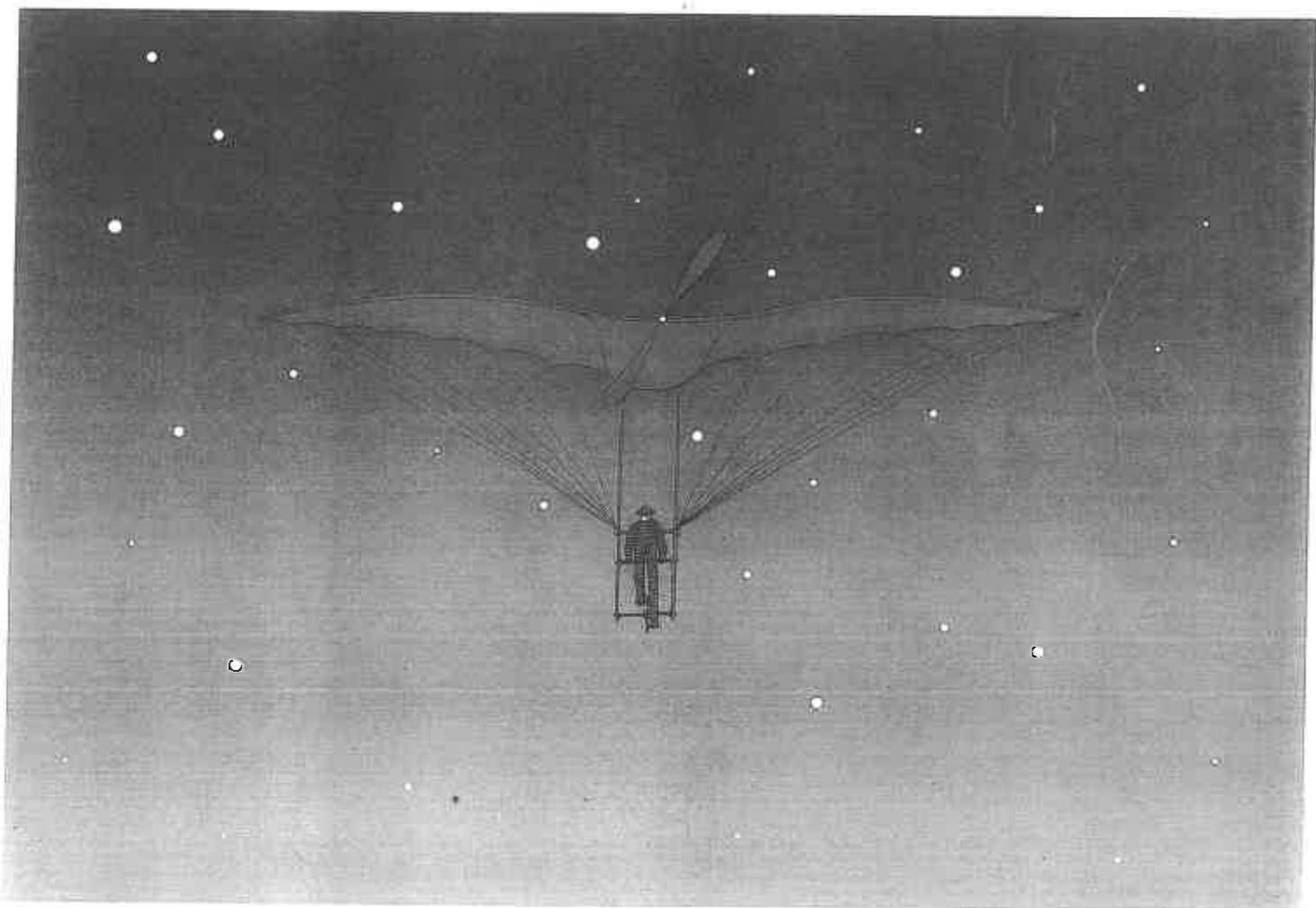


ENERGIE DU PEDALIER



EDITIONS DE LA LANTERNE

Traduit de l'américain par : Catherine GRECO
Textes : James C. Mc CULLAGH
Avec la collaboration de : David GORDON WILSON
Stuart S. WILSON
John Mc GEORGE
Mark BLOSSOM
Diana BRANCH

Mise en forme du texte français : Claire BELIN
Conception visuelle, maquette : Martine REMY
Dessin de couverture : Jean-Michel FOLON
Impression : Imprimerie AYMARD - Epinal
ISBN : 2-86588-009-5
Dépôt légal : 337/ Mai 1982
Administration : RESSOURCES - EDITIONS DE LA LANterne
4, rue des Fontenottes - 25006 BESANÇON
Diffusion librairies : ALTERNATIVE - 36, rue des Bourdonnais
75001 PARIS - Tél. 233 08 40

© Rodale Press, Inc. 1977

© Editions de la Lanterne - Besançon - Mai 1982

Ce livre est paru aux Etats-Unis en 1977 sous le titre : PEDAL POWER.

Tous droits de traduction, de reproduction
et adaptation réservés pour tous pays de langue Française.

© Editions de la Lanterne - BESANÇON - Mai 1982

EN CAS DE MALEFAÇON, VEUILLEZ NOUS
EXCUSER ET NOUS RETOURNER CETTE FICHE.

ENERGIE DU PEDALIER

EDITIONS DE LA LANTERNE
25006 Besançon Cédex

MD

ENERGIE DU PEDALIER

INTRODUCTION	P. 5	Le volant d'entraînement Le montage d'un volant d'entraînement La poulie en coin Applications possibles
LA PUISSANCE DU MUSCLE HUMAIN DANS L'HISTOIRE	P. 9	Transformation d'une poubelle en machine à laver L'entraînement d'une machine à laver essoreuse Le changement de vitesse La scie à bois Le pompage de l'eau La pompe à eau Tronçonneuse Pressoir à cidre
La charrue de Shantung à traction humaine Les manivelles Leviers actionnés par les muscles des bras et des jambes Tourelles Roues à chevilles Jambes et pédales Muscles des jambes utilisés pour actionner des manivelles Les mécanismes pédaliers dans l'atelier		
LES MECANISMES PEDALIERES DANS LE MONDE	P. 45	L'ENTRAINEMENT A UNE PEDALE DANS L'ATELIER
Moyens de transport Mécanismes pédaliers fixes Le dynamode Le treuil Systèmes d'entraînement à pédales pour pompes d'irrigation Systèmes d'entraînement à pédales pour pompes de sondage		P. 111 Les jouets de fabrication artisanale Construction La renaissance du travail manuel
LE CYCLE A ENERGIE D'EMPLOI MULTIPLE	P. 67	LES POTENTIALITES A VENIR DE LA FORCE MUSCULAIRE
Le cycle à énergie Genèse d'une idée Programme d'essai Améliorations apportées à la conception Le treuil Génératrice à pied de fabrication artisanale Matériaux Instructions de montage Adaptation de roue arrière de bicyclette Matériaux Instruction de montage		P. 121 Mécanismes de haute puissance Mécanismes caractéristiques de basse puissance Mécanismes de basse puissance "d'agrément" ou de "prestige" Nécessité d'améliorations des systèmes canalisateurs de la force musculaire Une bicyclette inclinée Une tondeuse à gazon à pédales Bateaux à pédales Générateur de batterie de yacht Pompes d'irrigation Pompes à pneus Scies Machines à coudre et à écrire Ventilateurs Véhicules utilitaires La bicyclette à rail Systèmes de transit individuels et rapides (PRT)
DES DOMAINES D'APPLICATION DU MECANISME PEDALIER ENCORE PLUS VASTES	P. 99	CONCLUSION
Le cadre L'arbre de renvoi		P. 141

INTRODUCTION

A l'époque des lasers et des sondes spatiales, le muscle s'affaisse, dans le monde industrialisé, comme une poupée de chiffon.

Au cours de l'ère technologique foisonnante qui est la nôtre, une grande partie de la population, notamment dans les pays qui s'industrialisent, s'est trouvée contrainte de s'éloigner de son lieu de travail primitif à cause de technologies "peu appropriées". Le bond qu'elle a effectué est celui de la charrue à l'avion à réaction.

Le paradoxe qui en découle est le suivant : une partie de l'humanité rêve de lendemains où il ne serait plus nécessaire de travailler et qui soient réservés aux loisirs; l'autre partie essaye de rattraper son retard. Le "rattrapage" est quelquefois douloureux. Que ce soit à Londres, au Lagos ou à Tokyo, on peut observer n'importe quel jour des encombrements de circulation similaires.

Les nations industrialisées, l'Amérique en particulier, ont engendré des préjugés qui gagnent un crédit rapide sur toute la planète : les voitures sont "mieux" que les bicyclettes; les aliments industriels sont "mieux" que les aliments naturels; vivre dans une ville est "mieux" que vivre dans une zone rurale.

Les pays qui se développent sont souvent forcés d'accepter ces préjugés parce que -et c'est là l'ironie- ils doivent vivre selon les règles d'un système économique intensif et capital.

On bat la retraite devant la petite ville, la bicyclette et la campagne. Résultat : une agonie de la simplicité du genre de vie et des machines. Ainsi, le lait maternel est passé de mode.

Il est intéressant de noter qu'au moment même où "l'à-propos" de la technologie est remis en question, la bicyclette, qui est peut-être la machine la plus efficace et la plus "appropriée" jamais inventée, fait un retour fulgurant sur la scène de nombreux pays. On peut trouver un exemple convainquant de cette renaissance à Dodéma, la nouvelle capitale de la Tanzanie, en construction actuellement. Le plan d'ensemble détaillé de Dodéma laisse apparaître un réseau routier complexe qui favorisera une utilisation in-

tensive de la bicyclette. De plus, il a été arrêté, avec ce plan, que le nombre de bicyclettes par rapport à celui de voitures serait de 70 à 30.

Cette mesure assure à la bicyclette un rôle de première importance à l'intérieur d'un système de transports "éclairé".

Par ailleurs, les personnes qui pensent que la bicyclette offre de grandes possibilités dans l'exécution des travaux stationnaires et comme moyen de transport des marchandises, la soumettent à un examen attentif.

La littérature abonde d'exemples de machines à une ou deux pédales qui exécutent toutes sortes de travaux utiles. Toutefois, le déclin de la bicyclette marque celui des mécanismes à pédales, à l'exception des appareillages en Chine et dans d'autres pays asiatiques.

La critique générale lancée à l'encontre de la technologie explique en partie le regain d'intérêt, au cours des dix dernières années, en faveur des mécanismes pédaliers et des possibilités qu'ils offrent, tant aux pays en voie de développement qu'aux pays développés.

Le Professeur Stuart S. Wilson de l'Université d'Oxford, le Professeur David Gordon Wilson de l'institut Technologique du Massachusetts, les membres du Développement de Technologie Intermédiaire au Royaume-Uni, ceux du Département de Recherche et de Développement de Rodale Press, ainsi que de nombreux inventeurs, scientifiques et bricoleurs, ont élargi les connaissances de la science dans le cadre des mécanismes pédaliers. C'est grâce à eux que le présent ouvrage a pu être publié.

C'est un ouvrage philosophique parce qu'il s'attache à découvrir toutes les ressources potentielles de l'être humain compatibles avec l'utilisation de la bicyclette dans le domaine du travail. Par ailleurs, c'est un livre qui se veut pratique puisqu'il évoque une foule de travaux dont on peut venir à bout avec facilité et efficacité grâce à des mécanismes actionnés par des pédales.

Dans le premier chapitre, David Gordon Wilson décrit l'usage que l'on a fait de la musculature humaine au cours de l'histoire,

ENERGIE DU PEDALIER

et observe le singulier étalage d'appareils à pédales inventés à la fin du XIX^{ème} siècle. Dans le second chapitre, Stuart Wilson se consacre à l'étude d'un grand nombre d'appareils à pédales qui seraient très utiles dans les pays en voie de développement.

Dans le troisième chapitre, Diana Branch fait un compte rendu détaillé sur le Cycle à Energie Rodale. L'auteur ne se contente pas de décrire cette machine "complète". Il fournit également un ensemble d'instructions de montage pour toutes les personnes désireuses de construire le Cycle. De plus, il fait une foule de suggestions sur les différentes façons d'utiliser au mieux le Cycle à Energie dans

des espaces tels que la maison, le jardin, la ferme et l'exploitation rurale.

L'ouvrage que voici est riche de plans, de modèles de prototypes et de possibilités. Nous souhaitons que le lecteur ressente l'envie de construire son propre appareillage à pédales.

Nous espérons par dessus tout que cet ouvrage sera propice à une réflexion neuve sur la bicyclette et les machines à pédales.

Peut-être la bicyclette est-elle un trait d'union entre l'Est et l'Ouest. C'est en tous cas la machine qui fait que nous sommes tous frères et sœurs.

LA PUISSANCE DU MUSCLE HUMAIN DANS L'HISTOIRE

ENERGIE DU PEDALIER

“Tous les jours, des millions de gens arrosent la terre de la sueur de leur front, et tous les jours, des millions de soupirs déchirants s'échappent de la malheureuse carcasse d'hommes courbés et exténués, en quête de nourriture”. Rudolf P. Hommel écrivit ces mots après huit ans passés en Chine, dans les années 20, pendant lesquelles il s'adonna à l'étude de l'artisanat et des outils chinois. Le but qu'il s'était fixé était de “donner une image assez précise de la vie chinoise telle qu'elle est vécue par des millions de gens aujourd'hui et qui n'a pas subi de changement considérable depuis des milliers d'années”.

Cette image est celle que nous nous faisons, je pense, de nos ancêtres dans n'importe quel milieu culturel, mis à part les anciens habitants des rares paradis tropicaux dont on nous dit qu'ils ne faisaient que se reposer à l'ombre des bananiers et des palmiers, et manger des fruits lorsqu'ils leur en prenait l'envie. Mes souvenirs d'enfance en Angleterre, dans les années trente et quarante, sont certainement plus proches du modèle de vie chinois que de celui des îles du Pacifique. Pendant la Deuxième Guerre Mondiale, nous avons tous transformé des terrains de tennis ou autres en grands potagers. Je me retourne sans regret sur le passé en pensant au travail éreintant que représentaient le sarclage, l'arrosage et le “double terrassement” (double profondeur de fossés sur les lopins de terre de façon à recouvrir d'engrais la partie inférieure). Le seul outil mécanique que nous possédions était ma bicyclette à remorque, qui avait été construite chez nous et qui permettait de transporter des bidons de vingt litres d'eau et du fumier. Les principaux outils étaient la fourche, la bêche et la houe; et ils “menaient” ou malmenaient cruellement nos corps. Nous ne pouvions exploiter qu'une faible part de la production d'énergie dont nous étions capables parce que ces instruments nous obligeaient à prendre de fausses positions. Quelle différence avec le confort relatif d'une bicyclette doté d'un choix de rapports de vitesses en fonction du poids et du type de terrain !

J'ai travaillé dans des fermes en Angleterre, en Ecosse et en Allemagne, et j'ai eu l'occa-

sion de vivre parmi des agriculteurs au Nigéria. Dans tous ces endroits, on commençait à se servir des tracteurs pour effectuer les travaux qu'il était facile de mécaniser. Pourtant, l'exploitation des secours mécaniques ne nous apportait aucun soulagement, loin s'en faut, dans les travaux de manœuvre qu'il restait à faire. Nous devions ramasser à la pelle des quantités énormes de fumier; il fallait sarcler les mauvaises herbes dans des champs dont les tracteurs nous obstruaient la vue et ramasser des pommes de terre au milieu des jets de pierres et de terre que soulevait un tracteur de grande vitesse à bêche rotative. Nous n'avions pas l'impression que les conditions de travail étaient meilleures que celles de nos plus lointains ancêtres.

Il faut remarquer non seulement l'utilisation grossière de la puissance musculaire au fil de l'histoire, mais aussi l'absence de renouvellement et d'extension des méthodes améliorées qui étaient expérimentées. La faiblesse d'exploitation de la puissance musculaire dans le passé peut s'expliquer de trois façons. D'abord, on avait recours aux muscles inadéquats. Nous constatons, à maintes reprises, que les gens devaient fournir une force maximale quand ils pompaient ou tiraient de l'eau d'un puits ou d'un fossé, à la force des bras et du dos seulement. De nos jours, il nous semble évident que ce sont les muscles des jambes, désignés à juste titre comme le deuxième cœur, qui favorisent un rendement maximal en produisant un effort minimal.

Ensuite, la vitesse du mouvement de muscle était généralement beaucoup trop basse. Les gens devaient rassembler toutes leurs forces pour soulever et pousser des poids, et ceci pour gagner quelques centimètres de temps à autre.

Pour faire une comparaison, cela reviendrait de nos jours à forcer des cyclistes à monter les pentes les plus abruptes à la vitesse supérieure, ou encore à demander à des rameurs de faire avancer leurs barques avec de très longues rames munies de manches très courts en abord.

Enfin, même quand le mouvement était accompli à la vitesse adéquate et à l'aide des muscles des jambes, le rendement optimal

pouvait fort bien ne pas être atteint. La raison en est assez compliquée, et voici le meilleur exemple qui puisse l'illustrer. Le Docteur J. Harrison, un Australien, choisit quatre jeunes hommes en fonction de leur puissance athlétique et utilisa un "ergomètre" de conception particulière (une sorte de bicyclette d'exercices qui mesure très précisément le rendement). Il voulait régler une controverse et savoir si les rameurs produisaient une puissance supérieure ou inférieure à celle des cyclistes. Il reproduisit les mouvements des bras et des jambes effectués dans les courses de canots à avirons et de vélos. Il constata (avec quelque surprise, sans doute), que quand les athlètes s'étaient entraînés assez longtemps pour s'habituer à chacun des deux sports, si différents l'un de l'autre, la différence de rendement était infime.

Il poursuivit son expérience en y apportant certains changements. Il adapta des pignons de chaîne elliptiques, au lieu des modèles circulaires traditionnels, aux manivelles de mécanismes fonctionnant exactement de la même façon que les bicyclettes. Ce type de pignons de chaîne se faisait en Europe dans les années trente. Il permettait de réduire l'instant d'immobilité des pieds au sommet et au bas de la course de la pédale pendant la conduite de la bicyclette et d'accroître, dans les mêmes proportions, la période de temps utile où les jambes descendent et génèrent la course de "puissance". Il observa que quelques-uns des sujets soumis à l'expérience amélioraient leur production de puissance grâce au pignon de chaîne elliptique. Il modifia alors le fonctionnement de l'ergomètre et remplaça le mouvement de rame habituel des canots à avirons où les pieds sont immobiles et le siège glisse d'avant en arrière par un mouvement où c'est le siège qui est fixe et ce sont les pieds qui glissent. A ce stade, tous les sujets accrurent nettement leur production. Ce résultat s'explique, semble-t-il, par le fait que l'accélération proportionnelle à la masse du corps à chaque coup de rame n'était plus nécessaire.

Dans la conduite du canot à avirons traditionnel, lorsque le rameur a poussé les rames dans l'eau, il doit relâcher ses muscles de fa-

çon à annuler l'énergie cinétique qu'il a engendrée par son effort corporel. Harrison chercha à connaître les résultats de certains mécanismes capables de retenir automatiquement l'énergie cinétique. A cet effet, il employa différents types de mouvements de manivelles à glissement, semblables à ceux du piston de cylindre d'une automobile. Il les désigna par l'appellation "mouvements forcés" pour les distinguer des "mouvements libres" de l'aviron classique. Il put constater, chez tous les sujets, un accroissement de puissance très important par rapport aux records précédents, tant pour l'aviron que pour le cyclisme. Et ce qui est encore plus remarquable, c'est que cette amélioration persista tant que durèrent les épreuves. Un des sujets, Harrison en personne semble-t-il, parvenait à produire plus de deux chevaux-vapeur (soit 1,5 kilowatt de production mécanique) pendant quelques secondes, et stabilisait sa production à environ un demi cheval-vapeur après cinq minutes, ce qui représente à peu près 12 % de plus que sa production maximale avec d'autres mouvements.

Cette expérience scientifique, menée avec soin, nous permet de poser un regard plus éclairé sur l'utilisation de la puissance musculaire de l'être humain dans le passé. Jusqu'à ce que Harrison fasse son expérience, personne ne réussissait à se mettre d'accord sur le type de mouvement musculaire qu'il était préférable d'utiliser dans le cadre des courses sportives et celui du travail. Et même maintenant, six ans après une vaste diffusion de ces résultats, personne n'a su, à ma connaissance, saisir la portée du nouvel élément d'information et l'appliquer à la pratique pour en faire bénéficier tous ceux qui doivent se servir de leurs muscles dans leur travail quotidien, ou qui cherchent à accroître leur vitesse dans les courses. Par ailleurs, la recherche menée par Franck Whitt, en Angleterre, a mis en évidence le fait que la production de puissance mesurée à l'aide d'ergomètres peut être beaucoup plus faible que la production développée par les mêmes personnes et avec les mêmes mouvements musculaires lorsqu'elles font vraiment de la bicyclette ou de l'aviron. La raison en est que l'absence

ENERGIE DU PEDALIER

de régulation thermique du corps humain, quand on utilise un ergomètre, provoque un dangereux échauffement. Ainsi que je l'ai suggéré, un petit nombre seulement de mouvements exécutés dans le passé pour exploiter la puissance musculaire favorisait un phénomène intrinsèque de régulation thermique. La plupart d'entre eux étaient des mouvements de hissage; et c'est ainsi que, pour comble de leurs malheurs, nos infortunés ancêtres devaient résister à une chaleur affreuse tout en utilisant des muscles peu appropriés aux types d'efforts qu'ils devaient fournir. Il se pourrait que, dans l'avenir, nous devions nous passer d'énergie naturelle et recourir à celle de notre corps. Nous serions en droit d'espérer, dès à présent, une facilité bien plus grande dans l'accomplissement du travail que dans le passé - si les résultats de la recherche moderne étaient appliqués.

La charrue de Shantung à traction humaine

Cette charrue devait être maniée par deux hommes, un qui la poussait et l'autre qui la tirait. Elle est peut-être même utilisée de nos jours. En tous cas, Rudolf Hommel constata qu'on s'en servait encore en Chine dans les années 20. "Shantung est surpeuplée, d'où les signes d'une pauvreté criante... Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que deux hommes tirent une charrue primitive et remplacent les animaux de trait qu'ils n'ont pas. La charrue est constituée d'un socle dont une des extrémités est une pointe en fonte de fer. Deux montants sont solidement mortaisés dans le socle. La partie arrière du montant le plus éloigné de la pointe en fonte fait penser à la poignée de l'une des plus vieilles charrues d'Europe à poignée unique. Mais elle n'est pas utilisée de la même façon. Au lieu de saisir dans ses mains la partie supérieure du montant, comme avec la vieille charrue d'Europe, le laboureur y appuie une de ses épaules en se penchant vers l'avant. Il prend dans ses mains les deux extrémités en porte-à-faux d'un montant chevillé en croix qui transperce la partie

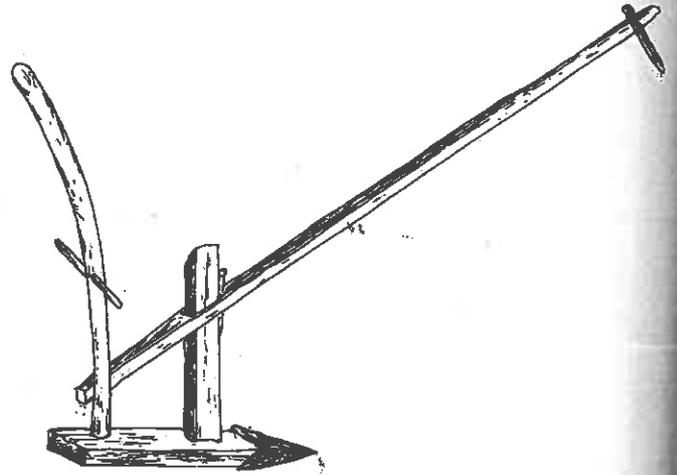


Fig. 1-1 - *La charrue de Shantung*

basse du montant recourbé. Ainsi, d'une manière ingénieuse, il pousse et guide à la fois la charrue".

Pour mener à bien cette tâche ardue, les deux laboureurs utilisaient la force des muscles de leurs jambes qui sont les plus appropriés à ce type de travail; cependant, la trop grande lenteur des mouvements en freinait l'efficacité. (En mécanique, ce phénomène est défini par l'expression : "adaptation d'impédance"). De plus, les hommes devaient forcer douloureusement sur d'autres muscles et sur d'autres parties du corps auxquels était transmise la force générée par les muscles des jambes. Il faut espérer que cette charrue ait été utilisée sur terrain plat. Son utilisation, sur le sol rocailleux de la Nouvelle Angleterre, serait une torture raffinée.

J'ai commencé par évoquer l'utilisation de cette charrue parce que nous en avons une excellente description et que nous savons parfaitement comment on la maniait. Dans la plupart des cas, nous ne disposons que de vieilles illustrations qui furent réalisées pour des motifs autres que celui de nous montrer des détails de mécanique ou des modes d'utilisation. Ces illustrations nous permettent quand même d'élaborer des hypothèses satisfaisantes concernant l'outillage. Avant d'en finir avec la charrue à traction humaine, réfléchissez un moment à la façon dont vous vous acquitteriez, aujourd'hui, de la tâche qu'elle permettait d'exécuter. Je n'ai connaissance d'aucune alternative commercialisable à l'utilisation de la fourche et de la bêche, deux outils envers lesquels je ne nourris pas -et mon dos pas plus que moi- une affection débordante. Et c'est pour cela que le Cycle Rodale, décrit dans le chapitre trois, repré-

sente certainement un net progrès. Nous nous attarderons sur d'autres solutions dans le chapitre qui traite des modes d'utilisation à venir de la main d'œuvre.

Avec les exemples qui suivent, je ne prétends pas atteindre l'exactitude historique. J'ai choisi ces exemples pour illustrer, d'une manière intéressante, l'utilisation de la force musculaire, dans le passé, pour un grand nombre de tâches.

Les Manivelles

Elles constituent le moyen le plus simple d'obtenir un mouvement rotatif. L'homme en fait usage depuis des siècles. Le plus vieux mécanisme à manivelle qui soit connu fut une pompe de drain avec chaîne à augets utilisée au temps des empereurs Romains, et que l'on découvrit en 1932, quand le lac Némi fut drainé.

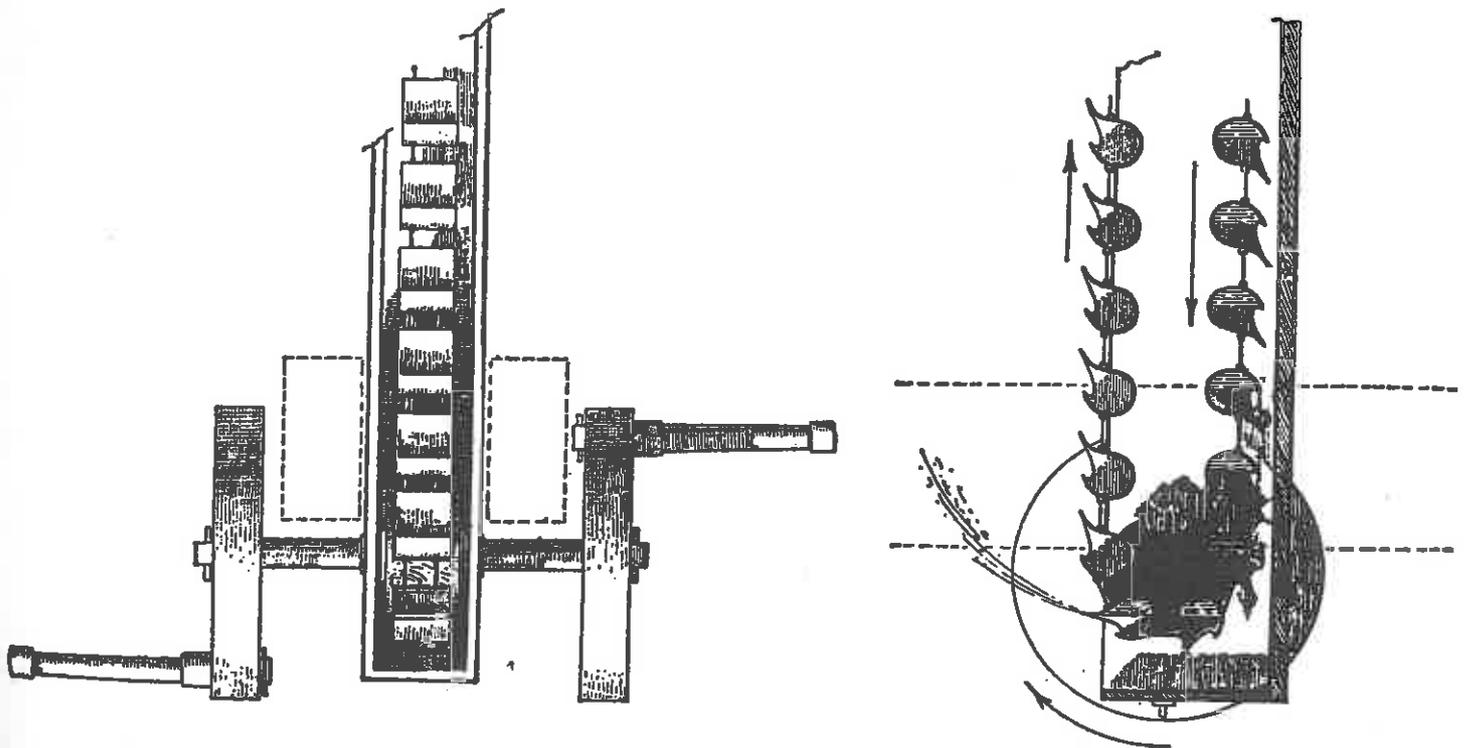


Fig. 1-2 - La pompe de drain avec chaîne à augets

ENERGIE DU PEDALIER

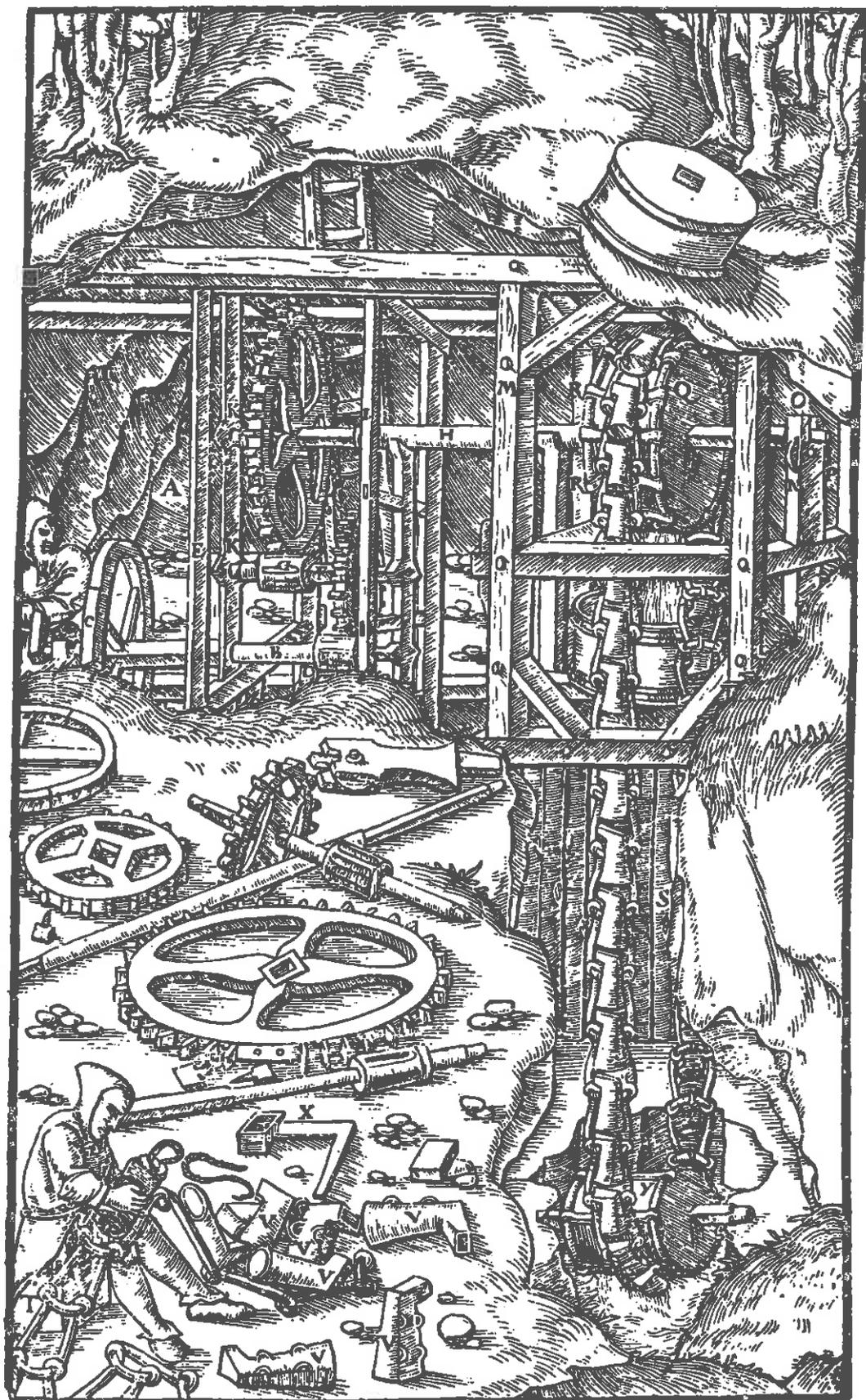


Fig. 1-3 - Pompe aspirante et soulevante à eau

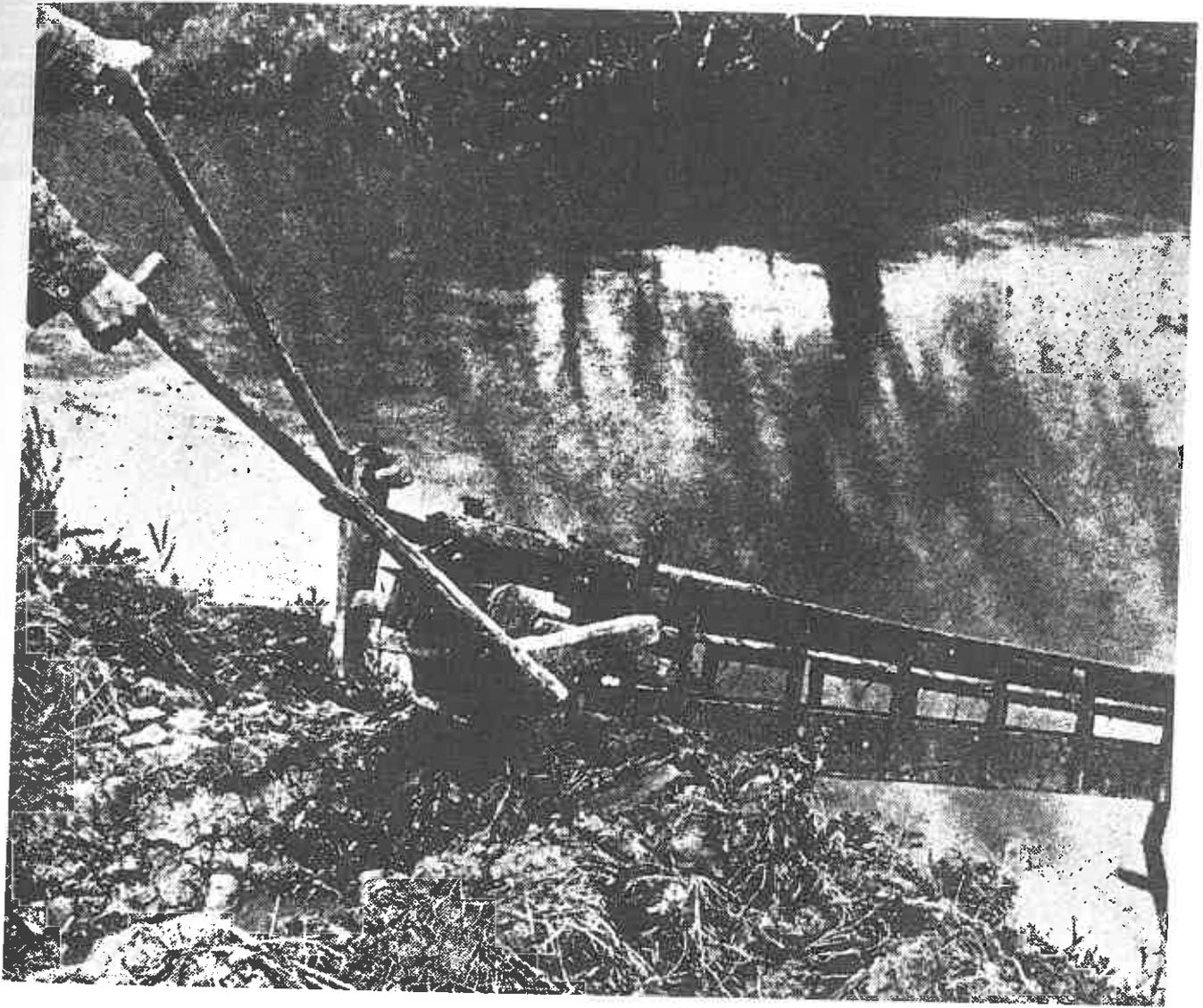


Fig. 1-4 - Pompe soulevante à eau, chinoise, à chaîne sans fin

Dans un écrit datant de 1556, Agricola décrit un mécanisme compliqué de transmission à manivelle qui permettait d'actionner une pompe similaire à celle du lac Nemi, soit une pompe aspirante et soulevante à eau. Il expliqua aussi l'assemblage d'une chaîne à augets. Beaucoup plus tard, on utilisa en Chine une pompe aspirante et soulevante à chaîne sans fin, mais différente en deux points. D'abord, l'eau était retenue par des planches qui glissaient dans un bac et non pas par des augets. On est autorisé à penser que cette méthode s'avère moins efficace à cause des

phénomènes de friction et de déperdition d'eau. Ensuite, des leviers étaient fixés aux manivelles, ce qui crée deux inconvénients : celui du point mort dans la partie supérieure et celui des mouvements inutiles. Les leviers étaient probablement destinés à donner une assiette plus solide au bac qui était rivé au sol. Léonard de Vinci montre qu'il s'inquiète du confort du travailleur quand il dessine un bobinoir doté d'une poignée à hauteur appropriée et d'un tambour d'enroulement dont le diamètre permet une vitesse de travail presque optimale, sans doute. De Vinci préconise