

315. Rouleaux. — On appelle *rouleaux* des cylindres en bois ou en métal servant à déplacer horizontalement des pierres, des pièces de charpente, etc.

Ordinairement, la pièce à transporter est placée sur deux rouleaux (*fig. 215*) et, en agissant à l'une des extrémités de cette pièce avec un levier, on la force à avancer en faisant tourner les rouleaux qui transforment ainsi un mouvement

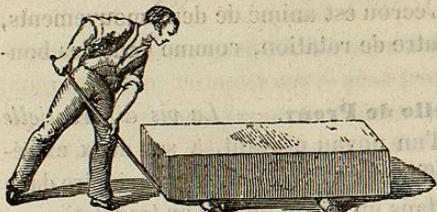


Fig. 215.

circulaire continu en rectiligne continu.

316. Rapport des chemins parcourus. — *Le chemin parcouru par le corps est le double du chemin parcouru par les axes des rouleaux.* En effet, supposons que les rouleaux de rayon R aient accompli une révolution entière; le chemin qu'ils auront parcouru sur le sol sera évidemment égal à la longueur de leur circonférence ou à $2\pi R$, et le corps se sera avancé de la même quantité $2\pi R$ que les axes des rouleaux; mais, pendant ce temps, tous les points de la surface des rouleaux seront venus en contact avec les points successifs du corps; celui-ci avancera donc, par rapport aux rouleaux, d'une quantité qui est encore égale à $2\pi R$. Donc, le chemin réel parcouru par le corps a pour valeur 2 fois $2\pi R$, c'est-à-dire qu'il parcourt un chemin double de celui parcouru par les axes des rouleaux, ce qui fait que les rouleaux s'échappent très souvent par l'arrière et qu'il faut les rapporter à l'avant.

§ 3. — TRANSMISSION PAR POULIES ET COURROIES.

317. Position des axes. — Lorsqu'on veut transmettre le mouvement circulaire d'un arbre à un autre, les deux axes peuvent occuper des positions très diverses qu'on rapporte aux quatre cas suivants :

- 1° *Axes parallèles situés à grande ou à petite distance;*
- 2° *Axes se coupant sous un certain angle ou situés dans des plans perpendiculaires entre eux;*
- 3° *Axes situés dans le prolongement l'un de l'autre;*

4° *Axes situés d'une manière quelconque.*

318. Axes parallèles situés à grande distance. — Si l'on dispose d'un arbre animé d'un mouvement circulaire continu, et qu'on veuille transmettre ce mouvement à un autre arbre parallèle situé à une grande distance, on monte, sur chacun de ces arbres et dans un même plan perpendiculaire à leurs axes, une poulie en fonte, et quelquefois en fer, que l'on réunit l'une à l'autre par l'intermédiaire d'une courroie sans fin, c'est-à-dire une courroie dont les deux extrémités sont solidement reliées entre elles. Ces courroies se font généralement en cuir et quelquefois en gutta-percha ou en caoutchouc si elles doivent être placées dans un milieu très humide ou si elles peuvent être mouillées, car les courroies en cuir varient sensiblement de longueur avec l'état hygrométrique de l'air ambiant.

La poulie qui transmet le mouvement prend le nom de *poulie motrice*, et l'autre s'appelle *poulie conduite*.

Au moment de la mise en marche, la courroie glisse toujours sur la poulie motrice pendant quelque temps; mais, en vertu du frottement développé entre les surfaces en contact, il en résulte une certaine adhérence entre la courroie et la poulie, et celle-ci se met en mouvement. La courroie glisse de nouveau sur la poulie conduite qui, peu après, est entraînée et prend un mouvement de rotation.

Si la rotation des deux axes doit toujours avoir lieu dans le même sens, on dispose les brins de la courroie suivant les tangentes extérieures aux circonférences des deux poulies; dans le cas contraire, la courroie devra être dirigée suivant les tangentes intérieures.

Proposons-nous de déterminer la vitesse angulaire des axes auxquels le mouvement est transmis par poulies et courroies.

319. Les axes tournent dans le même sens. — Soient O et O' les projections verticales des axes (*fig. 216*), OA et $O'A'$ les rayons des poulies, que nous désignerons par R et R' , ω et ω'

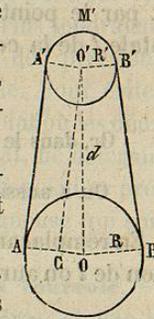


Fig. 216.

les vitesses angulaires correspondantes. Tout glissement de la courroie sur les poulies étant supposé nul, la quantité dont la courroie se déroule sur l'une des poulies sera égale à la quan-

tité dont elle s'enroule sur l'autre; par suite, la vitesse en tous les points de la courroie est constante, et il en est de même aux circonférences extérieures des poulies. On aura donc :

$$R\omega = R'\omega'; \text{ d'où } \frac{R}{R'} = \frac{\omega'}{\omega}$$

Les vitesses angulaires sont inversement proportionnelles aux rayons des poulies.

Les nombres de tours N et N' étant proportionnels aux vitesses angulaires, on a :

$$\frac{\omega}{\omega'} = \frac{N}{N'}$$

En comparant cette égalité avec la précédente, il vient :

$$\frac{R}{R'} = \frac{N'}{N}$$

Les rayons sont inversement proportionnels aux nombres de tours. Ainsi, l'une des poulies devant faire 3, 4, 5 tours, pendant que l'autre n'en fera qu'un seul, le rayon de la première poulie devra être 3, 4, 5 fois plus petit que le rayon de la seconde.

320. Détermination de la longueur de la courroie. — Appelons α l'angle au centre AOB , d la distance des centres O et O' , et par le point O' menons $O'C$ parallèle à AA' . La longueur totale l de la courroie a pour valeur :

$$l = 2AA' + \text{arc } AMB + \text{arc } A'M'B'$$

Or, dans le triangle $O'OC$, on a : $O'C$ ou $AA' = d \times \sin \frac{\alpha}{2}$

On a aussi : $\text{arc } AMB = (2\pi - \alpha)R$ et $\text{arc } A'M'B' = \alpha R'$

En remplaçant ces quantités par leur valeur dans l'expression de l on aura :

$$l = 2d \sin \frac{\alpha}{2} + (2\pi - \alpha)R + \alpha R'$$

$$l = 2d \sin \frac{\alpha}{2} + 2\pi R + \alpha (R' - R)$$

Il ne reste plus qu'à déterminer la valeur de l'angle α en

fonction des quantités connues R , R' et d ; pour cela, remarquons que dans le triangle OCO' on a :

$$OC = OO' \times \cos \frac{\alpha}{2}; \text{ d'où : } \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{OC}{OO'} = \frac{R - R'}{d}$$

équation qui détermine la valeur de l'angle α .

321. Les axes tournent en sens contraire. — Soient O et O' les projections verticales des axes (fig. 217); on démontrerait, comme précédemment, que les vitesses angulaires sont inversement proportionnelles aux rayons des poulies, et que ces rayons sont inversement proportionnels aux nombres de tours.

Les brins étant dirigés suivant les tangentes intérieures AB' et $A'B$, l'arc embrassé par la courroie est plus grand que dans la disposition précédente; par suite, on obtient une plus grande adhérence de la courroie sur la poulie, et elle peut supporter un effort plus considérable; aussi doit-on croiser la courroie si l'effort à vaincre est très grand, car il y a moins de chance de glissement.

La courroie qui doit être croisée ne peut plus conserver, sur toute sa longueur, la position à plat qu'elle possède sur les poulies, car, au point de croisement, les deux brins tendraient à se couper mutuellement, et il en résulterait des pressions latérales qui pourraient faire tomber la courroie. Pour éviter cet inconvénient, on retourne cette courroie au point où les deux brins se croisent, et ceux-ci, se rencontrant à plat, ne déterminent qu'un simple frottement; en outre, cette disposition présente l'avantage que ce soit toujours la face rugueuse qui soit en contact avec la surface extérieure des poulies.

322. Détermination de la longueur de la courroie. — Appelons α l'angle AOB , d la distance des centres, et par le point O' menons $O'C$ parallèle à AB' , jusqu'à sa rencontre en C avec le prolongement du rayon OA . La longueur totale l de la courroie a pour valeur :

$$l = 2AB' + \text{arc } AMB + \text{arc } A'M'B'$$

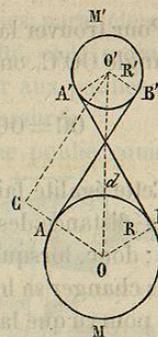


Fig. 217.

Or, $AB' = O'C = d \times \sin \frac{\alpha}{2}$
 $\text{arc } AMB = (2\pi - \alpha)R$ et $\text{arc } A'M'B' = (2\pi - \alpha)R'$

En remplaçant dans la valeur de l , on aura :

$$l = 2d \sin \frac{\alpha}{2} + (2\pi - \alpha)R + (2\pi - \alpha)R'$$

$$l = 2d \sin \frac{\alpha}{2} + (2\pi - \alpha)(R + R')$$

Pour trouver la valeur de l'angle α , remarquons que, dans le triangle $OO'C$, on a :

$$OC = OO' \times \cos \frac{\alpha}{2}; \text{ d'où } \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{OC}{OO'} = \frac{R + R'}{d}$$

Cette égalité fait voir que la valeur de l'angle α est constante si la distance des centres et la somme des rayons ne varient pas; donc, lorsqu'on emploiera une courroie croisée, on pourra, sans changer sa longueur, faire varier le diamètre des deux poulies pourvu que la somme des rayons reste la même. Cette particularité n'a pas lieu si la courroie n'est pas croisée, car sa longueur change quand la différence des rayons varie.

323. Tendeur. — La transmission s'opérant en vertu de l'adhérence qui existe entre la poulie et la courroie, celle-ci doit toujours être assez tendue pour éviter tout glissement, et pour cela le frottement des surfaces en contact doit être plus grand que la résistance à vaincre. Si la tension de la courroie est trop faible pour vaincre la résistance, on augmente cette tension au moyen d'un *tendeur*.

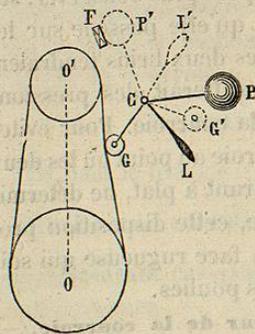


Fig. 218.

On appelle *tendeurs* des appareils servant à développer, sur la courroie, la tension nécessaire pour éviter tout glissement, sans toutefois l'accroître d'une manière trop considérable. Les poulies conductrice et conduite (fig. 218) étant O et O', on obtiendra la tension nécessaire au fonctionnement de la machine en faisant appuyer, contre le brin conducteur de la courroie,

un galet mobile G articulé à l'extrémité d'une barre GC, faisant partie d'un levier à trois branches. Ce levier, mobile autour d'un axe horizontal C, se manœuvre au moyen d'une poignée L, et un contre-poids P, fixé à la branche CP, est réglé de façon à déterminer la tension nécessaire et suffisante à la marche. Pour annuler l'action du tendeur, on agit sur la poignée L de manière à donner au mécanisme la position C'L'P'.

324. Forme des poulies. — La surface extérieure des poulies ne doit pas être cylindrique, comme on pourrait le croire, car une légère pression exercée sur les courroies, parallèlement à l'axe des poulies, les déplacerait avec facilité, et la moindre obliquité les ferait tomber. Il faut donc donner aux poulies une forme telle que la stabilité des courroies soit assurée.

Considérons une courroie passant sur une poulie conique (fig. 219); dès que le mouvement sera communiqué, la pression qui s'établit entre la courroie et la poulie étant normale à la surface de la poulie, cette pression se décomposera en deux composantes dont l'une, dirigée vers l'axe, sera détruite, et dont l'autre, dirigée parallèlement à cet axe et dans le sens de la flèche, tendra à entraîner la courroie du côté où le cône s'élargit.

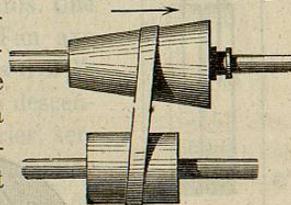


Fig. 219.

Il résulte de là que si on donne à la poulie la forme d'un double cône adossé par la grande base, la stabilité de la courroie sera complètement assurée, car elle tendra toujours à revenir sur l'arête la plus élevée. En pratique, la surface des poulies est légèrement bombée.

Si plusieurs machines, situées à peu de distance l'une de l'autre, doivent prendre leur mouvement sur un même arbre de couche, on place, sur celui-ci, une large poulie cylindrique en fonte qui prend le nom de *tambour*.

325. Courroies. — Les courroies sont toutes à section rectangulaire; leur largeur, en général, ne doit pas être inférieure à 40 millimètres, ni supérieure à 300 millimètres et leur épaisseur minimum est égale à 4 ou 5 millimètres. Les dimensions des courroies se déterminent d'après l'effort à transmettre; mais on ne doit pas leur faire supporter un effort supérieur à

15 kilogrammes par centimètre carré de section droite. Pour les courroies doubles, formées de deux épaisseurs de cuir, cet effort peut aller jusqu'à 25 kilogrammes.

REMARQUE. — On transmet quelquefois le mouvement au moyen de cordes et de poulies, comme dans toutes les machines à coudre, les tours à pédale, etc., les poulies présentent alors, sur leur circonférence, une gorge triangulaire dans laquelle la corde vient s'engager; cette corde qui est cylindrique est soit en chanvre, soit en coton, soit en boyaux de certains animaux, soit en caoutchouc.

326. Poulie folle. — Presque toutes les machines-outils

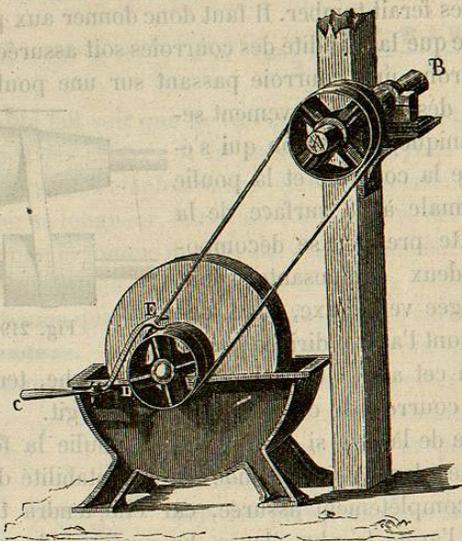


Fig. 220.

doivent pouvoir être facilement arrêtées pour être remises en mouvement à un instant donné. Pour cela, on dispose à côté de la poulie fixe E (fig. 220) calée sur l'arbre, une autre poulie, appelée *poulie folle*, montée sur le même axe et de même diamètre que la première, mais complètement indépendante, c'est-à-dire pouvant tourner librement sans entraîner l'arbre, le déplacement longitudinal de la poulie folle sur l'arbre est empêché d'un côté par la poulie fixe et de l'autre côté par une bague que l'on rend fixe par une vis de serrage. La machine fonctionnant, la courroie passe sur la poulie fixe E; pour l'ar-

rêter, on produira le déplacement latéral de la courroie en agissant sur le brin conducteur par une fourchette CE mobile autour d'un arbre fixe, et dont les branches parallèles embrassent cette courroie; celle-ci vient alors passer sur la poulie folle et la machine se trouve arrêtée; pour rétablir la marche, il suffira de pousser le levier de la fourchette en sens inverse pour ramener la courroie dans sa position première.

Certaines machines-outils, telles que les machines à fraiser, ne sont pas munies d'une poulie folle; dans ce cas, ce sont les arbres intermédiaires tels que AB, commandant ces machines, qui portent les poulies folles. Mais ces arbres se trouvant installés à une assez grande hauteur, soit au plafond ou contre des colonnes, on emploie le dispositif suivant (fig. 221) pour opérer l'arrêt ou la mise en marche des outils. Une fourchette AB est mobile autour d'un axe horizontal O, et deux tringles rigides C et C', terminées par deux poignées en bois descendant à la portée de la main de l'ouvrier, servent à faire passer la courroie de la poulie fixe à la poulie folle ou réciproquement, en agissant toujours sur le brin conducteur.

REMARQUE. — Les poulies fixes et folles sont généralement en fonte et d'une seule pièce; mais pour faciliter le montage ou mise en place des poulies de commande ou tambour, sans déplacer les arbres sur lesquels on doit les installer, on construit des poulies en deux pièces que l'on réunit par des boulons; cette disposition est très avantageuse dans bien des cas, malgré son prix plus élevé.

Afin d'éviter l'inconvénient que présentent les poulies en fonte de charger les arbres qui les supportent, en raison du poids assez considérable qu'elles pèsent pour être suffisamment résistantes, on tend à leur substituer des poulies dont la jante et les bras sont en fer. Cette construction rend ces pièces plus légères, mieux équilibrées et d'une installation facile.

327. Poulie étagée ou cône de transmission. — Les machines-outils telles que les tours, les machines à percer, les

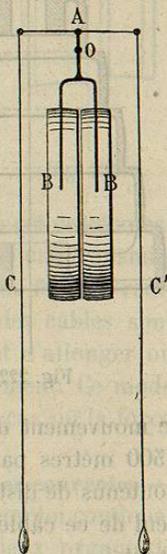


Fig. 221.

limeuses, etc., doivent marcher avec des vitesses très différentes, suivant la dureté du métal à travailler.

Ainsi :

Pour le fer,	la vitesse de l'outil est de	4 à 5	mètres par minute.
Pour la fonte,	—	5 à 7	—
Pour le bronze,	—	6 à 8	—
Pour le bois,	—	15 à 20	—

Pour obtenir ces variations de vitesse, on monte sur l'axe moteur et sur celui de la machine, des poulies dites *poulies étagées* ou *cônes de transmission* (fig. 222), composées de poulies de différents diamètres faisant corps entre elles et disposées de telle sorte que la somme des rayons des poulies correspondantes soit constante. La vitesse angulaire étant dans le rapport inverse des rayons, il suffira de déplacer la courroie dans le sens convenable pour augmenter ou diminuer la vitesse.

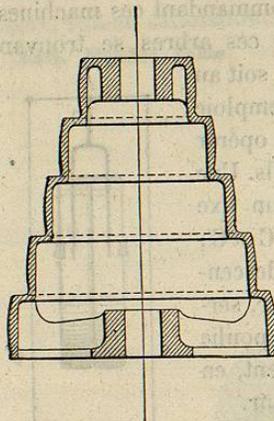


Fig. 222.

328. Transmission à de grandes distances. — Pour transmettre le mouvement de rotation à de grandes distances, 100, 1000, 1500 mètres par exemple, on emploie des câbles métalliques soutenus de distance en distance par des poulies, et le poids seul de ce câble détermine l'adhérence nécessaire au mouvement.

Ce mode de transmission, imaginé par M. Hirn, et employé pour la première fois en Alsace, en 1850, se généralise de plus en plus. Les poulies extrêmes ont un diamètre qui varie de 2 à 4 mètres, et les poulies intermédiaires qui soutiennent le câble sont divisées par groupes de deux, disposées l'une au-dessous de l'autre; la poulie supérieure dirige le brin conducteur et la poulie inférieure dirige le brin conduit ou réciproquement. Toutes ces poulies portent une gorge en forme de queue d'hirondine (fig. 223), de 4 à 5 centimètres de profondeur, et de 3 à 4 centimètres de largeur. Cette gorge est recouverte de cuir

ou de gutta-percha; pour les câbles d'un poids assez considérable, l'emploi du cuir est préférable.

L'écartement minimum entre les poulies extrêmes est de 30 mètres, et jusqu'à une distance de 100 mètres il est inutile d'employer des poulies intermédiaires. La plus petite distance séparant les axes de deux groupes de poulies intermédiaires doit être de 50 à 60 mètres, et la vitesse de leur circonférence doit être comprise entre 15 et 30 mètres par seconde.

Les câbles sont ordinairement formés de fils de fer non recuits de 1 millimètre de diamètre, contournés en hélice et renfermant une âme en chanvre de première qualité; ces câbles ont de 6 à 20 millimètres de diamètre, suivant l'effort à transmettre. Pour éviter les câbles d'une trop grande longueur lorsque l'écartement des points extrêmes est considérable, on fractionne cet écartement en une ou plusieurs sections constituant chacune une transmission avec câble indépendant, car celui-ci est plus facile à remplacer et coûte moins cher. Les extrémités des câbles sont réunies par des agrafes métalliques permettant d'allonger ou de raccourcir ces câbles promptement et facilement. Ce mode de transmission est très employé dans tous les cas où la force motrice est éloignée des ateliers et des usines.

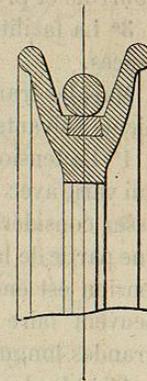


Fig. 223.

329. Emploi, avantages et inconvénients des courroies. — Les poulies et les courroies sans fin sont d'un emploi continuuel dans l'industrie où elles constituent un précieux organe de transmission. Elles transmettent généralement le mouvement de la machine motrice à une foule d'appareils; elles servent à faire fonctionner les tours, les machines à percer, à fraiser, à raboter et à aléser, les métiers à tisser et à filer, les scies circulaires et sans fin, les ventilateurs et presque toutes les machines légères devant marcher avec une grande vitesse.

Les avantages généraux que présente l'emploi des poulies et des courroies sont les suivants :

1° La transmission s'opère sans bruit, sans choc et s'installe avec facilité.

2° La résistance venant à augmenter brusquement, la poulie

conduite s'arrêtera, la courroie glissera sur sa surface, puis tombera; il en sera de même toutes les fois que la puissance deviendra trop faible. Ce glissement empêche la rupture de la courroie et prévient les accidents plus graves.

3° La facilité de transmettre le mouvement à de grandes distances.

Mais les transmissions par courroies ont aussi les inconvénients suivants :

1° La tension que l'on est obligé de donner aux courroies et qui varie avec la résistance à vaincre, détermine des frottements assez considérables des arbres sur leurs coussinets, et absorbe une partie de la force motrice; pour les grandes vitesses où cette tension est encore accrue, il se produit des fouettements qui peuvent faire tomber les courroies surtout si elles ont de grandes longueurs.

Afin de donner aux courroies le plus d'adhérence possible, toutes choses égales d'ailleurs, il est utile de recouvrir les poulies d'une bande de cuir dont le côté rugueux est placé extérieurement. Les courroies présentant la même surface de contact, l'adhérence sur les poulies se trouve ainsi augmentée de un tiers environ.

2° Les courroies doivent être rejetées pour transmettre des efforts considérables.

3° Dans les ateliers, les courroies sont encombrantes, d'un entretien assez coûteux et ne sont pas sans danger.

REMARQUE. — Dans les appareils de précision où l'on a besoin d'un rapport constant, rigoureux, de vitesse angulaire, on doit rejeter l'emploi des poulies et courroies, car il n'arrive jamais que le glissement soit complètement nul.

330. Axes non situés dans un même plan. — On peut opérer la transmission entre deux axes quelconques non situés dans un même plan, au moyen de poulies et courroies; seulement il faut employer, outre les poulies conductrice et conduite, des poulies dites de *renvoi*, dont le but est de changer la direction des brins de la courroie.

Étant données les poulies calées sur les axes O et O' (fig. 224), on détermine l'intersection CC' des plans milieux de ces poulies, puis, par un point D de cette intersection on mène les tangentes Da, Db aux circonférences extérieures des poulies; la tangente

Da se trouvera dans le plan milieu de la poulie A , et la tangente Db , dans le plan milieu de la poulie B . Ces deux tangentes déterminent un plan dans lequel on place une poulie de renvoi d qui, par suite, aura son axe perpendiculaire à ce plan. Pour conduire le second brin de la courroie, on fera une construction analogue en prenant un point E sur l'intersection CC' ; les nouvelles tangentes Ea', Eb' déterminent un second plan dans lequel on placera encore une nouvelle poulie de renvoi d' . Par cette disposition, les brins de la courroie, en arrivant sur les poulies et en les quittant, se trouvent toujours dans leurs plans milieux, et le mouvement peut être transmis indifféremment dans les deux sens.

Fig. 224.

Cette transformation peut encore s'opérer en supprimant les poulies de renvoi; mais, dans ce cas, le mouvement ne pourra se transmettre que dans le sens pour lequel la courroie aura été installée. On s'appuie sur ce fait d'expérience que l'axe du brin de la courroie qui s'enroule sur une poulie, doit forcément se trouver dans le plan milieu de cette poulie, tandis que l'axe du brin qui la quitte peut avoir une direction quelconque.

Étant donnés les deux axes A et B (fig. 225), on mène leur perpendiculaire commune, c'est-à-dire qu'on détermine leur plus courte distance TS ; ensuite on mène à ces axes des perpendiculaires $OC, O'C'$ respectivement égales aux rayons imposés des poulies, en ayant soin de choisir les pieds O et O' de ces perpendiculaires, de telle sorte que la droite CC' qui joint leurs extrémités soit parallèle à TS .

En calant sur les axes A et B deux poulies dont les rayons respectifs seraient R et R' , et en disposant la courroie comme l'indique la figure, le mouvement se transmettra dans le sens de la flèche.

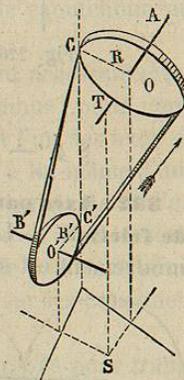


Fig. 225.

331. Cas particuliers où les deux axes sont situés dans des plans perpendiculaires. —

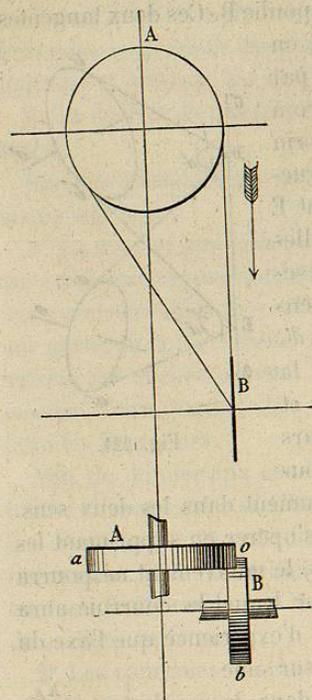


Fig. 226.

Ce cas particulier, indiqué figure 226, est celui qui se présente le plus fréquemment dans la pratique. D'après le sens de la rotation de l'arbre moteur, on cale les poulies de manière que l'axe de chaque brin de la courroie se trouve précisément dans le plan milieu de la poulie sur laquelle il s'enroule. Pour cela, il suffit que le plan milieu de chacune des poulies soit tangent à la circonférence de l'autre poulie. Dans le cas qui nous occupe, le mouvement de rotation ayant lieu dans le sens de la flèche, un brin de la courroie ira du point o de la poulie A au point b de la poulie B, et l'autre brin passera du point o de la poulie B au point a de la poulie A.

§ 4. — THÉORIE ET TRACÉ DES ENGRENAGES.

332. Axes parallèles situés à petites distances. Cylindres de friction. —

Lorsque l'axe auquel on veut communiquer le mouvement est situé à une petite distance de l'axe moteur, et si l'effort à transmettre est très faible, on peut opérer la transmission par simple adhérence.

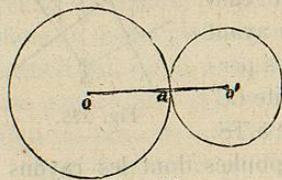


Fig. 227.

Soit o l'axe animé d'un mouvement circulaire continu et o' l'axe auquel on veut transmettre le mouvement (fig. 227). Sur chacun de ces axes, montons un disque cylindrique en métal, à base circulaire et de diamètre tel que ces disques soient tangents suivant

une génératrice projectée en a . Appelons ω et ω' les vitesses angulaires des axes, d la distance de ces axes, R et R' les rayons des disques. Le point de contact a , supposé entraîné par la rotation autour de l'axe o , aura une vitesse linéaire, perpendiculaire à cet axe, exprimée par $R\omega$; ce même point étant considéré comme invariablement lié à l'axe o' , aura une vitesse linéaire $R'\omega'$. Or ces deux vitesses sont égales, car le glissement étant supposé nul, tous les arcs de la circonférence du disque moteur viendront successivement s'appliquer sur les arcs égaux de la surface cylindrique du disque entraîné. On a donc :

$$R \times \omega = R' \times \omega', \text{ d'où } \frac{R}{R'} = \frac{\omega'}{\omega}; \quad (1)$$

ce qui montre que le point de contact a divise la droite oo' en deux parties inversement proportionnelles aux vitesses angulaires. Donc, la distance d des axes étant donnée, ainsi que les vitesses angulaires, la relation (1) permet de déterminer les rayons R et R' .

Cette transmission prend le nom de *transmission de mouvement par cylindres de friction*.

Dans la pratique, pour augmenter l'adhérence et empêcher le glissement, on place des bandes de cuir ou de caoutchouc sur les surfaces convexes des cylindres.

Les surfaces cylindriques en contact s'usent nécessairement par suite du mouvement, et l'adhérence diminue; pour compenser cette usure, on dispose ordinairement l'un des axes de manière à pouvoir le déplacer parallèlement à lui-même d'une petite quantité, et l'on obtient une pression constante de l'un des cylindres sur l'autre au moyen d'un poids ou d'un ressort. Mais cette pression ne peut pas être forte, car il en résulterait des frottements considérables des tourillons sur les coussinets des arbres tournants.

Ce mode de transmission ne peut être employé pour transmettre de grands efforts, car le glissement du cylindre moteur serait inévitable; dans ce cas, on remplace les cylindres tangents par des roues dentées.

333. Engrenages plans. — On appelle *roues dentées*, *roues d'engrenage*, ou simplement *engrenages*, des roues que l'on cale sur des arbres entre lesquels on veut établir une communi-