

## LIVRE III

### CINÉMATIQUE APPLIQUÉE

---

#### CHAPITRE PREMIER

##### DES TRANSFORMATIONS DE MOUVEMENT

###### § 1. — ORGANES DE TRANSFORMATIONS DE MOUVEMENT.

**300.** Nous avons vu que le mouvement, considéré par rapport à l'espace, est rectiligne ou circulaire (ou plus généralement curviligne), et qu'il peut être continu ou alternatif; de là, les quatre mouvements suivants :

- 1° Mouvement rectiligne continu,
- 2° Mouvement rectiligne alternatif.
- 3° Mouvement circulaire continu.
- 4° Mouvement circulaire alternatif.

On désigne sous le nom d'*organes de transformations de mouvement*, les organes employés pour transformer le mouvement dont on dispose en un autre mouvement déterminé.

On appelle *transmission de mouvement* l'ensemble des organes qui servent à communiquer le mouvement d'une machine motrice à une autre machine quelconque, ou encore l'ensemble des organes qui servent à communiquer le mouvement d'une machine à une autre partie d'elle-même.

Plusieurs classifications ont été données de ces divers organes; le cadre de cet ouvrage ne nous permet pas d'en adopter une. Nous nous contenterons d'indiquer les principaux organes qui servent aux transformations les plus employées dans l'industrie, en les groupant dans l'ordre qui nous semblera le plus simple et le plus approprié à leur nature, et nous

indiquerons, pour chacun d'eux, le genre de transformation qu'ils opèrent.

En combinant les mouvements entre eux et chacun d'eux avec lui-même, on forme le tableau suivant comprenant toutes les transformations de mouvement.

Mouvement..	rectiligne continu...	{ en rectiligne..	{ continu.
		{ en circulaire..	{ alternatif.
	rectiligne alternatif..	{ en rectiligne..	{ continu.
		{ en circulaire..	{ alternatif.
	circulaire continu...	{ en rectiligne..	{ continu.
		{ en circulaire..	{ alternatif.
	circulaire alternatif..	{ en rectiligne..	{ alternatif.
		{ en circulaire..	{ alternatif.

§ 2. — PLAN INCLINÉ. — COIN. — VIS. — ROULEAUX.

**301. Plan incliné.** — *Lorsqu'un corps se meut sur un plan incliné, le chemin qu'il parcourt dans le sens vertical est au chemin qu'il parcourt dans le sens horizontal comme la hauteur du plan est à sa base.*

En effet, supposons que le corps M se soit transporté en M' (fig. 206) au bout d'un certain temps; le chemin parcouru MM' est le chemin résultant de deux chemins composants donnés en grandeur et en direction par les droites M'P et MP qui représentent, l'un M'P, le déplacement dans le sens vertical, et l'autre MP, le déplacement dans le sens horizontal.

Les triangles ABC et MM'P sont semblables et donnent :

$$\frac{M'P}{MP} = \frac{AC}{AB} \quad \text{C. Q. F. D.}$$

Les mêmes triangles donnent encore :

$$\frac{MM'}{MP} = \frac{BC}{AB}$$

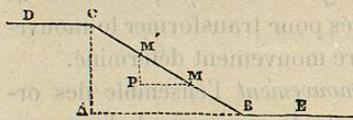


Fig. 206.

c'est-à-dire que *le chemin parcouru dans le sens de la longueur du plan est au chemin parcouru dans le sens horizontal comme la longueur du plan est à sa base.*

Si le corps s'élève d'un mouvement uniforme suivant BC, il se déplacera uniformément dans le sens vertical, et par suite on peut dire que *la vitesse d'ascension ou la vitesse verticale est à la vitesse de transport le long du plan comme la hauteur de ce plan est sa longueur.*

**302.** Le plan incliné peut être employé pour transformer un mouvement rectiligne continu dirigé horizontalement en un mouvement rectiligne continu dirigé verticalement. On obtient cette transformation au moyen d'une tige CD guidée verticalement (fig. 207); et terminée par un galet qui s'appuie sur la face EF d'un plan incliné EFI, guidé horizontalement.

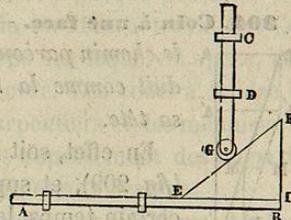


Fig. 207.

Si le plan incliné glisse vers la gauche, la tige s'élèvera, tandis qu'elle s'abaissera dans le glissement du plan en sens contraire. On voit qu'en faisant mouvoir le plan incliné de droite à gauche et de gauche à droite, la tige s'élèvera et s'abaissera alternativement. Donc, cet organe sert encore à transformer un mouvement rectiligne alternatif, guidé horizontalement, en un autre mouvement de même espèce dirigé verticalement, *et le chemin parcouru par la tige est au chemin parcouru horizontalement par le plan comme la hauteur de ce plan est à sa base.*

**303. Coin.** — Le coin est un prisme triangulaire ABCDEF (fig. 208), ordinairement en fer ou en bois très dur, que l'on introduit par l'arête EF, correspondant à l'angle dièdre le plus aigu, soit entre les parties d'un même corps que l'on veut séparer, soit pour opérer la compression de certains corps disposés à cet effet. Le coin n'est autre chose qu'un plan incliné employé pour d'autres usages.

La face ABDC s'appelle la *tête* du coin; l'arête EF, le *tranchant*, et les rectangles CDEF et AEFB, qui produisent par leur enfoncement le déplacement latéral des corps avec lesquels

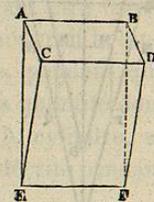


Fig. 208.

ils se trouvent en contact, sont appelés les *faces* du coin.

On distingue deux sortes de coins : 1° le *coin simple* ou à *une face*, dont la section droite est un triangle rectangle, et 2° le *coin double*, ou à *deux faces*, dont la section droite est un triangle quelconque; dans ce dernier cas, les faces latérales peuvent être également inclinées sur la tête; la section droite est alors un triangle isocèle, et le coin ainsi formé est dit *coin isocèle*; c'est la forme la plus généralement adoptée.

**304. Coin à une face.** — *Lorsqu'on emploie un coin simple, le chemin parcouru par le coin est à l'écartement produit comme la hauteur du coin est à la largeur de sa tête.*

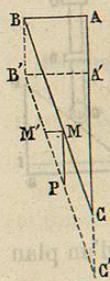


Fig. 209.

En effet, soit ABC le profil d'un coin à une face (fig. 209), et supposons qu'il prenne, au bout d'un certain temps, la position A'B'C'; tous ses points se seront déplacés, parallèlement à eux-mêmes, de la quantité  $MP = BB'$ , et l'un des points pressés M sera venu en M'; l'écartement produit est donc MM'. Les triangles semblables ABC et MMP donnent :

$$\frac{MP}{MM'} = \frac{AC}{AB} \quad \text{C. Q. F. D.}$$

**305. Coin à deux faces.** — *Lorsqu'on emploie un coin à deux faces, le chemin parcouru par le coin est à l'écartement produit comme la hauteur du coin est à la largeur de sa tête.*

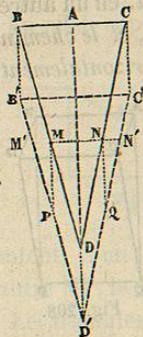


Fig. 210.

En effet, soit BCD (fig. 210) un coin isocèle qui, au bout d'un certain temps, prend la position B'C'D'; tous ses points se sont déplacés, parallèlement à eux-mêmes, de la quantité  $MP = NQ = BB'$ , et les points pressés M et N se seront transportés en M' et N'; l'écartement total produit est donc égal à  $MM' + NN' = 2MM'$ .

Ce coin pouvant être considéré comme étant formé par deux coins simples adossés par la base AD, nous aurons, d'après ce que nous avons trouvé plus haut :

$$\frac{MP}{2MM'} = \frac{AD}{2AB} = \frac{AD}{BC} \quad \text{C. Q. F. D.}$$

**306. Usages du coin.** — Le coin est employé, non-seulement comme organe de compression, mais il est la base de tous les outils nécessaires au travail des matériaux; il sert encore pour opérer un serrage convenable entre les différentes pièces des machines et il prend, dans ce cas, le nom de *clavette*.

La forme à donner aux outils varie suivant la nature du travail à exécuter et du degré de fini qui doit y être apporté; en général, leur tranchant doit être aussi aigu que possible, car ils pénètrent plus facilement dans la matière à travailler. Cet angle est limité par la dureté du corps sur lequel on opère, car le tranchant ne doit point se détériorer. Les coins à fendre le bois, les haches, les ciseaux des charpentiers et des menuisiers, les rabots, les couteaux, etc., nous représentent des coins de formes diverses et appropriés aux différents besoins.

Le coin est employé dans une machine appelée *presse à coins*, pour exercer des pressions et principalement pour extraire les matières grasses des graines oléagineuses.

La puissance peut agir sur le coin de deux manières différentes : 1° par choc, comme dans les coins pour fendre le bois, et dans les presses à coins; 2° par pression continue comme dans les clavettes.

**307. Vis et écrou. 1° Vis.** — La *vis* se compose d'un cylindre droit à base circulaire, appelé *noyau*, sur lequel s'enroule, en hélice, une saillie nommée *filet*, qui doit avoir partout la même section par rapport à un plan passant par l'axe du cylindre.

**308. Hélice.** — L'*hélice* est une courbe pouvant être considérée comme étant décrite par un point qui se mouvrait le long d'une génératrice, supposée fixe, d'un cylindre, pendant que celui-ci tournerait d'un mouvement uniforme. La quantité dont s'élève le point décrivant, pour un tour entier du cylindre, se nomme le *pas* de l'hélice, et la portion de courbe décrite pendant ce tour prend le nom de *spire*.

On construit l'hélice d'une manière très simple. Imaginons une feuille de papier rectangulaire AA'MM' (fig. 211), ayant pour longueur la circonférence de base du cylindre développée, et pour hauteur la hauteur de ce cylindre. La surface du rectangle sera égale à la surface latérale du cylindre et s'y appliquera exactement.

Cela posé, portons sur les côtés AM et A'M' les longueurs AC, CE, EM et A'C', C'E', E'M' égales au pas de l'hélice, et joignons

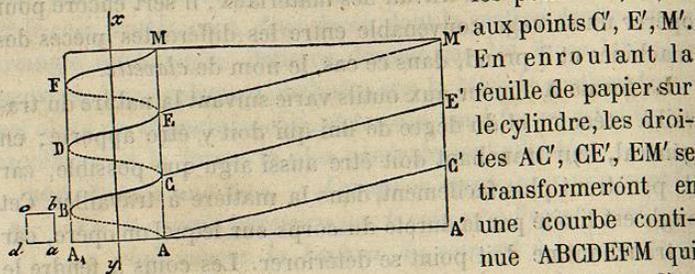


Fig. 211.

aux points C', E', M'. En enroulant la feuille de papier sur le cylindre, les droites AC', CE', EM' se transformeront en une courbe continue ABCDEFM qui sera l'hélice que l'on s'est proposé de construire, et dont chacune des droites nommées formera une spire.

**309. Génération de la vis.** — Considérons l'hélice ABCD... tracé sur le cylindre droit à base circulaire de diamètre AA<sub>1</sub>; si l'on imagine une figure plane *abcd*, dont le plan passe constamment par l'axe *xy*, et qui se meuve de telle sorte que l'un de ses sommets *a* décrive l'hélice ABCD..., on obtiendra le filet de la vis; l'ensemble du noyau et du filet prend le nom de *vis*.

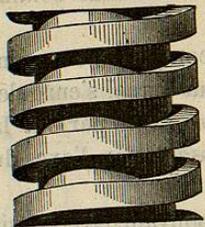


Fig. 212.

Si la figure *abcd* qui engendre le filet est un carré, on dit que la vis est à filets carrés (fig. 212); si cette figure est un triangle, la vis est dite à filets triangulaires.

On appelle *pas* de la vis, le pas de l'hélice directrice, c'est-à-dire la distance verticale comprise entre deux spires consécutives, ou, encore, la hauteur verticale comprise entre deux révolutions du filet.

Les vis en fer d'un assez fort diamètre sont généralement à filets carrés. Toutes les vis en bois, quelles que soient leurs dimensions, sont toujours à filets triangulaires, et le triangle générateur est un triangle isocèle rectangle dont l'hypoténuse s'appuie sur le noyau. Pour les vis en fer d'un faible diamètre, le triangle est tantôt un triangle équilatéral, tantôt un triangle isocèle dont la base s'appuie sur le noyau et dont les côtés forment entre eux un angle inférieur à 60°.

Dans les vis à filets triangulaires, le pas est égal à la base de

triangle générateur; il résulte de là que la surface extérieure du noyau est complètement recouverte des spires successives du filet, ce qui n'a pas lieu dans les vis à filets carrés, où la partie découverte est précisément égale à celle qui reçoit le filet

**310. 2° Écrou.** — L'écrou (fig. 213) est engendré par la même figure plane qui a servi à la formation du filet de la vis;

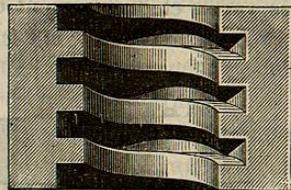


Fig. 213.

mais au lieu de former une saillie, elle détermine, dans un cylindre creux de même diamètre intérieur que le diamètre du noyau de la vis, une rainure hélicoïdale qui offre en creux une forme exactement pareille à la saillie de la vis, et dans laquelle

vient s'engager cette saillie. Si l'on maintient l'écrou fixe et qu'on y introduise l'extrémité de la vis, celle-ci prendra, en la faisant tourner, outre son mouvement de rotation, un mouvement de translation produit par le glissement de ses filets sur ceux de l'écrou, et pour une révolution entière elle se sera avancée parallèlement à son axe, d'une quantité égale au pas. Au contraire, si la vis est fixe et que l'on fasse tourner l'écrou, celui-ci se déplacera parallèlement à l'axe, d'une quantité qui, pour un tour, sera égale au pas. On pourra donc transformer un mouvement circulaire continu en un mouvement rectiligne continu.

Pour communiquer un mouvement de rotation à la vis, celle-ci est ordinairement munie, à l'une de ses extrémités, d'une partie plus grosse, prismatique ou cylindrique, qu'on nomme *tête*, et cette tête est percée d'un ou plusieurs trous pouvant recevoir des leviers qu'on manœuvre à la main.

**311. Rapport des chemins parcourus.** — *Le chemin parcouru par la vis ou par l'écrou est au chemin parcouru par la main qui agit, comme le pas de la vis est à la longueur de la circonférence décrite par cette main.* En effet, soient *h*, le pas de la vis et *R* le rayon de la circonférence décrite par la main qui agit sur le levier. Pendant une révolution de la vis, celle-ci se sera élevée, dans le sens de son axe, d'une quantité *h* égale au pas, et la main qui agit aura parcouru la longueur  $2\pi R$  de

la circonférence de rayon R. Donc, le rapport des chemins parcourus sera donné par la relation :

$$\frac{e}{e'} = \frac{h}{2\pi R}$$

**312. Usages de la vis.** — La vis est un des organes de transformation dont l'emploi est le plus fréquent; ses usages sont très variés et diversement combinés.

1° *La vis est mobile et l'écrou est fixe.* — La presse représentée par la figure 214 nous offre un exemple de cette transformation. La vis A est terminée, à son extrémité inférieure, par une partie C d'un plus fort diamètre, percée de trous destinés à recevoir des leviers. Un plateau D, dont le mouvement de rotation est empêché par deux oreilles latérales qui s'engagent dans des rainures verticales pratiquées dans les montants M et N, participe au mouvement de translation de la vis. L'écrou B est boulonné à une forte traverse supérieure qui relie les deux montants. Si l'on fait tourner la vis A, le plateau D descendra et les corps placés entre D et E seront comprimés.

La vis est encore mobile dans les balanciers à découper, à frapper les monnaies, à percer et dans les vérins.

2° *L'écrou est mobile, mais il ne peut prendre qu'un mouvement de rotation autour de son axe.* — La vis prend alors un mouvement de translation dans le sens de son axe, comme dans les vis des anciennes manœuvres de vannes, dans les appareils de serrage appelés *clefs à vis*, et dans les lorgnettes ou jumelles de théâtre.

3° *L'écrou est mobile, mais il ne peut prendre qu'un mouvement de translation parallèle à l'axe.* — La vis est alors main-

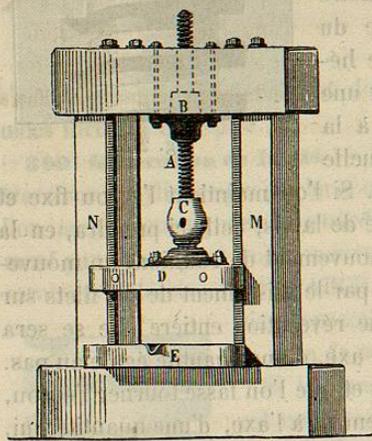


Fig. 214.

tenue de façon à ne pouvoir prendre qu'un mouvement de rotation. Cette disposition est employée dans les machines à diviser, à fileter, dans les vis calantes, vis de rappel et vis micrométriques.

4° *La vis est fixe.* — L'écrou est animé de deux mouvements, l'un de translation et l'autre de rotation, comme dans les boulons de serrage.

**313. Vis différentielle de Prony.** — La vis différentielle de Prony se compose d'un noyau portant, à ses deux extrémités, deux vis de pas différents  $h$  et  $h'$ , dont l'une pénètre dans un écrou fixe et l'autre dans un écrou mobile en translation.

Supposons que  $h$ , pas de la vis s'engageant dans l'écrou mobile, soit plus grand que  $h'$ , pas de la vis s'engageant dans l'écrou fixe. Pendant que la vis fait un tour, elle pénètre dans l'écrou fixe d'une quantité égale au pas correspondant  $h'$ ; si l'écrou mobile faisait corps avec la vis, il se serait approché de l'écrou fixe de cette quantité; mais pendant ce temps, il s'en est éloigné d'une quantité  $h$ . Par conséquent, la quantité dont l'écrou mobile se sera éloigné de l'écrou fixe sera  $h - h'$ . En rendant cette différence très faible, on rendra le déplacement de l'écrou mobile, pour un tour de la vis, aussi petit qu'on le voudra.

**314. Vis à pas contraires.** — On emploie quelquefois une vis dite à *pas contraires*, formée d'un noyau sur lequel sont disposées, à ses deux extrémités, deux vis dont les filets sont inclinés en sens contraire, et chacune de ces vis reçoit un écrou qui ne peut se mouvoir qu'en translation. En faisant tourner la vis qui ne peut prendre qu'un mouvement de rotation, les deux écrous se rapprocheront ou s'éloigneront suivant le sens du mouvement. Si les pas sont égaux, le chemin parcouru par chacun des écrous, pour un tour de la vis, sera égal au pas, et les écrous s'approcheront ou s'éloigneront d'une quantité double du pas.

Cette disposition est employée dans les tendeurs d'attelage qui relient les wagons d'un même train, et pour réunir les extrémités de deux conduits qui doivent être dans le prolongement l'un de l'autre. On l'emploie encore dans la détente Meyer pour éloigner ou pour rapprocher deux plaques mobiles servant à régler la détente.

**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

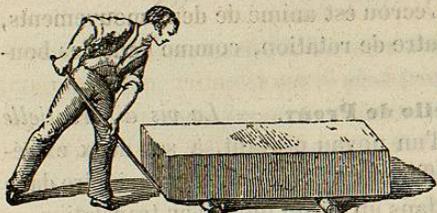


Fig. 215.

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  $R'$ ,  $\omega$  et  $\omega'$

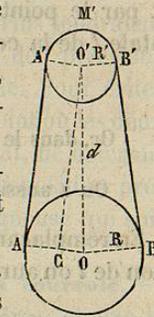


Fig. 216.

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-