

Transmission et transformation de mouvement

Patrice Raffarin, professeur sciences physiques à l'IUFM de Poitiers

I) Quelques mouvements :

Au cours d'un déplacement :

- un corps présente un mouvement de **translation** si tous les points de celui-ci décrivent des trajectoires parallèles (ex : un tiroir effectue un mouvement de translation le long des glissières de son casier).
- Un corps présente un mouvement de **rotation** si un point ou un axe de celui-ci reste fixe (ex : une porte en rotation autour de ses gonds) ou si tous les points du solide sont toujours à la même distance de l'axe de rotation (ex : cycliste sur une piste circulaire).
- Un corps présente un mouvement **hélicoïdal** si ce mouvement est obtenu par la combinaison d'une rotation autour d'un axe et d'une translation de cet axe (ex : une vis que l'on visse dans un mur).

II) Systèmes de transmission de mouvements :

Il y a transmission de mouvements quand on retrouve à la sortie du dispositif le même type de mouvement qu'à l'entrée.

Dispositifs :

- poulies/courroies : rotation-rotation (ex : machine à coudre, ventilateur, téléski...).
- Pignons/chaîne : rotation-rotation (ex : bicyclette...).
- Engrenages : rotation-rotation (ex : essoreuse à salade, montre...).
- Roue dentée/vis sans fin : rotation-rotation (ex : barrière d'un passage à niveau).

III) Système de transformation de mouvements :

Il y a transformation d'un mouvement quand on retrouve, à la sortie du dispositif, un mouvement de nature différente de celui de l'entrée.

Dispositifs :

- treuil : rotation-translation (ex : grue, moulinet de canne à pêche...).
- came/tige ou excentrique/tige : rotation continue - translation en va-et-vient (ex : boîte à musique, jouets...).
- bielle/manivelle : rotation continue - translation ou rotation en va-et-vient (ex : machine à coudre, moteur à explosion, meule ...).
- roue dentée/crémaillère : rotation-translation (ex : tire-bouchon à bras, cric...).
- vis sans fin/crémaillère : rotation-translation (ex : clef à molette, étau...).
- vis/écrou : rotation-translation (ex : serre-joint, cric, presseur...).

IV) Quelques caractéristiques de systèmes de transmission de mouvement :

On dit qu'il y a transmission de mouvement lorsqu'on retrouve à la sortie d'un dispositif le même type de mouvement qu'à l'entrée.

1) Le système « engrenages » :

Un engrenage est un mécanisme constitué de deux roues dentées mobiles en rotation autour de deux axes. Ces roues sont caractérisées par leur diamètre et le nombre de dents qu'elles possèdent. L'une entraîne l'autre par l'action de dents successivement en contact, c'est la roue menante. La seconde à qui est transmis le mouvement est nommée roue menée. On parlera aussi de roues d'entrée et de sortie. Ce système qui permet la transmission d'un mouvement de rotation, peut toutefois en modifier certaines caractéristiques

:

- **Modification du sens de rotation**

Deux roues, dentées extérieurement, qui s'engrènent ont des sens de rotation opposés. Pour obtenir à l'entrée et à la sortie le même sens de mouvement, il faudrait placer une roue intermédiaire. Plus généralement, lorsque le nombre de roues est impair, le sens de rotation de la roue de sortie et celle de la roue d'entrée sont identiques, dans le cas contraire ils sont inverses.

Dans le cas où une roue dentée s'engrène à l'intérieur d'une autre roue dentée, il y a conservation du sens de rotation. Vous en aurez confirmation en observant le fonctionnement d'une essoreuse à salade, où le sens de la rotation du panier est identique à celui de la rotation de la manivelle.

- **Modification de la direction de l'axe de rotation de la roue menée**

Certains objets tel, en cuisine, un batteur mécanique manuel, utilisent des engrenages pour changer de plan l'axe de la rotation. En effet, dans un souci d'ergonomie et donc d'efficacité dans le mouvement, il est préférable de tourner la manivelle autour d'un axe horizontal, tandis que les fouets eux, se meuvent toujours autour d'axes verticaux.

- **Modification de la vitesse de rotation de l'axe d'enroulement du fil**

En utilisant une grue, on constaterait que la roue menée effectuée en un temps donné un nombre de tours beaucoup moins important que la roue menante.

L'explication peut être donnée simplement de la manière suivante :

l'engrènement engage simultanément une dent de chaque roue. Pour effectuer un tour la roue la plus grande aura engrené 40 dents, la plus petite aura fait de même, mais ne possédant que 8 dents sur sa circonférence, elle devra dans le même temps, effectuer 5 tours. Dans le mécanisme présenté, on peut affirmer que la roue d'entrée, liée à la manivelle, tourne 5 fois plus vite que la roue de sortie liée à l'axe d'enroulement du fil. Cet état de fait a des conséquences sur la vitesse d'élévation de la charge.

Plus généralement, il existe un rapport de proportionnalité inverse entre le nombre de tours d'une roue dentée et son nombre de dents. Ce rapport K, nommé rapport de transmission du mouvement, s'exprime selon la relation suivante : $K = N_2/N_1 = Z_1/Z_2$ (où Z1 et Z2 sont respectivement le nombre de dents de la roue d'entrée et de sortie et N1 et N2 le nombre de tours effectués par la roue d'entrée et la roue de sortie pendant la durée du mouvement).

- Si le nombre de dents de la roue d'entrée est supérieur à celui de la roue de sortie, alors la vitesse de rotation de la roue de sortie est supérieure à celle de la roue d'entrée. Lorsque $K > 1$, on dit que le système est multiplicateur ou surmultiplicateur

- Si le nombre de dents de la roue d'entrée est inférieur à celui de la roue de sortie, alors la vitesse de sortie est inférieure à celle de la roue d'entrée.

Lorsque $K < 1$, on dit que le système est démultiplicateur ou réducteur.

Vous pouvez observer une multiplication de la vitesse de rotation dans les objets évoqués précédemment : l'essoreuse à salade et le fouet mécanique. Lorsque l'on utilise deux roues dentées de même caractéristique, c'est que l'on ne souhaite pas modifier la vitesse du mouvement mais simplement inverser la rotation ou modifier la direction de son axe.

2) Le système « poulie - courroie » :

Ce dispositif, qui assure la transmission d'un mouvement de rotation à distance renferme au minimum 2 poulies et une courroie.

Une poulie est une roue portée par un axe et dont la jante est aménagée pour recevoir une courroie. Il s'agit de transmettre un mouvement à distance.

L'entraînement est réalisé par l'adhérence de la courroie sur les poulies.

Deux poulies reliées par une courroie directe ont le même sens de rotation, deux poulies reliées par une courroie croisée ont des sens de rotation inverses.

Si les deux poulies ont le même diamètre, elles effectuent, en un temps donné, le même nombre de tours. Si elles ont des diamètres différents, la vitesse de rotation est multipliée ou démultipliée.

3) Le système « pignon - chaîne » :

Ce système permet la transmission d'un mouvement de rotation entre deux roues dentées qui ne sont pas en contact. L'entraînement se fait par les maillons d'une chaîne qui s'engrènent sur les dents de la roue. Ce système ne modifie pas le sens de rotation de la roue de sortie.

Nous connaissons tous au moins un exemple d'objet utilisant ce mécanisme : la bicyclette.

La présence d'un dérailleur permet de choisir un rapport de transmission. Celui-ci est égal au nombre de tour de la roue arrière pour un tour de pédalier.

Le choix d'un rapport de transmission a une conséquence sur le développement, c'est-à-dire sur la distance en mètres parcourue par la roue arrière pour un tour de pédalier. Le développement (D) est donc égal au produit du périmètre de la roue arrière ($2\pi \times R$) par le rapport de transmission (K) :

$$D = 2\pi \times R \times K$$

Lorsque la route s'élève, l'énergie à fournir par le cycliste pour vaincre les forces qui l'attirent vers le bas de la côte est importante. Il doit alors choisir de diminuer son développement (plus petit plateau à l'avant et plus grand pignon à l'arrière), afin de réduire la distance parcourue pour chaque tour de pédalier, et adapter ainsi la vitesse de montée à la puissance musculaire disponible.

Lorsque la route devient horizontale, aucune force ne l'attire plus vers l'arrière et n'ayant à vaincre que les forces de frottements et la résistance de l'air, l'énergie qu'il doit fournir pour avancer est moindre. Il peut donc choisir d'augmenter la distance parcourue pour chaque tour de pédalier en optant pour un plus grand développement (plus grand plateau à l'avant et plus petit pignon à l'arrière) et ainsi, en utilisant la même puissance que lors de la montée, se déplacer plus rapidement.



V) Quelques caractéristiques de transformation de mouvements :

1) Le système « vis sans fin / roue dentée » :

La **vis sans fin**, inventée par Archimède, a l'allure d'un cylindre présentant un filetage, régulièrement réparti d'une extrémité à l'autre.

Un tour complet de la vis sans fin fait tourner la roue dentée d'une seule dent. La vis sans fin est souvent utilisée pour obtenir une grande réduction de vitesse et une augmentation de force.

2) Le système « came/tige » :

Une **came** est une pièce mécanique non circulaire à laquelle est imprimé un mouvement de rotation et destiné à transmettre le mouvement d'une tige. Elle transforme le mouvement de rotation en un mouvement de translation alternatif (ex : jeu de la tête dansante).

L'amplitude du mouvement est liée aux dimensions de la came.

3) Le système « bielle/manivelle » :

La **bielle** est une tige rigide, articulée, à ses 2 extrémités, destinée à la transmission du mouvement entre 2 pièces mobiles.

La **manivelle** est un organe de machine auquel est imprimé un mouvement de rotation.

Dans ce système, un mouvement de rotation est imprimé à la manivelle et la bielle assure la transformation du mouvement à une autre pièce, tel le piston.

Ce dispositif est réversible. L'amplitude du mouvement est liée à la distance.