

OBJETS TECHNIQUES – TRANSMISSIONS DE MOUVEMENTS

Ce chapitre étudie la façon dont un mouvement se transmet d'un corps ou d'un système à un autre. Nous utiliserons délibérément le terme de transmission lorsque le mouvement ne changera pas de nature ; ainsi un mouvement rectiligne générera un autre mouvement rectiligne ou un mouvement circulaire entraînera un autre mouvement circulaire.

1. Transmission de mouvement linéaire.

C'est le cas du wagon qui en pousse un autre ou du carreau de pétanque.



En simplifiant les relations qui peuvent exister entre la partie motrice (ou menante, encore appelée « entrée ») qui génère le mouvement, et la partie menée (ou réceptrice, ou « sortie ») à qui est transmise le mouvement, on se réfère aux lois qui régissent la transmission de la quantité de mouvement pour décrire ce phénomène.

En mécanique, la quantité de mouvement est définie comme le produit p de la masse par la vitesse.

$$p = m \times v$$

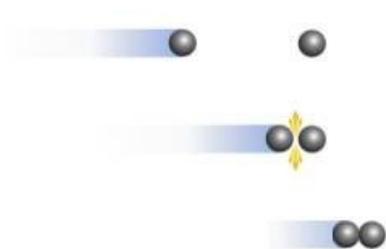
Vitesse [m.s^{-1}]

Masse du corps [kg]

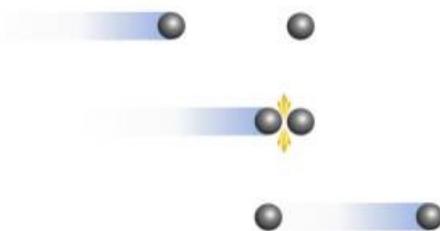
Quantité de mouvement en grover [G] ou en kg.m.s^{-1}

Ainsi, la quantité de mouvement qu'a le système avant le choc est égale à la quantité de mouvement qu'a le système après le choc.

Nous n'entrerons pas dans les détails dans le cadre de ce cours, nous remarquerons simplement que ce qui distingue nos deux exemples réside dans le fait que les wagons restent accrochés l'un à l'autre après la collision (qui est inélastique) alors que les boules de pétanque restent séparées (collision élastique).



Exemple des wagons



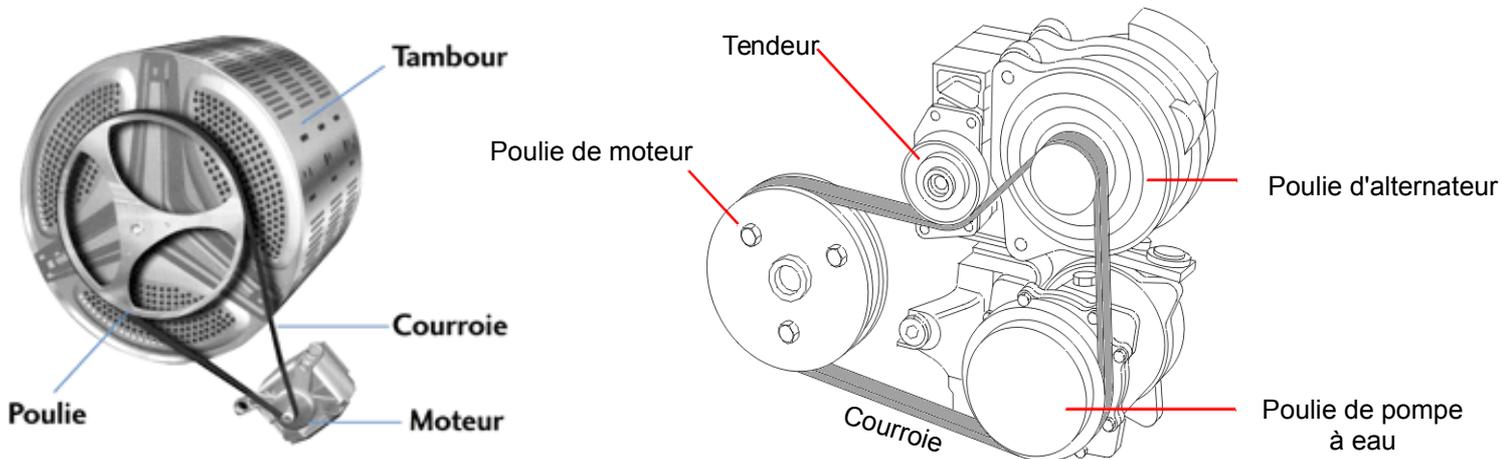
Exemple des boules de pétanque

2. Transmission de mouvement circulaire.

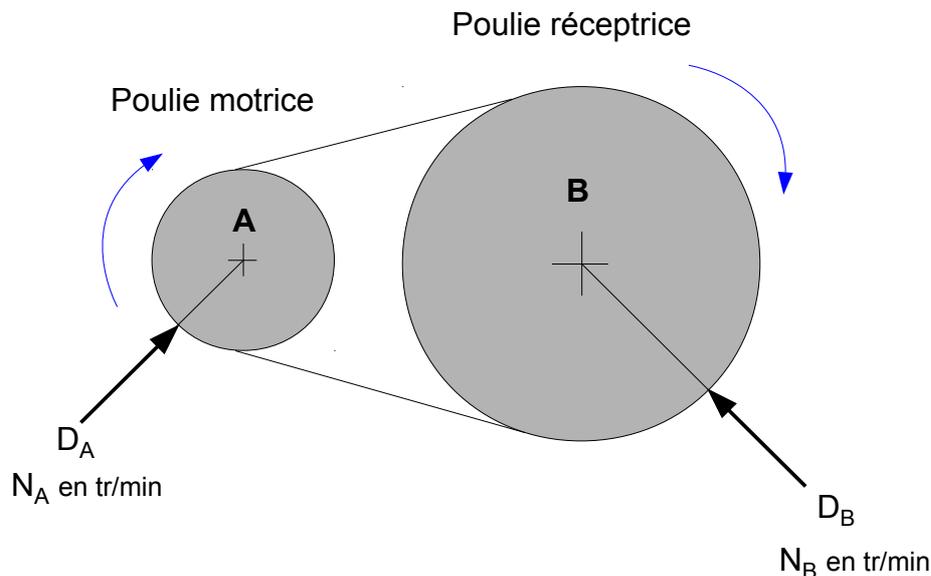
Il y a plusieurs mécanismes à aborder car les éléments qui les constituent sont différents :

A. Entraînement par poulies - courroie.

Ce système permet de transmettre un mouvement circulaire continu par adhérence ou par coincement d'une courroie souple dans les gorges de poulies. Il est encore très utilisé aujourd'hui, notamment dans les machines-outils, les lave-linges ou pour entraîner les alternateurs d'automobiles.



Le schéma descriptif d'un système de deux poulies A & B est le suivant :



où :

D_A est le diamètre de la poulie A (le plus souvent en mm {en mécanique} ou en m {physique})

N_A indique la fréquence de rotation de la poulie A en tours par minute [tr/min]

D_B est le diamètre de la poulie B (le plus souvent en mm {en mécanique} ou en m {physique})

N_B indique la fréquence de rotation de la poulie B en tours par minute [tr/min]

En mécanique, on utilise les valeurs des diamètres et non des rayons car les poulies ou les outils circulaires sont montés sur des axes et sont par conséquent troués. Il n'est pas possible alors de vérifier les rayons, par contre l'accès à la plus grande corde qu'est le diamètre reste possible.



Poulie



Lame de scie circulaire

Relation liant le diamètre à la fréquence de rotation.

Lorsque la poulie A fait un tour, tout point de sa périphérie parcourt une distance égale au périmètre de la poulie qui vaut $D_A \times \Pi$ que l'on exprime en m en physique. Cela équivaut à dire que si l'on posait la poulie au sol, elle parcourrait cette distance au bout d'un tour.

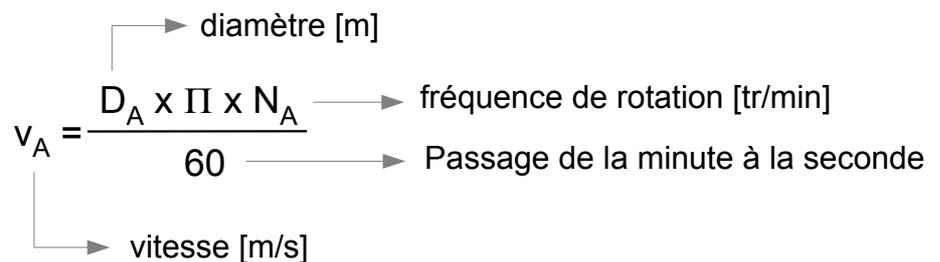
Si en une minute, la poulie A fait N_A tours, on exprime sa fréquence de rotation comme valant N_A tr/min.

(En physique, si l'on veut calculer la vitesse périmétrique (ou linéaire) de cette poulie A en m/s (ce qui est l'unité officielle en physique), on applique les formule de définitions qui sont :



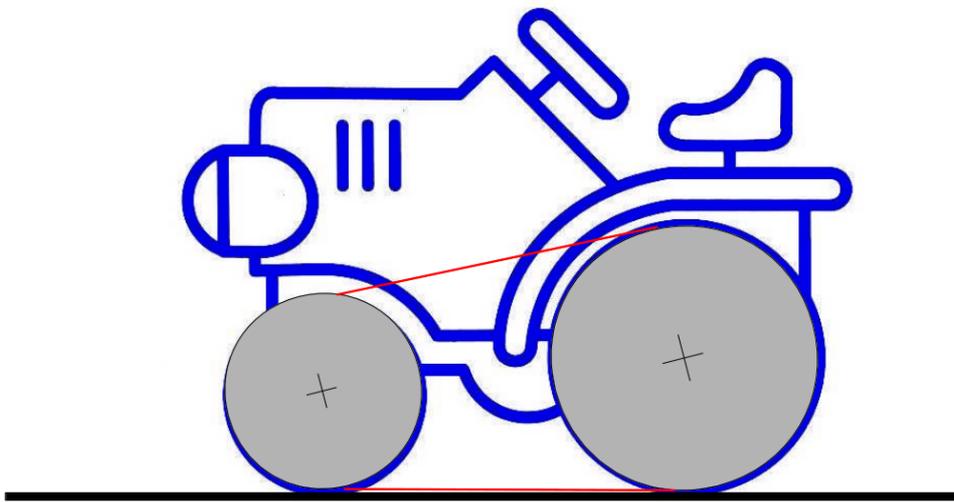
Ce qui revient à calculer la vitesse de déplacement que ferait cette poulie si on la posait au sol.)

Ici, connaissant la distance et le nombre de tours faits en une minute, on exprime alors la vitesse périmétrique comme étant :



C'est effectivement cette formule qui est utilisée dans les ateliers pour calculer la vitesse périmétrique des poulies ou des outils.

Comme les deux poulies A & B sont reliées par une courroie, on constate que **les deux poulies ont la même vitesse périmétrique**. En effet, si l'on posait au sol le système complet, il se déplacerait de façon synchrone en ayant l'avant et l'arrière allant à la même vitesse, à l'image d'un tracteur avec ses deux grandes roues arrières et ses deux petites roues avant qui se déplacent à la même vitesse sans toutefois effectuer le même nombre de tours par minute.



On peut donc développer l'égalité :

$$v_A = v_B$$

qui correspond à écrire :

$$\frac{D_A \times \pi \times N_A}{60} = \frac{D_B \times \pi \times N_B}{60}$$

expression que l'on peut simplifier :

$$\frac{D_A \times \cancel{\pi} \times N_A}{\cancel{60}} = \frac{D_B \times \cancel{\pi} \times N_B}{\cancel{60}}$$

Ce qui conduit à la relation :

$$D_A \times N_A = D_B \times N_B$$

relation « d'entrée & sortie » :

Si D_A est petit et D_B grand
alors N_A est grand et N_B petit

Pour finir avec ce système, notons qu'il existe des montages dans lesquels on croise la courroie, ce qui a pour but d'obtenir une inversion du sens de rotation pour les deux poulies, mais attention aux frottements à l'endroit du croisement !



B. Entraînement par engrenage.

Extrêmement utilisé en horlogerie ou en mécanique (automobile, machine à coudre...) et dans grand nombre de domaines, l'entraînement par engrenage évite le glissement entre la roue motrice et la roue menée puisque le contact se fait directement par l'intermédiaire de roues dentées. Il existe d'ailleurs un grand nombre de types d'engrenages.

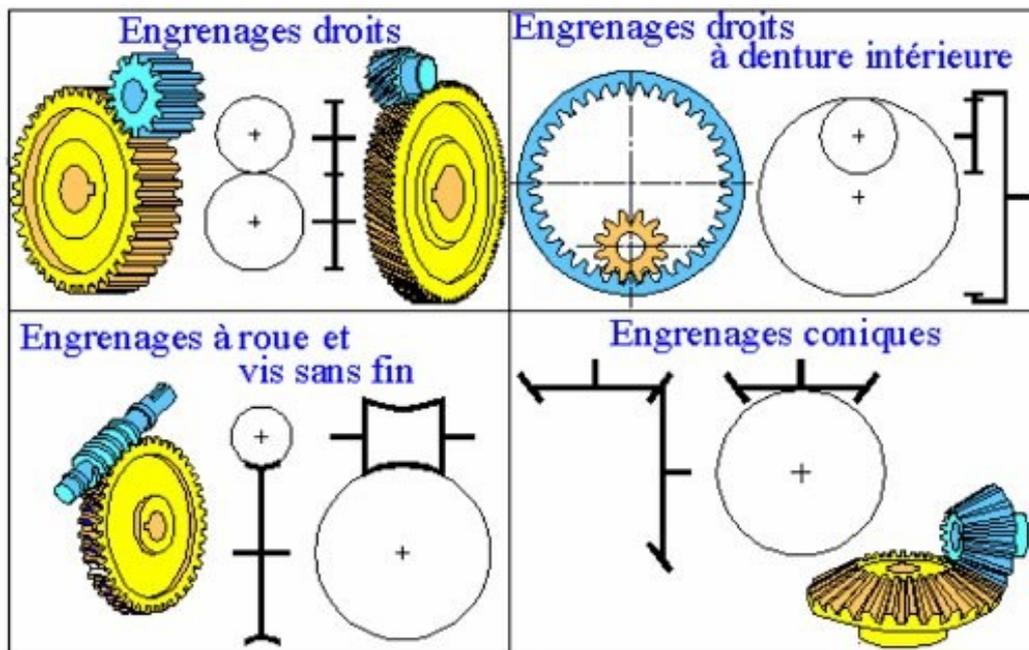
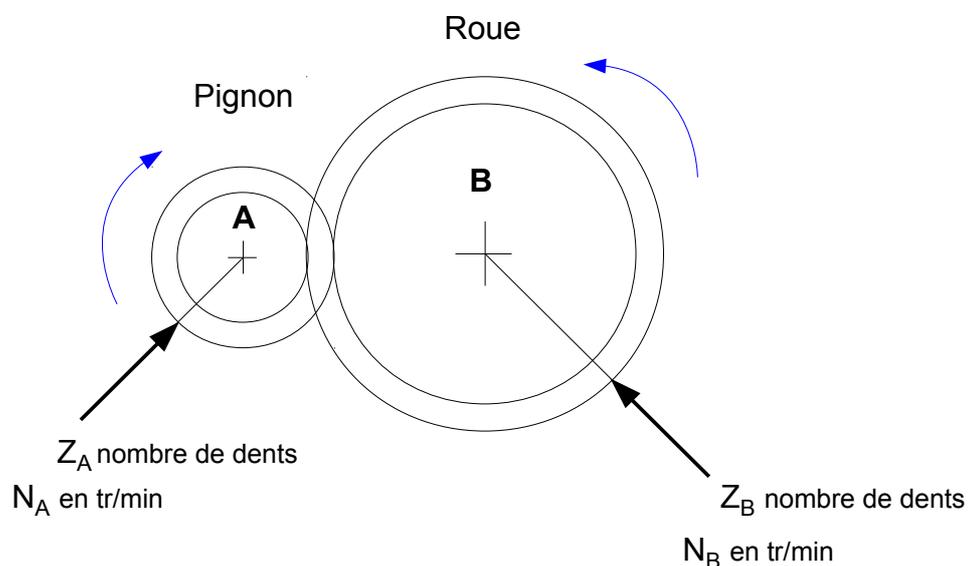


Schéma descriptif d'un engrenage droit :



Dans un engrenage, la petite roue dentée est le plus souvent appelée « pignon » et la grande est appelée « roue ».

Pignon et roue tournent en sens inverse.

L'on remarque sur ce schéma l'absence d'indication du diamètre des éléments. En effet, pour caractériser une roue dentée, le nombre de dents qu'elle possède à sa périphérie (noté Z en mécanique en souvenir du mot allemand ZAHN) est préféré au diamètre. Étant donné qu'il existe un rapport de proportionnalité directe entre ce nombre de dents et le diamètre (plus la roue est grande, plus il y a de dents) et que pour s'engrener correctement, les dents doivent être identiques, cette indication notée Z_A et Z_B convient.

Relation liant le nombre de dents à la fréquence de rotation.

La proportionnalité directe existant entre diamètre et nombre de dents conduit à pouvoir substituer les deux notions dans la relation vue plus haut :

on obtient :

$$Z_A \times N_A = Z_B \times N_B$$

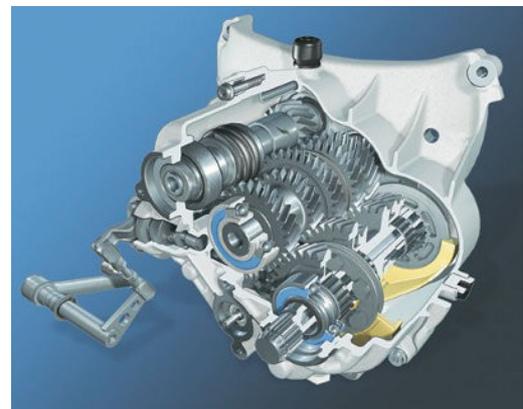
On peut considérer également N_A et N_B comme les nombres de tours effectués par les roues dentées, étant donné que le mouvement de l'une se fait de façon simultanée avec le mouvement de l'autre, donc selon la même durée.

Par contre cette relation ne s'applique pas pour le montage d'engrenages à roue et vis sans fin.

Exemples dans les pratiques.



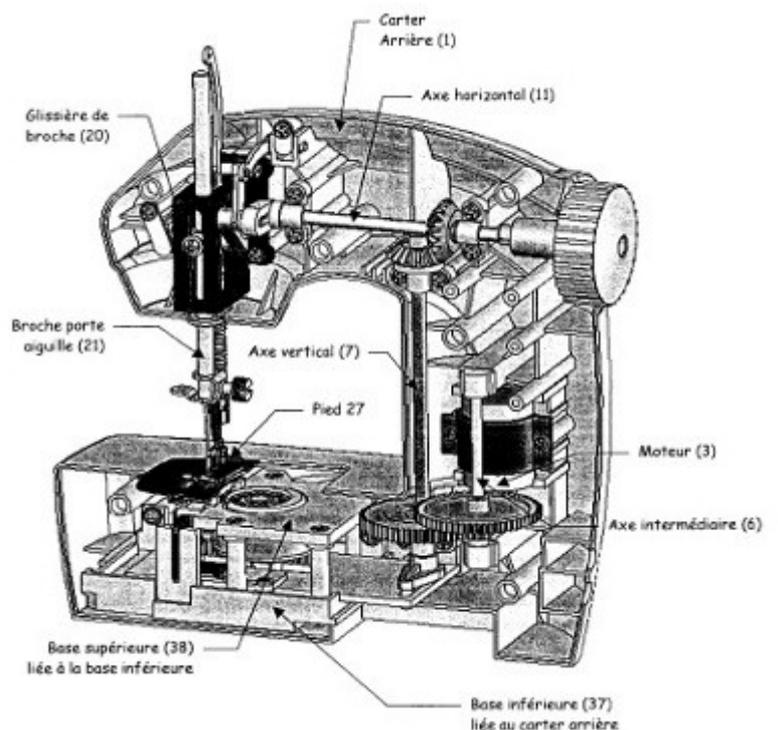
Horlogerie (mouvement de chronomètre)



Mécanique (boîte de vitesse)



Essoreuse à salade



Machine à coudre

Enfin, lorsque des roues dentées sont associées en nombre supérieur à 2, on parle de train d'engrenages.



Exemple de calcul :

Nous voyons en présentiel que le mécanisme d'essoreuse à salade dont nous disposons a une roue à $Z_B = 48$ dents et un pignon à $Z_A = 12$ dents. Nous nous posons la question de savoir combien de tours fait le pignon (qui entraîne lui-même le panier à salade) lorsque l'on fait faire $N_B = 1$ tour à la roue par l'intermédiaire de la manivelle extérieure.



On applique la relation :

$$Z_A \times N_A = Z_B \times N_B$$

On remplace par les valeurs :

$$12 \times N_A = 48 \times 1$$

Et donc :

$$N_A = \frac{48 \times 1}{12} = 4 \text{ tours}$$

Rapport de transmission.

C'est le rapport établi entre la fréquence de rotation de sortie d'un mécanisme de transmission et la fréquence de rotation d'entrée (on se rappelle que l'entrée correspond à la partie motrice et que la sortie correspond à la partie réceptrice).

Il est noté :

r n'a pas d'unité car c'est un rapport de comparaison de deux grandeurs de même nature.

$$r = \frac{N_{\text{sortie}}}{N_{\text{entrée}}}$$

Dans l'exemple de l'essoreuse à salade précédent, on peut affirmer que $r = \frac{N_A}{N_B} = \frac{4}{1} = 4$.

Ainsi, si une ménagère actionne une essoreuse identique à la fréquence $N_B = 140$ tr/min, la fréquence de sortie sera :

$$N_A = r \times N_B = 4 \times 140 = 560 \text{ tr/min.}$$

C. Entraînement par pignons - chaîne.

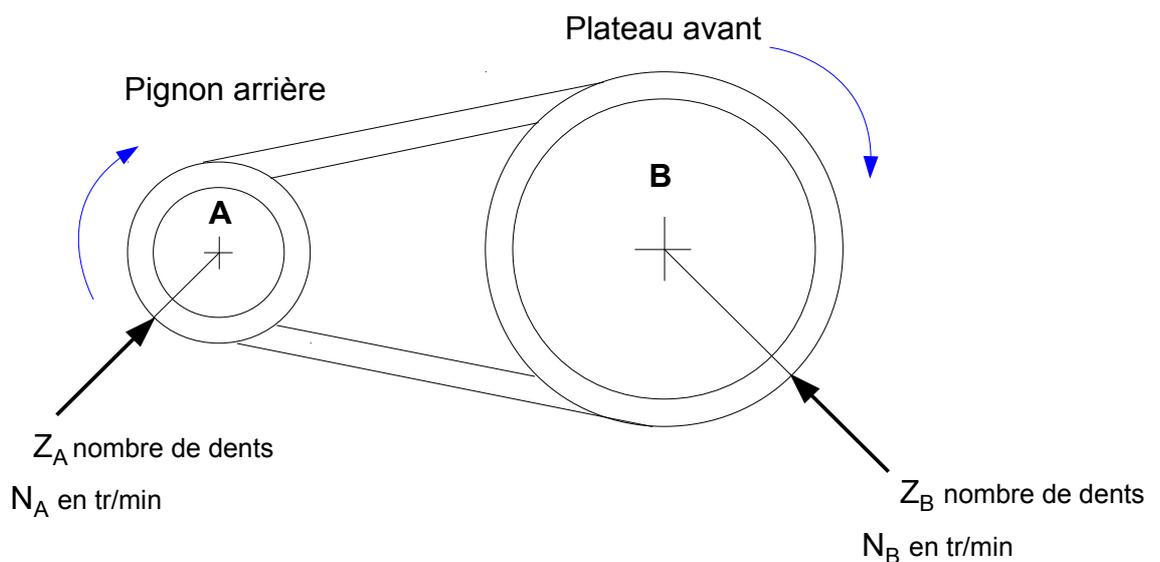
C'est ce que nous connaissons toutes et tous avec la bicyclette, la mobylette, la moto et pour les amateurs de voitures anciennes, la chaîne de distribution.



Il s'agit d'un montage hybride entre les poulies – courroie et les engrenages.

Pour éviter tout glissement de la courroie sur les poulies, on remplace ces dernières par des roues dentées et la courroie par une chaîne.

Le schéma descriptif pour une bicyclette est par exemple :



La relation entre la fréquence de rotation et le nombre de dents est la même que pour les engrenages, le rapport de démultiplication se calcule aussi de la même façon.

Il faut avoir présent à l'esprit que la partie motrice est le plateau avant (endroit où le cycliste actionne le pédalier) que l'on considère alors comme l'entrée et que la partie menée est le pignon arrière qui est la sortie.

Les progrès dans la maîtrise des matériaux et des outils de construction nous conduisent aujourd'hui à utiliser de plus en plus un système de pignon - courroie crantée (qui remplace la chaîne) tout en revenant moins cher à la fabrication ou, comme sur le VéloP, un cardan.

D. Entraînement par friction (ou à galet).

Très répandu dans les années 60 dans les mécanismes des électrophones (tournes-disques), puis moyen incontournable de propulsion du vélo Solex, l'entraînement à galet subsiste encore aujourd'hui dans la mise en mouvement de l'alternateur de bicyclette.

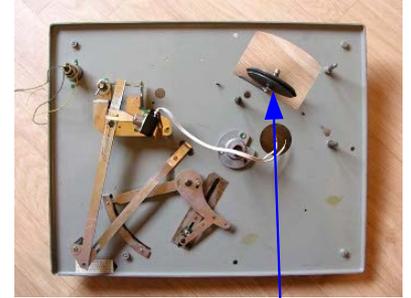
Exemples d'**électrophones** avec deux montages de galets différents.



Plateau tourne-disque



Galet frottant sur la paroi verticale du plateau

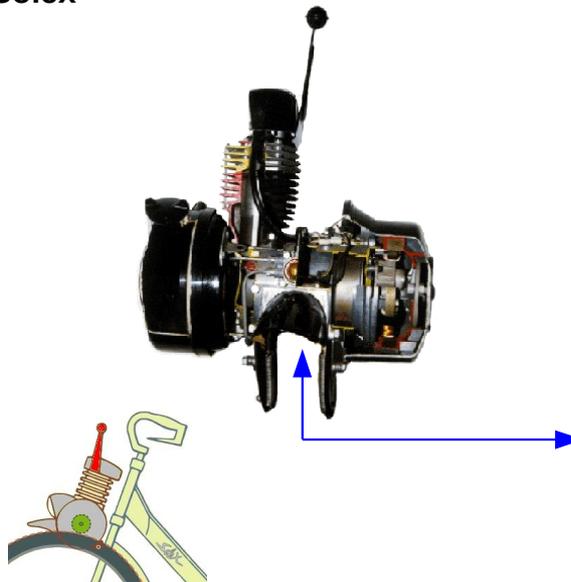


Galet frottant sur la paroi horizontale du plateau

Moyen de propulsion du **Solex**



Vélo Solex

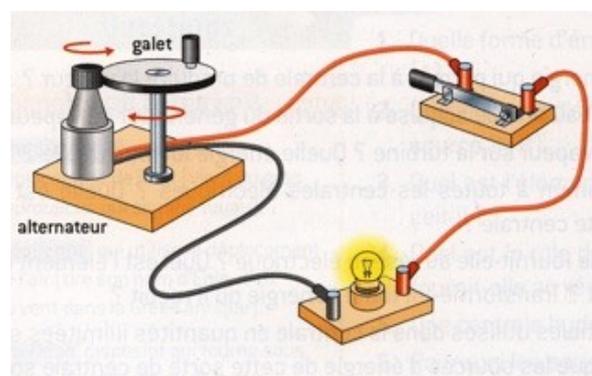


Galet débrayé ici, qui vient frotter directement sur la roue quand le Solex est en marche

Alternateur de bicyclette ou **dynamo**

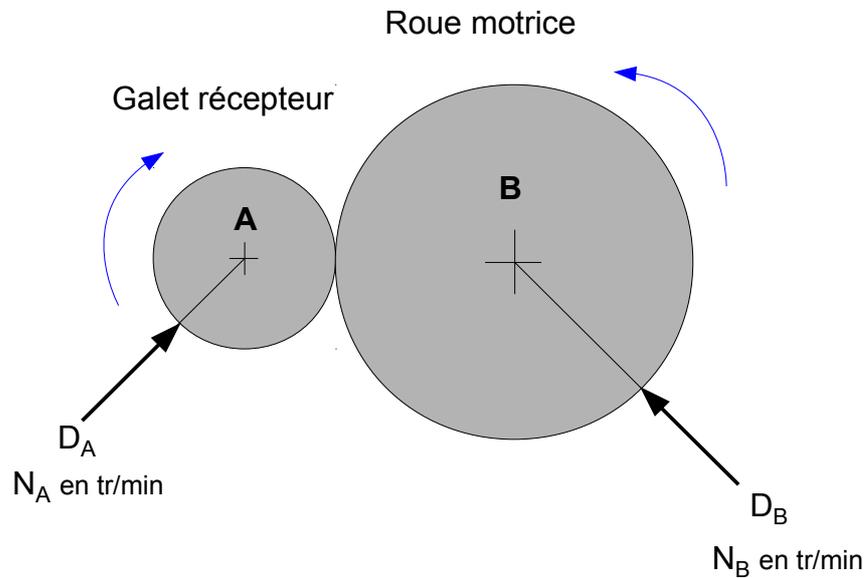


La roue tourne et frotte sur le galet qui entraîne alors l'alternateur



Maquette montrant la production d'électricité par l'entraînement du galet d'alternateur

Le schéma descriptif de l'entraînement à galet est :



La relation entre la fréquence de rotation et le diamètre des roues et galets est la même que pour l'entraînement par poulies - courroie, le rapport de transmission se calcule aussi de la même façon.

Dans les exemples donnés, la partie motrice et la partie réceptrice ont été placées au gré des situations. Il va de soi qu'il faudra à chaque fois s'interroger, dans les exemples abordés avec les élèves, sur ce qui est moteur (entrée) et sur ce qui est récepteur (sortie).