

Puissance mécanique

Approche qualitative

Imaginons des cyclistes de même poids et ayant le même vélo. Ils ont tous la même cote à gravir et ils font la course.

Le premier arrivé en haut est le plus puissant.

Imaginons deux randonneurs cyclistes. Ils montent tous les deux une même cote à la même vitesse.

Celui qui transporte le plus de bagages fourni le plus de puissance.



La puissance mécanique à fournir pour déplacer un solide est proportionnelle :

- à la **vitesse** du solide et
- à la **force** appliquée pour le déplacer.

Approche quantitative

Dans le cas d'un solide **en translation** :

$$P = F \cdot V$$

Avec :

P la puissance mécanique en W (Watt)

F la force appliquée au solide en N (Newton)

V la vitesse du solide en m/s

L'unité de la force est le Newton.

10 N est approximativement le poids d'un kg

Dans le cas d'un solide **en rotation** :

$$P = C \cdot \omega$$

Avec :

P la puissance mécanique en W (Watt)

ω (oméga) la fréquence de rotation en rad/s

C le couple appliquée au solide en N.m

Fréquence de rotation :

$$\omega = 2 \pi N / 60$$

où N est le nombre de tours par minutes



Couple :

En exerçant un couple de forces comme indiqué ci-contre, on peut desserrer la vis.

Le couple est la tendance à faire tourner appliquée à un solide (ici sur la clé).

Plus F de chaque côté est important plus le couple est important.

Plus la distance d entre les points d'application du couple de force est importante plus le couple est important aussi.



La traduction mathématique est : $C = F \times d$

Courbe de puissance d'un moteur électrique

L'arbre de sortie d'un moteur est un solide en rotation.

La puissance d'un moteur est donc : **$P_m = C_m \cdot \omega_m$**

C_m le couple moteur est maximum quand le moteur est bloqué. Sa fréquence de rotation est alors nulle.

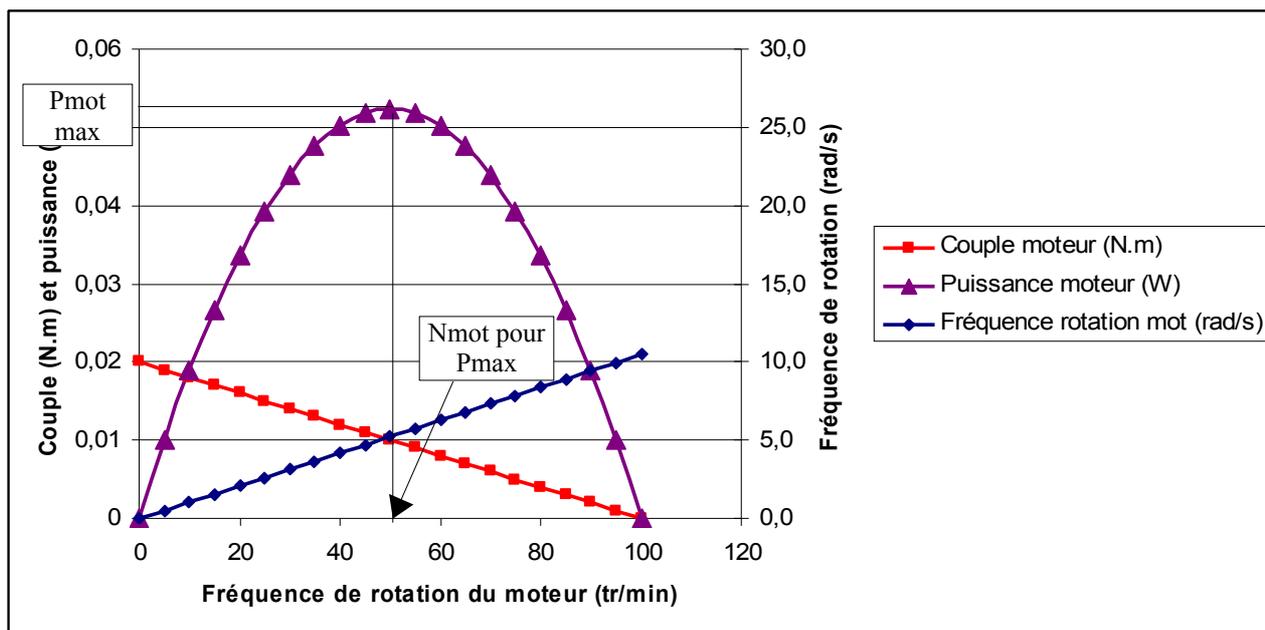
Quand un moteur est à sa fréquence de rotation maximale, il n'a plus de « force », son couple est donc nul.

Ces deux cas extrêmes se retrouvent sur la courbe de couple ci-dessous.

La fréquence de rotation du moteur ω_m en rad/s est obtenue par conversion de la fréquence de rotation N_m en tr/min :

$$\omega_m = 2\pi N_m / 60$$

La courbe de puissance est obtenue en faisant le produit des courbes de couple et de fréquence de rotation.

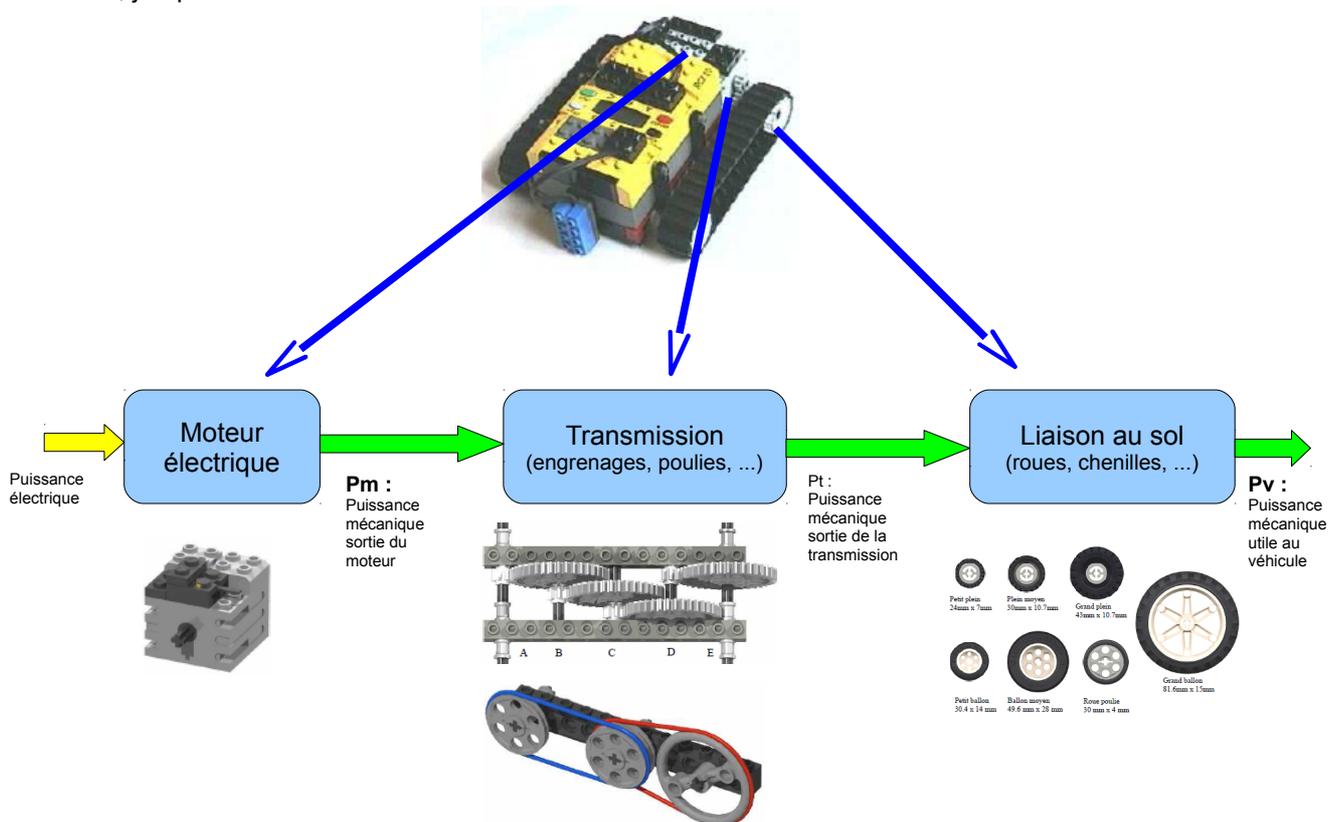


On constate que la courbe de puissance passe par un maximum quand sa fréquence de rotation est égale à la moitié de sa fréquence de rotation maximale.

Pour maximiser la force et la vitesse d'un véhicule, on cherchera donc à faire tourner le moteur à cette fréquence de rotation.

Rendement d'une chaîne d'énergie

On appelle la chaîne d'énergie d'un véhicule, l'ensemble des constituants allant de la source d'énergie du véhicule, jusqu'à sa liaison au sol.



Chaque élément de la chaîne d'énergie transmet une partie de la puissance et en perd une autre partie.

Les pertes sont essentiellement dues aux frottements. Plus les pertes sont importantes plus le rendement est faible.

$$P_v = r_{LS} \cdot r_t \cdot P_m$$

Avec : r_{LS} : le rendement de la liaison au sol

r_t : le rendement de la transmission

Remarque : Les rendements ont une valeur inférieure à 1.

Pour optimiser la puissance utile au véhicule, il faut donc optimiser le rendement de chaque élément. Ainsi :

- On limitera le plus possible le nombre d'engrenages
- On préférera les engrenages plutôt que les courroies qui ont un moins bon rendement
- On préférera les roues plutôt que les chenilles qui ont un moins bon rendement.

Optimisation d'une transmission

Le paragraphe précédent montre que la puissance utile au véhicule ne peut pas être supérieure à celle de ses moteurs.

Globalement :

$$\underbrace{F \cdot V}_{\text{Puissance utile au véhicule}} = r_{LS} \cdot r_t \cdot \underbrace{C \cdot \omega}_{\text{Puissance en sortie de moteur}}$$

Pour un régime moteur donné (de préférence celui correspondant à la puissance maximum), C , ω , r_{LS} et r_t constants.

Le produit $F \cdot V$ est donc constant.

Par conséquent si en changeant le rapport de transmission, le véhicule va plus vite il aura moins de force et inversement.

Comparaison avec le vélo :

Avec un grand rapport de transmission vous pouvez aller plus vite mais il est plus difficile de monter les cotes.

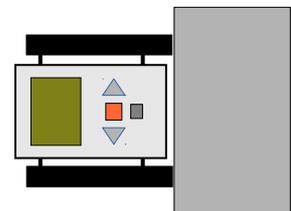
Application à l'optimisation du rapport de transmission dans le cas d'un patinage (typique SUMO) :

Imaginons le robot qui entre en contact avec un obstacle fixe. L'effort maximal qu'il peut exercer sur cet obstacle est obtenu quand les roues ou les chenilles patinent.

Or quand les roues patinent, on connaît la force de poussée F que subit le robot. Elle est égale à la force tangentielle T (voir DR adhérence).

Or $T = f \cdot N$ (f le coefficient de frottement et N l'effort normal)

Et si le robot est bien conçu $N = P$ (le poids du robot) et alors : $F = f \cdot P$



La puissance du véhicule permet de calcul sa vitesse $V_{M \in 2/1} = \frac{r_{LS} \cdot r_1 \cdot P_m}{F}$

Elle correspond à la vitesse de déplacement du véhicule avant le patinage. Pour que celle-ci soit maximale, il faut donc que P_m soit maximale.

Grâce aux courbes moteur, on connaît P_m maxi et la fréquence de rotation du moteur N_m qui correspond.

Or les calculs de rapports de transmission permettent de trouver la relation ci-dessous :

$$V_{M \in 2/1} = \pi D Res N_{mot}$$

Connaissant le diamètre des roues D , N_m et $V_{M \in 2/1}$, on peut donc calculer le rapport de transmission globale optimum.

$$Res = \frac{\pi D N_{mot}}{V_{M \in 2/1}}$$