

# ROBOTIQUE

## PARTIE : MECANIQUE

### **Sujet : Dimensionner des moteurs**

#### **1) caractéristiques principales**

Un robot est défini par :

Sa masse (« poids ») :	P en kg
Le diamètre de ses roues	D en m
La vitesse maxi désirée	Vmax en m/s
L'accélération désirée	Ac en M/s <sup>2</sup>

Cas général :

Supposons le robot positionné dans une pente faisant un angle  $\alpha$  avec l'horizontale

Il est soumis à une force d'inertie liée à son poids ,qui se traduit par :

$F_i = P \times 9,81 \times \sin(\alpha)$   
avec  $(\alpha)$  = angle de la pente

Le moteur exerçant une force  $F_m$  ,doit vaincre cette inertie avant de provoquer un déplacement quelconque. :

$$P \times A_c = F_m - F_i$$

On peut donc en déduire que  $F_m = P \times A_c + P \times 9,81 \times \sin(\alpha)$   
ou encore  $F_m = P ( A_c + [9,81 \times \sin(\alpha)] )$

Etude de cas particulier :

Robot utilisé exclusivement sur sol plat (par ex dans une maison)  
La relation précédente se trouve simplifiée :  $F_m = P \times A_c$   
(le reste étant nul)

## **2) Calculs de moteur**

Les caractéristiques essentielles d'un moteur sont :

Sa vitesse de rotation  $V$  en tours/min

Son couple  $C$  en N.M ou kg.cm

Sa puissance électrique en  $W$  (intensité consommée en  $A$ )

### **a) vitesses de rotation**

vitesse de rotation d'une roue :  **$V_r$**  en tour/minute  
exprimée par  $V_r = (V_{\max} \times 60) / \pi D$

$V_{\max}$  est en m/s :  $\times 60$  donne des m/min  
on divise par la circonférence de la roue ( $2\pi R$  ou  $\pi D$ )  
pour transformer les mètres en tours de roue.

La vitesse de rotation du moteur  **$V_m$**  est proportionnelle à la vitesse de rotation de la roue : le rapport  **$R$**  entre les deux sera lié aux engrenages utilisés .  
Ces engrenages introduisant un rapport de réduction de la vitesse .

Ainsi  $V_m = V_r \times R$  ou encore  $V_m = (V_{\max} \times 60 \times R) / \pi D$  en tours/min

en pratique ,on utilisera si possible la vitesse de rotation de l'axe moteur ,apres engrenages plutôt que la vitesse de rotation réelle du moteur:de cette façon, notre rapport  $R = 1$

### **b) couples**

Le couple exercé sur une roue ,  $C_r$  se traduit par :

$$C_r = F_m \times D / 2 \quad (\text{force exercée} \times \text{rayon})$$

$F_m$  ayant été précédemment définie par  $F_m = P \times A_c$

on aura  $C_r = P \times A_c \times D / 2$

Le couple moteur  $C_m$  correspondant, tient compte de la réduction des engrenages :

$$C_m = R \times P \times A_c \times D / 2$$

### **c) Puissance**

La puissance du moteur nécessaire , $P_m$  s 'exprime par :

$$P_m = V_{\max} \times F_m = V_{\max} \times P \times A_c \quad (\text{en watts})$$

Remarque importante : ces calculs se réfèrent à un seul moteur

Pour un robot avec N moteurs , les valeurs couple et puissance obtenues devront être divisées par N , les différents moteurs se « partageant le boulot »)

*Remarque : un couple est normalement exprimé en (milli)Newtons. mètre mais pourquoi faire simple quand on peut faire compliqué ?*

*Un certain nombre de commerçants vendent des moteurs avec des couples exprimés en g.cm , voire kg.cm*  
 $1 \text{ g.cm} = 9,81 \times 10^{-5} \text{ N.m}$        $1 \text{ kg.cm} = 9,81 \times 10^{-2} \text{ N.m}$   
 $1 \text{ N.m} = 10197 \text{ g.cm}$

*ATTENTION : il ne faut pas perdre de vue que les caractéristiques que l'on cherche ainsi à déterminer sont les caractéristiques maximales. En effet , nous ne tenons pas compte par exemple de la résistance de la roue due aux frottements. Les performances réelles seront en dessous.*

*De la même façon , ce n'est pas parce que vous choisissez un moteur permettant un déplacement à 3m/s que votre robot se déplacera obligatoirement à cette vitesse.*  
*Les moteurs étant pilotés en PWM , on pourra choisir la vitesse de déplacement de 0 à Vmax.*  
*Un corollaire de ceci est qu'il faut choisir la Vmax en fonction de l'utilisation. Si vous désirez réaliser une application pour laquelle, le positionnement est important, la Vmax devra être relativement faible, sous peine de perdre en précision.*  
*Si en une seconde votre robot parcourt 5m, il sera plus difficile de le positionner que s'il ne parcourt que 15 cm ... cela semble une évidence , encore que ça reste bon à signaler ...*

## **Détermination des paramètres de base**

**La vitesse et l'accélération** sont décidés en fonction des performances désirées.

Par exemple, un robot de type « buggy » devra se montrer vif, et donc avoir une vitesse max et une accélération importante .Il est léger et demandera donc un couple assez faible

Au contraire, pour déplacer une fusée vers son pas de tir, si on ne veut pas qu'elle tombe, l'accélération et la vitesse de déplacement seront faibles . Il faudra par contre un couple énorme pour la mettre en branle.

**Le diamètre des roues** : Plus il augmente , plus le couple augmente et plus la vitesse de rotation diminue (et donc le rapport de réduction augmente)  
On les choisira donc de façon à rester dans une plage couple/vitesse de rotation mécaniquement acceptable.

Un second critère de choix sera l'esthétique:il est bon de prévoir une taille de roues adaptée à la taille globale du robot ...

Le critère le plus problématique et crucial à évaluer reste

### **le poids global du robot.**

Ce poids final est directement corrélé aux choix de montage effectués .

Schématiquement, il varie avec trois critères :

- Le poids de la source d'énergie
- Le poids de la « structure » du robot
- Le poids de l'électronique embarquée et des moteurs

Pour un « petit » robot (poids jusqu'à 1 kg) la structure intervient peu ,  
L'électronique a une place relativement importante, variant en fonction du choix de l'énergie .

On peut utiliser des batteries , Ni/cd li/ion .... le plomb semble peu adapté (trop lourd vis à vis du poids global) . Le choix sera réalisé au cas par cas en fonction des impératifs et de la destination du robot.

Dans le cas d'un robot « moyen »( autour de 5 -10 kg) l'importance relative de ces critères se modifie.

La source d'énergie la plus adaptée semble la batterie au plomb.

En effet, poids plus important = ampérage nécessaire en augmentation.

Et dans ce cas, le prix des batteries Ni/cd ou li/ion .... que l'on doit alors multiplier a une fâcheuse tendance à s 'envoler rapidement ...

Un robot dans cette catégorie de poids laisse généralement assez d'espace pour installer « confortablement » des batteries au plomb dont le prix reste imbattable .

Par ailleurs, le poids de ces batteries, s'il reste partiellement un handicap, peut présenter des avantages :

Un robot de cette importance commence à avoir un encombrement certain, et a généralement plusieurs dizaines de cm de hauteur.

Dans ces conditions , le poids de batteries au plomb ,permet d'abaisser le centre de gravité du robot et de le stabiliser pour éviter son basculement. Les batteries seront donc idéalement placées le plus bas possible .

Ce « lest » peut par exemple ,permettre par la suite l'installation d'un bras robotisé en compensant le « porte à faux » du bras positionné à l'horizontale ...

## ***En pratique***

Des batteries .... oui.... mais quel ampérage prévoir ?

Dans le cas des batteries au plomb, il est intéressant d'utiliser la règle  
 $1 \text{ A embarqué} = 360 \text{ g}$

Ex : si on installe 2 batteries de 7 Ah:  $2 \times 7 \times 0,36 = \text{env } 5 \text{ kg}$

remarque : ces  $2 \times 7 = 14 \text{ Ah}$  sont théoriques .En pratique, par prudence , il est bon de prendre une marge de sécurité et de ne compter que sur 12 Ah « réels » pour notre exemple

A l'emporte pièce, on peut considérer que pour un robot d'une dizaine de kg :

- Les batteries (pb) représentent 50 % du poids
- La « structure » du robot 25 % du poids
- L' électronique embarquée 25 % du poids

Le poids de la structure dépend directement du matériau utilisé: on le choisit selon des critères de légèreté, solidité et rigidité .(Alu et matériaux résines semblent de bons choix)

Une fois ces critères définis et optimisés, on peut considérer le poids de la structure comme une constante .

La consommation électrique globale sera donc un compromis entre la consommation des équipements électroniques embarqués et le poids de leur source d'énergie

Les plus énergivores resteront les moteurs mais il faut malgré tout rester vigilant et garder une vision globale : les mA filent vite en multipliant les capteurs ,actionneurs et autres servos ...