

Bonjour à tous,

Suite à plusieurs discussions, dans divers sujets, concernant les servos et leurs caractéristiques, je m'aperçois que certains aspects de ceux-ci sont mal compris, notamment en ce qui concerne le couple et la relation de ce dernier avec la longueur du bras de servo.

Mon but est donc d'essayer de vulgariser certaines notions, liées aux servos, mais pas seulement, pour que les gens qui n'ont pas eu la chance d'étudier un peu de physique, de mécanique et/ou d'électricité puissent comprendre "qu'est-ce qui est quoi" 😊.

J'ai mis ce sujet dans la rubrique VGM, car c'est là qu'il me semble qu'il y a le plus de gens concernés, mais si un modo souhaite le déplacer, pas de souci.

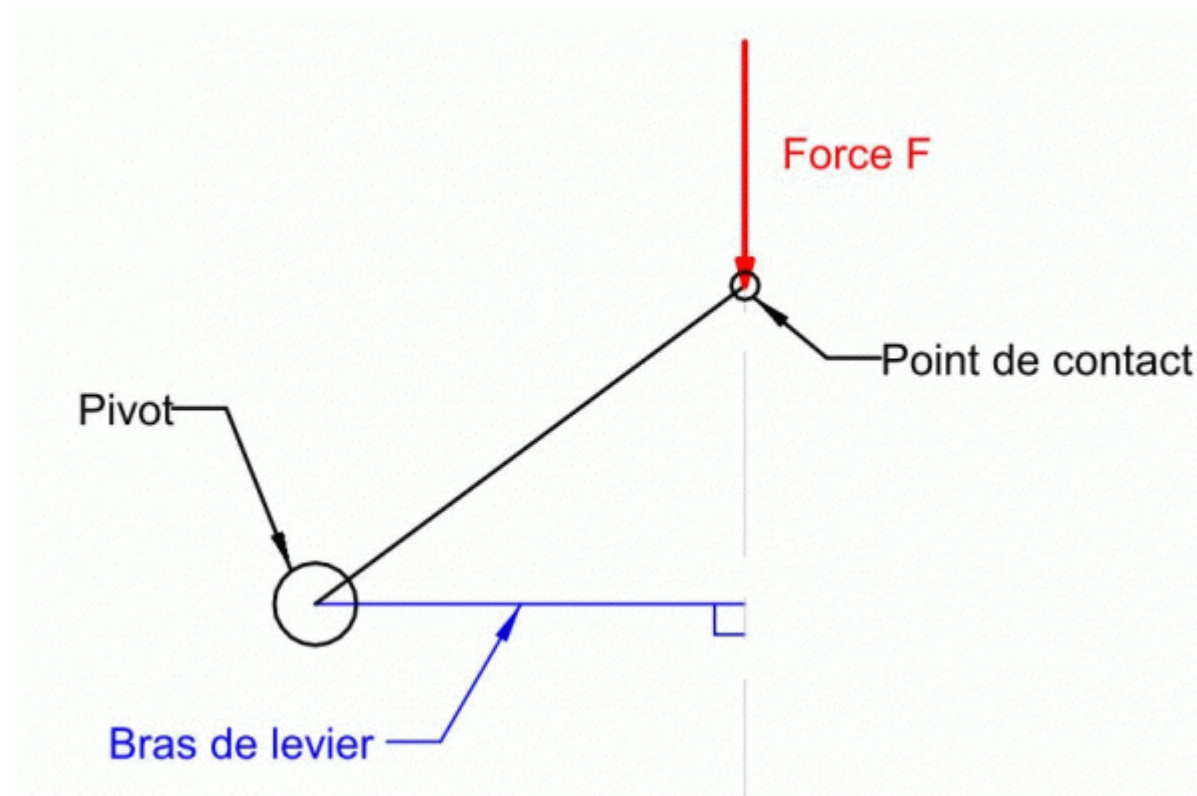
Le couple

Remarque préliminaire: par souci de simplification, je vais mélanger 2 principes mécaniques qui sont normalement distincts, le couple et le moment d'une force. Le fait de les séparer n'apporte rien dans les explications, si ce n'est un rique de confusion. Que les puristes m'en excuse 😊

Définition de base

Le couple représente la force d'un mouvement en rotation. Il se mesure en "Newton mètre" ou "Nm", mais très souvent on trouve des valeurs en "kilogramme mètre" ou en "kilogramme centimètre" comme pour nos servos.

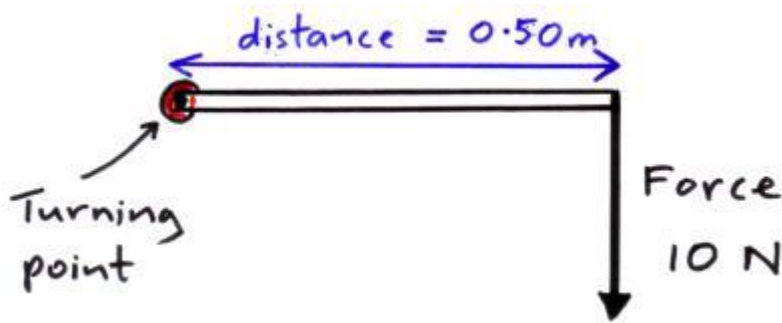
Le couple se mesure comme suit: force x bras de levier.



Le bras de levier est la distance entre l'axe de rotation (pivot) et la ligne de force. Le bras de levier est perpendiculaire (angle droit) à la ligne de force.

Le bras de levier (en bleu ci-dessus) n'est pas forcément égal au levier (en noir). C'est le cas

uniquement lorsque la force est appliquée perpendiculairement au levier.



Dans l'exemple ci-dessus, le couple est égal à  $0.5[m] \times 10[N] = 5[Nm]$

Sur terre, 1 kilogramme correspond à environ 10 Newton (9.81 pour être exact). Dans notre exemple cela serait un couple  $0.5[kgm]$  ou  $50[kgcm]$

On trouve également des données en "oz inch", cher à nos amis anglo-saxons. Un couple de 100 [oz inch] correspond à environ 7 [kg cm].

On voit aussi quelques représentations sous la forme [N/m] ou Newton par mètre et tous ses dérivés. C'est complètement faux et porte à confusion. On ne divise pas la force par le bras de levier, mais on multiplie bien l'un par l'autre.

Bon c'est bien beau tout ça, mais cela veut dire quoi 😊???

### Le couple d'un servo (blocage)

Eh bien tout simplement qu'un servo qui est donné pour être un "12kg" (ah oui, on omet souvent les centimètres dans le langage courant du modéliste 😊) pourra tenir une masse de 12kg attachée perpendiculairement au bras du servo à très exactement 1cm du centre de l'axe de rotation.

J'ai bien dit tenir et pas déplacer, car les couples donnés par les constructeurs sont pour la quasi totalité des couples dit de blocage.

**C'est le couple pour lequel le servo arrive encore à tenir la masse en suspend, mais en aucun cas à la déplacer.** Si on augmente la masse suspendue, le servo ne va plus pouvoir retenir la masse et le bras va commencer à partir dans l'autre sens.

### Le couple "utile"

La valeur de couple pour lequel le servo arrive encore à déplacer son bras est généralement admise comme étant environ la moitié de la valeur du couple de blocage.

Notre servo de 12kg n'est donc capable de bouger son bras qui si l'on diminue la masse, qui est toujours suspendue à 1cm de son axe de rotation (vous suivez? 😊), à environ 6kg.

### D'où vient le couple du servo?

Il dépend essentiellement de trois choses

#### 1. Le moteur

Celui-ci a un couple qui lui est propre et qui est très largement inférieur à celui du servo en

lui-même (😁 voir les engrenages).

Son couple dépend de plusieurs paramètres, mais pour faire simple on va dire:

- sa taille
- sa vitesse de rotation (le fameux kV des moteurs), plus elle est faible, plus le couple est élevé et vice-versa
- le courant admissible (avant qu'il crame 😁)
- la tension d'alimentation

## 2. La tension d'alimentation

Plus la tension est élevée, plus le moteur tourne vite et plus il délivre de couple.

## 3. Les engrenages ou la cascade de pignons

Ils servent à diminuer la vitesse de rotation du moteur, qui inutilisable en l'état pour le bras du servo, et par la même occasion à en augmenter le couple, qui est lui aussi trop faible pour nos applications. (je développerai ce sujet plus tard si vous le souhaitez)

## La vitesse

La "vitesse" du servo est une vitesse angulaire qui se mesure normalement en radian par seconde. Cette unité n'est pas communément utilisée et on connaît plutôt les tours par minute.

Dans le cas qui nous intéresse, on utilise une mesure "batarde", à savoir le temps que met le bras du servo pour parcourir 60°, soit 1/6 de tour.

La plupart des constructeurs donnent des mesures pour 60° parcouru, mais il y a des petits malins comme Futaba qui commence à donner des mesures pour 45° (S3174SV), il faut donc rajouter 1/3 de la valeur pour pouvoir comparer avec un autre servo.

**Cette mesure est toujours donnée "à vide", à savoir sans aucune charge sur le servo.**

## D'où vient la vitesse du servo?

Ben c'est presque comme pour le couple:

### 1. Le moteur

Il a une vitesse de rotation qui est très largement supérieure à celui du servo en lui-même (voir les engrenages encore une fois).

Sa vitesse vient essentiellement de:

- sa construction "interne" qui définit la vitesse de rotation en fonction de la tension (toujours le fameux kV des moteurs)
- la tension d'alimentation

### 2. La tension d'alimentation

Plus la tension est élevée, plus le moteur tourne vite

### 3. Les engrenages ou la cascade de pignons

Ils servent à diminuer la vitesse de rotation du moteur, qui inutilisable en l'état pour le bras du servo

Le rapport entre le couple et la vitesse: tout est dans l'engrenage

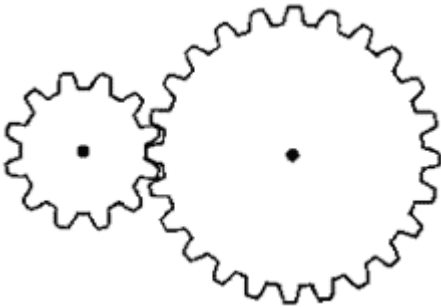
Comme on l'a vu précédemment, le couple et la vitesse du servo dépendent presque des mêmes paramètres.

Maintenant, si on prend un moteur donné, on va pouvoir construire, en jouant sur les engrenages, plusieurs servos différents allant de celui qui a beaucoup de couple, mais pas très rapide, à celui qui est très rapide, mais qui n'a pas beaucoup de couple...

Oui, mais comment ça marche?

Les petits moteurs électriques, qui sont utilisés dans les servos, n'ont pas des caractéristiques qui sont directement utilisables pour nos applications. Ils ont peu de couple et tourne relativement vite. L'idée est donc de diminuer leur vitesse et d'augmenter leur couple. Par chance cela va de paire 😊

Le principe est relativement simple à comprendre en ce qui concerne la réduction de vitesse de rotation, mais un peu moins pour l'augmentation du couple.



Pour réduire la vitesse, on va mettre par exemple un pignon avec 10 dents sur l'axe du moteur et un autre pignon avec 200 dents sur l'axe de sortie. Ainsi le moteur devra faire 20 tours pour que l'axe de sortie n'en fasse qu'un seul et le tour est joué. Si le moteur fait 10 tours par seconde, l'axe de sortie fera 0.5 tour par seconde, ce qui représente 0.33s pour 60° (pas trop rapide le coco, mais c'est juste un exemple avec des chiffres qui sont faciles à gérer pour tout le monde).

Pour expliquer l'augmentation du couple, on va rester sur le même exemple que ci-dessus. En mécanique, quand on parle pignons, roues dentées et autres, il y a certaines règles qui doivent être respectées, dont une qui dit que le diamètre d'un pignon est directement proportionnel à son nombre de dents. Ainsi, si notre pignon qui est sur l'axe moteur fait 4mm de diamètre, celui qui se trouve sur l'axe de sortie fait 80mm (oui il y a bien un os 🤪, ça ne rentre pas dans le servo 🤖, mais voir ci-dessous 😊), soit le même rapport de 1:20 que l'on avait précédemment avec les dents.

Maintenant, c'est là que cela se complique et que vous allez devoir retourner à la définition du couple expliquée ci-dessus si nécessaire.

En admettant que le moteur ait un couple de 0.08[kg cm], la force disponible au niveau des dents de son pignon sera de... de... de...??? Qui a suivi jusque là? Elle sera de  $0.08/0.2=0.4\text{kg}$  (pour rappel le couple = force x bras de levier, donc si on extrait la force, on obtient force = couple/bras de levier et attention aux unités). Le bras de levier est égal au rayon du pignon (rayon =

diamètre/2).

Maintenant si on applique cette force sur le pignon de l'axe de sortie, on obtient un couple de  $0.4 \times 4 = 1.6[\text{kg cm}]$  sur l'axe de sortie.

Maintenant, gardons le même moteur avec le même pignons de 10 dents sur son axe, mais on change le pignon de l'axe de sortie pour un de 150 dents.

On obtient 0.66 tour/s, soit 0.25s pour  $60^\circ$  et  $1.2[\text{kg cm}]$ , donc un peu plus rapide, mais moins de couple.

Oui mais, dans mon servo, il y a plein de pignons!!! Pourquoi?

Il y a plusieurs raisons à cela, mais comme on l'a vu ci-dessus, si l'on veut obtenir un rapport de réduction suffisamment grand avec juste 2 pignons, cela ne rentre pas dans le boîtier d'un servo. On ne fait donc pas une, mais plusieurs réductions à la chaîne, jusqu'à obtenir le rapport souhaité, tout en restant "compact" de manière à ce que cela rentre dans le boîtier.

Un exemple typique: les Hitec HS-625 et HS-645, ce sont les mêmes, seuls les pignons sont différents.

Le bras de servo



Sur les grands modèles, que cela soit un VGM ou un petit gros, on utilise fréquemment des bras de servo relativement longs et il y a plusieurs idées préconçues que l'on entend régulièrement au terrain ou sur les forums:

1. La "force" transmise par le servo est diminuée. Il faut donc un servo plus "puissant" pour contrer ce "problème".

C'est vrai et faux en même temps 😊

Vrai: plus on s'éloigne de l'axe de rotation, moins la force transmise est grande. C'est le principe même du couple, rappelez-vous la formule couple = force x bras de levier. Pour une valeur de couple donnée (fixe), si on augmente le bras de levier, la force diminue et vice-versa

Faux: quand on monte un bras de servo de 5cm de long et bien on monte généralement un

guignol qui fait à peu près la même longueur, le couple transmis à la gouverne est donc le même que celui du servo

On pourrait mettre un bras de levier de 1m de long, du moment que le guignol fait aussi 1m de long, il n'y a pas de perte, ou d'augmentation, de couple dans la gouverne (voir le chapitre suivant "Mouvement du servo vs mouvement de la gouverne")

2. Une autre idée préconçue est que l'on utilise ces longs bras "parce qu'on a besoin de plus de débattement".

A nouveau, c'est vrai et faux en même temps 😊

Vrai: certains avions, notamment les VGM ont besoin de plus de débattement, pour pouvoir faire de la 3D, que des avions standards...

Faux: ... mais on peut très bien obtenir ce même débattement avec un bras de 1cm, il suffit de regarder les avions d'indoor pour s'en convaincre. A partir du moment où la longueur du bras de servo est la même que celle du guignol, le débattement sera d'environ 45° (voir le chapitre suivant "Mouvement du servo vs mouvement de la gouverne")

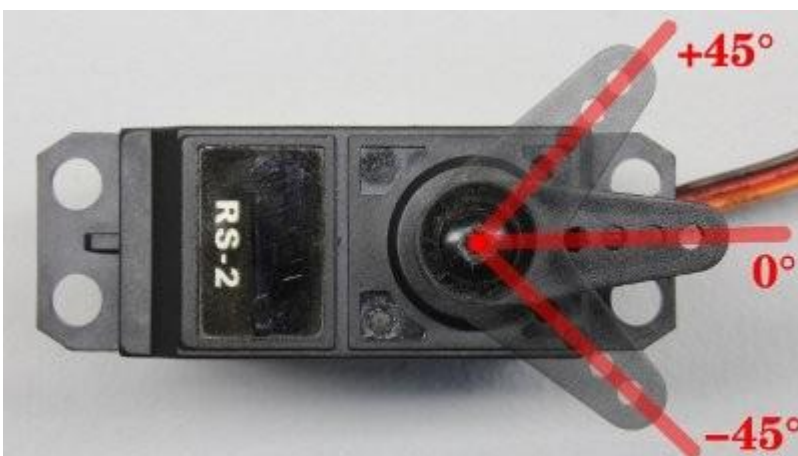
Alors pourquoi est-ce que l'on met des bras de servos plus long sur les VGM et autres petits gros?

Eh bien tout simplement parce qu'ils sont plus gros que les avions "lambda" 😊😊😊. Non, en fait, bien que je n'ai pas d'explication "toute faite", je pense qu'il y a 2 raisons à cela:

1. Le fait qu'ils soient plus gros impose des contraintes géométriques, comme la tige entre le bras de servo et le guignol qui risque de toucher la structure avec les forts débattements
2. La diminution des efforts dans la tige pour éviter le flambage (à ne pas confondre avec le "flutter")

Mouvement du servo vs mouvement de la gouverne

La règle d'or du montage/réglage: quelque soit le débattement de la gouverne, on exploite toute la course du servo!



Un servo "normal" a une course de 90° ou si vous préférez 45° de part et d'autre du neutre.

To be continued 😊

Comment est-ce que mon servo bouge?

Analogique vs numérique (digital)

Moteur coreless, brushless, mais pas headache less 😂

La consommation

Pourquoi est-ce que mon cerveau fume (ke ki fè kila kramé le servo)?

