

## **Comment déterminer la tension et la puissance pour alimenter le moteur. Pour ceux qui ont des moteurs de récupérations (ou pas) et qui ne connaissent pas (ou ne comprennent pas) leurs caractéristiques.**

On va partir d'un cas extrême : on suppose que rien n'est indiqué sur le moteur.

Cependant pour montrer la validité de nos tests, afin de comparer les résultats obtenus avec la réalité, on prendra comme illustration un moteur connu.

Pour ne pas compliquer, dans un premier temps, 4 fils sortent du moteur : 2 bobines (on ne va pas compliquer tout maintenant).

Dans les essais qui suivent nous testerons un moteur connu, le ST5709L4008 de chez Nanotec.

[http://en.nanotec.com/steppermotor\\_st5709.html](http://en.nanotec.com/steppermotor_st5709.html)

Celui-ci est un moteur de 400 pas par tour, et comporte 2 bobines par phase. On place pour les tests les bobinages en mode parallèle (comme indiqué par le constructeur), comme cela on se retrouve, vu de l'extérieur, comme un moteur avec 2 bobinages.

Matériel pour tester le moteur : si possible 2 multimètres (au moins 1). Le must, un multimètre avec un bouton pour mesurer la valeur MAX.

Disposer d'une manivelle sur le moteur pour le faire tourner à la main.

### **1<sup>er</sup> essai : repérer les 2 bobinages.**

Pour repérer les bobinages, on utilise soit la doc si on l'a, soit un ohmètre ou la méthode suivante.

Vous court-circuitez 2 fils : si vous constatez une plus grande difficulté pour faire tourner le moteur vous avez repéré entre ces 2 fils un bobinage. Sinon essayez une autre combinaison. Une fois une bobine repérée, faites de même avec l'autre.

Remarque : si vous ne remarquez pas de différence entre bobine en court-circuit ou pas, vous aurez diagnostiqué un moteur ayant un court-circuit interne.

Quand une bobine est en court-circuit, vous remarquerez que le couple résistant diminue quand la vitesse augmente (Normal cela démontre que la puissance mécanique mise en jeu est constante).

### **2<sup>ième</sup> essai: essai en court circuit.**

Mesurer avec un ampèremètre : (calibre 5A par ex) en mode CA (courant alternatif) le courant fourni par une bobine du moteur. Pour cela placer l'ampèremètre directement aux bornes d'une des bobines du moteur.

Court-circuitez l'autre bobine. Faites tourner le moteur à une vitesse suffisante (2 à 3 tr/s) et relevez la valeur du courant. Vous verrez, que le courant n'augmente plus après une certaine vitesse : c'est ce courant l'a qu'on mesure. Pour plus de facilité placer le multimètre en mode MAX, vous repérerez plus facilement le courant maximum.

Avec notre moteur on mesure  $I_{cc}=1,03$  A (appelé aussi courant de court-circuit.)

Avec cette seule mesure vous pouvez déjà connaître la caractéristique la plus importante du moteur, à savoir la puissance qu'il pourra fournir lorsqu'on l'alimente avec une tension  $U_a$  par l'intermédiaire d'un driver moderne. (Voir 1<sup>ère</sup> étude).

Soit par exemple une alimentation de  $U_a=48$ Vdc : votre moteur à une puissance mécanique de environs :

$$P_m = 1,8 * U_a * I_{cc} \quad ; \quad P_m = 1,8 * 48 * 1,03 = 90 \text{ Watts}$$

La puissance électrique de l'alimentation (si l'alimentation est prévue pour ce seul moteur) devra avoir une puissance de 90W à laquelle on ajoute les pertes calorifiques.

On peut estimer dans un premier temps les pertes calorifiques en regardant les dimensions du moteur, car c'est surtout lui qui chauffe. Dans notre exemple, notre moteur est un NEMA 23 de longueur 48mm. Un moteur moderne de telles dimensions peut supporter à la température ordinaire une puissance calorifique maximale d'environ 30W.

Notre alimentation devra donc avoir une puissance de  $90+30 = 120$  Watts, c.a.d. qu'elle doit pouvoir fournir en pointe 120 watts.

Comparons maintenant le résultat avec la courbe ci-dessous fournie par Nanotec (Fig1). Regardons la courbe correspondant à l'alimentation en 48 volts. la zone à puissance constante commence à la vitesse d'environ 500tr/m. En effet au dessus de cette vitesse le couple diminue lorsque la vitesse augmente ( $C=P/(6,28*N)$ ). Pour une vitesse de 1000tr/m on dispose d'un couple maximum de 1Nm. La puissance du moteur est donc de  $P= 6,28*N*C /60$  (N est en tr/m) =  $6,28*1000*1/60= 105W$ .

Nous constatons que le calcul à partir des essais (90 watts) donne un résultat plus petit que la valeur que l'on calcule à partir de la courbe du constructeur. Ceci peut s'interpréter par le fait que généralement la courbe donnée par le constructeur correspond à une alimentation qui fonctionne en mode plein pas, avec 2 bobines alimentées en même temps. Par contre les calculs que nous faisons correspondent plus aux résultats que donnerait un driver fonctionnant en mode micropas (courants de formes sinusoïdales).

Avec les moteurs ayant pour caractéristique de disposer d'une puissance constante indépendante de la vitesse, ce qui est le cas des moteurs pap, un problème se pose aux basses vitesses. En effet à basse vitesse, le couple devient très très important pour garder la même puissance. Pour assurer ce couple, le courant dans le moteur augmente naturellement fortement, et cela d'autant plus que la vitesse est faible. Ce courant risque alors de dépasser la valeur maximale que le bobinage peut supporter, car à ce courant correspondant une perte sous forme de chaleur dans la résistance de chacune des bobines (pertes  $RI^2$ ). Le driver est donc tenu à limiter ce courant dans les bobines au basses vitesses, dès que ce dernier voudrait dépasser une certaine limite. Appelons  $I_a$  la valeur limite du courant. Comme nous l'avons déjà vu dans un autre article, à cette limite de courant va correspondre une limite de couple. Le fonctionnement est alors le suivant.

A une vitesse nulle le courant dans la bobine est limité à la valeur  $I_a$  par le driver. Si on augmente alors la vitesse, le courant dans le bobinage va se maintenir à  $I_a$  et le couple disponible va rester constant. Lorsqu'on atteint une certaine vitesse, ce maintien du courant n'est plus nécessaire et on passe à la puissance constante ou le couple diminue avec la vitesse.

Quelle est donc cette vitesse particulière.

Reprenons notre exemple.

Supposons que le driver limite le courant à une valeur telle que le couple qui lui correspond soit par exemple  $C_m=1,6N$  (voir Fig 1). Comme la puissance du moteur est de 105W (si on prend la valeur déduite précédemment), on peut calculer facilement la vitesse de passage à l'aide de la formule mécanique  $P= 6,28*N*C /60$

En effet si on avait un passage immédiat d'une forme de courbe à l'autre, ce passage se fait lorsque la puissance est à la puissance maximum du moteur (le coté droit par rapport à cette vitesse) et en même temps au couple maximum (coté gauche). Donc  $P_m= 6,28*N_s*C_m /60$ . Soit  $N_s= P_m*60/(C_m*6,28)= 105*60/(1,6*6,28)=627tr/m$ .

On peut voir cette vitesse sur la courbe du constructeur : à gauche le couple est presque constant et à droite la puissance est constante.

Donc attention on n'a pas encore parlé du courant dans le moteur. En électricité, la formule  $P=UI$ , ne concerne que le courant continu (ou les valeurs instantanées). Coté moteur pap c'est du courant alternatif (les courants sont en partie réactifs, c.a.d. qu'ils ne consomment pas de puissance). Par contre, de la valeur du courant dans les bobines dépendra le couple (explications plus loin).

En résumé il faut savoir qu'un moteur PAP est un moteur qui a pour caractéristique d'avoir une puissance maximum constante, c.a.d. que la puissance mécanique disponible à la sortie reste la même quelle que soit la vitesse.

Cette puissance est facile à calculer et vaut  $P=1,8*U_a*IC$ .

Plus la tension de l'alimentation est grande, et plus vous disposez de puissance. Cependant nous verrons par la suite que la tension maximale de la source est limitée, et que cette limite dépend du moteur. (d'ailleurs, comme tout moteur électrique). Il en résulte que la puissance que peut fournir le moteur est limitée. (explications plus loin).

Les performances que l'on peut tirer du moteur est en premier lieu lié à cette puissance : pour augmenter les performances, il faut avoir du couple et de la vitesse, c.a.d. de la puissance car  $P=6,28*C*N$  ( $C$ = couple et  $N$ = vitesse).

Ce premier essai est très important.

Comment maintenant déterminer le courant  $I_a$  maximum que le moteur peut supporter.

Si c'est indiqué sur le moteur, pas de problème on se réfère à cette valeur pour choisir  $I_a$

Prenons un exemple pour notre moteur Nanotec sur le moteur on lit 2V 4A

Par contre sur la fiche technique on parle de courant de 5,6A en mode parallèle. Comment alors s'y retrouver ?

Ceci est du au fait qu'on a 2 bobines en parallèle pour chaque phase.

La résistance d'un bobinage est de  $R=U/I= 2V/4A= 0,5ohm$

La résistance parcourue par le courant va occasionner une perte par effet joule qui va chauffer le moteur avec une puissance de  $P=RI^2= 0,5*4^2= 8$  Watts par bobine.

Comme on place 2 bobines en parallèle, le courant total est alors  $4+4 A= 8 A$  pour une puissance consommée totale de 16W. Cette puissance est la puissance maximale acceptable par effet joule (pertes cuivre) que peut accepter le

moteur (nema 23 de 78mm de long). Il peut en plus en accepter à peu près autant pour ce qu'on appelle les pertes fer (explications plus loin). Maintenant on sait qu'il faut aussi alimenter l'autre phase du moteur. Si on les alimente ensemble la pertes s'élèverait à  $16 + 16 = 32W$ . Donc inacceptable, sauf dans le mode particulier de fonctionnement ou on alimente une bobine à la fois (1 des 2 type de mode pas) .

Si on alimente les 2 bobines en même temps ( 2eme mode de fonctionnement en mode pas), il faut réduire le courant à 5,6A afin d'avoir 8 Watts par phase au lieu de 16 : En effet la résistance de la grosse bobine d'une phase vaut  $0,5ohm/2 = 0,25ohm$ , car les 2 bobinages sont en parallèles. On a bien  $RI^2 = 5,6^2 * 0,25 = 8$  Watts. Pour les connaisseurs il faut diviser 8 par  $\sqrt{2}$  (1,414).

Si maintenant le moteur est piloté en mode demi-pas la puissance varie du simple au double suivant qu'1 ou 2 bobines sont alimentées. Avec cependant une puissance double permanente si le moteur est arrêté dans une position ou les 2 phases sont alimentées. Donc mieux vaut s'en tenir ici à 5,6A.

Si maintenant on travaille avec un driver travaillant en mode micropas quel est le courant à considérer ? Et bien on pourrait travailler avec un courant de 8 A maximum. En effet ceci peut se comprendre en prenant l'exemple simple d'un micropas ou un micropas serait égal à un demi pas. La différence avec un tel driver, c'est que lorsqu'on alimente 1 bobine c'est avec 8 A , et lorsque l'on passe au demi pas suivant ou les 2 phases sont alimenté on ne fait passer que 5,6 A dans les 2 bobines . La puissance calorifique reste alors constante et vaut dans les 2 cas 16W. (en plus le couple moteur est beaucoup plus régulier).

Cependant quand on a un driver de type micropas, on préfère parler courant efficace au lieu de courant maximum. Dans ce cas il faut diviser le courant maximum par  $\sqrt{2}$  (1,414), on retrouve alors nos 5,6 A (8/1,414). C'est pour cela que la courbe de Nanotec est donnée pour un courant de 5,5 A : en Principe si on n'indique pas explicitement que c'est un courant maximum, on a alors un courant efficace.

Revenons à notre moteur en principe inconnu. C'est de la taille du moteur que dépendront les pertes qu'il peut accepter, donc du courant pouvant passer dans ses bobines. Soit un moteur NEMA 23 de 78mm de long, cette puissance est d'environ 16 watts. Si on connaît la résistance d'une bobine on peut connaître le courant :

Si cela n'est pas indiqué, on peut connaître la résistance avec un ampèremètre et un voltmètre ( $R=U/I$ ) ou avec un ohmmètre qui puisse descendre en dessous de 1 ohm avec 2 chiffres significatifs.

Par exemple si je mesure 0,25 ohm: d'où  $P=RI^2$   $I^2 = P/R = 16/0,25$   $I^2 = 64 \rightarrow I = 8A$  max

Le courant sera de  $8/1,414 = 5,6$  : c'est le courant efficace maximal que l'on peut appliquer au moteur. Ceci correspond à notre moteur Nanotec avec les bobines en parallèle.

Si maintenant on met les bobines en série on mesure une résistance de  $0,5+0,5 = 1$  ohm (soit 4 fois plus qu'en parallèle). D'où  $I^2 = P/R = 16/1 = 16 \rightarrow I = 4A$  (au lieu de 8) on retrouve la valeur indiquée sur la signalétique du moteur : la valeur efficace est donc  $4/1,414 = 2,8$  A (au lieu de 5,6A).

Si maintenant vous avez un moteur ayant une autre taille, vous recherchez sur internet un moteur de taille identique et vous calculez la puissance  $RI^2$  qu'il peut encaisser en vous aidant des valeurs données (R et I) (on pourrait ainsi faire une petite banque des puissances en fonction des tailles) .

Remarque : En principe il faut mesurer la résistance à chaud ou augmenter la résistance mesurée à froid de 30%).

Pour confirmer vos calculs vous pouvez faire passer un courant continu pendant un temps suffisamment long dans 2 phases du moteur (vous pouvez les mettre en série) . Vous prenez comme courant le courant maximum calculé (pas la valeur efficace). Vous surveillez si la température reste acceptable pour vous (attention réajuster le courant au fur et à mesure que le moteur chauffe). Si je fais l'expérience avec le moteur Nanotec le courant serait de 8 A , la puissance totale dans chaque phase serait de  $0,25 * 8^2 = 16W$  soit une puissance totale de 32 W . On prend le double de des pertes par effet joule pour y ajouter les pertes fers qui sont du même ordre de grandeur lorsque le moteur tourne rapidement dans sa zone de puissance maximum (voir après).

Résumons : on connaît la puissance maximum, le courant  $I_a$  maximum.

Reste : le nombre de pas par tour, le couple maximum, la tension maximum de l'alimentation et la vitesse ou on passe du couple constant à la puissance constante.

### 3ième essai et dernier essai.

1) On place aux bornes d'une bobine du moteur un voltmètre en mode alternatif (CA) et un multimètre dans la position mesure de fréquence.

On fait tourner le moteur à une vitesse la plus proche possible de 1tour/sec. On mesure la fréquence.

Avec notre moteur on mesure une fréquence de l'ordre de 100hz (se serait 100 si on pouvait maintenir la vitesse du moteur à exactement  $N=1\text{tr/s}$ ).

On peut en déduire directement le nombre de pas par tour en multipliant cette fréquence par 4 :

Donc ici  $p=100*4=400$  pas/ tour.

2) on sélectionne le mode MAX sur les 2 appareils pour mesurer les valeurs maximales.

On fait tourner le moteur à une vitesse de 1 à 2 tr/s le plus régulièrement possible.

La tension et la fréquence augmentent en même temps et proportionnellement l'une par rapport à l'autre.

Les 2 valeurs mesurées sont donc en correspondance.

Prenons l'exemple de notre moteur.

On mesure la tension sur une des 4 bobines : on mesure par exemple 3,66V à une fréquence de 323hz.

On calcule à partir de ces 2 valeurs ce qu'on appelle le coefficient de FEM du moteur K :

$K=0,225*U/F$  : avec U : tension mesurée dans cet essai et F fréquence correspondante.

$0,225=\sqrt{2}/2\pi = 1,414/6,28$

Soit ici  $K=0,225*3,66/323=0,00255$  Vs (Unité = volt.sec )

En pratique on peut faire plusieurs mesures à des vitesses différentes et faire une moyenne des résultats.

A partir de K on peut déduire directement le couple maximum à partir du courant maximum à l'aide de la formule :

$C_m=I_a*p*K/4$  . avec  $I_a$  le courant de limitation (valeur efficace) et p le nombre de pas/tour.

En prenant avec notre moteur un courant de 5,5 A on aura un couple de  $5,5 *400*0,00255/4= 1,4\text{Nm}$ .

Si on compare cette valeur avec la courbe donnée par Nanotec on a une erreur de moins de 15%.

Nous allons maintenant déterminer la tension maximale de l'alimentation :

Il suffit d'appliquer la formule  $U_a=32*\sqrt{(707*K/I_{cc})}$  ( $707=1000/\sqrt{2}$ ).

Dans cette formule la valeur 32 est une valeur approximative et qui reflète bien la réalité pour un moteur moderne.

Elle donne à  $U_a$  une valeur de tension à ne pas dépasser. En effet c'est la valeur  $U_a$  qui détermine ce qu'on appelle

les pertes fers dans le moteur. Ces pertes fers s'ajoutent aux pertes cuivre ( $RI^2$ ) pour constituer la perte totale d'énergie sous forme de chaleur dans le moteur et que le moteur doit évacuer.

Avec notre moteur (bobine toujours en parallèle) la tension serait  $U_a=32*\sqrt{(707*K/1,03)}=42\text{V}$ .

Si on regarde les caractéristiques de notre moteur, on voit que l'alimentation est 48 V, on n'est donc proche de la tension que le constructeur autorise.

Connaissant cette tension on peut connaître la puissance maximum de notre moteur :

$P_m=1,8.U_a.I_{cc}=1,8*42*1,03=78$  watts. (donc plus faible que celle indiquée par Nanotec (105W)).

On peut également calculer la vitesse  $N_s$  où il y a passage entre le couple constant et la vitesse constante:

$P_m=C_m.N_s.6,28/60 \Rightarrow N_s= P_m*60/(C_m*6,28)=78*60/(1,4*6,28)=532$  tr/min.

Pour résumer nous allons reprendre les données et les résultats obtenus précédemment et les comparer aux résultats que l'on obtiendrait si on avait placé les bobines en série plutôt qu'en parallèle

En parallèle :  $I_{cc}=1,03$  A ,  $p=400$  pas/tour,  $U=3,66\text{V}$  à une fréquence F de 323 hz

De plus le courant efficace maximum est  $I_a=5,6$  A

Calcul :  $K=0,225.U/F=0,00255$  V.s

$C_m=I_a.p.K/4=1,4$  Nm

$U_a=32*\sqrt{(707*K/I_{cc})}=42\text{V}$

$P_m=1,8.U_a.I_{cc}=78\text{W}$

$N_s= P_m*60/(C_m*6,28)=532$  tr/min

En serie : Ce qui change :

$I_{cc}=0,502\text{A}$  ( oui il est bien 2 fois plus faible) ,

La tension est 2 fois plus grande pour une même fréquence (ce qui est normal car les tensions produites par les 2 bobines en série s'ajoutent.

Le courant efficace maximum est de  $I_a=2,8\text{A}$

Calcul :  $K = 0,225 \cdot U/F = 0,0051 \text{ Vs}$  (le double car U à doublé)  
 $C_m = I_a \cdot p \cdot K/4 = 1,4 \text{ Nm}$  : avec un courant de moitié dans les bobines on a un même couple qu'avant (car K a doublé).

$$U_a = 32 \cdot \sqrt{(707 \cdot K/I_{cc})} = 84 \text{ Volts}$$

On peut avoir ici une tension double

$$P_m = 1,8 \cdot U_a \cdot I_{cc} = 1,8 \cdot 84 \cdot 0,502 = 78 \text{ W}$$

Et pour cette tension double on dispose de la même puissance que dans le montage à bobine parallèle.

$$N_s = P_m \cdot 60 / (C_m \cdot 6,28) = 532 \text{ tr/min}$$
 Ici rien ne change non plus.

Il en résulte que les bobines soient en parallèle ou en série, la puissance et le couple maximums disponibles sont les mêmes.

Le moteur a les mêmes caractéristiques mécaniques.

Par contre en série il faut une tension d'alimentation double et régler le courant maximum à une valeur moitié.

La puissance électrique disponible reste donc également la même.

Tout cela est logique. En gros la puissance d'un moteur est fonction de ses dimensions (Nema ...). Par contre pour un moteur de même dimension, la tension nominale à lui appliquer dépend du nombre de spires de ses bobines.

Un moteur qui a beaucoup de spires, développe une forte FEM, il faudra une tension importante pour l'alimenter.

De plus, beaucoup de spires, dit bobine de fils fins pour loger toute les spires dans un même volume, donc résistance importante, et le courant doit être plus petit sous peine de surchauffe.

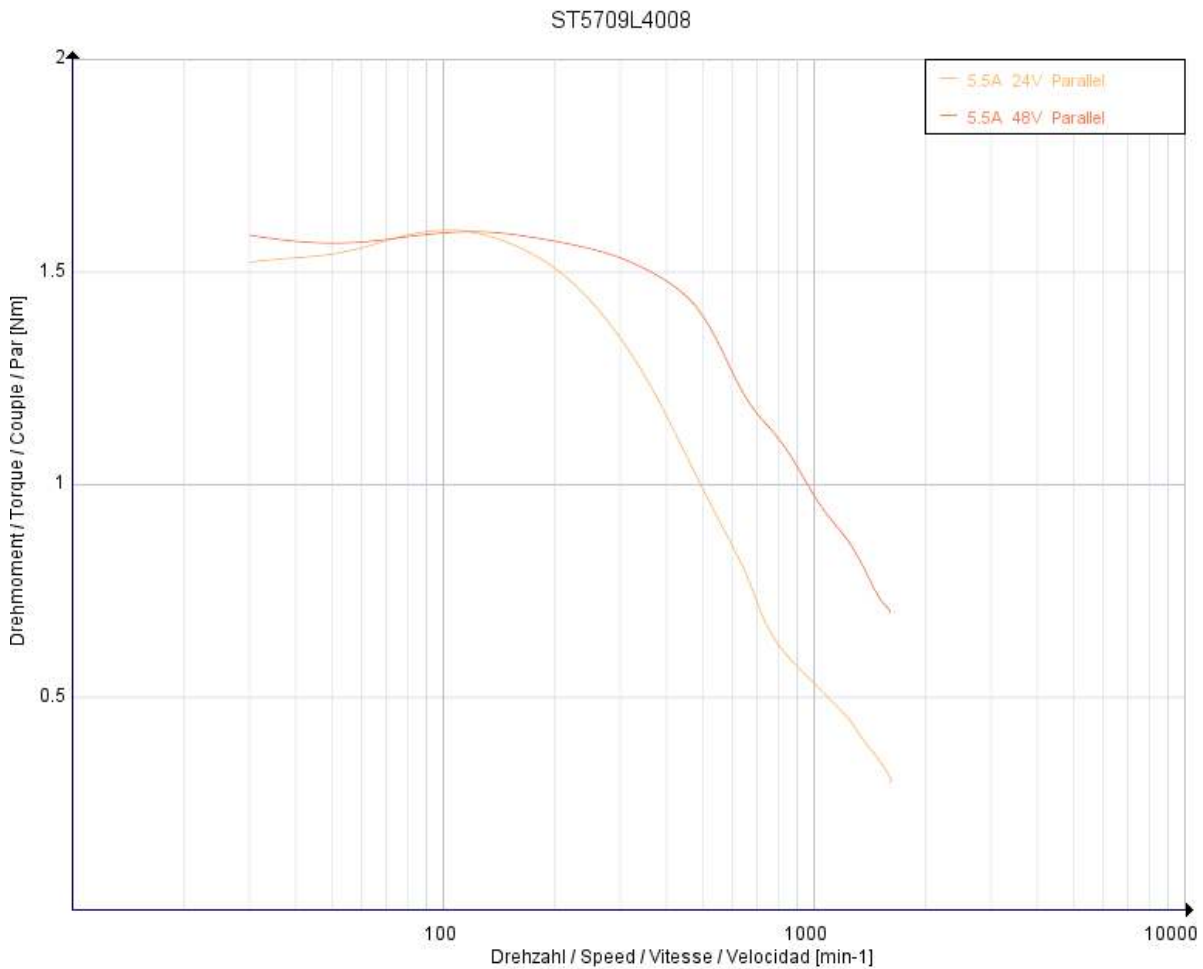


Fig 1

## Réflexions concernant la charge que doit fournir le moteur PAP à l'axe qu'il pilote.

Le diagramme ci-dessous correspond au moteur Nanotec alimenté avec une tension  $U_a=48V$  et un courant limite  $I_a=5,5A$ . Elle correspond à la courbe fournie par le constructeur, sauf que l'axe des vitesses n'est plus en échelle logarithmique (100, 1000, 10000 .... Ne sont plus à une distance constante sur l'axe horizontal)

La seconde courbe, appelée « Charge » représente le couple que le moteur doit effectivement fournir pour vaincre les efforts de frottement et d'usinage ( et de pesanteur pour l'axe Z) .Par exemple à une vitesse de 200t/min, l'effort à fournir est de 0,8Nm. On voit dans notre exemple que l'effort augmente quand la vitesse augmente. Ce qui est généralement le cas.

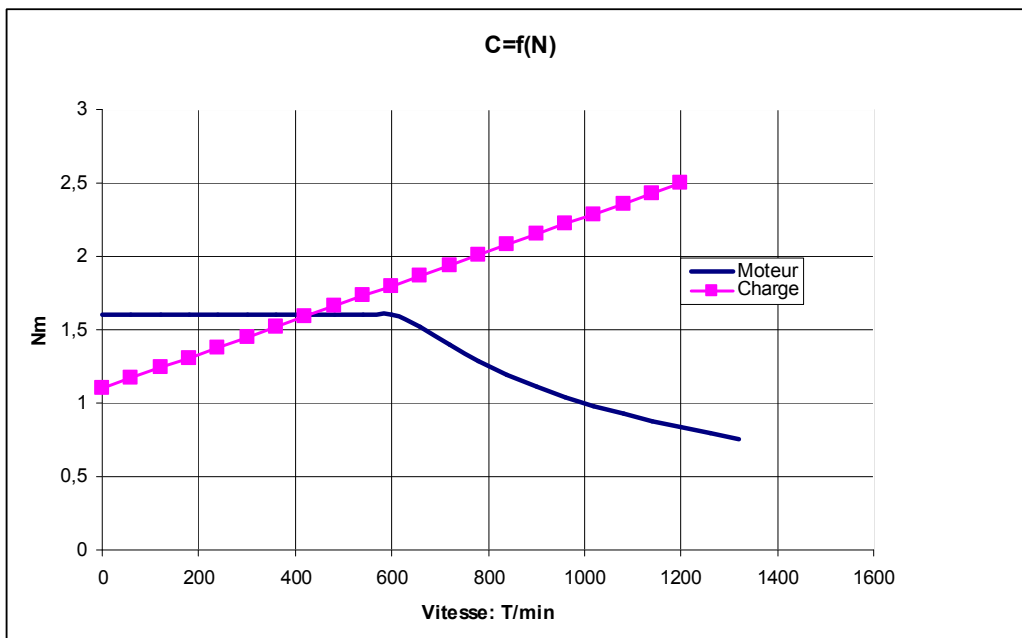
Si on suppose que le moteur tourne à une vitesse de 200 tr/min, le couple à fournir est de 0,8N, alors que le moteur est capable de développer à cette vitesse un couple de 1,6Nm. On a donc une réserve de couple de  $1,6-0,8=0,8N$ . Le moteur puisera dans cette réserve lorsqu'on demandera une accélération. Avec une tel réserve on est dans une zone où l'accélération peut être très forte. A une vitesse par exemple 600tr/min, la réserve est encore de 0,4Nm. Lorsqu'on dépasse la vitesse  $N_s=600tr/min$  (ou arrive dans la zone à puissance constante, la réserve de couple diminue rapidement pour atteindre 0 à une vitesse un peut inférieure 800 tr/min. Pourtant on peut dire que notre moteur est très bien adapté à la charge qu'il doit entrainer. En effet on peut travailler jusqu'à une vitesse de environ 700 tr/min ou le moteur développe sa pleine puissance (Ici 105Watt).

Autres exemples : (diagramme ci-dessous) Avec une telle charge, le moteur ne sait pas dépasser la vitesse de 300tr/min (il faut une réserve pour l'accélération. Il ne sait pas développer sa pleine puissance.

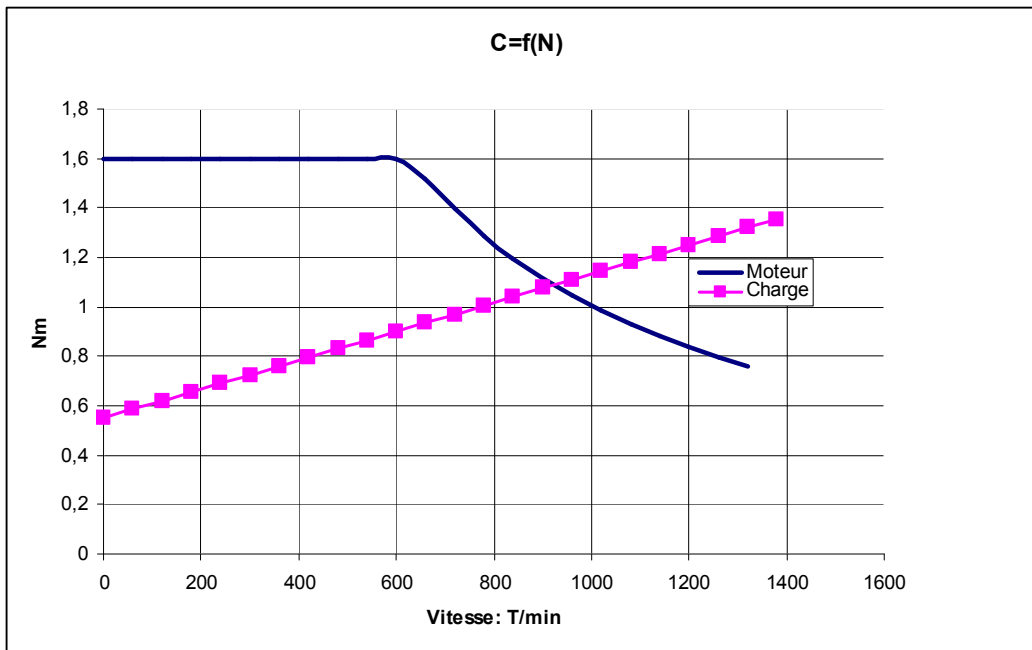
La puissance maximale qu'il pourra développer vaut :

$P=C.N.6,28/60= 1,6*300*6,28/60=50W$ . Alors qu'il est capable de fournir 105W.

Si on garde ce moteur et que l'on veut mieux exploiter les capacités du moteur, on doit présenter au moteur une charge plus faible. Ceci est possible en utilisant une vis avec un pas plus faible (ou passer par une démultiplication)

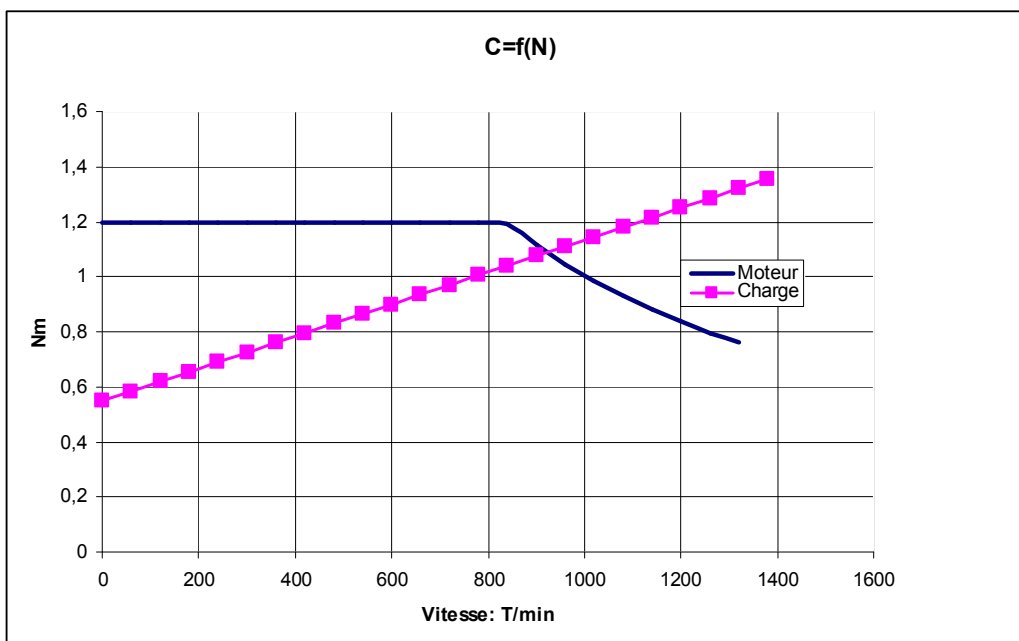


Avec une démultiplication double, les efforts sont divisés par 2 et on obtient le diagramme suivant :



On voit que l'on peut atteindre une vitesse de l'ordre de 800tr/min. Comme la démultiplication est double, c'est comme si la vitesse était passée à  $800/2=400$ tr/min. En final, c'est comme si on passait de 300 à 400tr/min.

On voit également dans ce dernier cas que la réserve de couple est très grande. On peut donc la diminuer en diminuant le courant  $I_a$ . Si par exemple on ramène le couple maximum à 1,2Nn en faisant passer le courant  $I_a=5,5A$  à  $I_a=5,5*1,2/1,5=4,125A$  (règle de trois) on obtient le diagramme suivant:



Ceci correspond à un fonctionnement correct avec une puissance maximale identique. Par contre on a les avantages suivants :

$I_a$  étant plus faible, le moteur (et le driver) chauffe moins : Meilleur rendement .

Dans le cas d'un driver de type micropas, le couple du moteur reste sans vibration dans une zone de vitesse plus grande. En effet, tant qu'on est dans la zone à couple constant, les courants dans les bobinages sont contrôlés par le driver qui leurs donnent une forme sinusoïdale. Il en résulte que le couple a une valeur constante quel que soit la position du rotor par rapport au stator. Dans cette zone, l'axe n'est pas soumis à un couple vibratoire, (c'est ce couple vibratoire qui facilite les phénomènes de résonance) . Ici, la réduction de couple permet d'avoir un fonctionnement plus doux jusqu'à la vitesse de 840tr/min au lieu de 600tr/min.

Les diagrammes ci-dessous tirés de <http://www.aerofun.be/modules/wfsection/images/article/simulation.xls> permettent d'illustrer le comportement du moteur à la vitesse de 800 tr/min :

A gauche le trait bleu indique la forme de la puissance instantanée fournie par le moteur.

Dans le 1<sup>er</sup> cas, la puissance oscille entre 80 et 110W, tandis que dans le second elle oscille légèrement autour de 85W.

Le couple subira également les mêmes variations.

A gauche la courbe en rouge montre la forme du courant dans les bobines du moteur. Dans le second cas, le courant est bien contrôlé par le driver, il a une forme pratiquement sinusoïdale. Par contre ce n'est plus le cas dans le premier cas. (la courbe en rose, est la forme de courant que le driver micropas essaie de fournir.

Diagramme avec couple limite réglé à de 1,6Nm (5,5A) - 800 tr/min

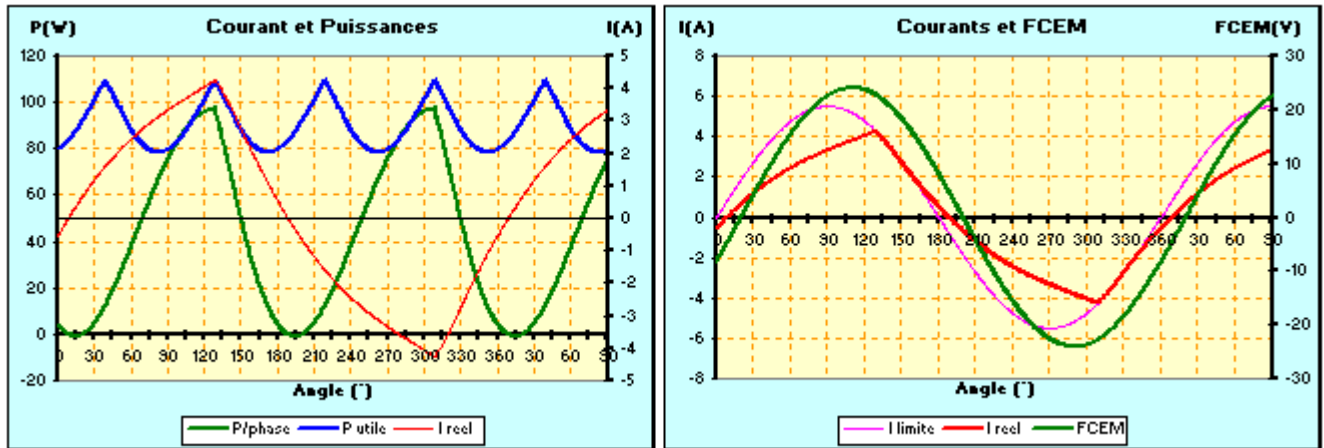
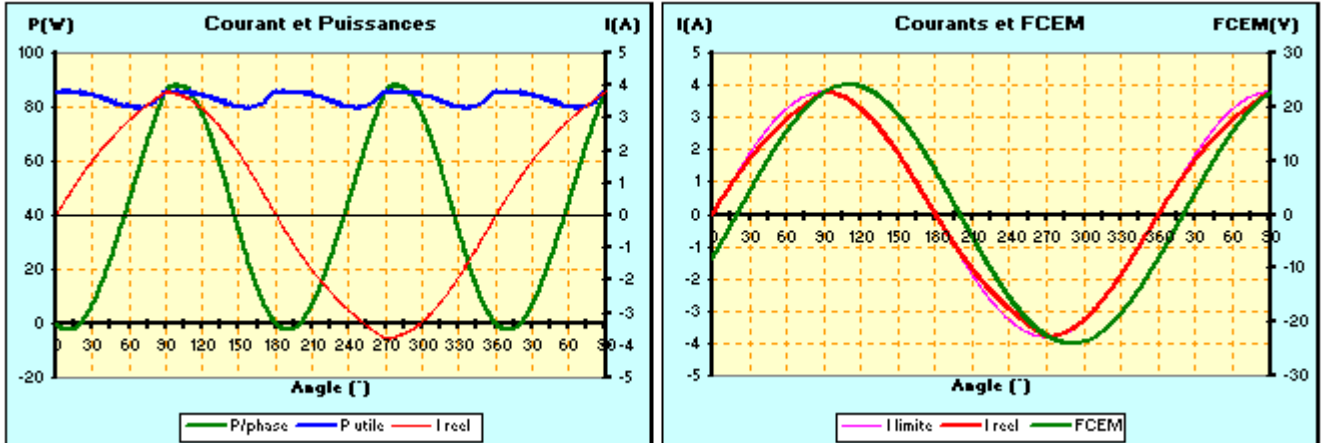


Diagramme avec couple limite réglé à de 1,2Nm (5,5A) - 800 tr/min



## Documentations et références :

<http://www.aerofun.be/modules/wfsection/article.php?articleid=23>

<http://www.aerofun.be/modules/wfsection/images/article/simulation.xls>

<http://www.geckodrive.com/faq.aspx?n=403750>

<http://www.geckodrive.com/upload/returnedenergydump.pdf>

<http://www.geckodrive.com/upload/Step%20Motor%20Basics%20Guide.pdf>

Couple et puissance d'un moteur pas à pas

Ceci est un super résumé (sans les formules) de l'étude qui se trouve en :

<http://www.aerofun.be/modules/wfsection/article.php?articleid=23>