



## 1 – CONSTITUTION ET PRINCIPE

### CONSTITUTION (voir figure 1)

Une machine électrique pas à pas, qu'elle soit à aimant permanent (MAP), à réluctance variable (MRV) ou hybride est constituée d'un :

- **Stator** construit avec des enroulements ou bobinages dont le nombre est variable et est appelés pôles ou phases.
- **Rotor** en ferrite ou fer doux pour les MRV et constitué à partir d'un aimant permanent pour les MAP. Il possède des créneaux à sa périphérie afin de rendre variable la distance le séparant des bobinages du stator.
- **Carcasse** qui supporte les bobinages du stator et les points de fixations disposés différemment selon les constructions.

### PRINCIPE (voir figures 2 & 3)

W électrique continue < **CONVERSION** > W mécanique rotation

On alimente successivement les phases du moteur à une fréquence d'impulsion qui conditionnera la vitesse de rotation du moteur.

Il existe 3 types de moteurs pas à pas. Les moteurs à réluctance variable, les moteurs à aimants permanents et les hybrides.

Les moteurs à réluctance variable (MRV) possèdent un rotor en fer doux avec des pôles saillants (cf. fig. 2). L'alimentation d'une phase du stator entraîne la rotation du rotor de façon à ce que l'un des pôles les plus proches de ladite phase se place en conjonction avec celle-ci. Pour continuer à faire tourner le rotor, il faut ensuite alimenter la phase suivante. Le rotor tourne d'un pas. Le sens du courant dans les phases n'a pas d'incidence sur le fonctionnement de ce moteur. Les phases nécessitent une alimentation non réversible en courant. Ce sont des moteurs dits unipolaires.

Les moteurs à aimants permanents (MAP) possèdent des aimants dans le rotor (pôle nord/pôle sud). L'alimentation d'une phase du stator crée un aimant fictif (pôle nord/pôle sud) attaché au stator. L'aimant du rotor va donc être attiré par l'aimant fictif du stator de façon à faire tourner le rotor et le placer en conjonction avec la phase du stator alimentée. La rotation vers le pas suivant s'effectue en alimentant la phase suivante du stator. Dans ce moteur, le sens du courant dans la phase a une incidence sur le sens des pôles magnétiques du stator. Cela joue sur le sens de rotation du moteur. Ce sont des moteurs dits bipolaires. Leur alimentation nécessite une alimentation réversible en courant. Ces moteurs possèdent un couple de détente (couple sans alimentation).

Les moteurs hybrides combinent le principe de fonctionnement de chacun des 2 moteurs cités précédemment.

Pour augmenter la résolution (diminuer le pas angulaire), le stator et le rotor possèdent des encoches plutôt que des pôles saillants (cf. fig. 3). On peut ainsi obtenir des moteurs ayant un pas angulaire de  $0,9^\circ/\text{impulsion}$ .

Pour le moteur représenté figure 2 :

- la séquence d'alimentation en pas entiers est la suivante : **phase 1** => **phase 2** => **phase 3** => **phase 4** => **phase 1** ...
- la précision de position peut être doublée, en réalisant une séquence d'alimentation en  $\frac{1}{2}$  pas : **phase 1** => **phase 1 & phase 2** => **phase 2** => **phase 2 & phase 3** => **phase 3** => **phase 3 & phase 4** => **phase 4** => **phase 4 & phase 1**...
- le sens de rotation peut être inversé en inversant la rotation des phases.

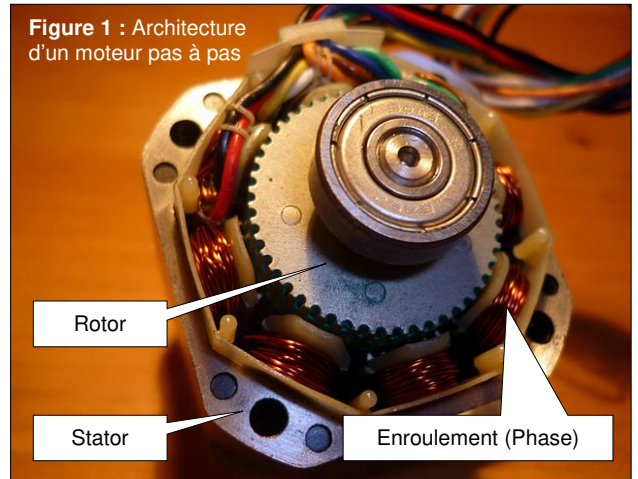


Figure 2 : Principe d'un Moteur PAP MRV (unipolaire)  
Séquence d'alimentation Phase1 puis 2 puis 3 puis 4 puis 1...

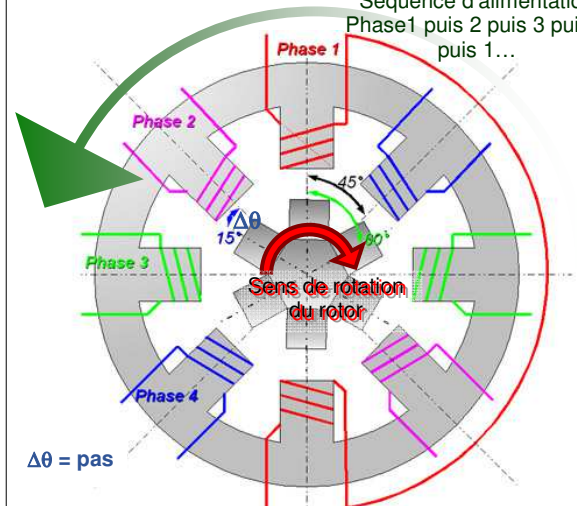
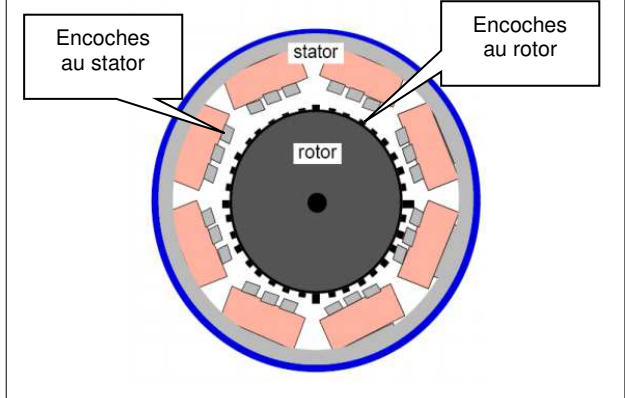
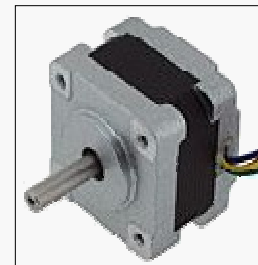


Figure 3 : Augmentation de la résolution



## 2 – CRITERES TECHNIQUES

<b>Réversibilité</b>	Non
<b>Pas angulaire - Résolution</b>	de 7,2° à 0,9° - de 50 à 400 pas / tour
<b>Vitesse de décrochage</b>	quelques milliers de tours par minutes (fonction du couple à entrainer et de la fréquence de pilotage des pas)
<b>Couple :</b>	Quelques N.m
<b>Nombre de phases</b>	2, 3, 4
<b>Types d'alimentation</b>	<b>Unipolaire / bipolaire</b>
<b>Avantages</b>	Possibilité d'atteindre des positions précises grâce aux pas sans capteurs MAP : produit un couple même sans alimentation Pas de balais pour le rotor => durée de vie très longue
<b>Inconvénients</b>	Vitesse de rotation peu élevée MRV : ne produit pas de couple résiduel (sans alimentation) Besoin d'une alimentation séquencée pas toujours aisée à réaliser
<b>Applications</b>	Pilotage systèmes de précision (imprimantes, tours à commande numérique...)



## 3 – MODELE DE COMPORTEMENT

(voir figure 4)

L'influence de la charge est directement liée au calcul du couple moteur via les paramètres du calcul inertiel (en  $\text{kg.m}^2$ ) et de l'accélération (en  $\text{m.s}^{-2}$ ). Pour des paramètres d'accélération et de chaîne cinématique identiques, un moteur pas à pas n'aura pas besoin du même couple selon la charge mise en jeu.

Pour l'étude du comportement, le dimensionnement d'un moteur pas à pas doit être vu de façon rigoureuse ou être surdimensionné afin d'éviter tout problème de glissement par « perte de pas ». Le moteur pas à pas fonctionnant en boucle ouverte (sans asservissement), il ne récupère pas sa position de consigne en cas de glissement.

Il convient donc de faire le lien entre couple utile (donc dépendant de la charge) et vitesse d'impulsion pour son pilotage.

**Figure 3 :** Moteur PAP – Courbes caractéristiques pour un moteur particulier (400 pas / tr – alimenté en pas entier)

