

Machines à courant alternatif

Alejandro Ospina Vargas– Enseignant-Chercheur UTC

Université de Technologie de Compiègne

Sommaire

- 1 Machines à courant alternatif (CA)
 - Objectifs
 - Rappels : Tension induite
 - Champ Tournant
 - Machine Synchrone
 - Courbes caractéristiques
 - Machine Asynchrone
 - Courbes caractéristiques
- 2 Limites de fonctionnement
 - La température : facteur limitant
 - Un analyse simplifié : circuit thermique
 - Caractéristiques matériaux et température
 - Les limites en fonctionnement transitoire
- 3 Choix d'une machine électrique
 - Plaques signalétiques : infos essentiels
 - Types de charges
 - Étude de cas : fraiseuse

Objectifs

- Comprendre les principes de fonctionnement des machines CA
- Établir les limites de fonctionnement des machines électriques

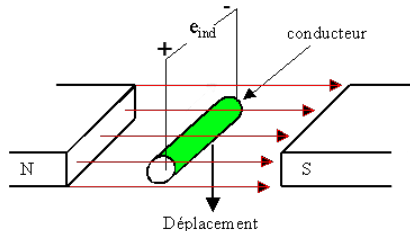
Sommaire

- 1 Machines à courant alternatif (CA)
 - Objectifs
 - **Rappels : Tension induite**
 - Champ Tournant
 - Machine Synchrone
 - Courbes caractéristiques
 - Machine Asynchrone
 - Courbes caractéristiques
- 2 Limites de fonctionnement
 - La température : facteur limitant
 - Un analyse simplifié : circuit thermique
 - Caractéristiques matériaux et température
 - Les limites en fonctionnement transitoire
- 3 Choix d'une machine électrique
 - Plaques signalétiques : infos essentiels
 - Types de charges
 - Étude de cas : fraiseuse

Tension induite : Un conducteur AB se déplace dans un champ magnétique (en coupant les lignes de flux à angle droit), \Rightarrow il apparaît, aux extrémités du conducteur, une tension induite e_{ind} .

Cette tension dépend de :

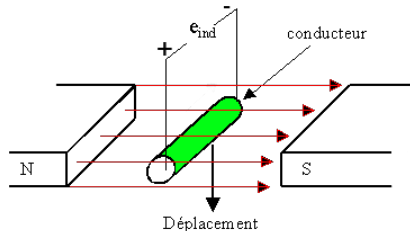
- l'induction magnétique B ,
- la longueur "utile" l du conducteur,
- la vitesse de déplacement v .



Tension induite : Un conducteur AB se déplace dans un champ magnétique (en coupant les lignes de flux à angle droit), \Rightarrow il apparaît, aux extrémités du conducteur, une tension induite e_{ind} .

Cette tension dépend de :

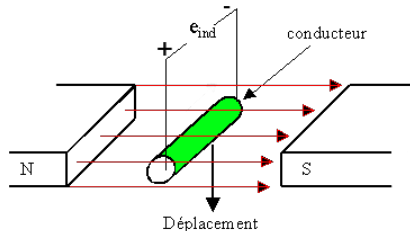
- l'induction magnétique B ,
- la longueur "utile" l du conducteur,
- la vitesse de déplacement v .



Tension induite : Un conducteur AB se déplace dans un champ magnétique (en coupant les lignes de flux à angle droit), \Rightarrow il apparaît, aux extrémités du conducteur, une tension induite e_{ind} .

Cette tension dépend de :

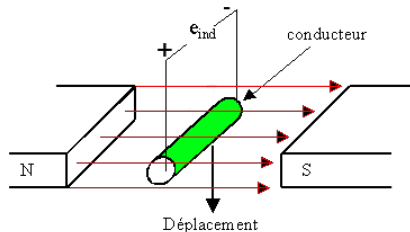
- l'induction magnétique B ,
- la longueur "utile" l du conducteur,
- la vitesse de déplacement v .



Tension induite : Un conducteur AB se déplace dans un champ magnétique (en coupant les lignes de flux à angle droit), \Rightarrow il apparaît, aux extrémités du conducteur, une tension induite e_{ind} .

Cette tension dépend de :

- l'induction magnétique B ,
- la longueur "utile" l du conducteur,
- la vitesse de déplacement v .

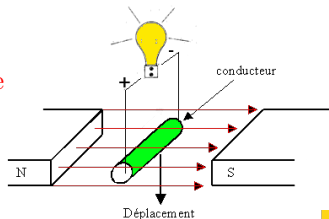


$$e_{\text{ind}} = Blv$$

Tension induite : Si l'extrémités du conducteur sont raccordées aux bornes d'une ampoule de résistance électrique R :

- ⇒ La tension induite e_{ind} provoque la circulation d'un courant I (induit aussi, mais c'est la tension qui est induite). La circulation du courant génère une **transformation de l'énergie électrique en lumière et chaleur**.
- ⇒ Apparition d'une force F . Le sens de cette force s'oppose au déplacement initial.

$$RI^2 = \text{énergie électrique transformée}$$

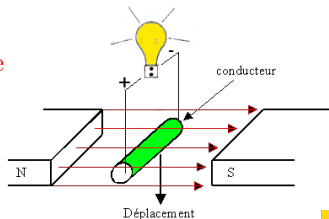


Tension induite : Si l'extrémités du conducteur sont raccordées aux bornes d'une ampoule de résistance électrique R :

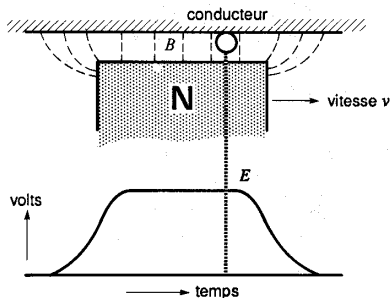
- ⇒ La tension induite e_{ind} provoque la circulation d'un courant I (induit aussi, mais c'est la tension qui est induite). La circulation du courant génère une **transformation de l'énergie électrique en lumière et chaleur**.
- ⇒ Apparition d'une force F . Le sens de cette force s'oppose au déplacement initial.

$$RI^2 = \text{énergie électrique transformée}$$

$$Fx = \text{énergie mécanique fournie}$$

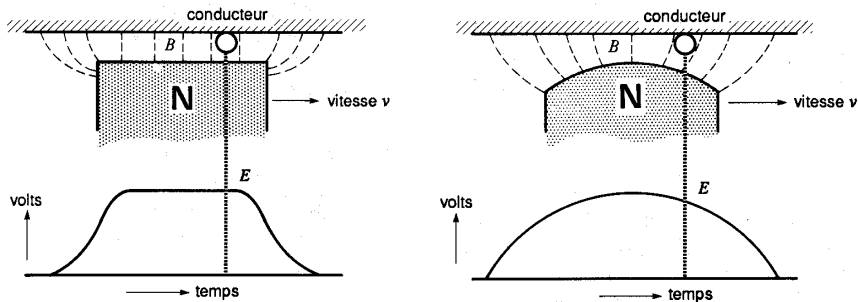


Tension induite : Sur un conducteur qui se déplace à vitesse constante dans un entrefer, où règne un champ ayant une répartition spatiale donnée, il va se générer une tension induite ayant une répartition temporelle semblable à la répartition spatiale du champ :



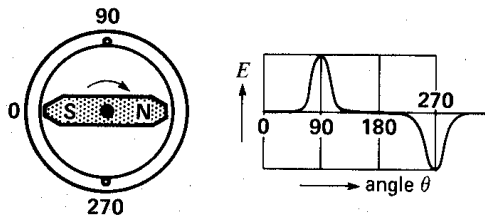
On peut déplacer le conducteur dans le champ ou déplacer le champ par rapport au conducteur.

Tension induite : Sur un conducteur qui se déplace à vitesse constante dans un entrefer, où règne un champ ayant une répartition spatiale donnée, il va se générer une tension induite ayant une répartition temporelle semblable à la répartition spatiale du champ :



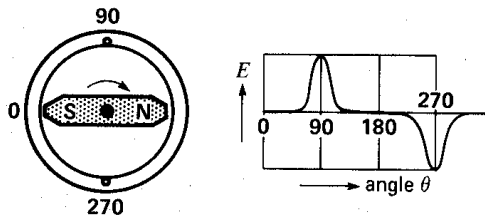
On peut déplacer le conducteur dans le champ ou déplacer le champ par rapport au conducteur.

Tension induite : Soit un barreau aimanté qui tourne à l'intérieur d'un circuit magnétique torique portant un conducteur. La répartition du champ dans l'entrefer aura la forme suivante,



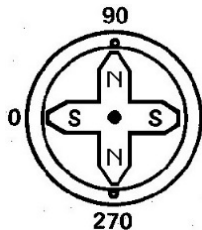
- Si l'aimant fait 1 tr/s \Rightarrow la tension de 1 période/seconde $\Rightarrow f = 1$ Hz.
- Si l'aimant fait 2 tr/s \Rightarrow la tension de 2 périodes/s $\Rightarrow f = 2$ Hz

Tension induite : Soit un barreau aimanté qui tourne à l'intérieur d'un circuit magnétique torique portant un conducteur. La répartition du champ dans l'entrefer aura la forme suivante,



- Si l'aimant fait 1 tr/s \Rightarrow la tension de 1 période/seconde $\Rightarrow f = 1$ Hz.
- Si l'aimant fait 2 tr/s \Rightarrow la tension de 2 périodes/s $\Rightarrow f = 2$ Hz

Tension induite : Rotor à 4 pôles.

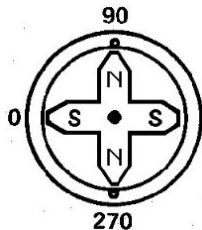


- Si l'aimant fait 1 tr/s
 - \Rightarrow la tension de 2 périodes/seconde
 - $\Rightarrow f = 2$ Hz.
- Si l'aimant fait 2 tr/s
 - \Rightarrow la tension de 4 périodes/s
 - $\Rightarrow f = 4$ Hz

$$f = np \quad (1)$$

n vitesse en tr/s, p nombre de paires de pôles.

Tension induite : Rotor à 4 pôles.

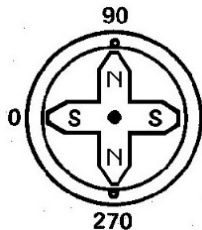


- Si l'aimant fait 1 tr/s
 - \Rightarrow la tension de 2 périodes/seconde
 - $\Rightarrow f = 2$ Hz.
- Si l'aimant fait 2 tr/s
 - \Rightarrow la tension de 4 périodes/s
 - $\Rightarrow f = 4$ Hz

$$f = np \quad (1)$$

n vitesse en tr/s, p nombre de *paires* de pôles.

Tension induite : Rotor à 4 pôles.

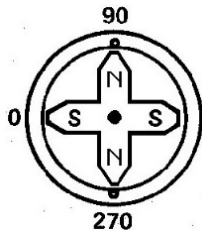


- Si l'aimant fait 1 tr/s
 - \Rightarrow la tension de 2 périodes/seconde
 - $\Rightarrow f = 2$ Hz.
- Si l'aimant fait 2 tr/s
 - \Rightarrow la tension de 4 périodes/s
 - $\Rightarrow f = 4$ Hz

$$f = np \quad (1)$$

n vitesse en tr/s, p nombre de *paires* de pôles.

Tension induite : Rotor à 4 pôles.



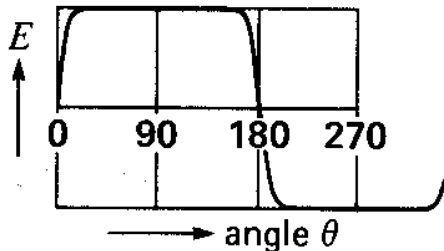
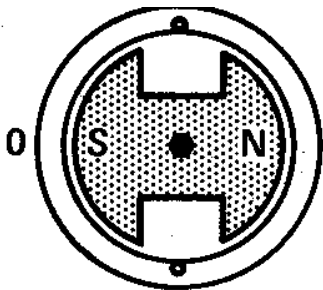
- Si l'aimant fait 1 tr/s
 - \Rightarrow la tension de 2 périodes/seconde
 - $\Rightarrow f = 2 \text{ Hz}$.
- Si l'aimant fait 2 tr/s
 - \Rightarrow la tension de 4 périodes/s
 - $\Rightarrow f = 4 \text{ Hz}$

$$f = np \quad (1)$$

n vitesse en tr/s, p nombre de paires de pôles.

Tension induite

La répartition spatiale de l'induction modifie l'évolution temporelle de la tension... nous pouvons approcher une répartition sinusoïdale et générer donc une évolution temporelle sinusoïdale :

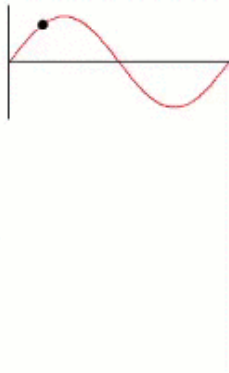
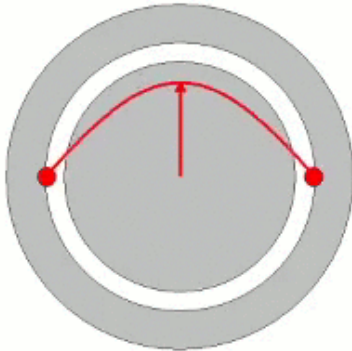


Sommaire

- 1 Machines à courant alternatif (CA)
 - Objectifs
 - Rappels : Tension induite
 - **Champ Tournant**
 - Machine Synchrone
 - Courbes caractéristiques
 - Machine Asynchrone
 - Courbes caractéristiques
- 2 Limites de fonctionnement
 - La température : facteur limitant
 - Un analyse simplifié : circuit thermique
 - Caractéristiques matériaux et température
 - Les limites en fonctionnement transitoire
- 3 Choix d'une machine électrique
 - Plaques signalétiques : infos essentiels
 - Types de charges
 - Étude de cas : fraiseuse

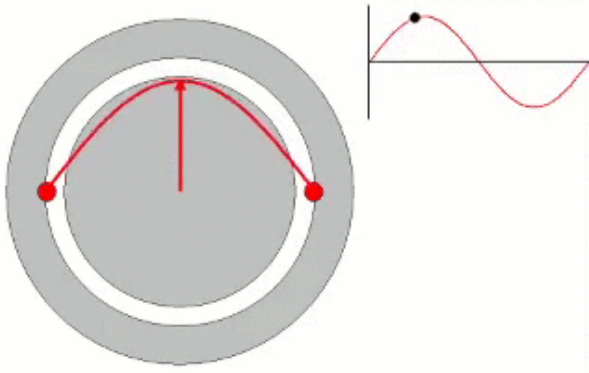
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



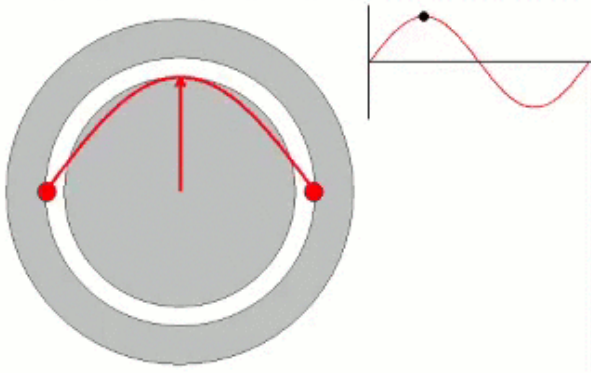
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



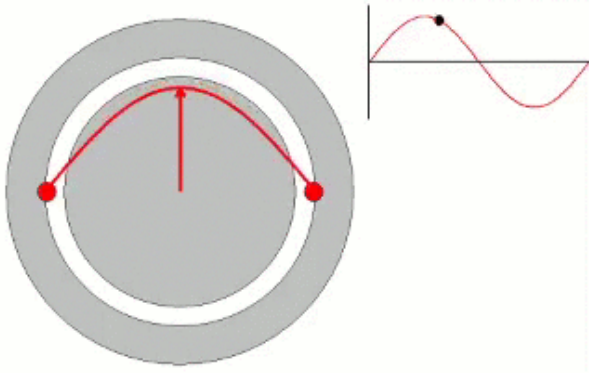
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



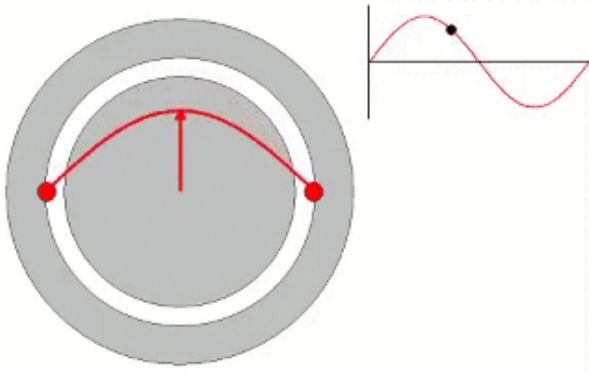
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



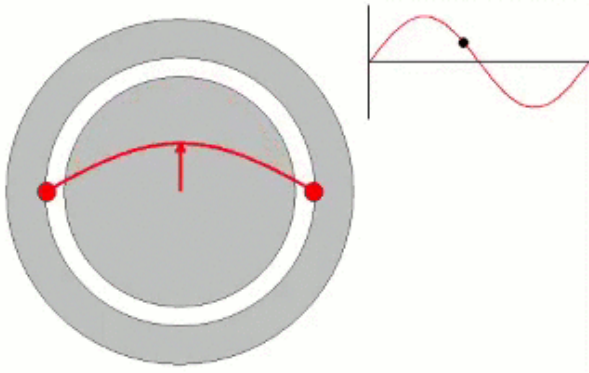
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



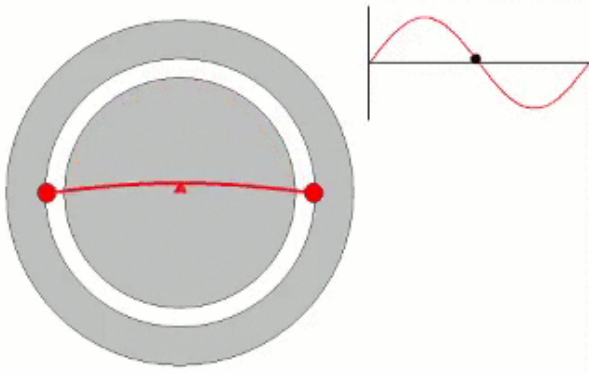
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



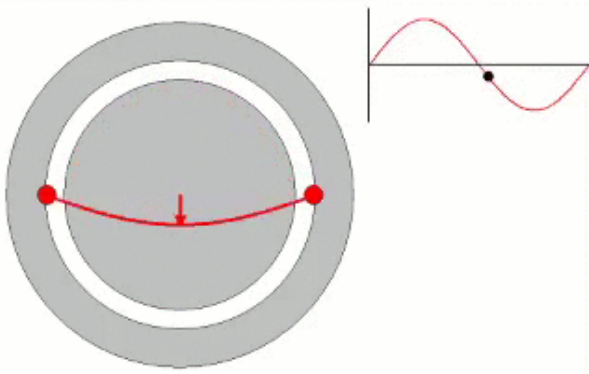
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



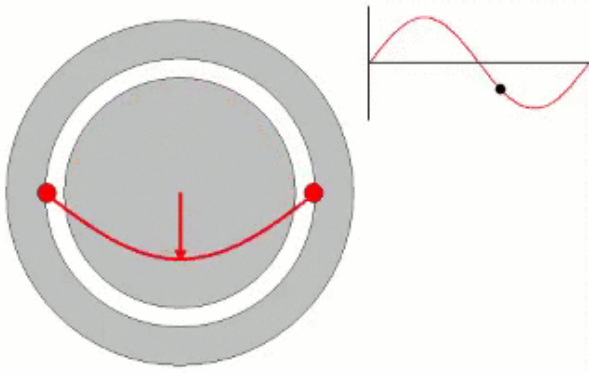
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



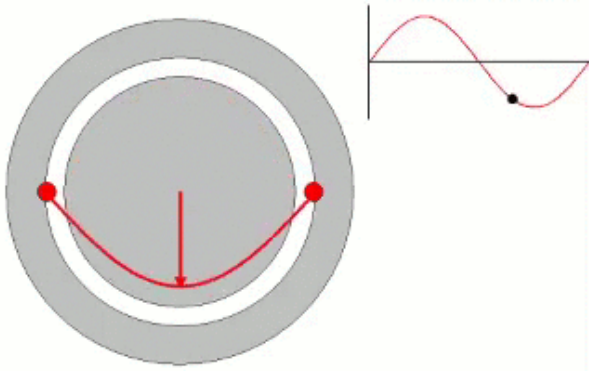
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



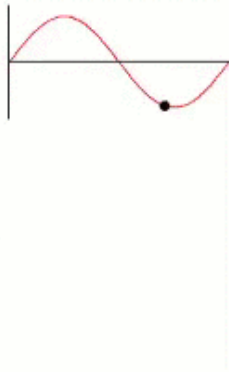
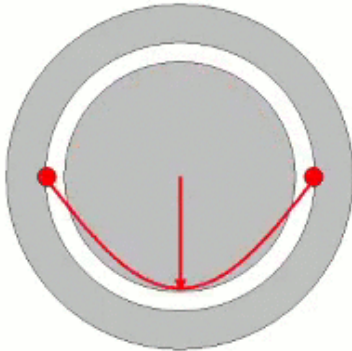
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



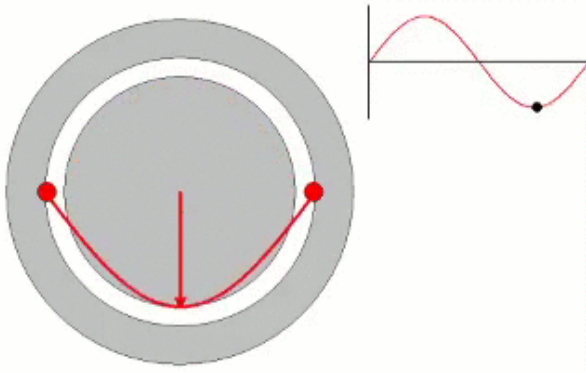
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



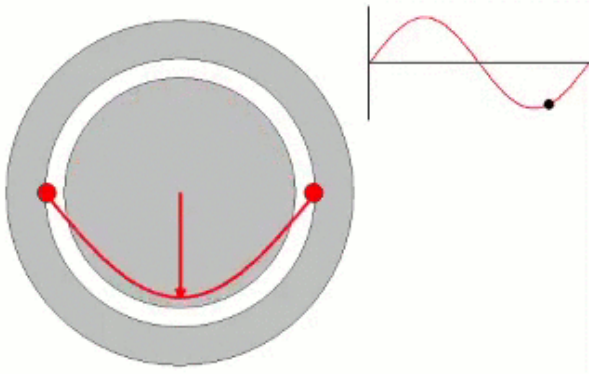
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



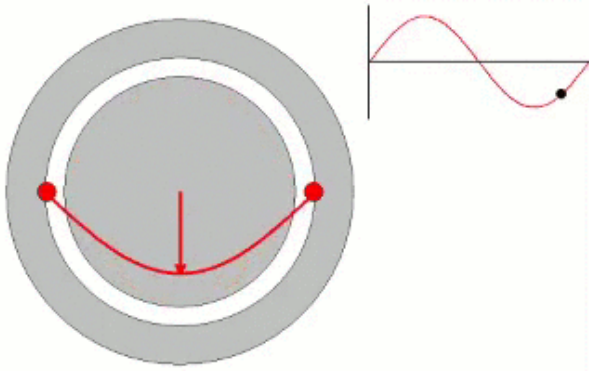
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



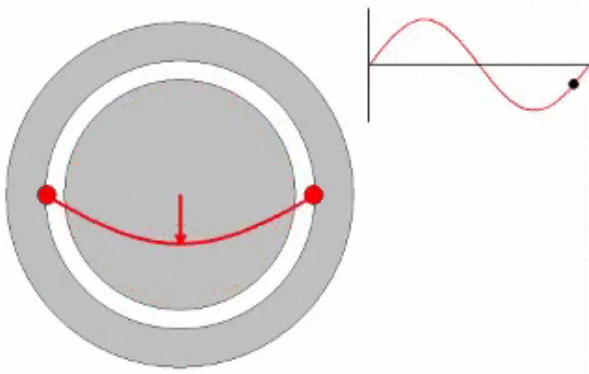
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



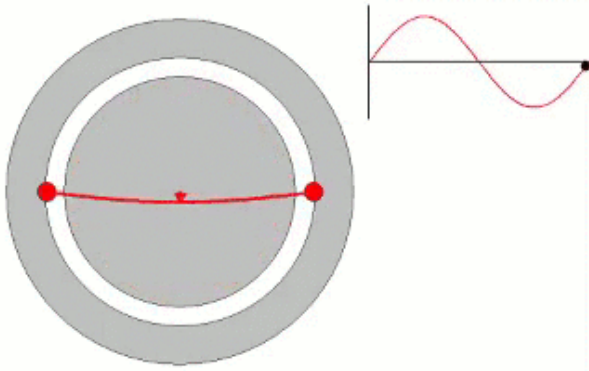
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



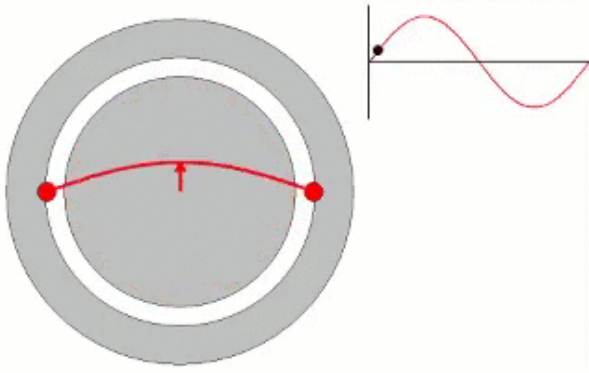
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



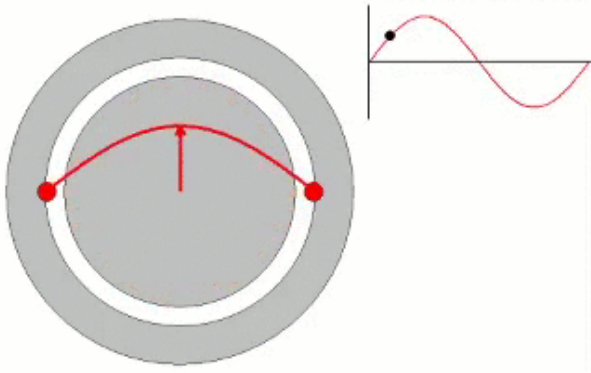
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



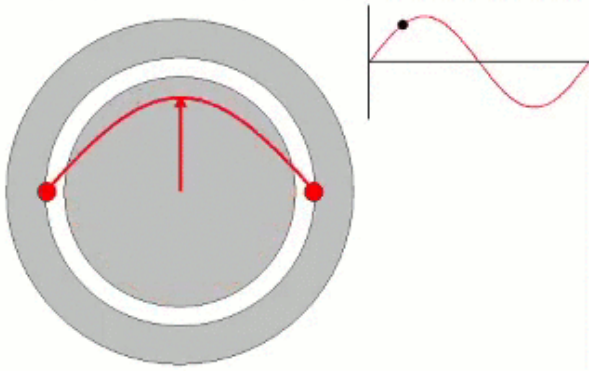
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



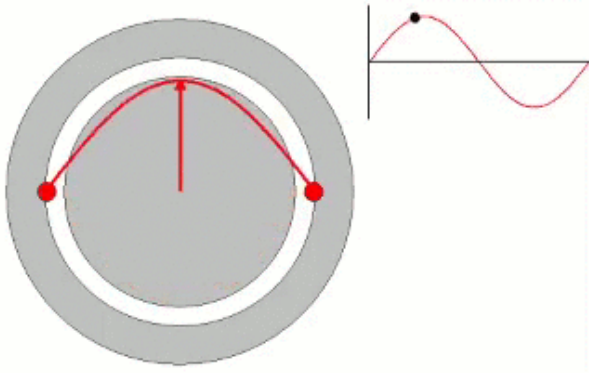
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



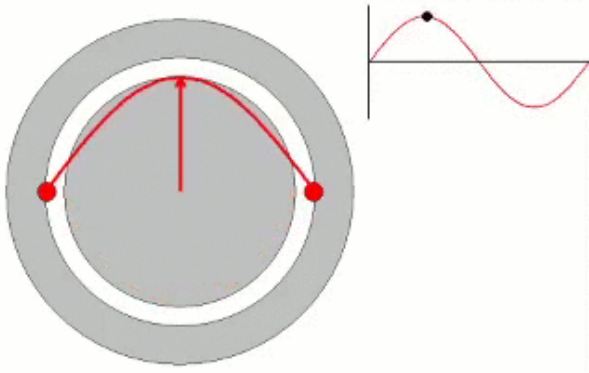
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



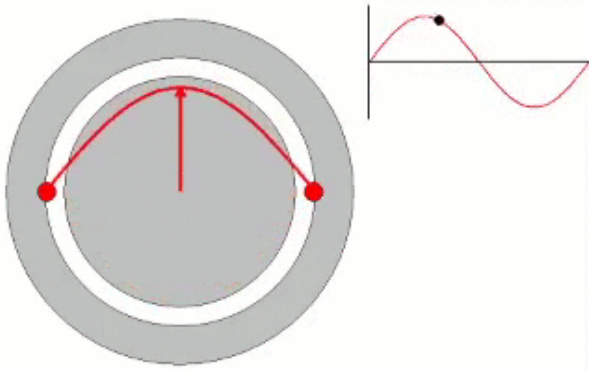
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



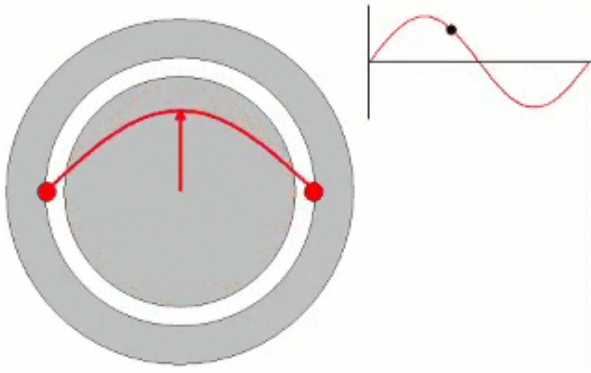
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



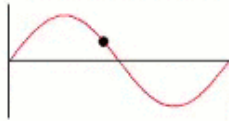
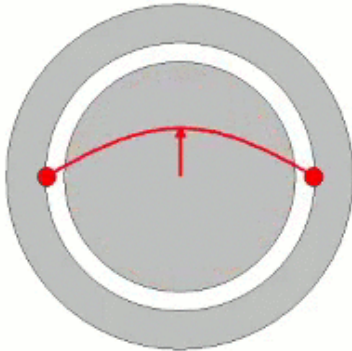
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



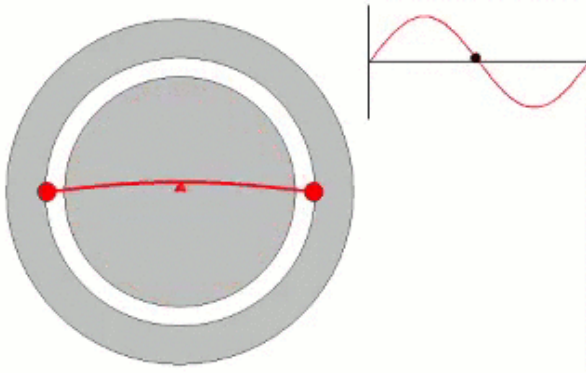
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



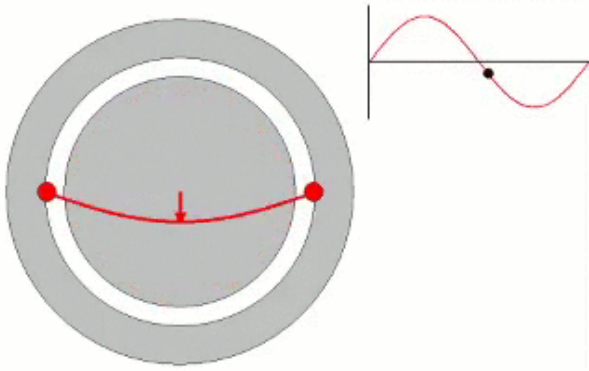
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



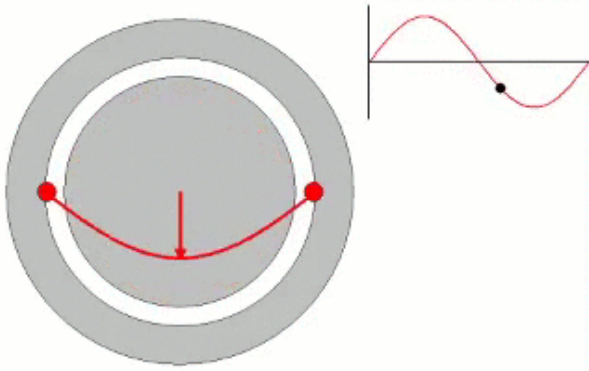
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



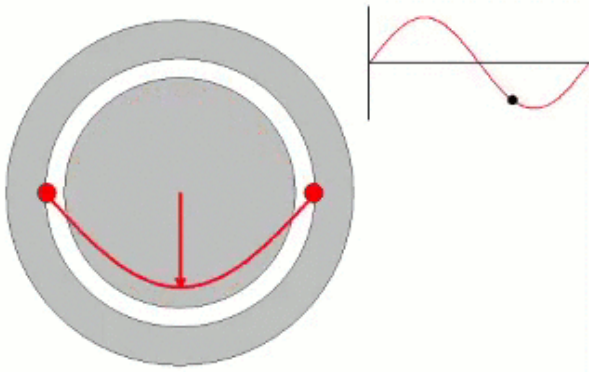
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



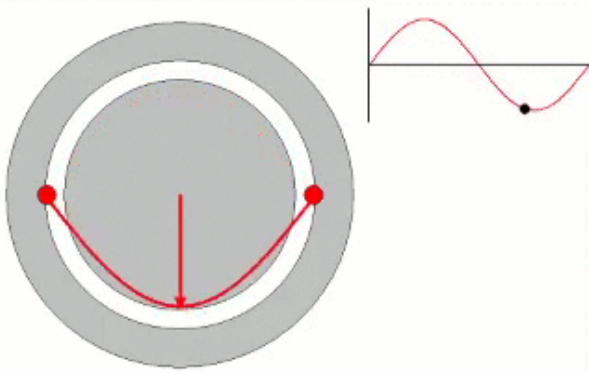
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



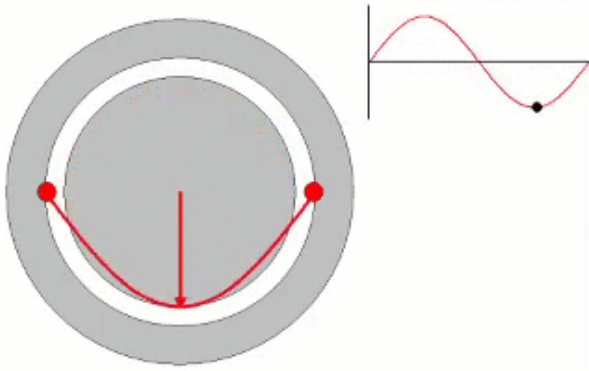
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



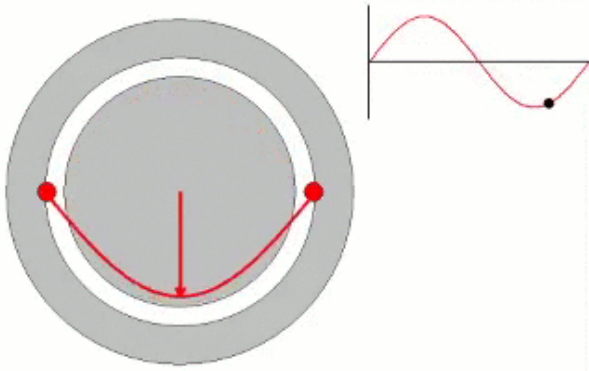
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



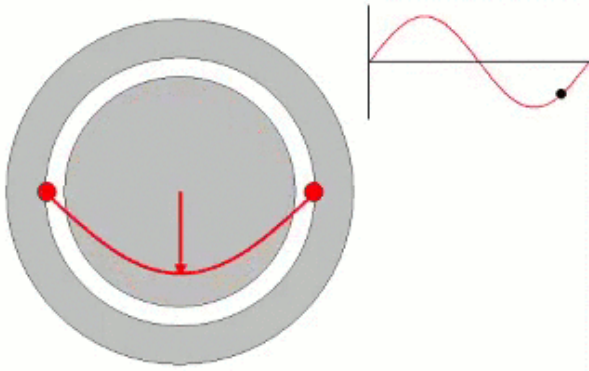
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



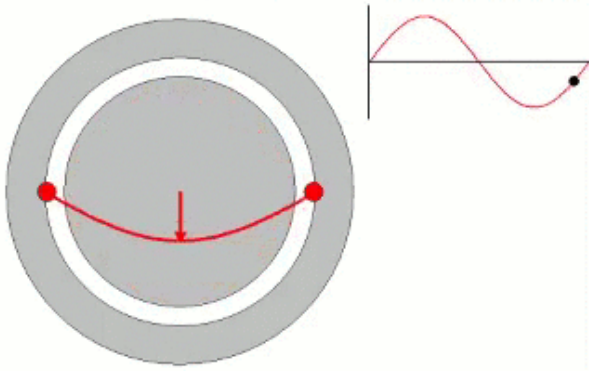
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



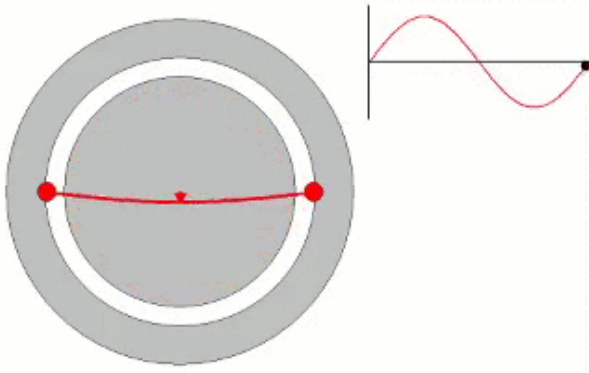
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



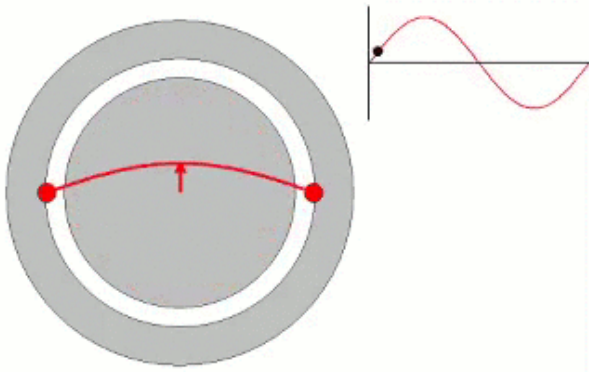
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



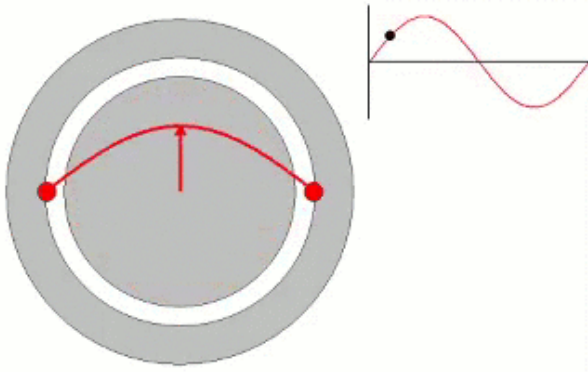
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



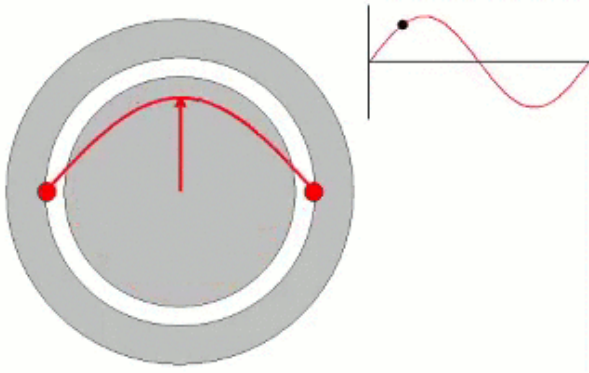
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



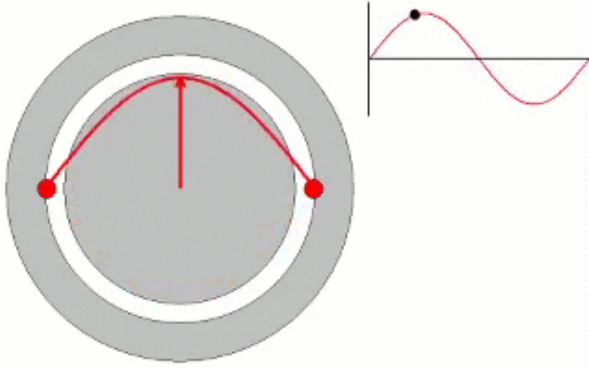
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



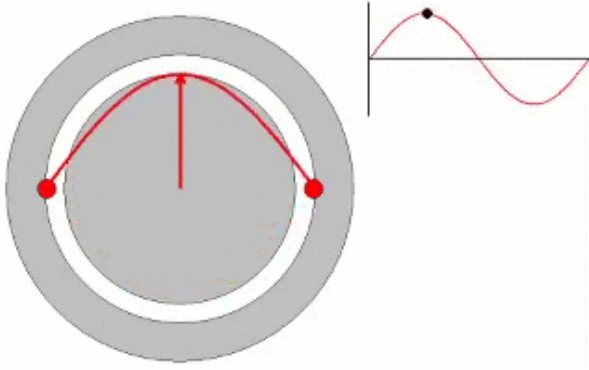
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



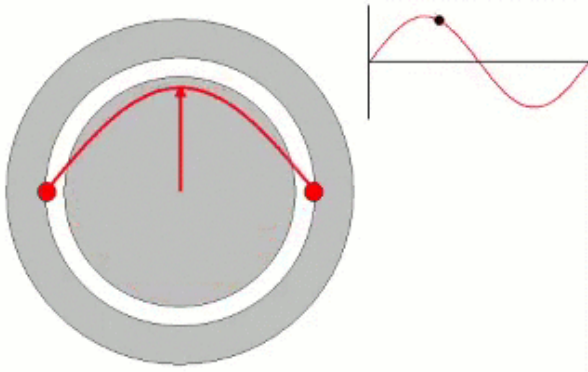
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



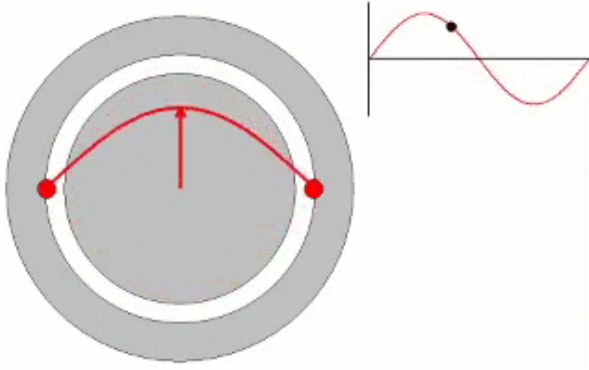
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



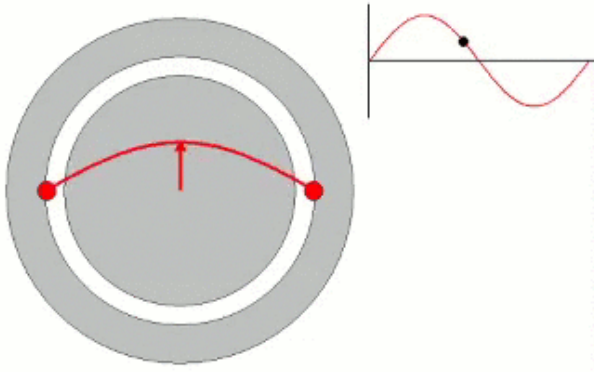
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



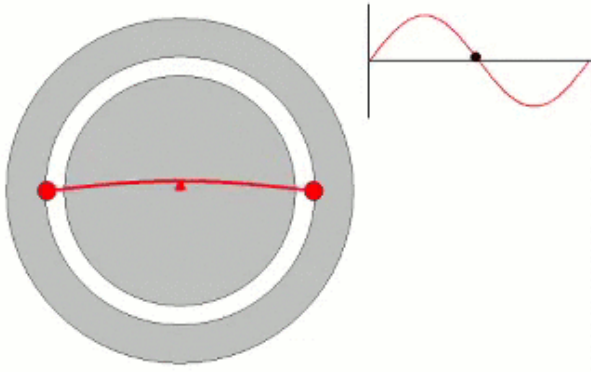
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



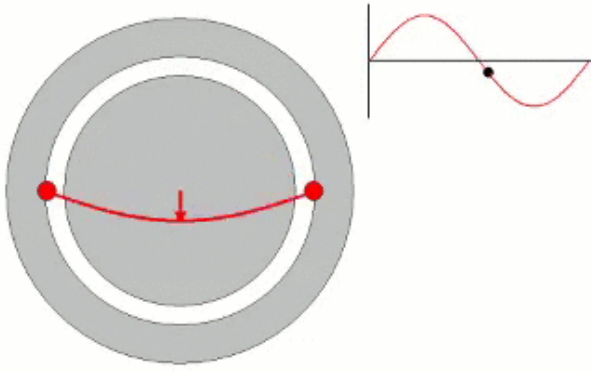
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



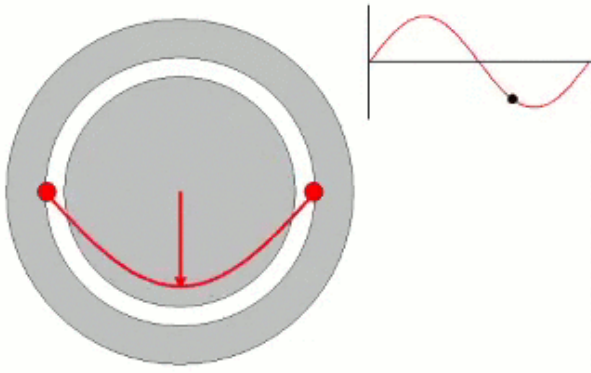
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



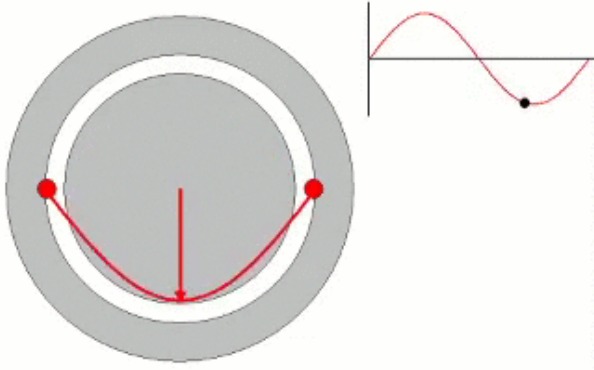
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



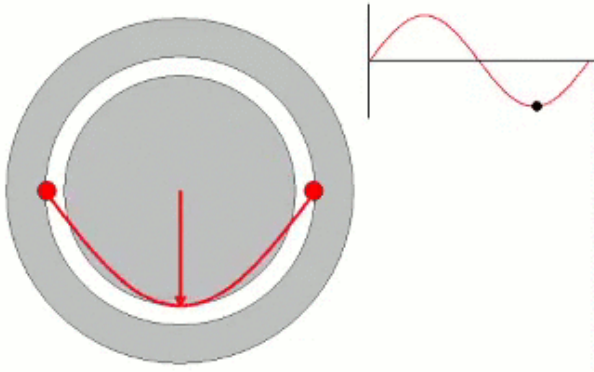
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



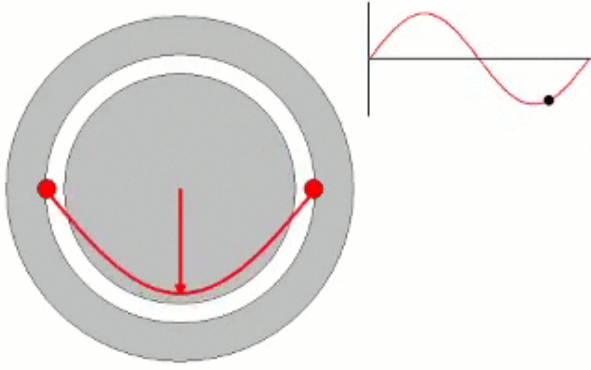
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



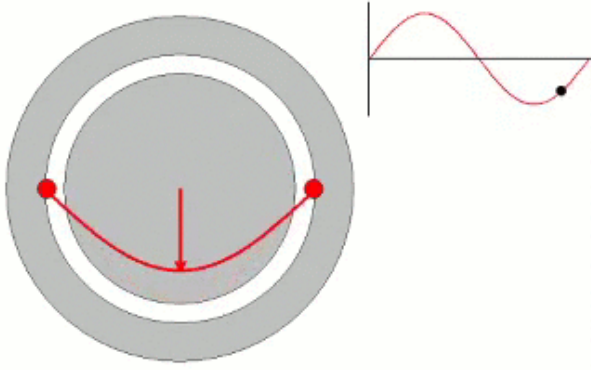
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



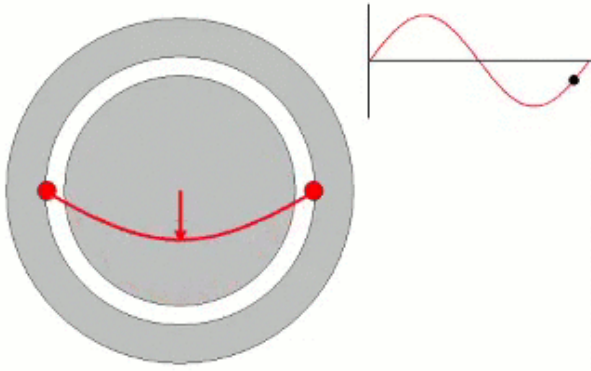
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



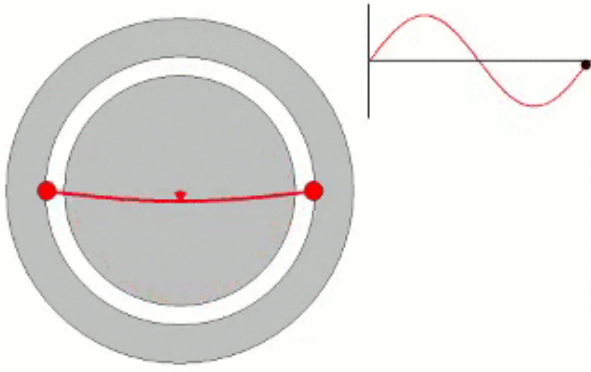
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



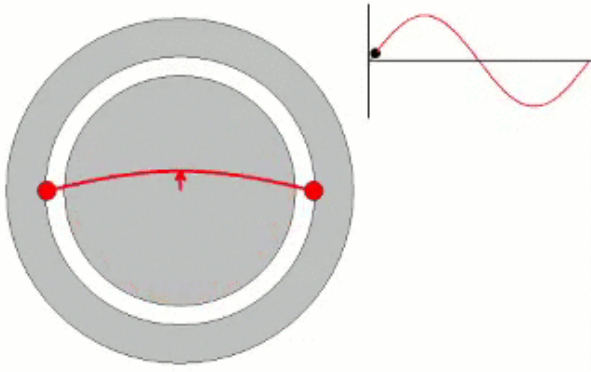
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



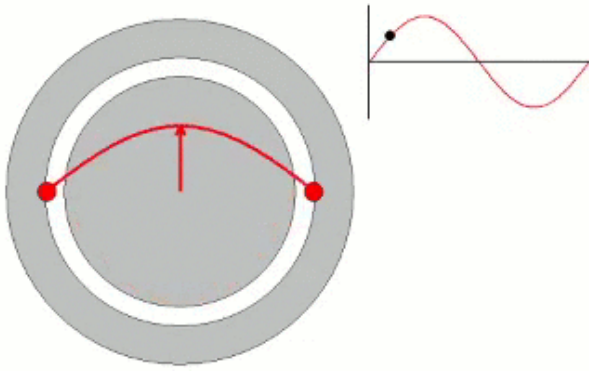
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



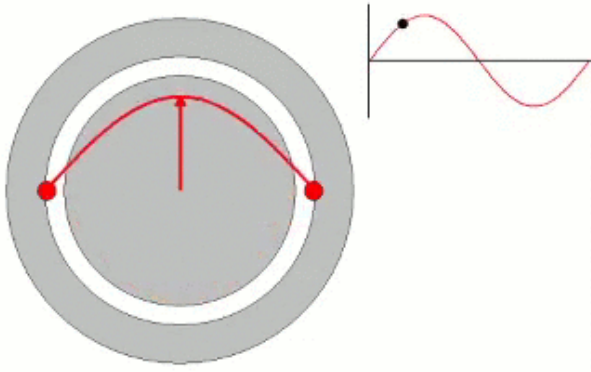
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



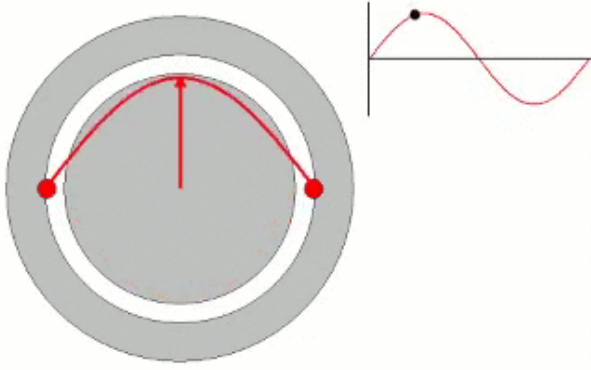
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



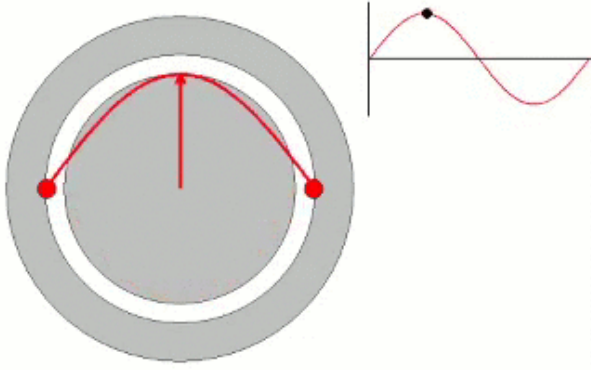
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



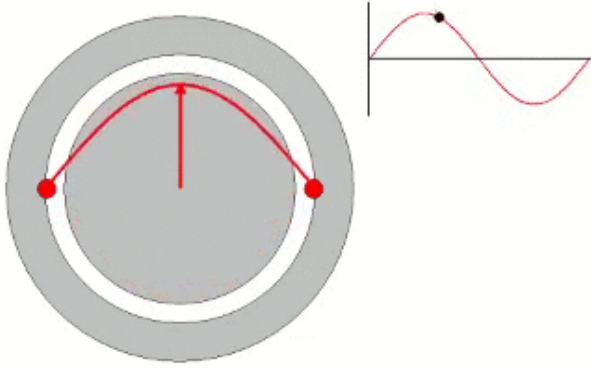
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



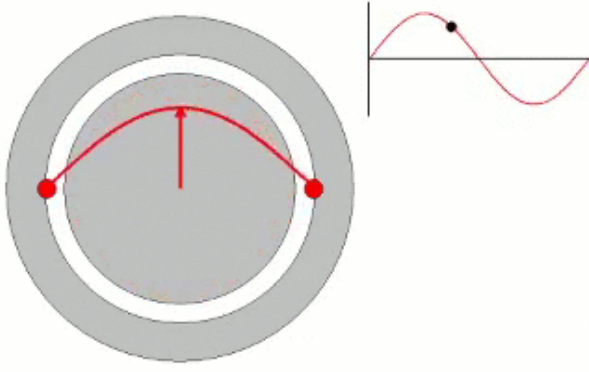
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



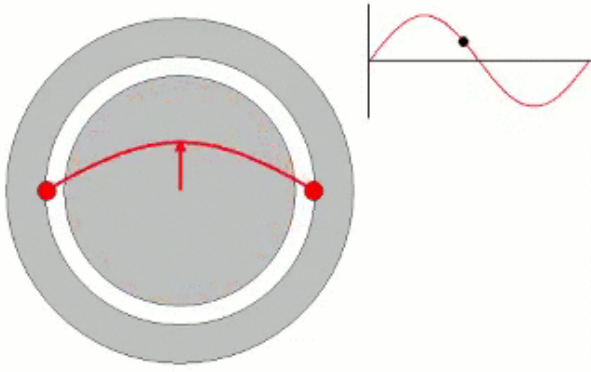
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



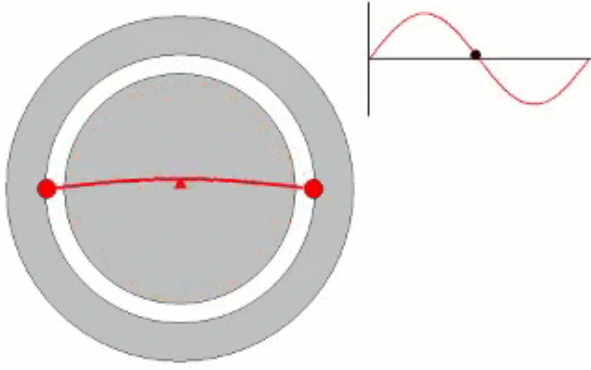
Le champ tournant :

Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).

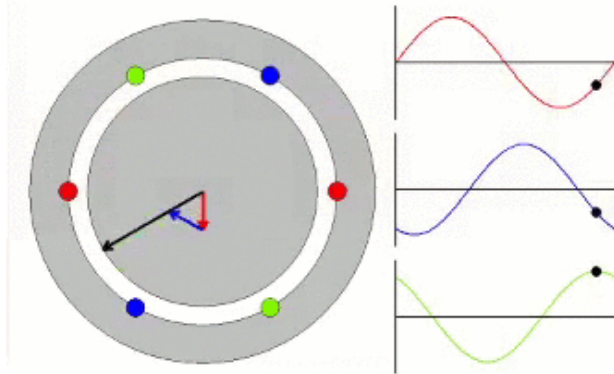


Le champ tournant :

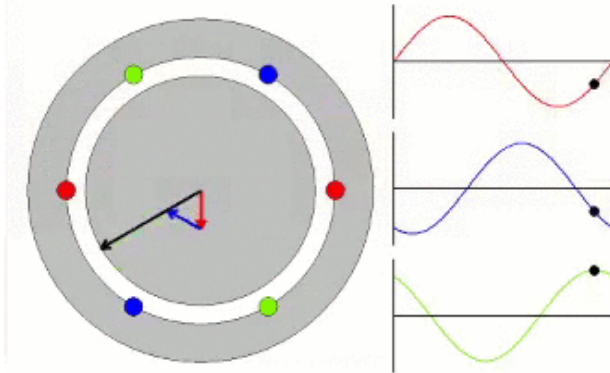
Nous pouvons générer un champ magnétique dans l'entrefer de **distribution spatiale sinusoïdale** en injectant des courants sinusoïdaux (variation temporelle) dans les conducteurs fixes (le stator).



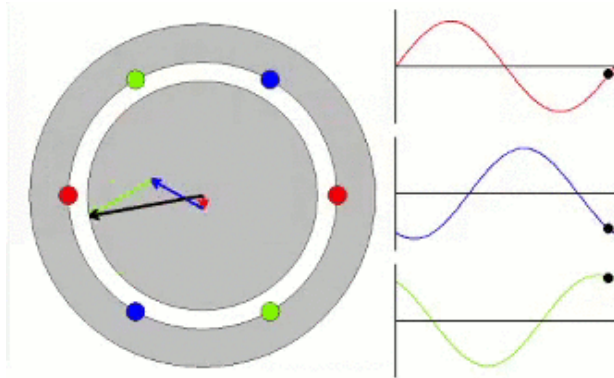
Le champ tournant : Plus des bobines...



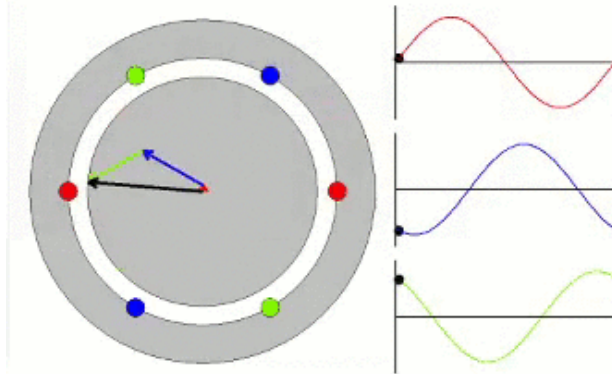
Le champ tournant : Plus des bobines...



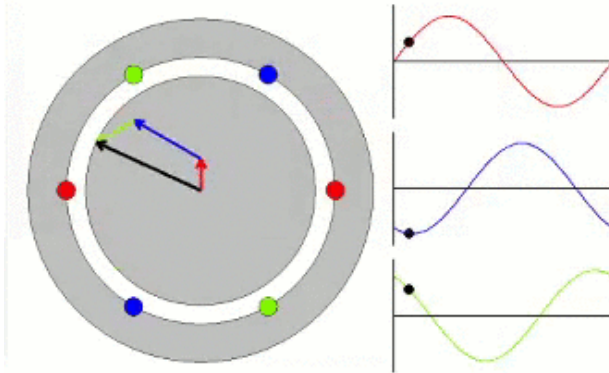
Le champ tournant : Plus des bobines...



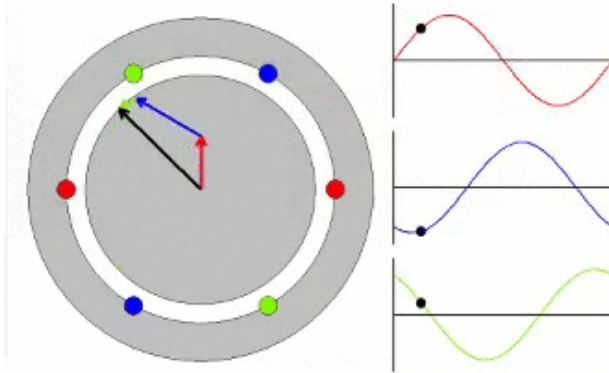
Le champ tournant : Plus des bobines...



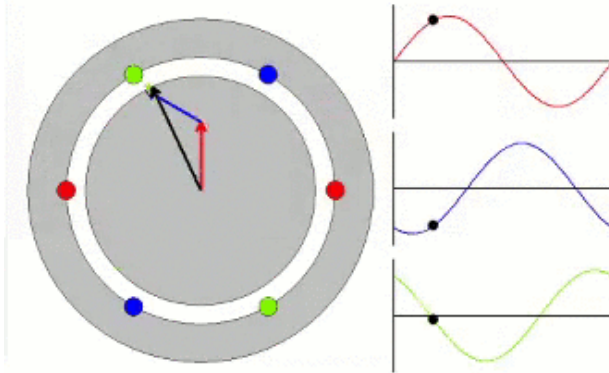
Le champ tournant : Plus des bobines...



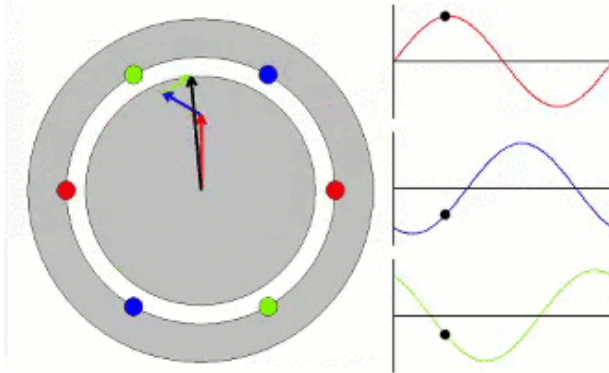
Le champ tournant : Plus des bobines...



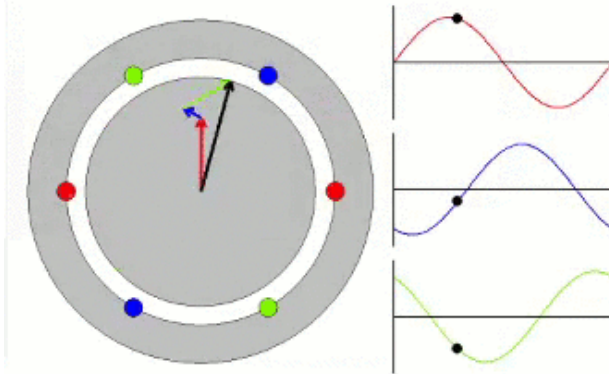
Le champ tournant : Plus des bobines...



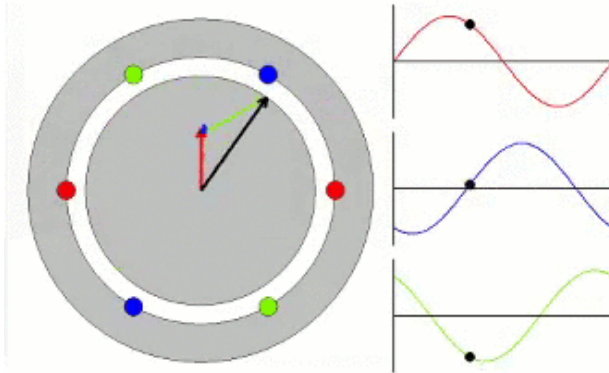
Le champ tournant : Plus des bobines...



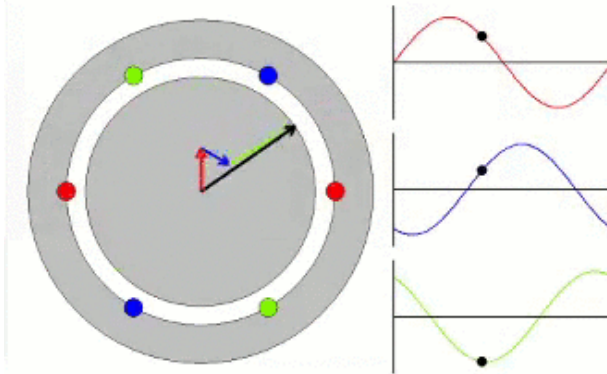
Le champ tournant : Plus des bobines...



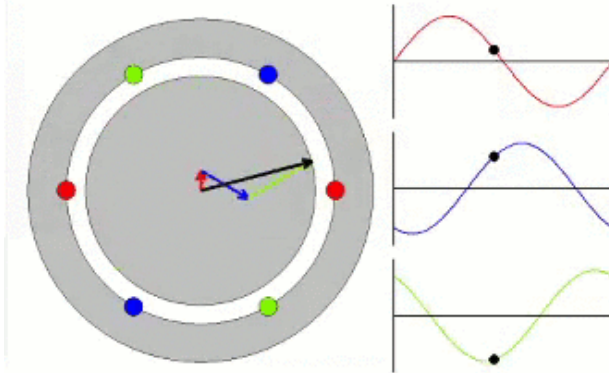
Le champ tournant : Plus des bobines...



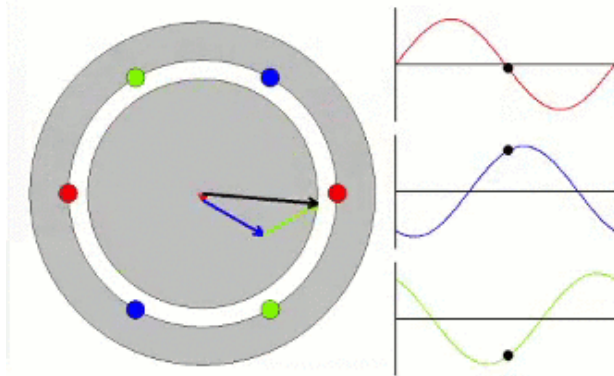
Le champ tournant : Plus des bobines...



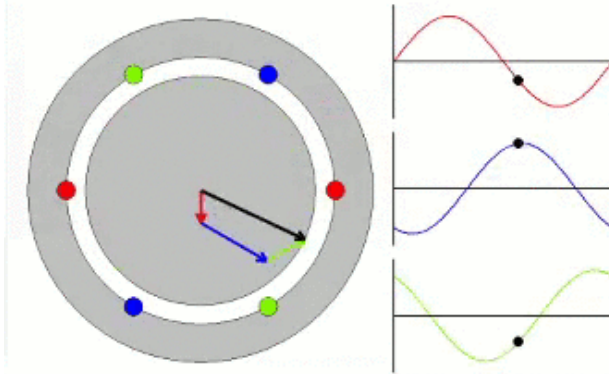
Le champ tournant : Plus des bobines...



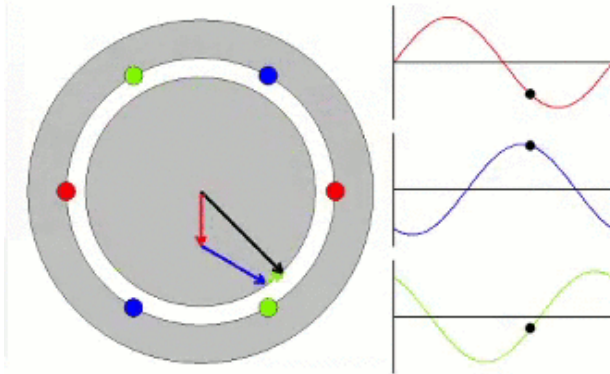
Le champ tournant : Plus des bobines...



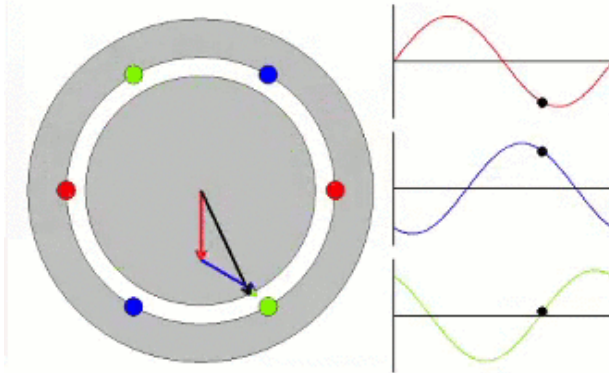
Le champ tournant : Plus des bobines...



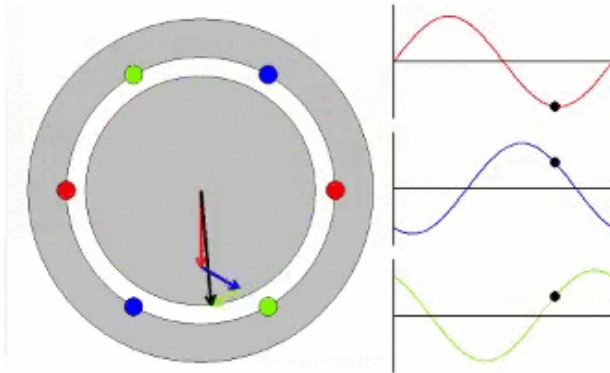
Le champ tournant : Plus des bobines...



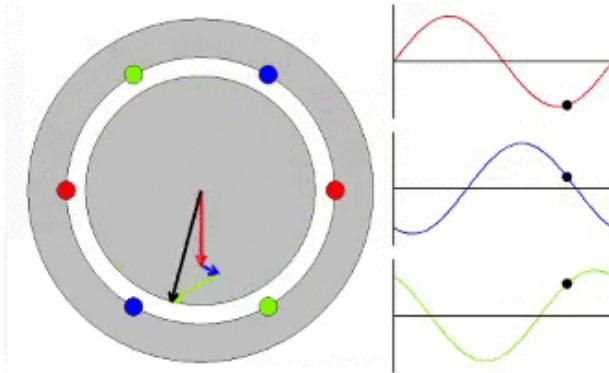
Le champ tournant : Plus des bobines...



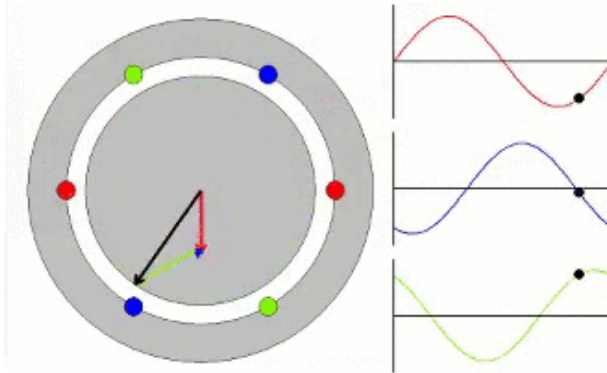
Le champ tournant : Plus des bobines...



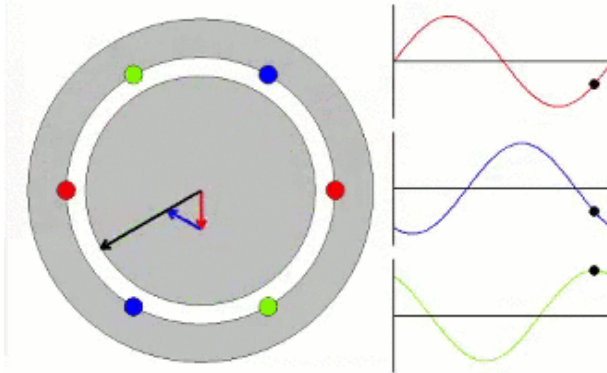
Le champ tournant : Plus des bobines...



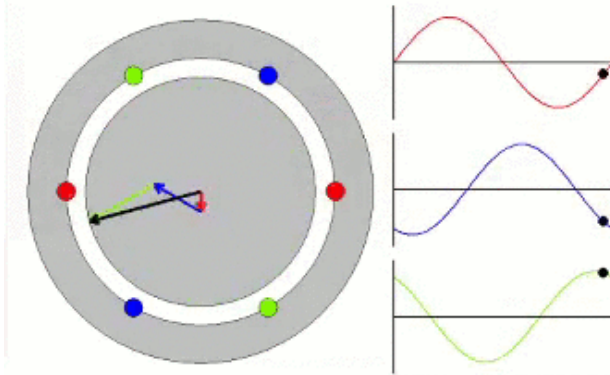
Le champ tournant : Plus des bobines...



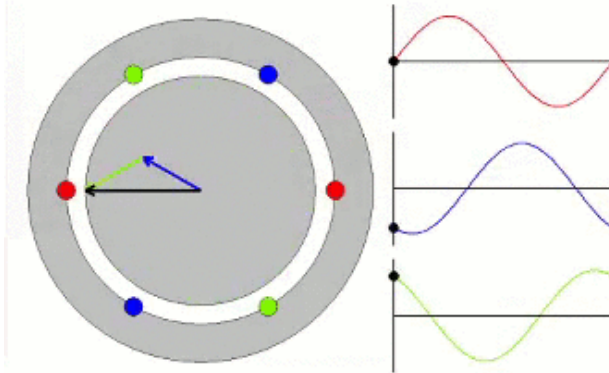
Le champ tournant : Plus des bobines...



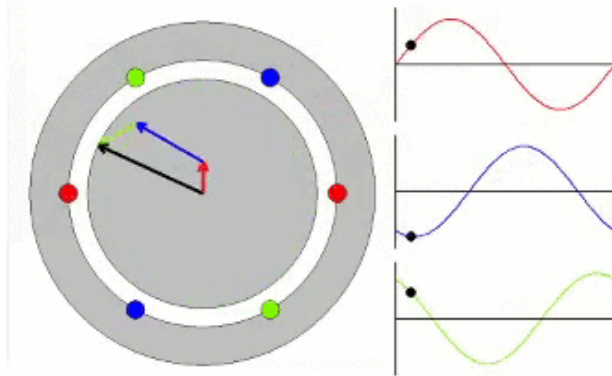
Le champ tournant : Plus des bobines...



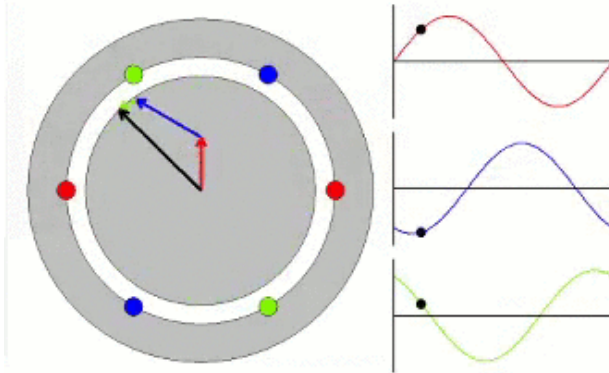
Le champ tournant : Plus des bobines...



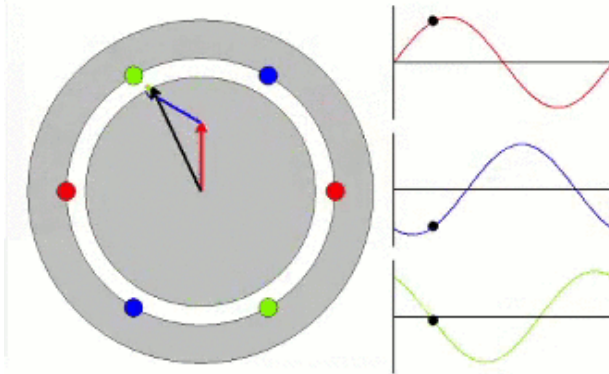
Le champ tournant : Plus des bobines...



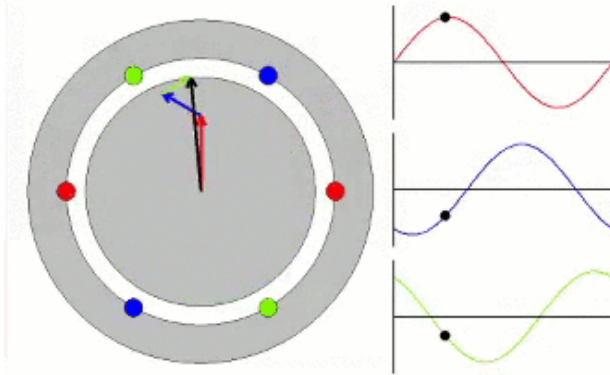
Le champ tournant : Plus des bobines...



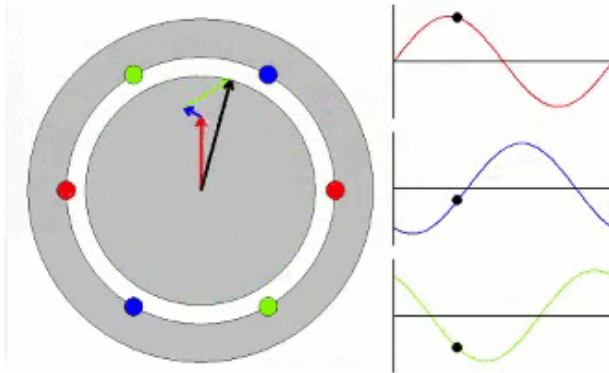
Le champ tournant : Plus des bobines...



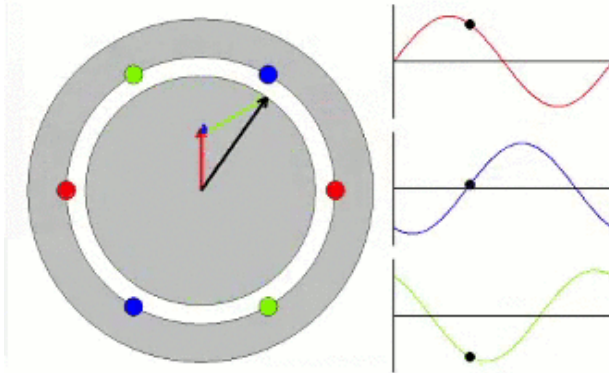
Le champ tournant : Plus des bobines...



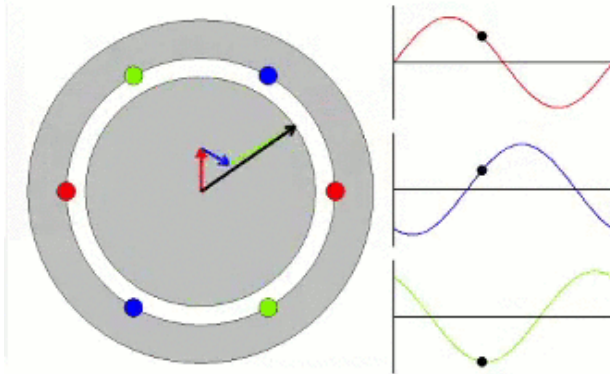
Le champ tournant : Plus des bobines...



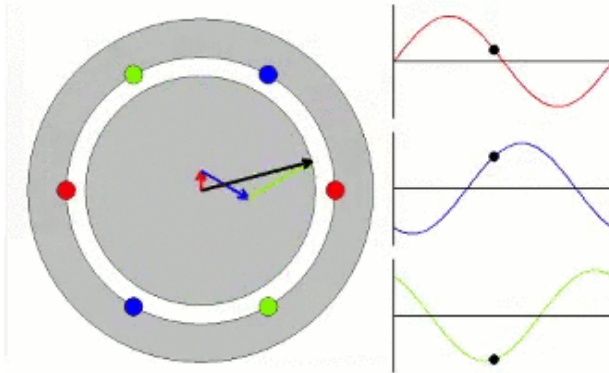
Le champ tournant : Plus des bobines...



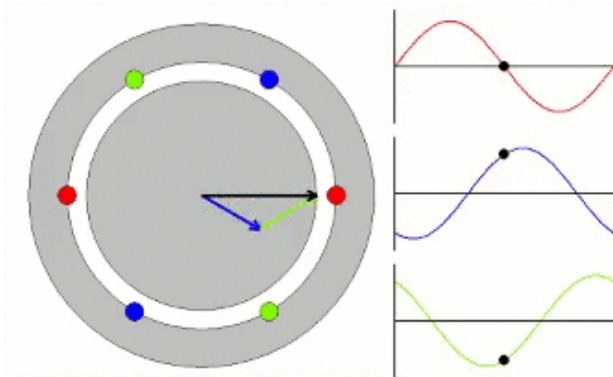
Le champ tournant : Plus des bobines...



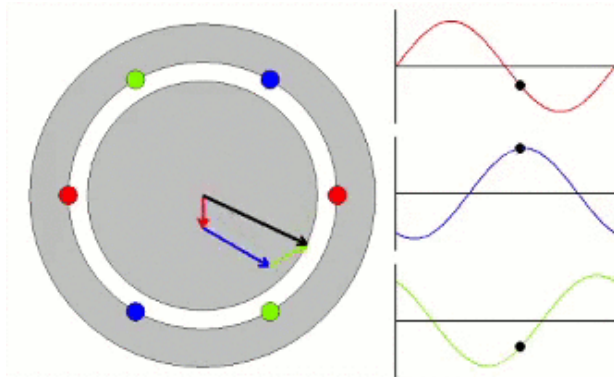
Le champ tournant : Plus des bobines...



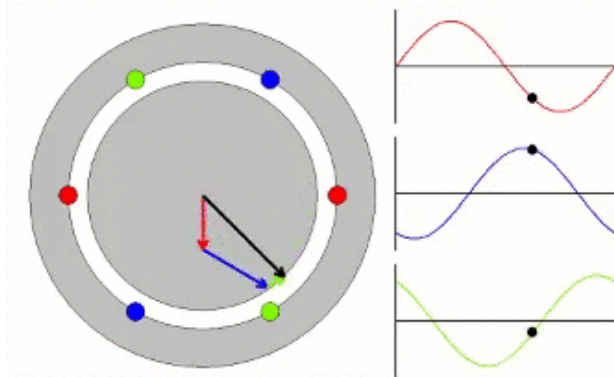
Le champ tournant : Plus des bobines...



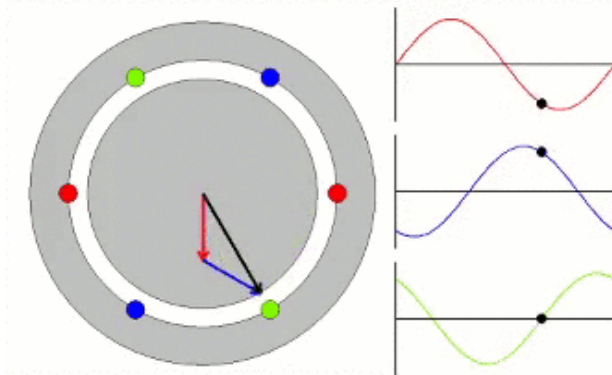
Le champ tournant : Plus des bobines...



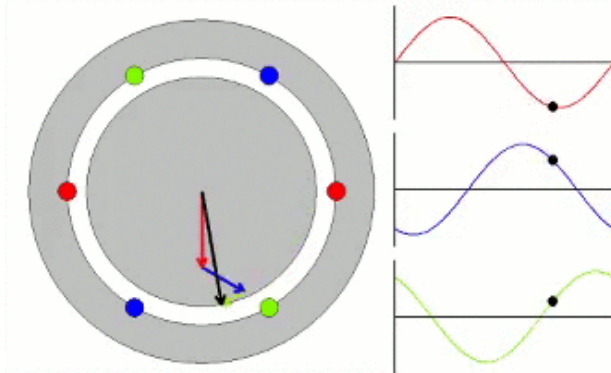
Le champ tournant : Plus des bobines...



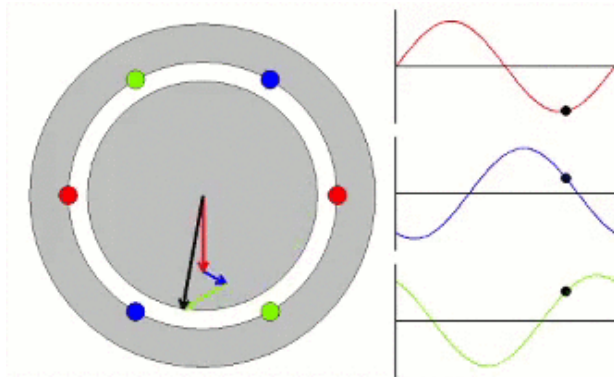
Le champ tournant : Plus des bobines...



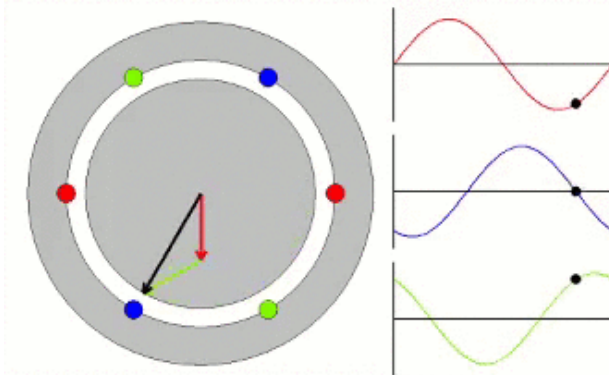
Le champ tournant : Plus des bobines...



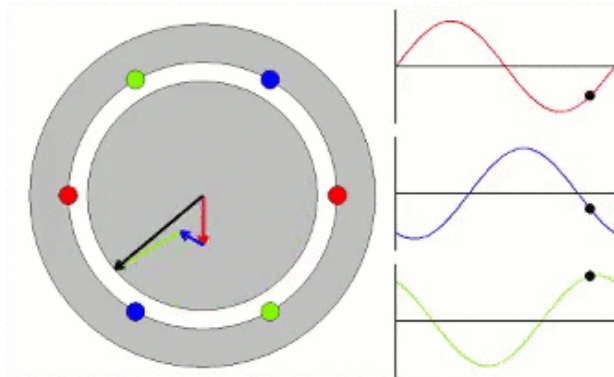
Le champ tournant : Plus des bobines...



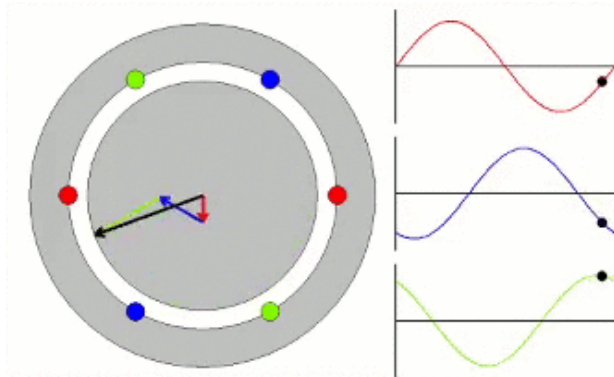
Le champ tournant : Plus des bobines...



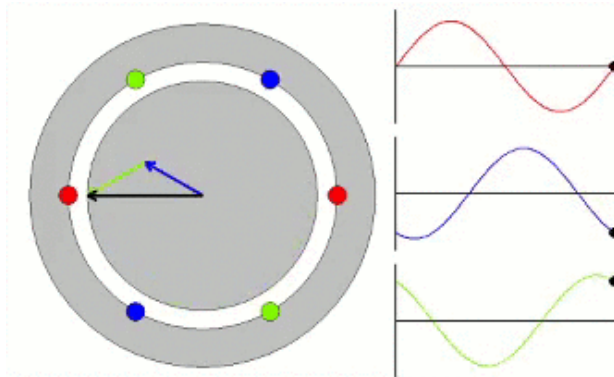
Le champ tournant : Plus des bobines...



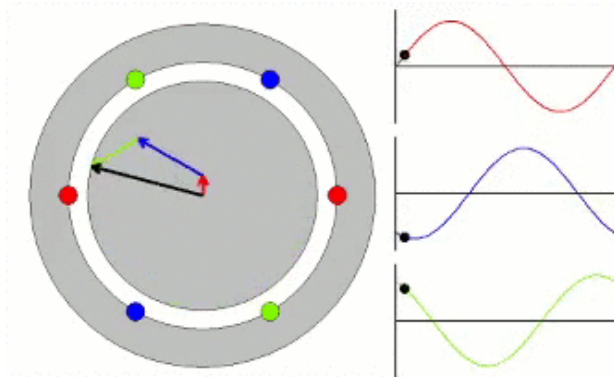
Le champ tournant : Plus des bobines...



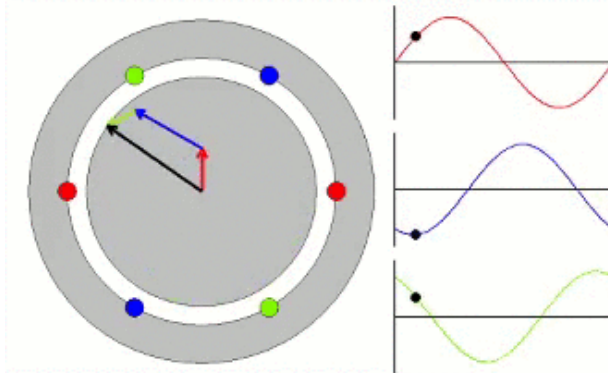
Le champ tournant : Plus des bobines...



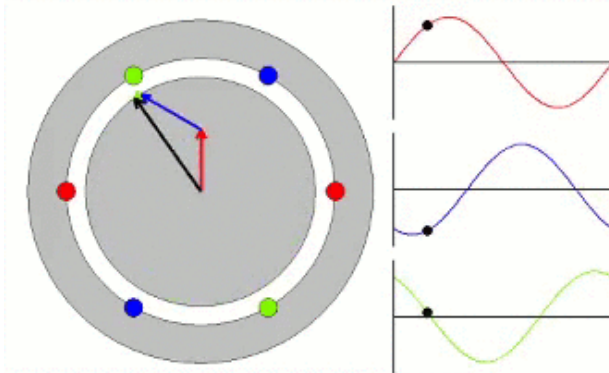
Le champ tournant : Plus des bobines...



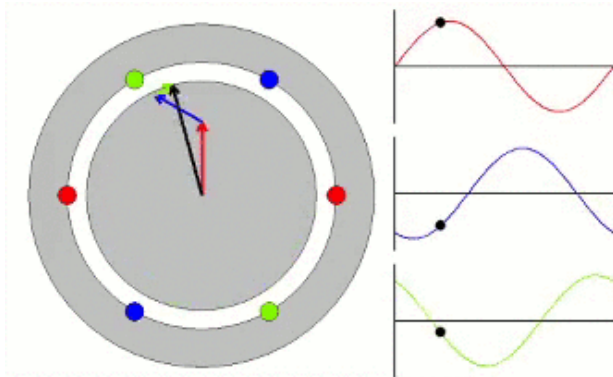
Le champ tournant : Plus des bobines...



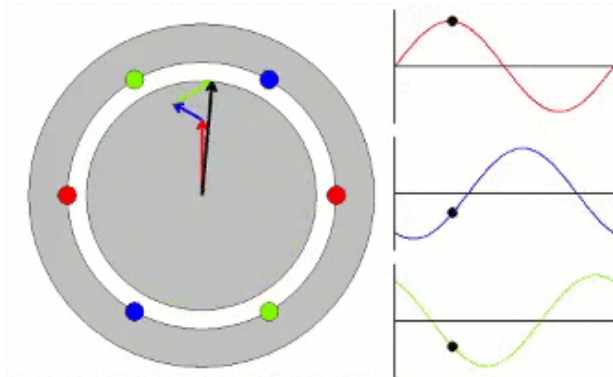
Le champ tournant : Plus des bobines...



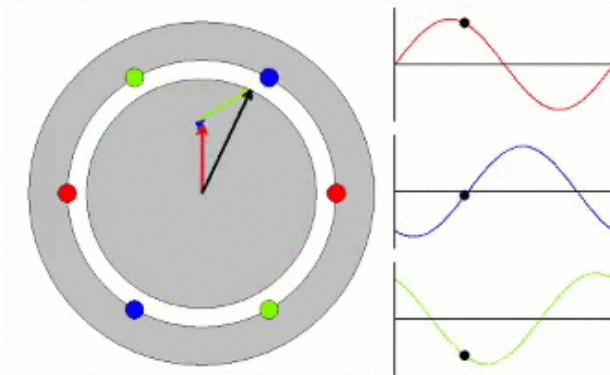
Le champ tournant : Plus des bobines...



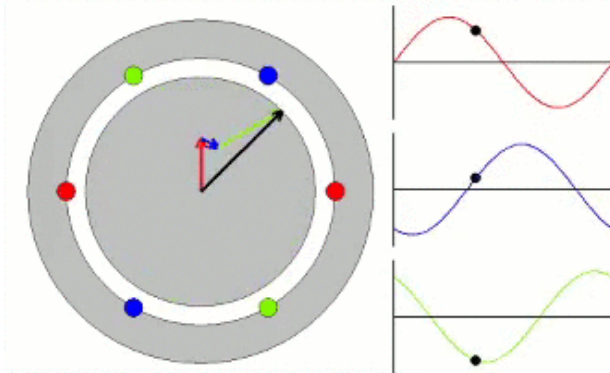
Le champ tournant : Plus des bobines...



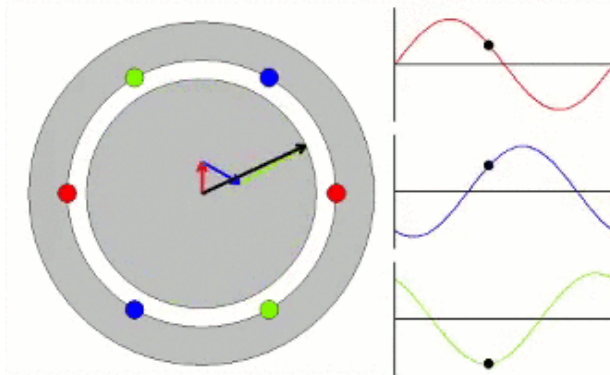
Le champ tournant : Plus des bobines...



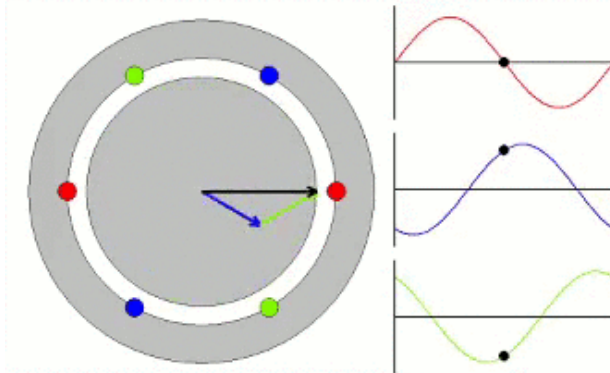
Le champ tournant : Plus des bobines...



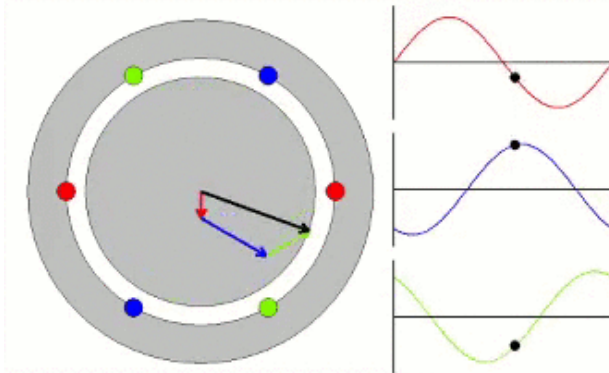
Le champ tournant : Plus des bobines...



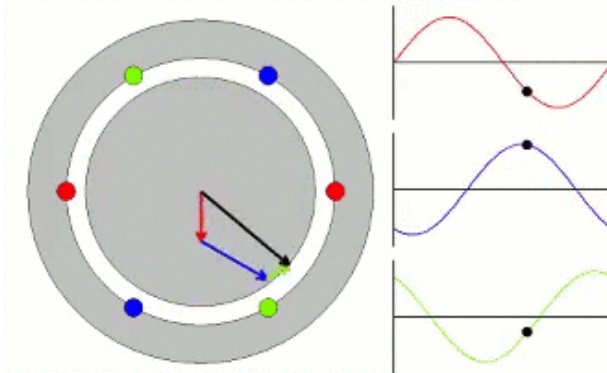
Le champ tournant : Plus des bobines...



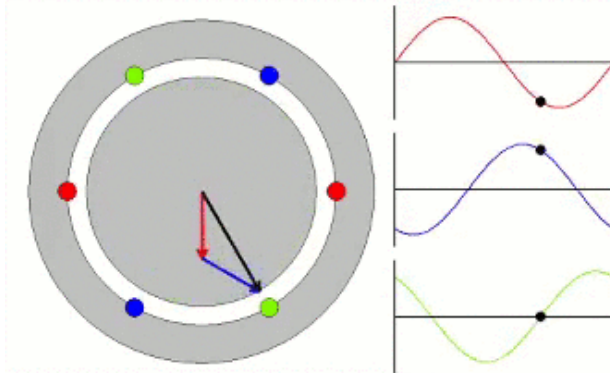
Le champ tournant : Plus des bobines...



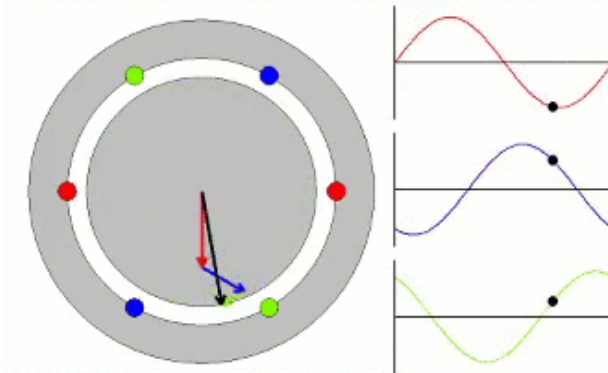
Le champ tournant : Plus des bobines...



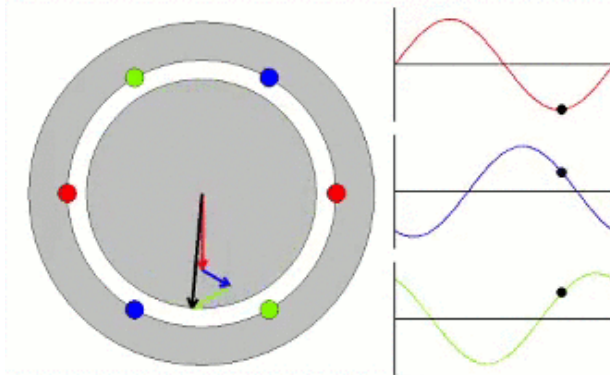
Le champ tournant : Plus des bobines...



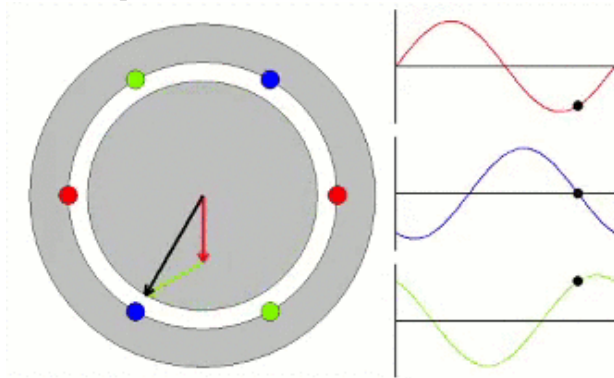
Le champ tournant : Plus des bobines...



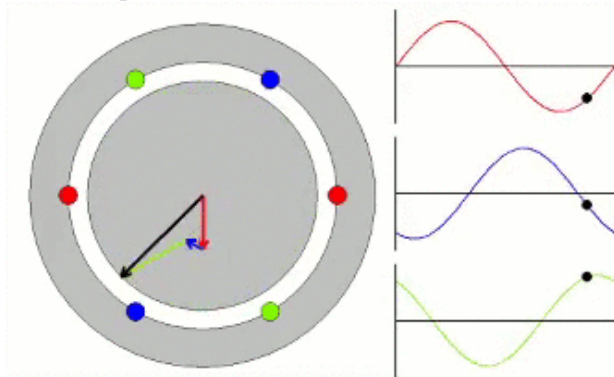
Le champ tournant : Plus des bobines...



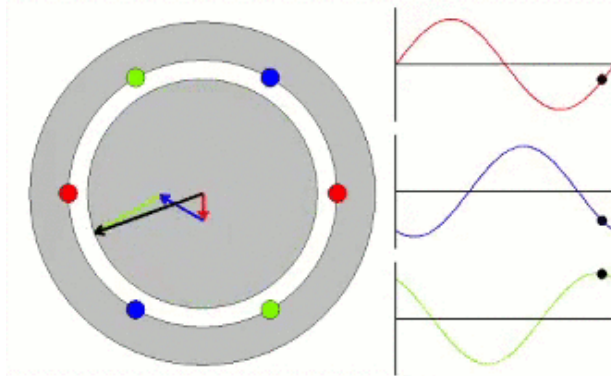
Le champ tournant : Plus des bobines...



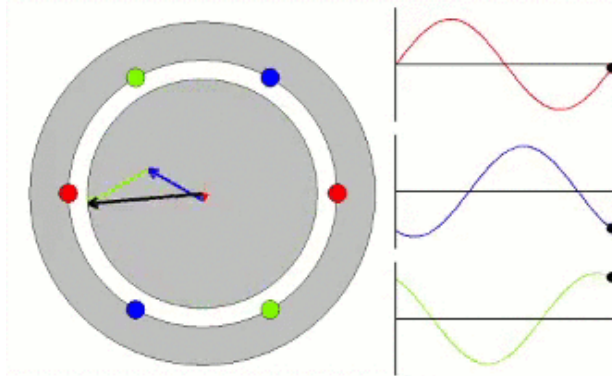
Le champ tournant : Plus des bobines...



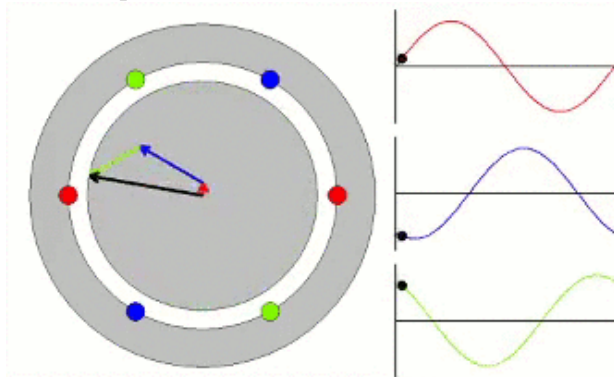
Le champ tournant : Plus des bobines...



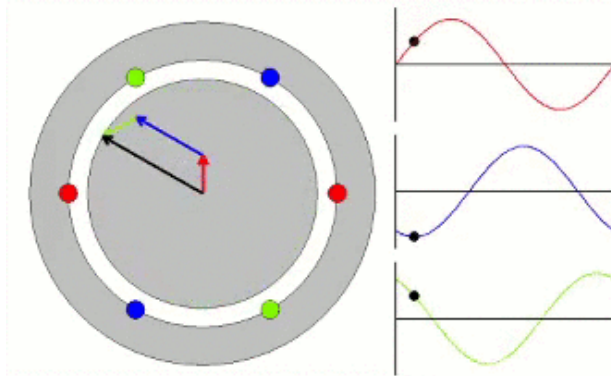
Le champ tournant : Plus des bobines...



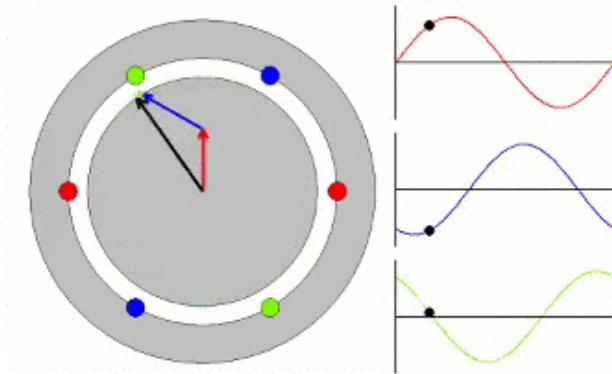
Le champ tournant : Plus des bobines...



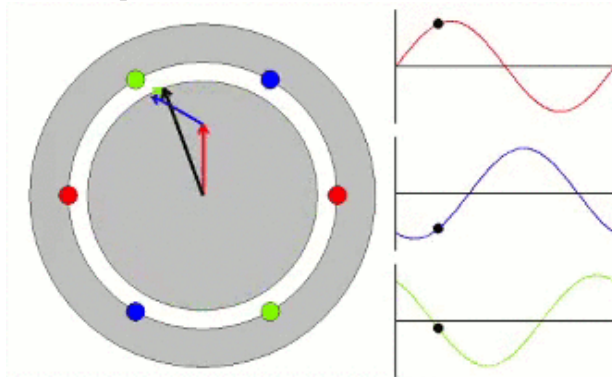
Le champ tournant : Plus des bobines...



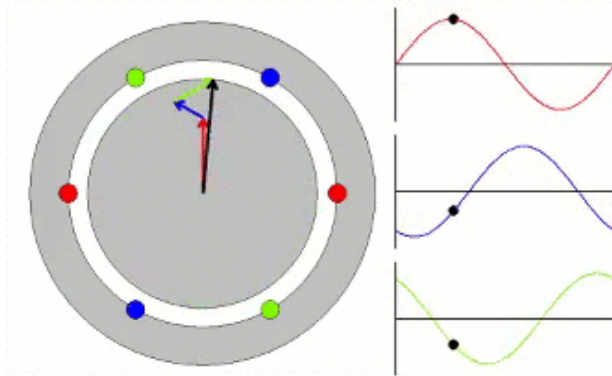
Le champ tournant : Plus des bobines...



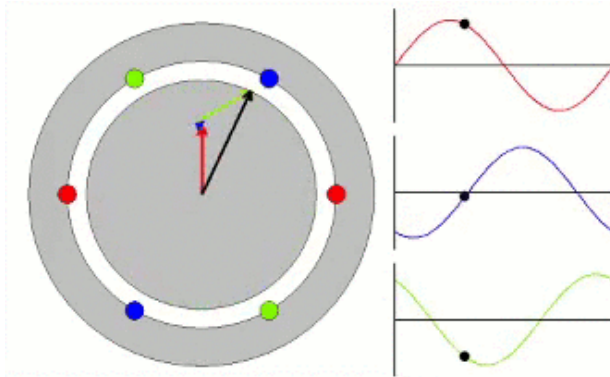
Le champ tournant : Plus des bobines...



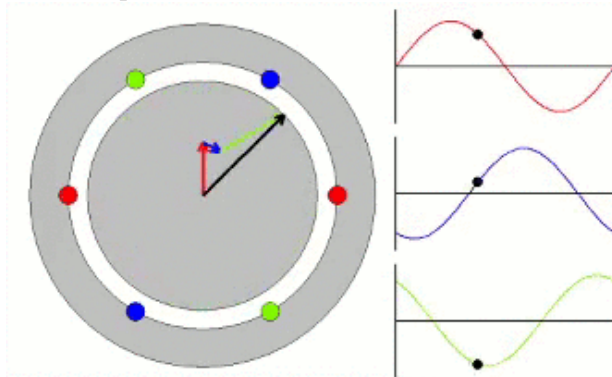
Le champ tournant : Plus des bobines...



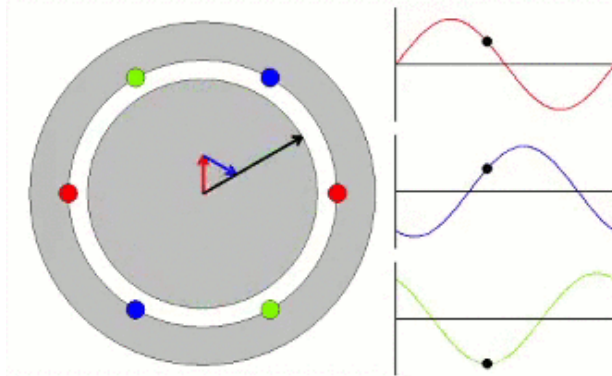
Le champ tournant : Plus des bobines...



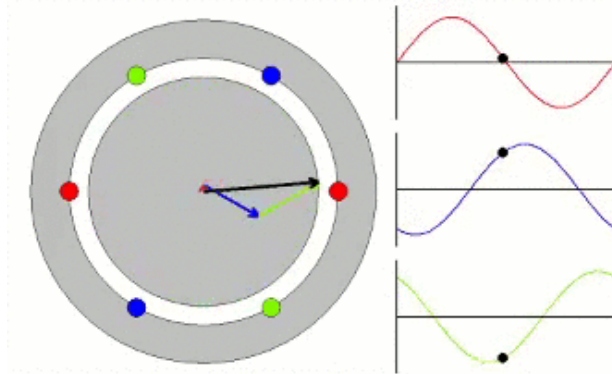
Le champ tournant : Plus des bobines...



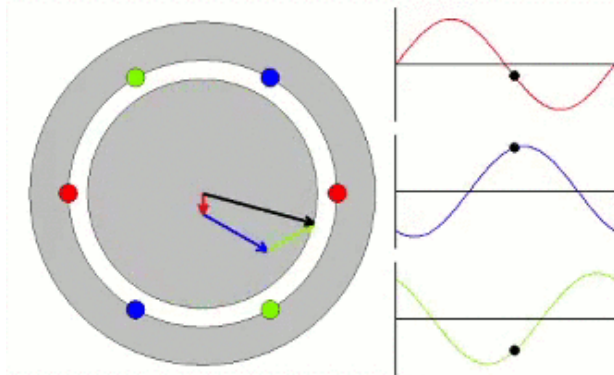
Le champ tournant : Plus des bobines...



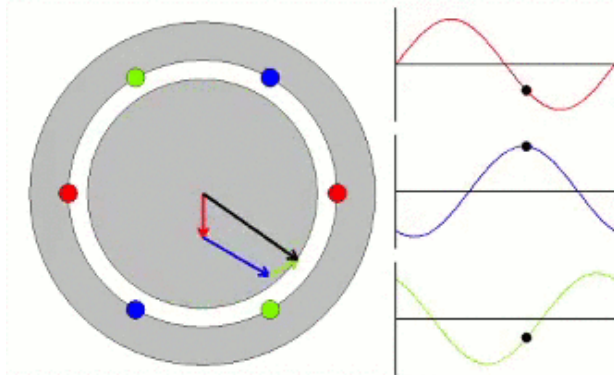
Le champ tournant : Plus des bobines...



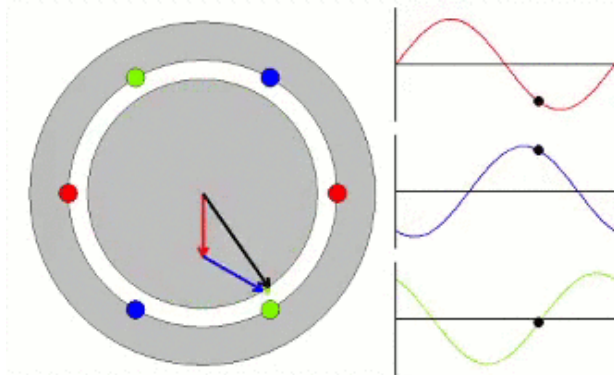
Le champ tournant : Plus des bobines...



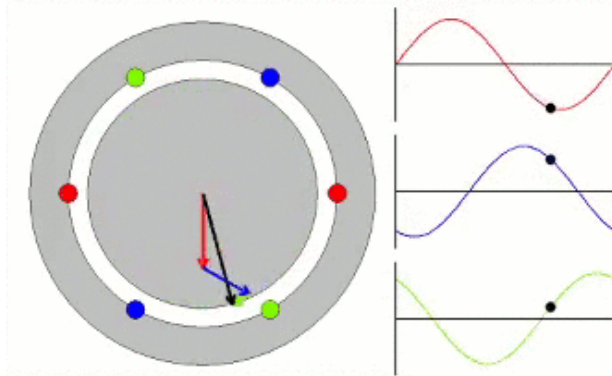
Le champ tournant : Plus des bobines...



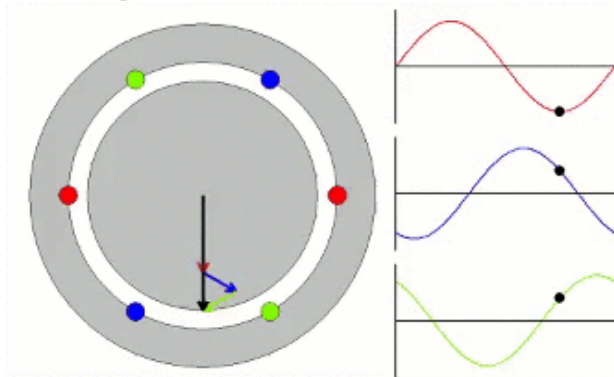
Le champ tournant : Plus des bobines...



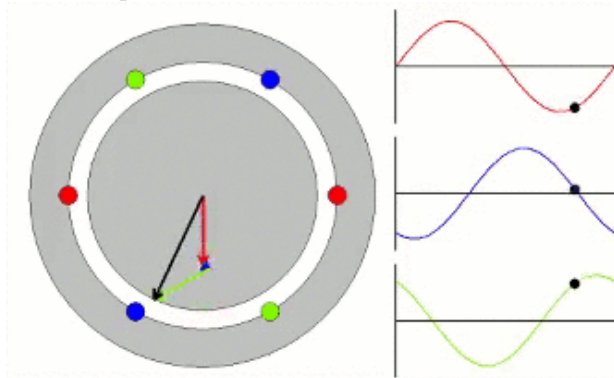
Le champ tournant : Plus des bobines...



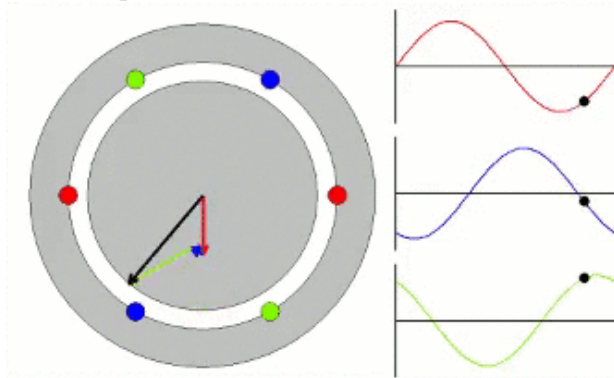
Le champ tournant : Plus des bobines...



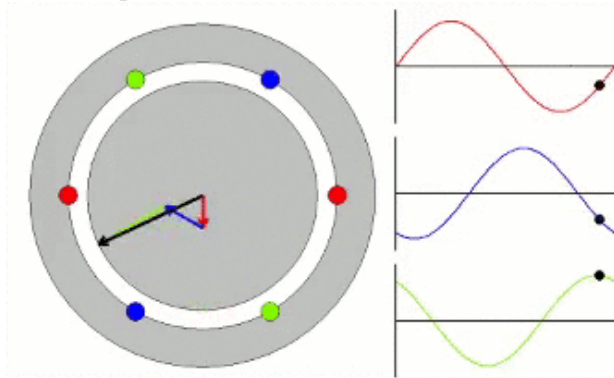
Le champ tournant : Plus des bobines...



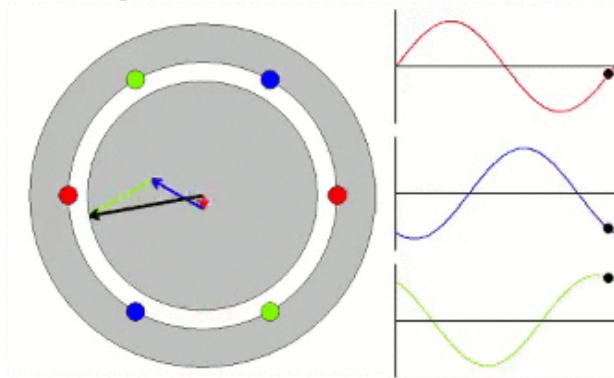
Le champ tournant : Plus des bobines...



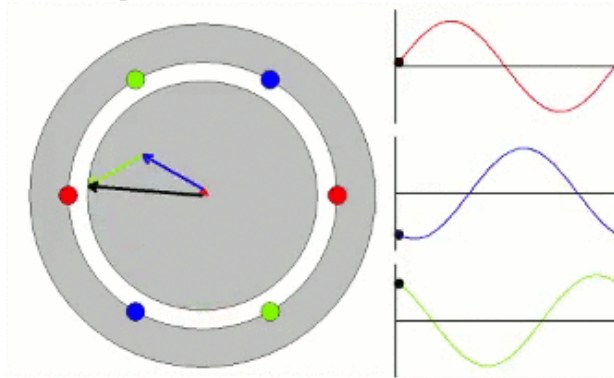
Le champ tournant : Plus des bobines...



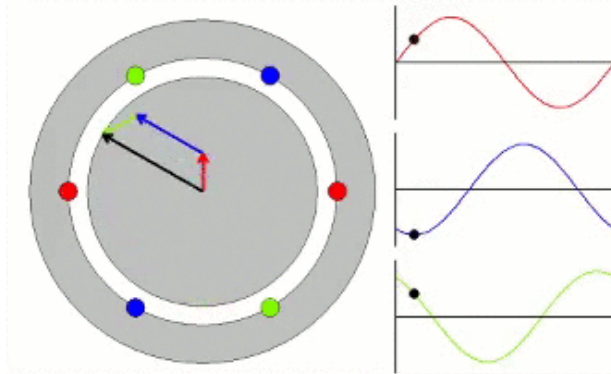
Le champ tournant : Plus des bobines...



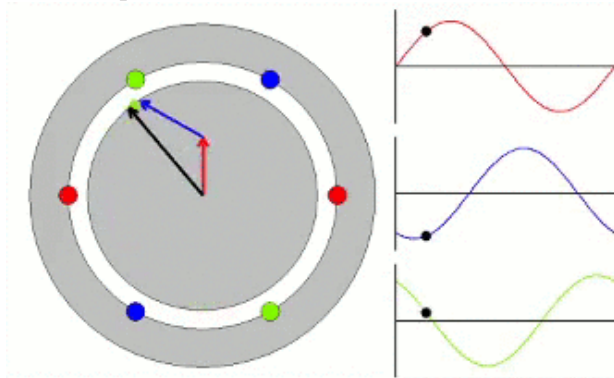
Le champ tournant : Plus des bobines...



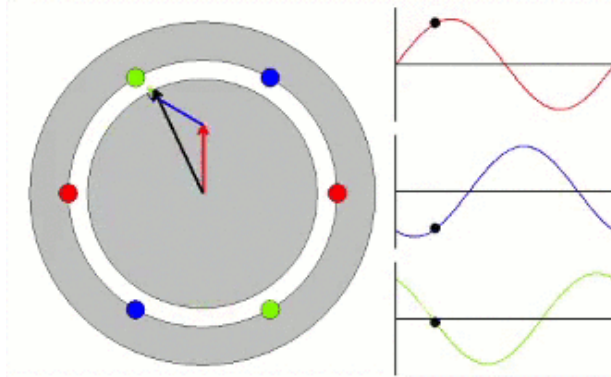
Le champ tournant : Plus des bobines...



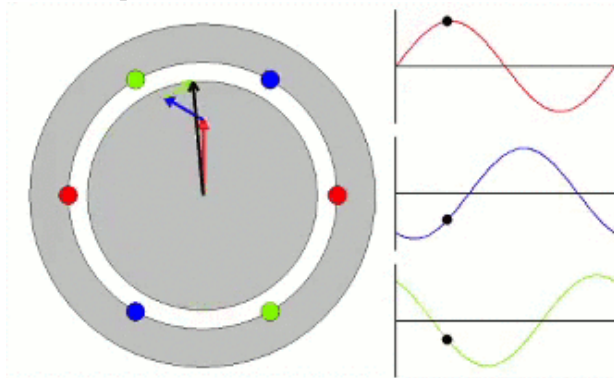
Le champ tournant : Plus des bobines...



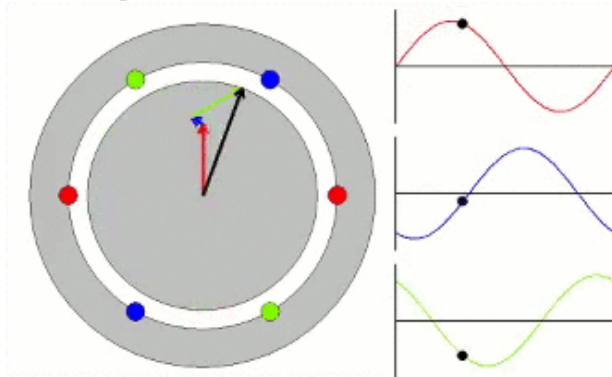
Le champ tournant : Plus des bobines...



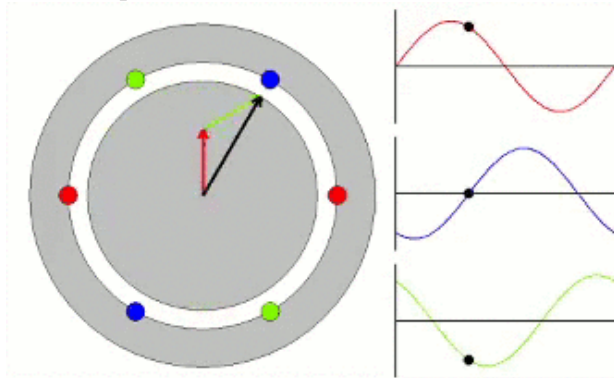
Le champ tournant : Plus des bobines...



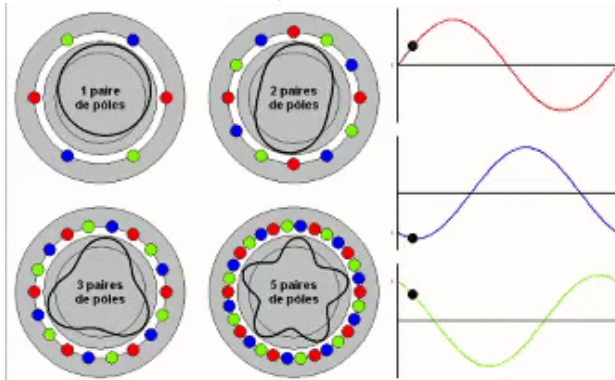
Le champ tournant : Plus des bobines...



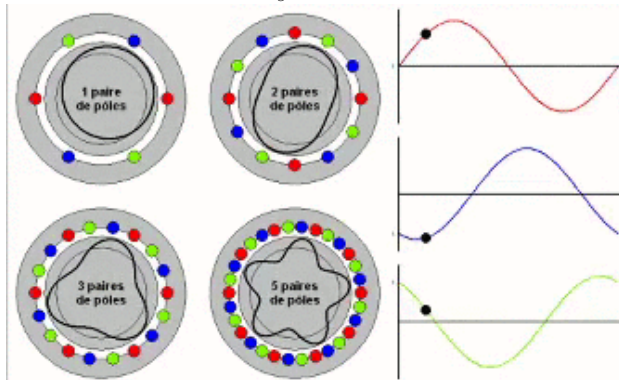
Le champ tournant : Plus des bobines...



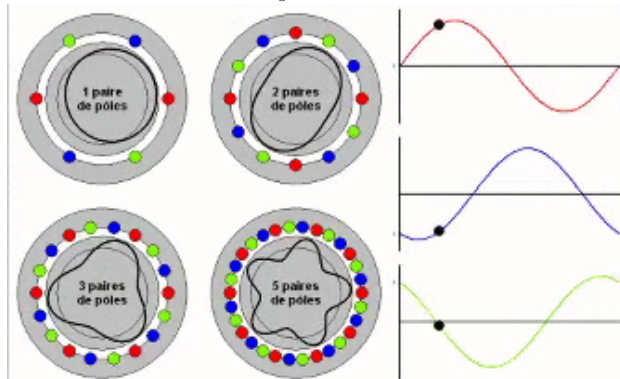
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



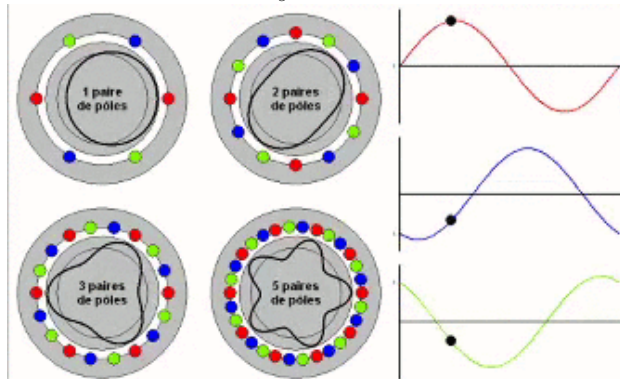
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



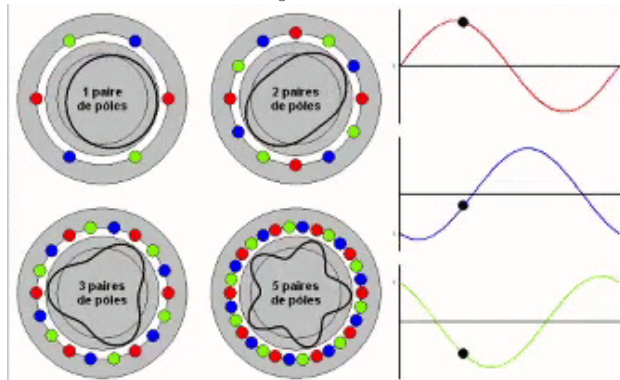
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



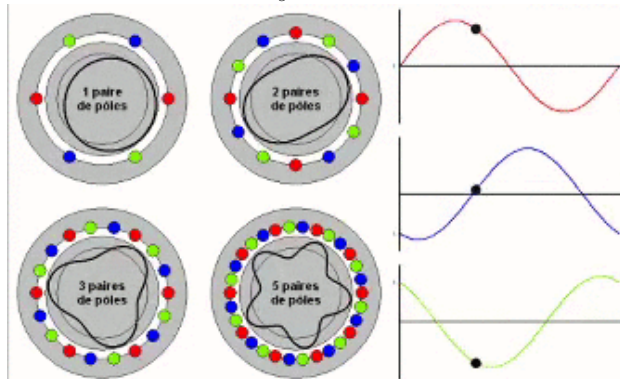
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



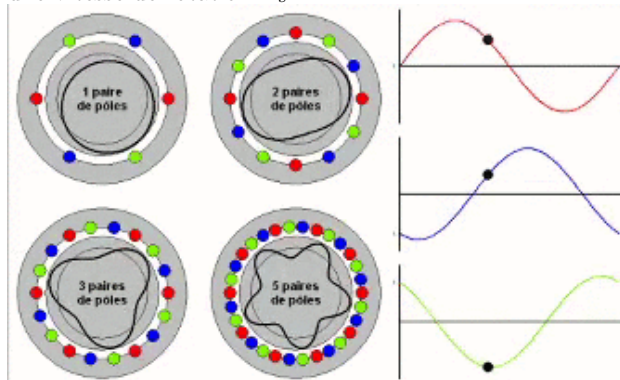
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



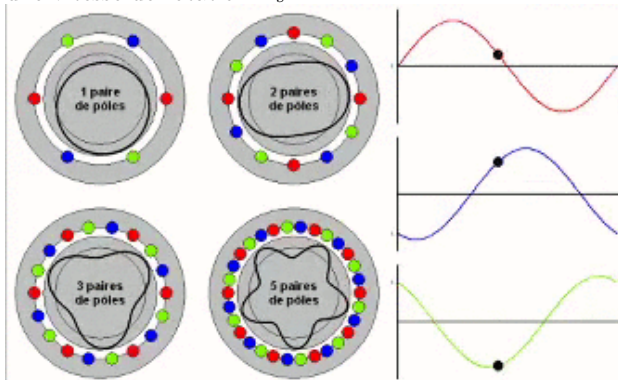
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



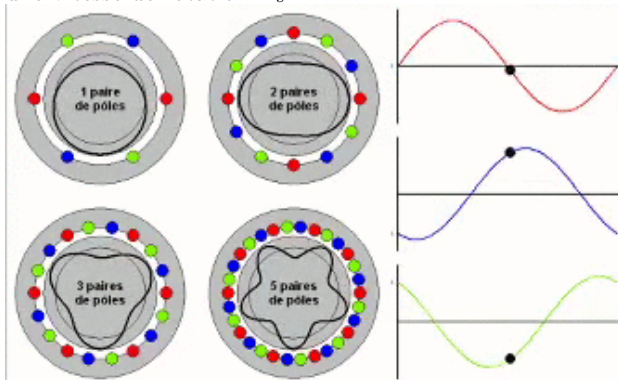
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



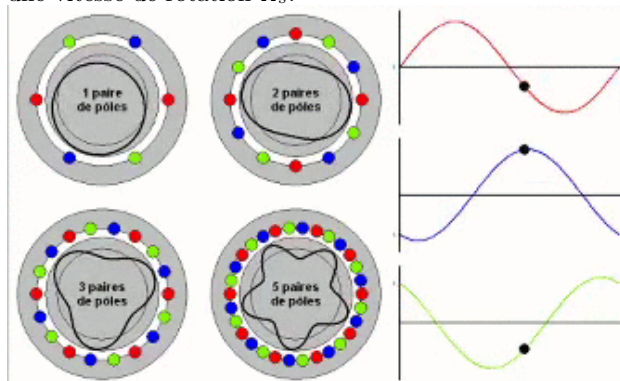
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



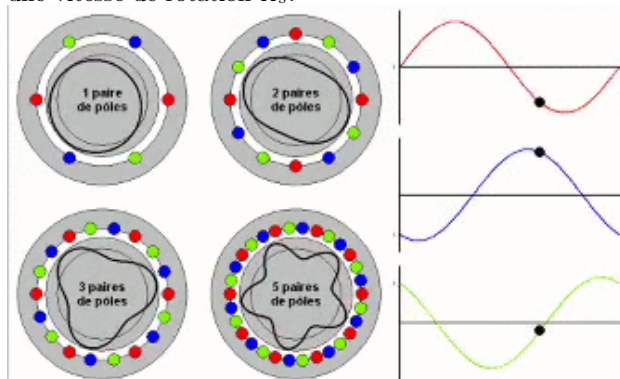
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



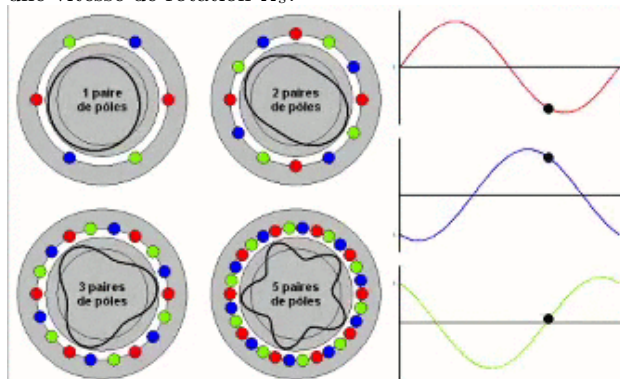
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



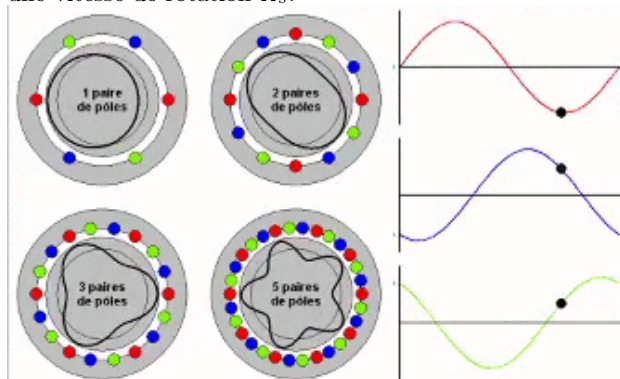
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



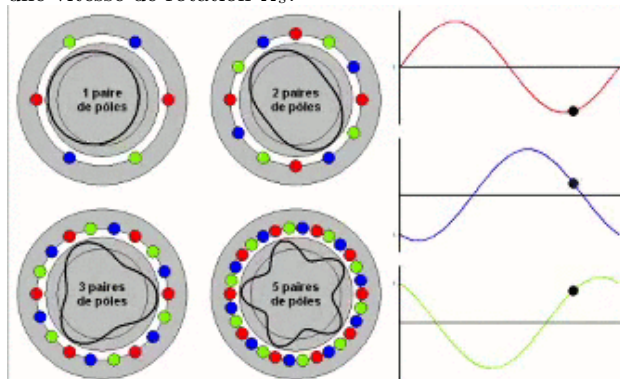
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



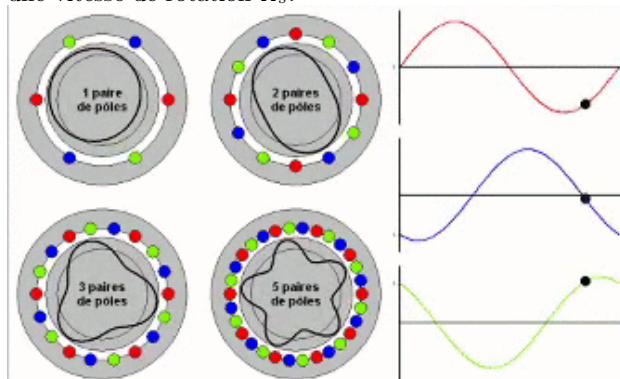
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



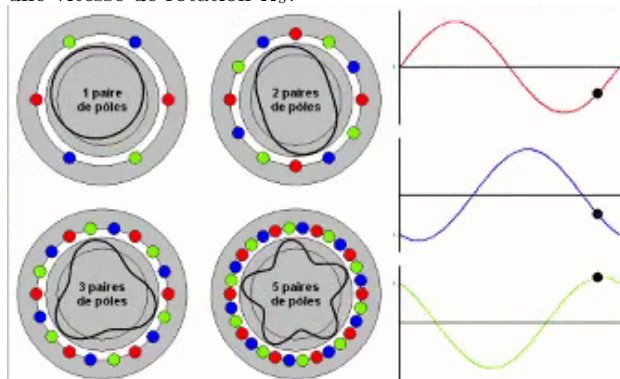
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



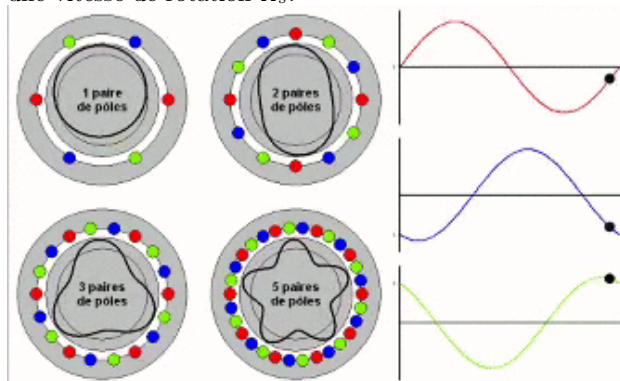
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



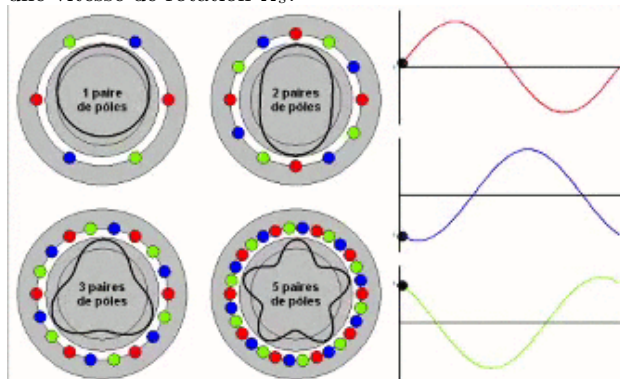
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



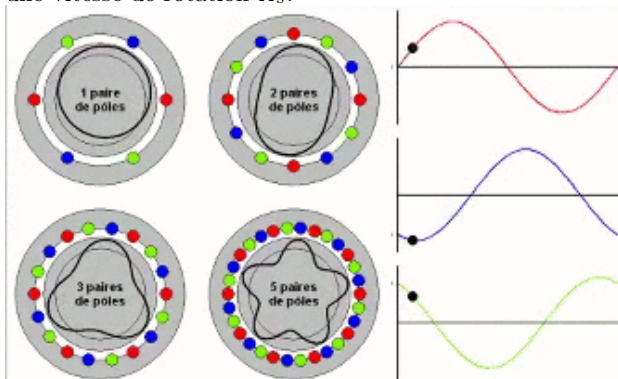
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



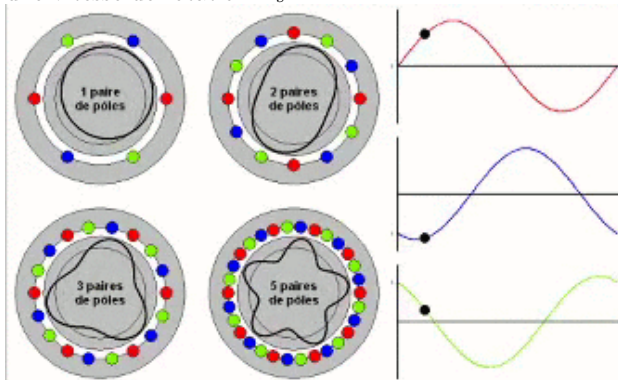
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



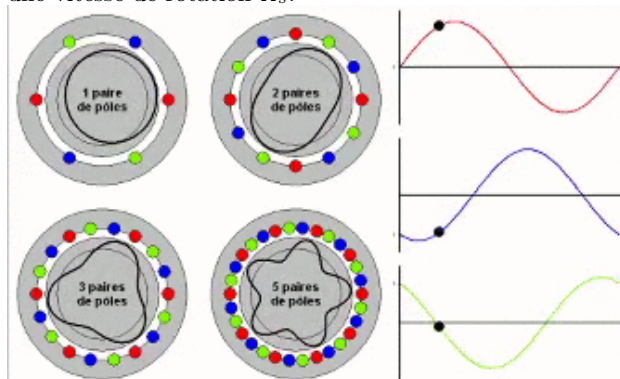
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



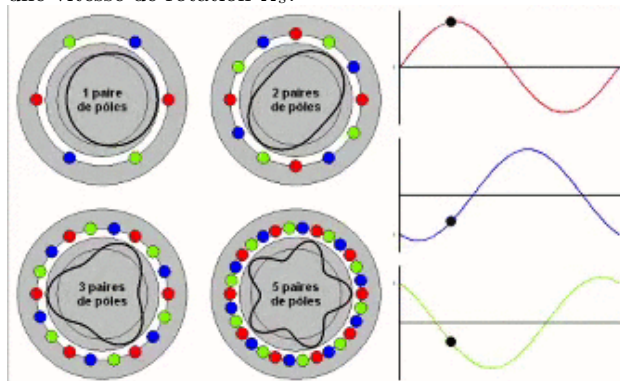
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



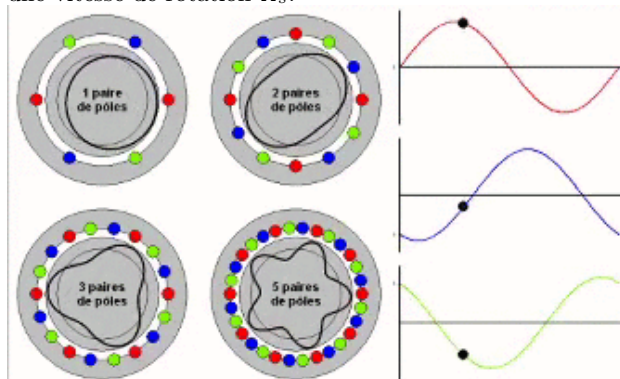
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



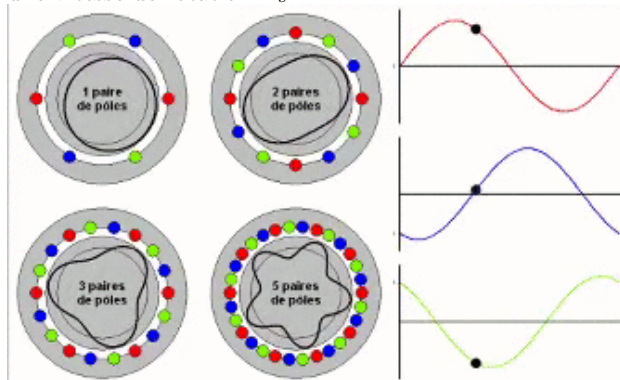
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



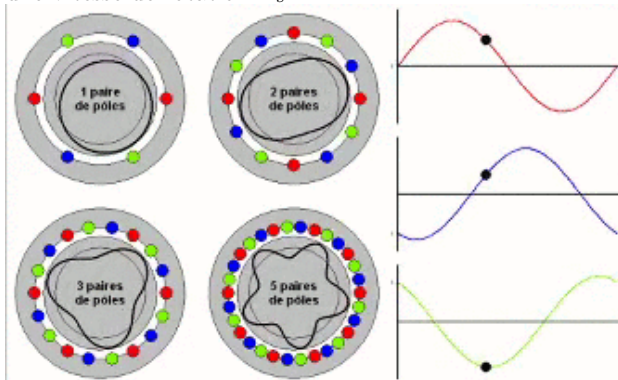
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



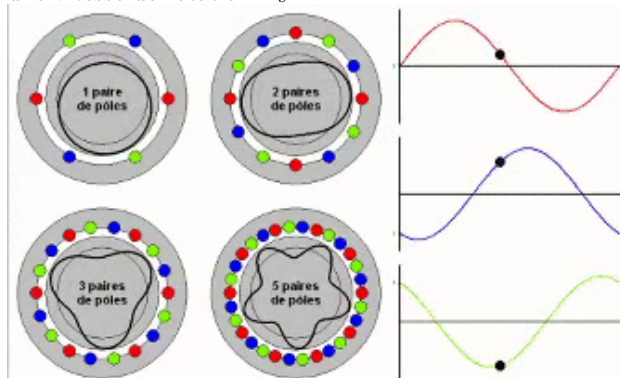
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



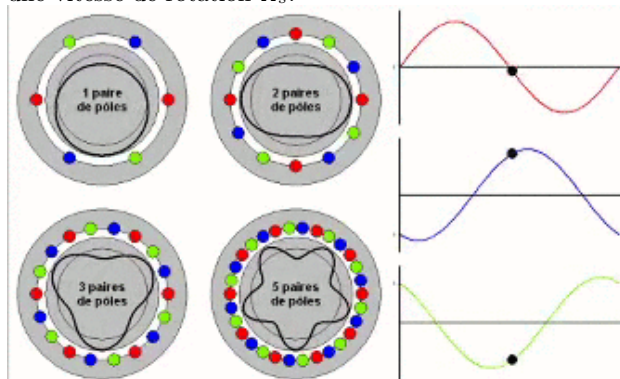
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



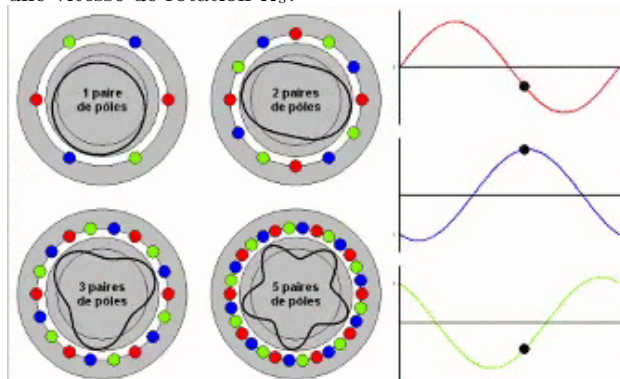
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



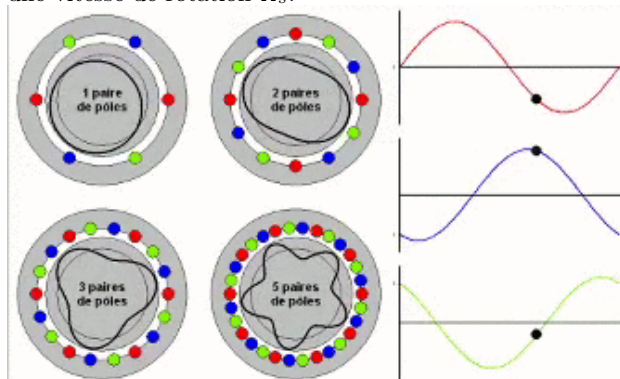
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



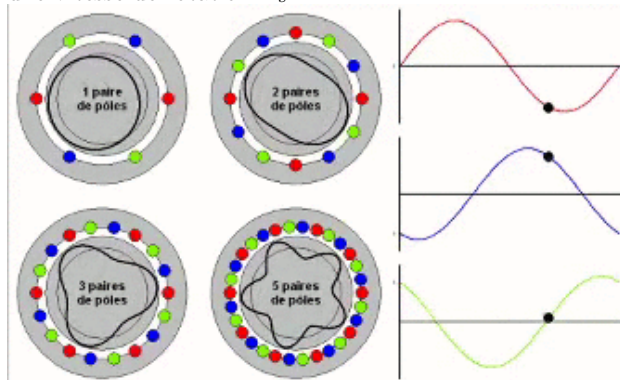
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



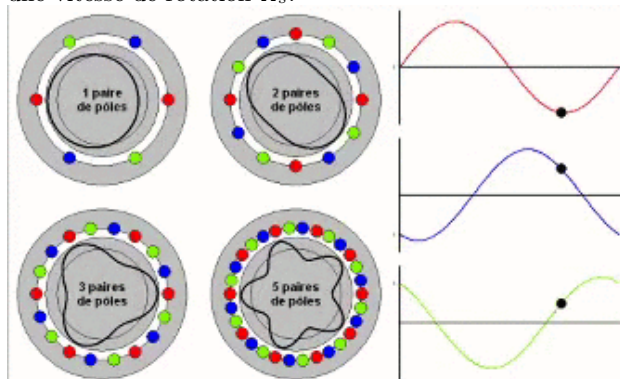
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



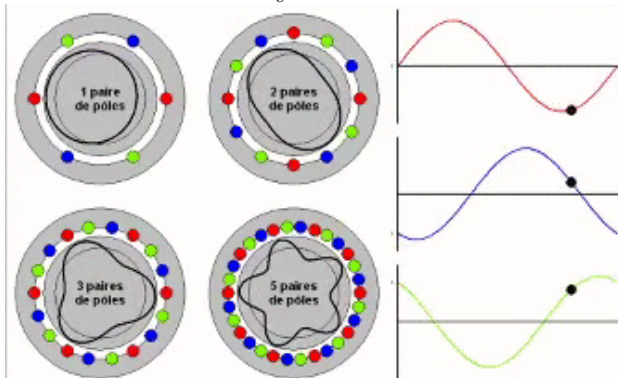
Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .

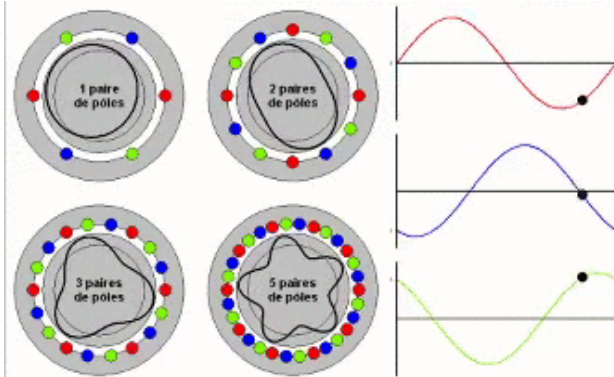


Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



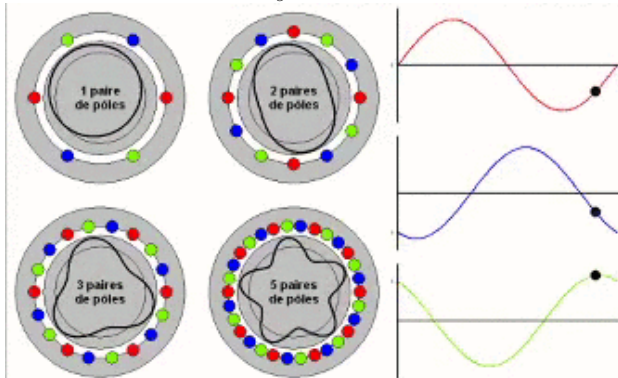
La vitesse de rotation du champ dépend de la pulsation des courants injectés ω et du nombre de paire de pôles p .

Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .



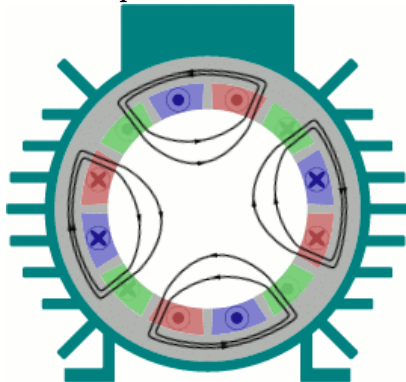
La vitesse de rotation du champ dépend de la pulsation des courants injectés ω et du nombre de paire de pôles p .

Le champ tournant : Le champ magnétique dans l'entrefer tournera à une vitesse de rotation Ω_s .

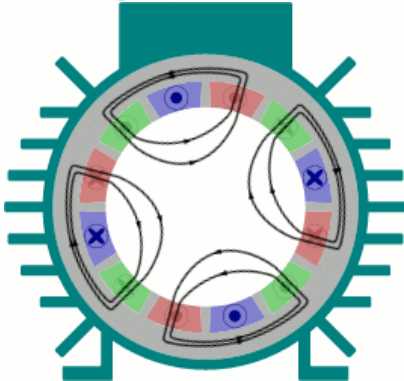


La vitesse de rotation du champ dépend de la pulsation des courants injectés ω et du nombre de paire de pôles p .

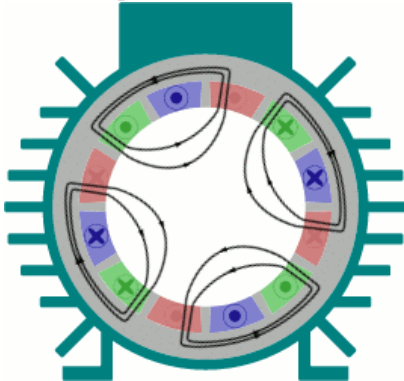
Le champ tournant : Une autre animation...



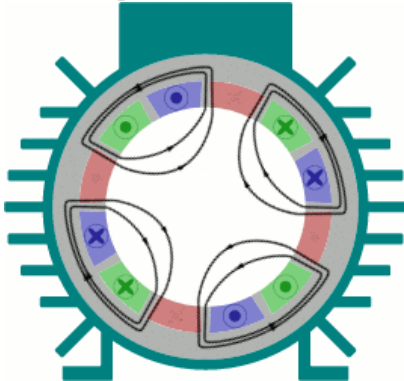
Le champ tournant : Une autre animation...



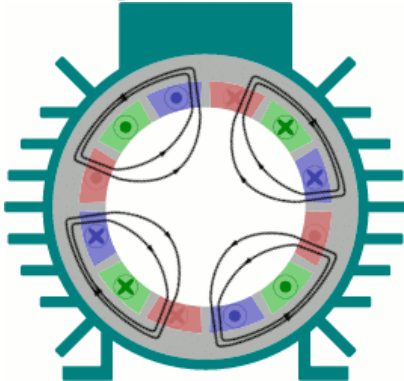
Le champ tournant : Une autre animation...



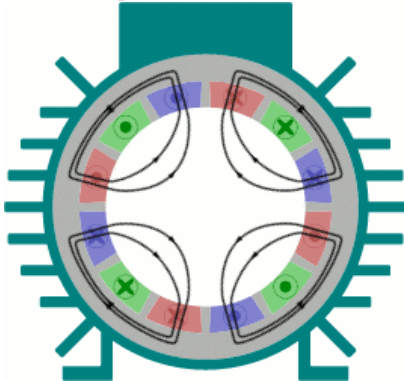
Le champ tournant : Une autre animation...



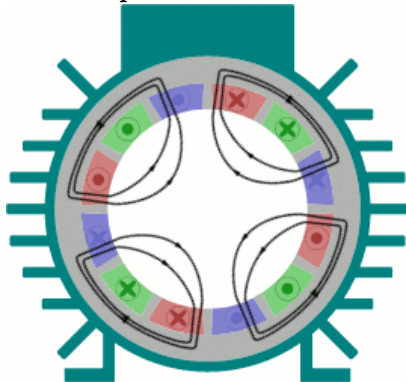
Le champ tournant : Une autre animation...



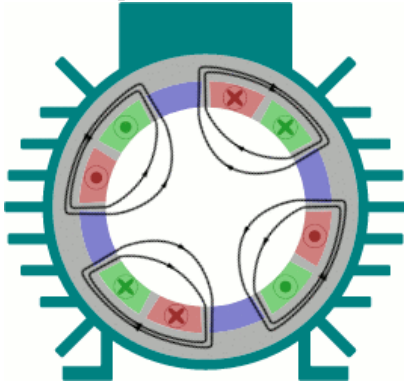
Le champ tournant : Une autre animation...



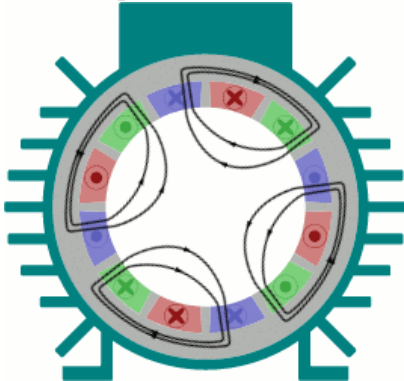
Le champ tournant : Une autre animation...



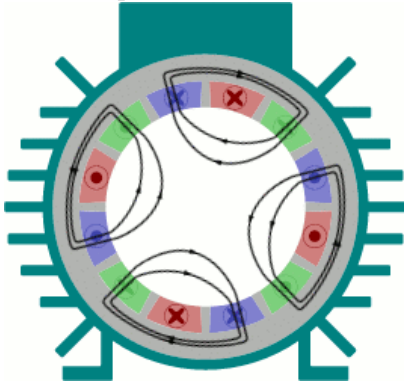
Le champ tournant : Une autre animation...



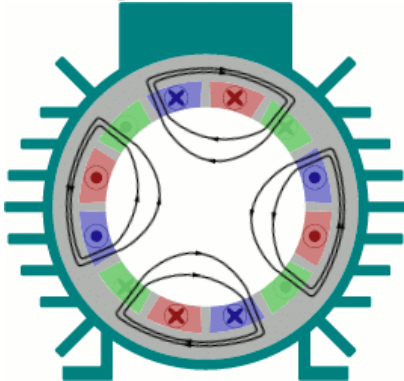
Le champ tournant : Une autre animation...



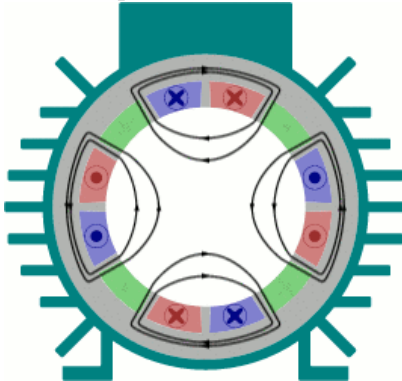
Le champ tournant : Une autre animation...



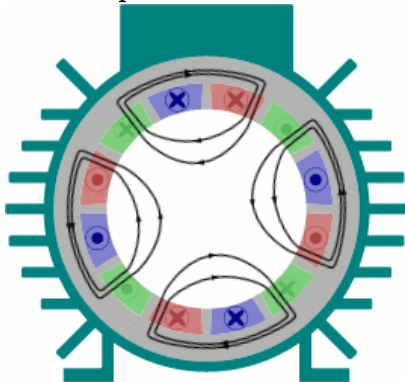
Le champ tournant : Une autre animation...



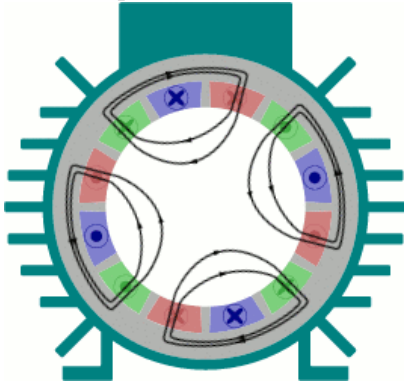
Le champ tournant : Une autre animation...



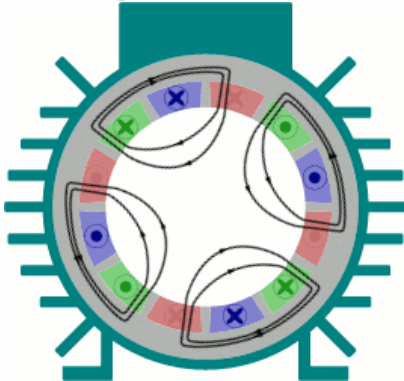
Le champ tournant : Une autre animation...



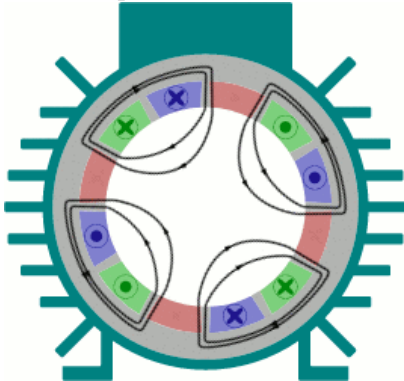
Le champ tournant : Une autre animation...



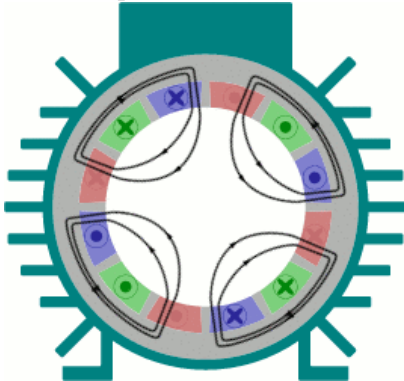
Le champ tournant : Une autre animation...



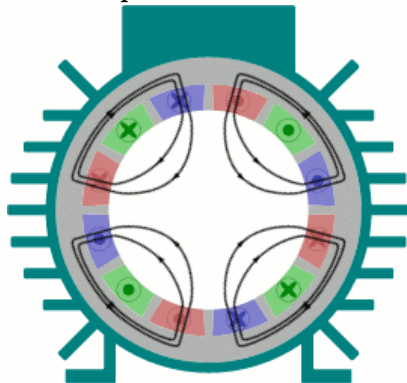
Le champ tournant : Une autre animation...



Le champ tournant : Une autre animation...



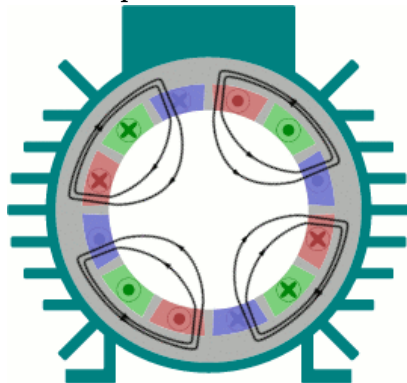
Le champ tournant : Une autre animation...



Vitesse de synchronisme :

$$\Omega_s = \frac{\omega_s}{p}$$

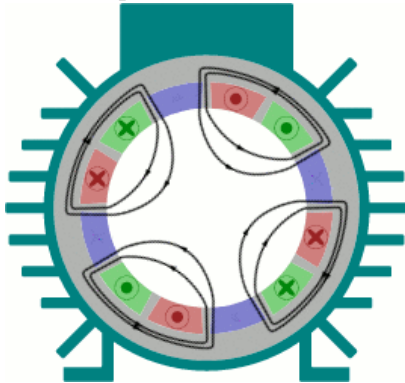
Le champ tournant : Une autre animation...



Vitesse de synchronisme :

$$\Omega_s = \frac{\omega_s}{p}$$

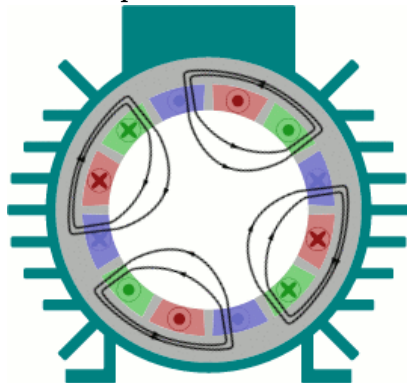
Le champ tournant : Une autre animation...



Vitesse de synchronisme :

$$\Omega_s = \frac{\omega_s}{p}$$

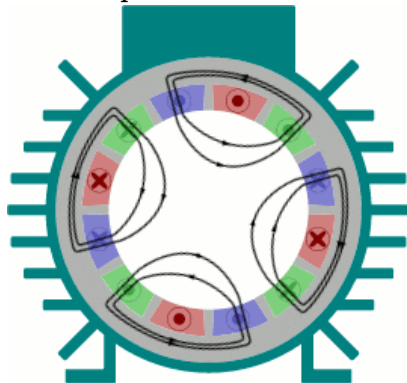
Le champ tournant : Une autre animation...



Vitesse de synchronisme :

$$\Omega_s = \frac{\omega_s}{p}$$

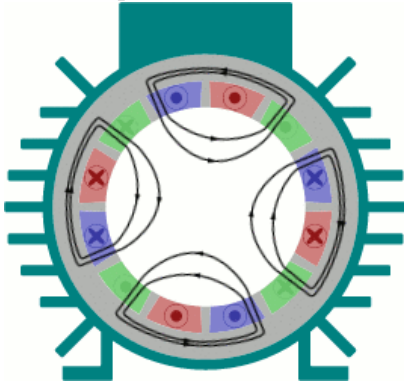
Le champ tournant : Une autre animation...



Vitesse de synchronisme :

$$\Omega_s = \frac{\omega_s}{p}$$

Le champ tournant : Une autre animation...



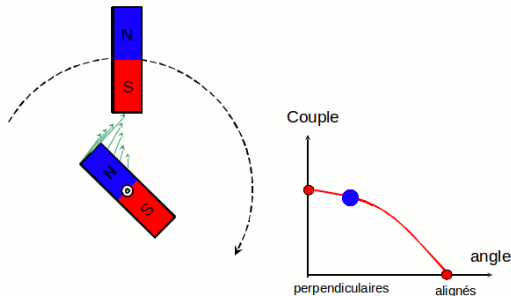
Sommaire

- 1 Machines à courant alternatif (CA)
 - Objectifs
 - Rappels : Tension induite
 - Champ Tournant
 - **Machine Synchron**
 - Courbes caractéristiques
 - Machine Asynchrone
 - Courbes caractéristiques
- 2 Limites de fonctionnement
 - La température : facteur limitant
 - Un analyse simplifié : circuit thermique
 - Caractéristiques matériaux et température
 - Les limites en fonctionnement transitoire
- 3 Choix d'une machine électrique
 - Plaques signalétiques : infos essentiels
 - Types de charges
 - Étude de cas : fraiseuse

Machine Synchron : principe de fonctionnement

Le rotor est constitué par un assemblage d'aimants ou d'électro-aimants avec même nombre de pôles (de paires de pôles) que le champ tournant.

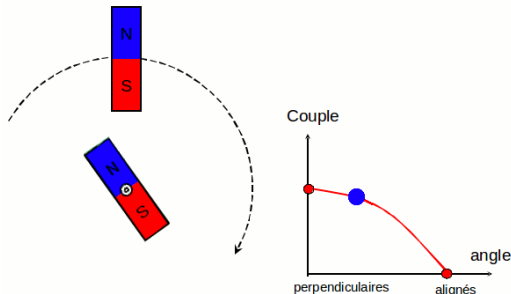
Si le rotor tourne, il y a création d'un couple par déplacement relatif des deux systèmes de champ, le stator et le rotor.



Machine Synchron : principe de fonctionnement

Le rotor est constitué par un assemblage d'aimants ou d'électro-aimants avec même nombre de pôles (de paires de pôles) que le champ tournant.

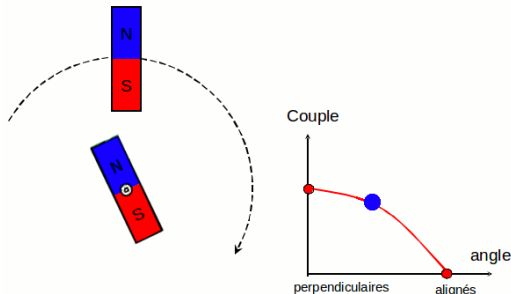
Si le rotor tourne, il y a création d'un couple par déplacement relatif des deux systèmes de champ, le stator et le rotor.



Machine Synchron : principe de fonctionnement

Le rotor est constitué par un assemblage d'aimants ou d'électro-aimants avec même nombre de pôles (de paires de pôles) que le champ tournant.

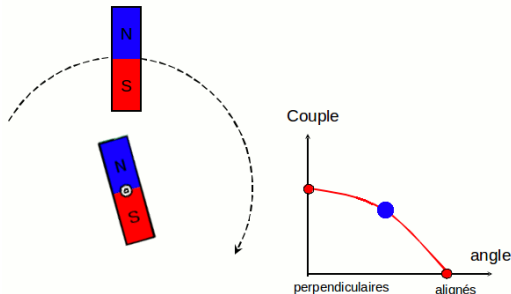
Si le rotor tourne, il y a création d'un couple par déplacement relatif des deux systèmes de champ, le stator et le rotor.



Machine Synchron : principe de fonctionnement

Le rotor est constitué par un assemblage d'aimants ou d'électro-aimants avec même nombre de pôles (de paires de pôles) que le champ tournant.

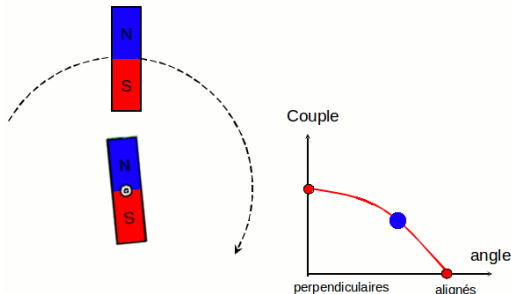
Si le rotor tourne, il y a création d'un couple par déplacement relatif des deux systèmes de champ, le stator et le rotor.



Machine Synchron : principe de fonctionnement

Le rotor est constitué par un assemblage d'aimants ou d'électro-aimants avec même nombre de pôles (de paires de pôles) que le champ tournant.

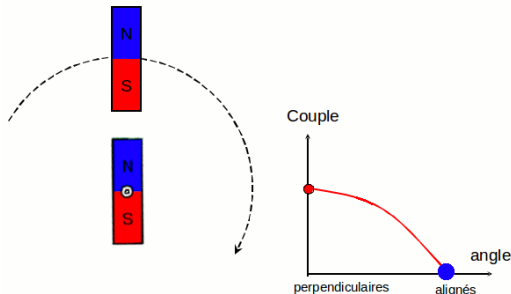
Si le rotor tourne, il y a création d'un couple par déplacement relatif des deux systèmes de champ, le stator et le rotor.



Machine Synchron : principe de fonctionnement

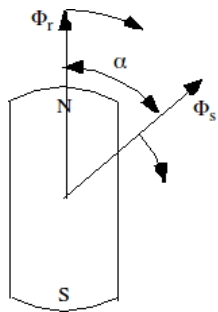
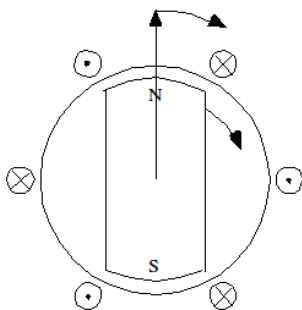
Le rotor est constitué par un assemblage d'aimants ou d'électro-aimants avec même nombre de pôles (de paires de pôles) que le champ tournant.

Si le rotor tourne, il y a création d'un couple par déplacement relatif des deux systèmes de champ, le stator et le rotor.



Machine Synchrone : principe de fonctionnement

Le couple dépend de l'angle relatif entre les deux champs, stator et rotor.



Machine Synchrone : principe de fonctionnement

Avantages :

- ⇒ vitesse : $\Omega = \Omega_s = \omega_s/p = 2\pi f/p$ directement liée à la fréquence d'alimentation
- ⇒ pas de courant au rotor → pas de pertes → rendement plus important

Inconvénients :

- ⇒ à l'arrêt, si ϕ tourne à Ω_s → couple moyen nul → pas de démarrage
- ⇒ il faut un artifice de démarrage !

Machine Synchrone : principe de fonctionnement

Avantages :

- ⇒ vitesse : $\Omega = \Omega_s = \omega_s/p = 2\pi f/p$ directement liée à la fréquence d'alimentation
- ⇒ pas de courant au rotor → pas de pertes → rendement plus important

Inconvénients :

- ⇒ à l'arrêt, si ϕ tourne à Ω_s → couple moyen nul → pas de démarrage
- ⇒ il faut un artifice de démarrage!

Machine Synchronne : principe de fonctionnement

Avantages :

- ⇒ vitesse : $\Omega = \Omega_s = \omega_s/p = 2\pi f/p$ directement liée à la fréquence d'alimentation
- ⇒ pas de courant au rotor → pas de pertes → rendement plus important

Inconvénients :

- ⇒ à l'arrêt, si ϕ tourne à Ω_s → couple moyen nul → pas de démarrage
- ⇒ il faut un artifice de démarrage!

Machine Synchrone : courbes caractéristiques

Conditions pour la modification de la vitesse (sequence) :

- ⇒ modification de la fréquence d'alimentation f
- ⇒ modification de la vitesse du champ tournant Ω_s
- ⇒ modification de la vitesse du rotor Ω_m

Machine Synchronne : courbes caractéristiques

Conditions pour la modification de la vitesse (sequence) :

- ⇒ modification de la fréquence d'alimentation f
- ⇒ modification de la vitesse du champ tournant Ω_s
- ⇒ modification de la vitesse du rotor Ω_m

Machine Synchronne : courbes caractéristiques

Conditions pour la modification de la vitesse (sequence) :

- ⇒ modification de la fréquence d'alimentation f
- ⇒ modification de la vitesse du champ tournant Ω_s
- ⇒ modification de la vitesse du rotor Ω_m

Machine Synchrone : courbes caractéristiques

Conditions pour la modification de la vitesse (sequence) :

- ⇒ modification de la fréquence d'alimentation f
- ⇒ modification de la vitesse du champ tournant Ω_s
- ⇒ modification de la vitesse du rotor Ω_m

Machine Synchrones : courbes caractéristiques

Conditions pour avoir un couple constant :

Rappel : le couple est proportionnel au flux magnétique.

Si nous considérons le flux vu du stator comme étant alternatif sinusoïdal :

$$\phi = \phi_m \sin \omega t$$

La force électro-motrice (F.E.M) sera,

$$E = \frac{d\phi}{dt} = \omega \phi_m \cos \omega t = E_m \cos \omega t$$

avec $E_m = \omega \phi_m$ donc, $\phi_m = E_m / (2\pi f)$.

Aux pertes près : $U \equiv E \Rightarrow$ le flux est proportionnel au rapport U/f .

Si U/f constant \Rightarrow Couple constant.

Machine Synchrone : courbes caractéristiques

Conditions pour avoir un couple constant :

Rappel : le couple est proportionnel au flux magnétique.

Si nous considérons le flux vu du stator comme étant alternatif sinusoïdal :

$$\phi = \phi_m \sin \omega t$$

La force électro-motrice (F.E.M) sera,

$$E = \frac{d\phi}{dt} = \omega \phi_m \cos \omega t = E_m \cos \omega t$$

avec $E_m = \omega \phi_m$ donc, $\phi_m = E_m / (2\pi f)$.

Aux pertes près : $U \equiv E \Rightarrow$ le flux est proportionnel au rapport U/f .

Si U/f constant \Rightarrow Couple constant.

Machine Synchrone : courbes caractéristiques

Conditions pour avoir un couple constant :

Rappel : le couple est proportionnel au flux magnétique.

Si nous considérons le flux vu du stator comme étant alternatif sinusoïdal :

$$\phi = \phi_m \sin \omega t$$

La force électro-motrice (F.E.M) sera,

$$E = \frac{d\phi}{dt} = \omega \phi_m \cos \omega t = E_m \cos \omega t$$

avec $E_m = \omega \phi_m$ donc, $\phi_m = E_m / (2\pi f)$.

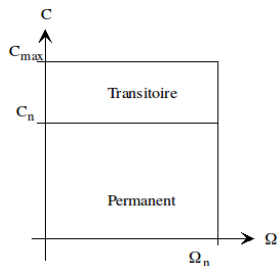
Aux pertes près : $U \equiv E \Rightarrow$ le flux est proportionnel au rapport U/f .

Si U/f constant \Rightarrow Couple constant.

Machine Synchrone : Courbes caractéristiques

Si le rapport U/f est constant de l'arrêt jusqu'au fonctionnement nominal
 $f = f_n$ et $U = U_n$ pour $f < f_n$.

Si $f > f_n$ et que la machine fonctionne à P_{nom} le flux dans la machine doit diminuer (défluxage)... si le rotor porte des aimants, cela est impossible

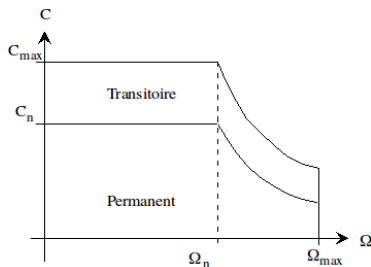


Des allures de courbes caractéristiques identiques à celles obtenues avec les machines à courant continu.

Machine Synchrone : Courbes caractéristiques

Si le rapport U/f est constant de l'arrêt jusqu'au fonctionnement nominal
 $f = f_n$ et $U = U_n$ pour $f < f_n$.

Si $f > f_n$ et que la machine fonctionne à P_{nom} le flux dans la machine doit diminuer (défluxage)... **si le rotor porte des aimants, cela est impossible**

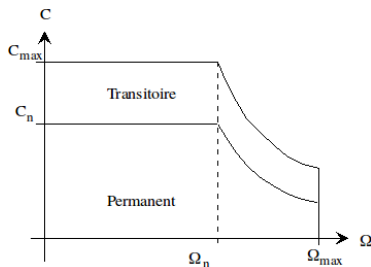


Des allures de courbes caractéristiques identiques à celles obtenues avec les machines à courant continu.

Machine Synchrone : Courbes caractéristiques

Si le rapport U/f est constant de l'arrêt jusqu'au fonctionnement nominal
 $f = f_n$ et $U = U_n$ pour $f < f_n$.

Si $f > f_n$ et que la machine fonctionne à P_{nom} le flux dans la machine doit diminuer (défluxage)... **si le rotor porte des aimants, cela est impossible**



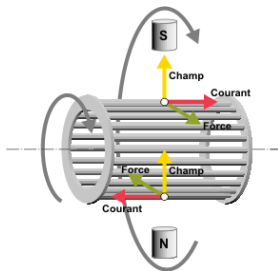
Des allures de courbes caractéristiques identiques à celles obtenues avec les machines à courant continu.

Sommaire

- 1 Machines à courant alternatif (CA)
 - Objectifs
 - Rappels : Tension induite
 - Champ Tournant
 - Machine Synchrone
 - Courbes caractéristiques
 - Machine Asynchrone
 - Courbes caractéristiques
- 2 Limites de fonctionnement
 - La température : facteur limitant
 - Un analyse simplifié : circuit thermique
 - Caractéristiques matériaux et température
 - Les limites en fonctionnement transitoire
- 3 Choix d'une machine électrique
 - Plaques signalétiques : infos essentiels
 - Types de charges
 - Étude de cas : fraiseuse

Machine Asynchrone : principe de fonctionnement

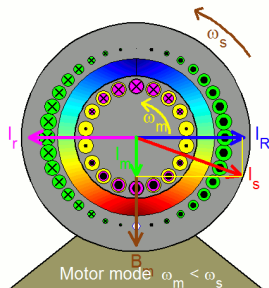
Une fois le champ tournant est établie, nous allons placer des **conducteurs sur le rotor**, ceux-ci seront le **siège de f.e.m.** Ces f.e.m. sont **proportionnelles à la vitesse de déplacement du champ tournant devant ces conducteurs.**



Si nous court-circuitons ces conducteurs, des courants induits vont les parcourir et l'action du champ sur ces courants va générer un couple.

Machine Asynchrone : principe de fonctionnement

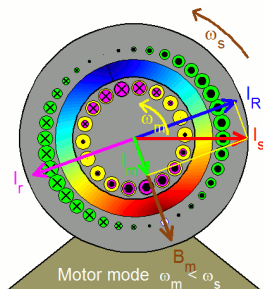
Le couple généré a tendance à faire tourner le rotor dans le sens du champ tournant \Rightarrow la vitesse relative entre champ tournant et rotor se réduit.



Les f.e.m. vont se réduire, donc les courants, donc le couple va diminuer. Si la vitesse du rotor est égale à celle du champ, les f.e.m. sont nulles, donc les courants et le couple aussi. Une différence de vitesse est toujours nécessaire.

Machine Asynchrone : principe de fonctionnement

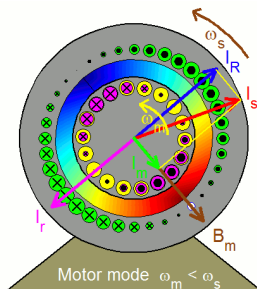
Le couple généré a tendance à faire tourner le rotor dans le sens du champ tournant \Rightarrow la vitesse relative entre champ tournant et rotor se réduit.



Les f.e.m. vont se réduire, donc les courants, donc le couple va diminuer. Si la vitesse du rotor est égale à celle du champ, les f.e.m. sont nulles, donc les courants et le couple aussi. Une différence de vitesse est toujours nécessaire.

Machine Asynchrone : principe de fonctionnement

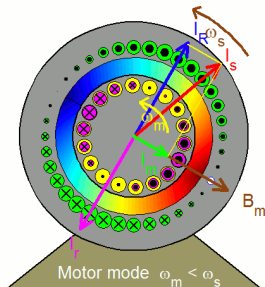
Le couple généré a tendance à faire tourner le rotor dans le sens du champ tournant \Rightarrow la vitesse relative entre champ tournant et rotor se réduit.



Les f.e.m. vont se réduire, donc les courants, donc le couple va diminuer. Si la vitesse du rotor est égale à celle du champ, les f.e.m. sont nulles, donc les courants et le couple aussi. Une différence de vitesse est toujours nécessaire.

Machine Asynchrone : principe de fonctionnement

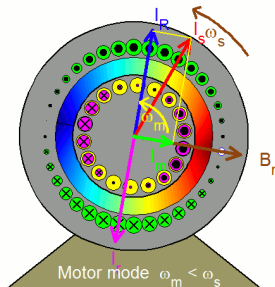
Le couple généré a tendance à faire tourner le rotor dans le sens du champ tournant \Rightarrow la vitesse relative entre champ tournant et rotor se réduit.



Les f.e.m. vont se réduire, donc les courants, donc le couple va diminuer. Si la vitesse du rotor est égale à celle du champ, les f.e.m. sont nulles, donc les courants et le couple aussi. Une différence de vitesse est toujours nécessaire.

Machine Asynchrone : principe de fonctionnement

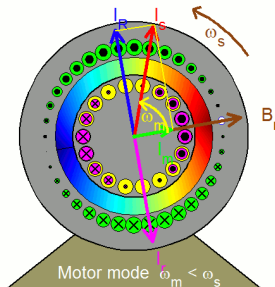
Le couple généré a tendance à faire tourner le rotor dans le sens du champ tournant \Rightarrow la vitesse relative entre champ tournant et rotor se réduit.



Les f.e.m. vont se réduire, donc les courants, donc le couple va diminuer. Si la vitesse du rotor est égale à celle du champ, les f.e.m. sont nulles, donc les courants et le couple aussi. Une différence de vitesse est toujours nécessaire.

Machine Asynchrone : principe de fonctionnement

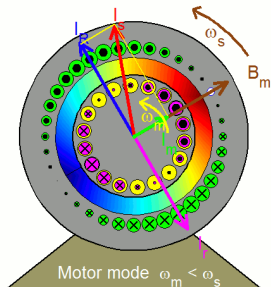
Le couple généré a tendance à faire tourner le rotor dans le sens du champ tournant \Rightarrow la vitesse relative entre champ tournant et rotor se réduit.



Les f.e.m. vont se réduire, donc les courants, donc le couple va diminuer. Si la vitesse du rotor est égale à celle du champ, les f.e.m. sont nulles, donc les courants et le couple aussi. Une différence de vitesse est toujours nécessaire.

Machine Asynchrone : principe de fonctionnement

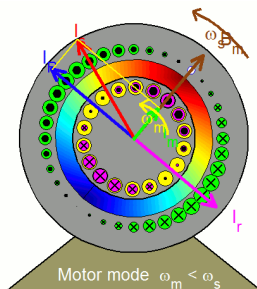
Le couple généré a tendance à faire tourner le rotor dans le sens du champ tournant \Rightarrow la vitesse relative entre champ tournant et rotor se réduit.



Les f.e.m. vont se réduire, donc les courants, donc le couple va diminuer. Si la vitesse du rotor est égale à celle du champ, les f.e.m. sont nulles, donc les courants et le couple aussi. Une différence de vitesse est toujours nécessaire.

Machine Asynchrone : principe de fonctionnement

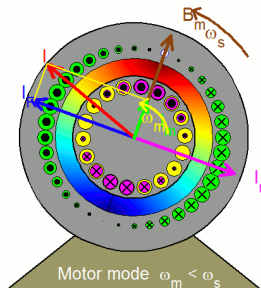
Le couple généré a tendance à faire tourner le rotor dans le sens du champ tournant \Rightarrow la vitesse relative entre champ tournant et rotor se réduit.



Les f.e.m. vont se réduire, donc les courants, donc le couple va diminuer. Si la vitesse du rotor est égale à celle du champ, les f.e.m. sont nulles, donc les courants et le couple aussi. Une différence de vitesse est toujours nécessaire.

Machine Asynchrone : principe de fonctionnement

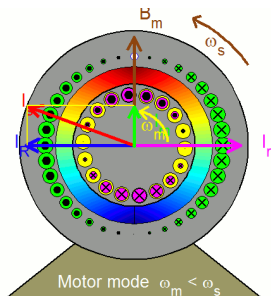
Le couple généré a tendance à faire tourner le rotor dans le sens du champ tournant \Rightarrow la vitesse relative entre champ tournant et rotor se réduit.



Les f.e.m. vont se réduire, donc les courants, donc le couple va diminuer. Si la vitesse du rotor est égale à celle du champ, les f.e.m. sont nulles, donc les courants et le couple aussi. Une différence de vitesse est toujours nécessaire.

Machine Asynchrone : principe de fonctionnement

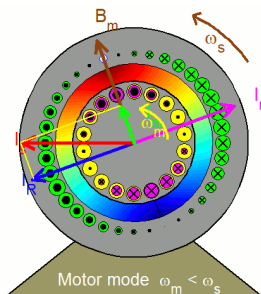
Le couple généré a tendance à faire tourner le rotor dans le sens du champ tournant \Rightarrow la vitesse relative entre champ tournant et rotor se réduit.



Les f.e.m. vont se réduire, donc les courants, donc le couple va diminuer. Si la vitesse du rotor est égale à celle du champ, les f.e.m. sont nulles, donc les courants et le couple aussi. Une différence de vitesse est toujours nécessaire.

Machine Asynchrone : principe de fonctionnement

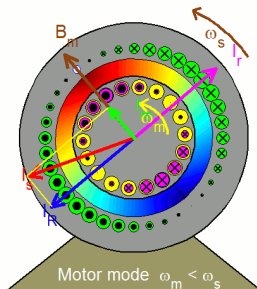
Le couple généré a tendance à faire tourner le rotor dans le sens du champ tournant \Rightarrow la vitesse relative entre champ tournant et rotor se réduit.



$$\Omega_m \neq \Omega_s \quad \text{Asynchronisme}$$

Machine Asynchrone : principe de fonctionnement

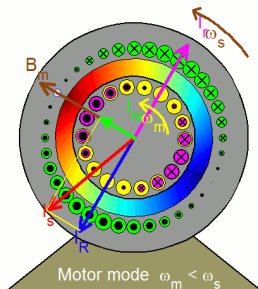
Le couple généré a tendance à faire tourner le rotor dans le sens du champ tournant \Rightarrow la vitesse relative entre champ tournant et rotor se réduit.



$$\Omega_m \neq \Omega_s \quad \text{Asynchronisme}$$

Machine Asynchrone : principe de fonctionnement

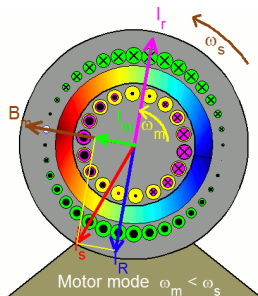
Le couple généré a tendance à faire tourner le rotor dans le sens du champ tournant \Rightarrow la vitesse relative entre champ tournant et rotor se réduit.



$$\Omega_m \neq \Omega_s \quad \text{Asynchronisme}$$

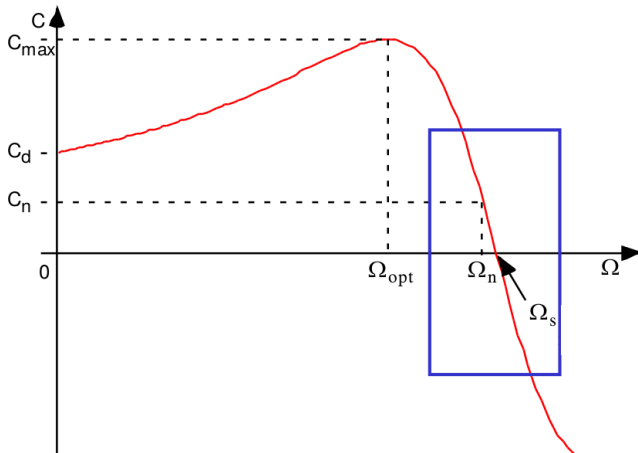
Machine Asynchrone : principe de fonctionnement

Le couple généré a tendance à faire tourner le rotor dans le sens du champ tournant \Rightarrow la vitesse relative entre champ tournant et rotor se réduit.



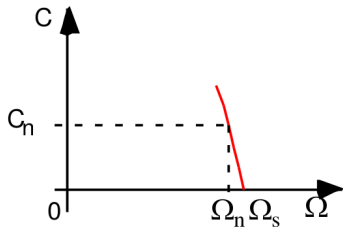
$$\Omega_m \neq \Omega_s \quad \text{Asynchronisme}$$

Machine Asynchrone : Courbes caractéristiques



Machine Asynchrone : Courbes caractéristiques

Partie pratique de la courbe :



Pratiquement linéaire \approx courbes précédentes des MCC.

Machine Asynchrone : Courbes caractéristiques

Même raisonnement que pour la machine synchrone : la modification de la vitesse se produit par une sequence d'actions

- ⇒ modification de la fréquence d'alimentation f
- ⇒ modification de la vitesse du champ tournant Ω_s
- ⇒ modification de tensions d'induites au rotor E_r
- ⇒ modification du courant rotorique I_r, ω_r
- ⇒ modification de la vitesse du rotor Ω

Machine Asynchrone : Courbes caractéristiques

Même raisonnement que pour la machine synchrone : la modification de la vitesse se produit par une sequence d'actions

- ⇒ modification de la fréquence d'alimentation f
- ⇒ modification de la vitesse du champ tournant Ω_s
- ⇒ modification de tensions d'induites au rotor E_r
- ⇒ modification du courant rotorique I_r, ω_r
- ⇒ modification de la vitesse du rotor Ω

Machine Asynchrone : Courbes caractéristiques

Même raisonnement que pour la machine synchrone : la modification de la vitesse se produit par une sequence d'actions

- ⇒ modification de la fréquence d'alimentation f
- ⇒ modification de la vitesse du champ tournant Ω_s
- ⇒ modification de tensions d'induites au rotor E_r
- ⇒ modification du courant rotorique I_r, ω_r
- ⇒ modification de la vitesse du rotor Ω

Machine Asynchrone : Courbes caractéristiques

Même raisonnement que pour la machine synchrone : la modification de la vitesse se produit par une sequence d'actions

- ⇒ modification de la fréquence d'alimentation f
- ⇒ modification de la vitesse du champ tournant Ω_s
- ⇒ modification de tensions d'induites au rotor E_r
- ⇒ modification du courant rotorique I_r, ω_r
- ⇒ modification de la vitesse du rotor Ω

Machine Asynchrone : Courbes caractéristiques

Même raisonnement que pour la machine synchrone : la modification de la vitesse se produit par une sequence d'actions

- ⇒ modification de la fréquence d'alimentation f
- ⇒ modification de la vitesse du champ tournant Ω_s
- ⇒ modification de tensions d'induites au rotor E_r
- ⇒ modification du courant rotorique I_r, ω_r
- ⇒ modification de la vitesse du rotor Ω

Machine Asynchrone : Courbes caractéristiques

Même raisonnement que pour la machine synchrone : la modification de la vitesse se produit par une sequence d'actions

- ⇒ modification de la fréquence d'alimentation f
- ⇒ modification de la vitesse du champ tournant Ω_s
- ⇒ modification de tensions d'induites au rotor E_r
- ⇒ modification du courant rotorique I_r, ω_r
- ⇒ modification de la vitesse du rotor Ω

Machine asynchrone : Courbes caractéristiques

Rappel : le couple est proportionnel au flux magnétique.

Si nous considérons le flux vu du stator comme étant alternatif sinusoïdal :

$$\phi = \phi_m \sin \omega t$$

La force électro-motrice (F.E.M) sera,

$$E = \frac{d\phi}{dt} = \omega \phi_m \cos \omega t = E_m \cos \omega t$$

avec $E_m = \omega \phi_m$ donc, $\phi_m = E_m / (2\pi f)$.

Aux pertes près : $U \equiv E \Rightarrow$ le flux est proportionnel au rapport U/f .

Si U/f constant \Rightarrow Couple constant.

Machine asynchrone : Courbes caractéristiques

Rappel : le couple est proportionnel au flux magnétique.

Si nous considérons le flux vu du stator comme étant alternatif sinusoïdal :

$$\phi = \phi_m \sin \omega t$$

La force électro-motrice (F.E.M) sera,

$$E = \frac{d\phi}{dt} = \omega \phi_m \cos \omega t = E_m \cos \omega t$$

avec $E_m = \omega \phi_m$ donc, $\phi_m = E_m / (2\pi f)$.

Aux pertes près : $U \equiv E \Rightarrow$ le flux est proportionnel au rapport U/f .

Si U/f constant \Rightarrow Couple constant.

Machine asynchrone : Courbes caractéristiques

Rappel : le couple est proportionnel au flux magnétique.

Si nous considérons le flux vu du stator comme étant alternatif sinusoïdal :

$$\phi = \phi_m \sin \omega t$$

La force électro-motrice (F.E.M) sera,

$$E = \frac{d\phi}{dt} = \omega \phi_m \cos \omega t = E_m \cos \omega t$$

avec $E_m = \omega \phi_m$ donc, $\phi_m = E_m / (2\pi f)$.

Aux pertes près : $U \equiv E \Rightarrow$ le flux est proportionnel au rapport U/f .

Si U/f constant \Rightarrow Couple constant.

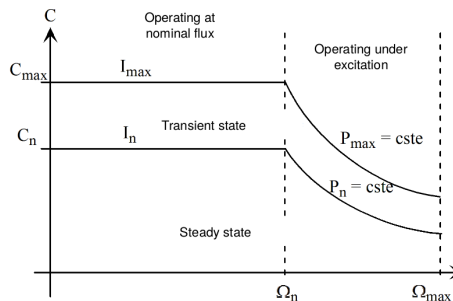
Machine Asynchrone : Courbes caractéristiques

Performances optimales du moteur obtenues si le flux est maintenu constant sur toute la gamme de vitesse.

⇒ $U/f \equiv \text{constant}$ en partant d'une fréquence basse jusqu'à la fréquence nominale pour laquelle nous atteignons la tension nominale.

⇒ Une fois que $U = U_n$, seulement la fréquence peut augmenter $f \uparrow$, le rapport ⇒ $U/f \downarrow$

⇒ Le flux $\phi \downarrow$, le couple $C \downarrow$ et la vitesse $\Omega \uparrow$, la $P \equiv \text{constante}$.

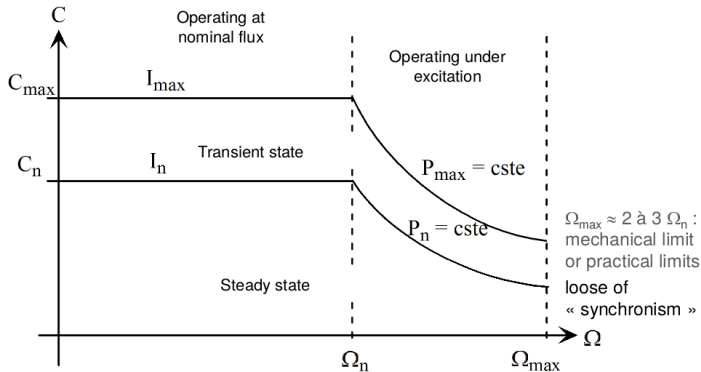


$$P = C\Omega \equiv \phi I \Omega \equiv \phi I \frac{U}{\phi} \equiv \text{constante}$$

Machine Asynchrone : Courbes caractéristiques

Limites du domaines de fonctionnement :

- * à couple maximal $f < fn$
- * à une puissance maximale $f > fn$



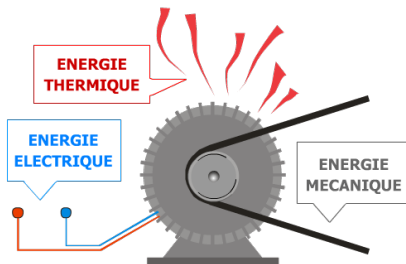
Sommaire

- 1 Machines à courant alternatif (CA)
 - Objectifs
 - Rappels : Tension induite
 - Champ Tournant
 - Machine Synchrone
 - Courbes caractéristiques
 - Machine Asynchrone
 - Courbes caractéristiques
- 2 Limites de fonctionnement
 - **La température : facteur limitant**
 - Un analyse simplifié : circuit thermique
 - Caractéristiques matériaux et température
 - Les limites en fonctionnement transitoire
- 3 Choix d'une machine électrique
 - Plaques signalétiques : infos essentiels
 - Types de charges
 - Étude de cas : fraiseuse

Limites de fonctionnement de machines électriques : température

Machine électrique (idéale) : dispositif qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique...

A cause du deuxième principe de la thermodynamique :
transformation d'une partie de l'énergie électrique en chaleur.

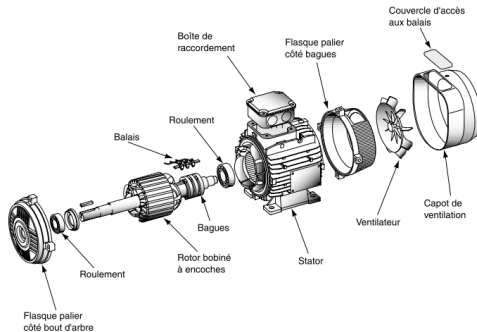


La température est une des principales limitations du fonctionnement des machines électriques.

Limites de fonctionnement de machines électriques : température

Trois principaux types d'échange thermique :

- Conduction (solides, fluides)
- Convection (fluides)
- Rayonnement



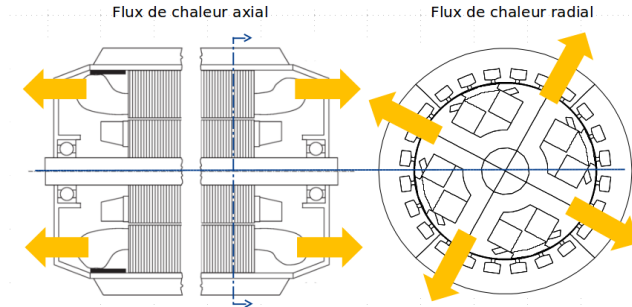
Machine électrique : système thermique complexe

Sommaire

- 1 Machines à courant alternatif (CA)
 - Objectifs
 - Rappels : Tension induite
 - Champ Tournant
 - Machine Synchrone
 - Courbes caractéristiques
 - Machine Asynchrone
 - Courbes caractéristiques
- 2 Limites de fonctionnement
 - La température : facteur limitant
 - **Un analyse simplifié : circuit thermique**
 - Caractéristiques matériaux et température
 - Les limites en fonctionnement transitoire
- 3 Choix d'une machine électrique
 - Plaques signalétiques : infos essentiels
 - Types de charges
 - Étude de cas : fraiseuse

Un analyse simplifié : circuit thermique

Première réduction : directions des flux de chaleur

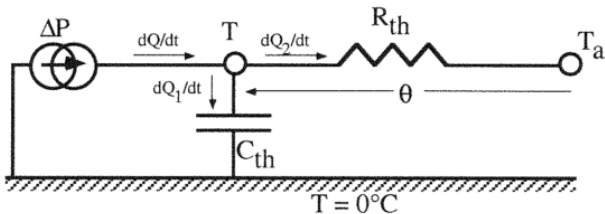


Un analyse simplifié : circuit thermique

Autres simplifications :

- Considérer la machine comme un corps homogène,
- Caractéristiques physiques isotropes (le mêmes dans toutes les directions),
- Sources de chaleur ΔP uniformément réparties dans le volume.

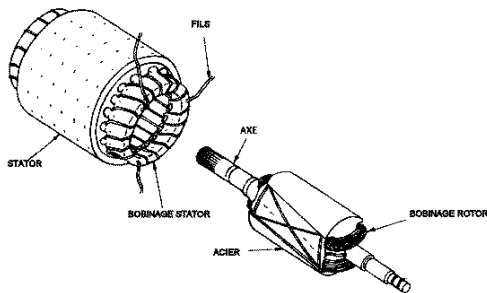
Circuit thermique équivalent :



Un analyse simplifié : circuit thermique

Les sources de chaleur ΔP :

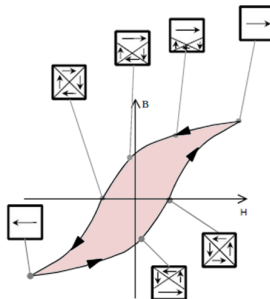
- Pertes Joules (conducteurs électriques, bobinages)



Un analyse simplifié : circuit thermique

Les sources de chaleur ΔP :

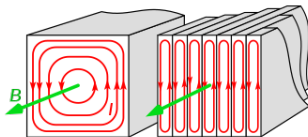
- Pertes Joules (conducteurs électriques, bobinages)
- Pertes par hystérésis (matériaux magnétiques),



Un analyse simplifié : circuit thermique

Les sources de chaleur ΔP :

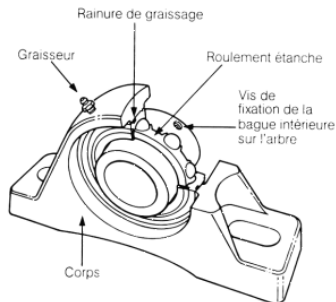
- Pertes Joules (conducteurs électriques, bobinages),
- Pertes par hystérésis (matériaux magnétiques),
- Pertes par courants induites, courants de Foucault (matériaux magnétiques),



Un analyse simplifié : circuit thermique

Les sources de chaleur ΔP :

- Pertes Joules (conducteurs électriques, bobinages),
- Pertes par hystérésis (matériaux magnétiques),
- Pertes par courants induites, courants de Foucault (matériaux magnétiques),
- Pertes mécaniques (paliers, roulements, aérauliques)



Un analyse simplifié : circuit thermique

Les sources de chaleur ΔP :

- Pertes Joules (conducteurs électriques, bobinages),
- Pertes par hystérésis (matériaux magnétiques),
- Pertes par courants induites, courants de Foucault (matériaux magnétiques),
- Pertes mécaniques (paliers, roulements, aérauliques)

Les pertes par effet Joule (conducteurs électriques, bobinages) sont les plus importantes \Rightarrow l'échauffement de la machine est lié à ces pertes.

Sommaire

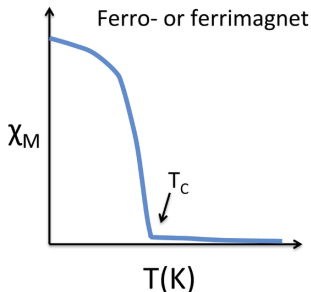
- 1 Machines à courant alternatif (CA)
 - Objectifs
 - Rappels : Tension induite
 - Champ Tournant
 - Machine Synchrone
 - Courbes caractéristiques
 - Machine Asynchrone
 - Courbes caractéristiques

- 2 Limites de fonctionnement
 - La température : facteur limitant
 - Un analyse simplifié : circuit thermique
 - **Caractéristiques matériaux et température**
 - Les limites en fonctionnement transitoire

- 3 Choix d'une machine électrique
 - Plaques signalétiques : infos essentiels
 - Types de charges
 - Étude de cas : fraiseuse

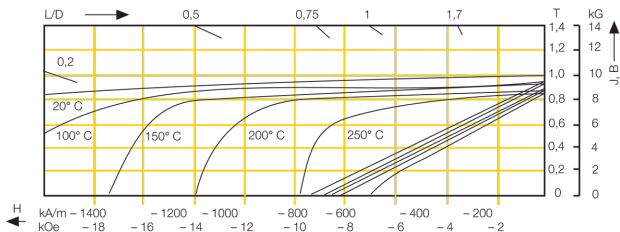
Caractéristiques matériaux et température

La température limite du fer (matériaux ferromagnétiques) est imposée par la modification des caractéristiques magnétiques (température de Curie $\approx 700^{\circ}\text{C}$).



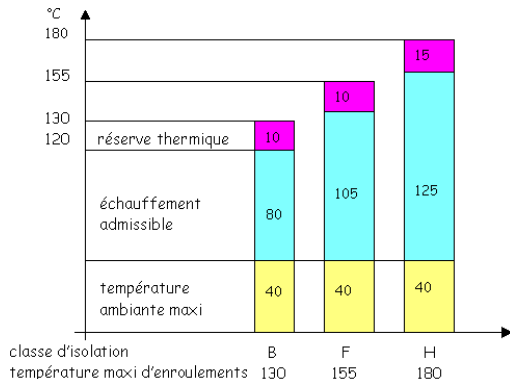
Caractéristiques matériaux et température

Température limite des aimants imposée par les caractéristiques magnétiques.



Caractéristiques matériaux et température

Température limite des bobinages : le cuivre a une température limite d'utilisation très élevée... mais les isolants (vernis) sont des matériaux synthétiques avec une température limite imposée, ceux-ci sont répartis entre différentes classes dites classes d'isolation :



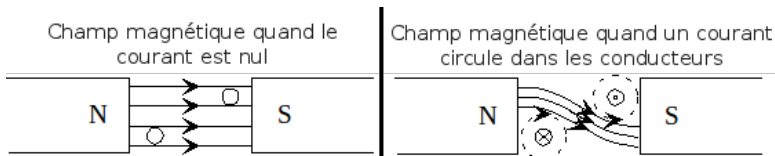
Sommaire

- 1 Machines à courant alternatif (CA)
 - Objectifs
 - Rappels : Tension induite
 - Champ Tournant
 - Machine Synchrones
 - Courbes caractéristiques
 - Machine Asynchrone
 - Courbes caractéristiques
- 2 Limites de fonctionnement
 - La température : facteur limitant
 - Un analyse simplifié : circuit thermique
 - Caractéristiques matériaux et température
 - Les limites en fonctionnement transitoire
- 3 Choix d'une machine électrique
 - Plaques signalétiques : infos essentiels
 - Types de charges
 - Étude de cas : fraiseuse

Les limites en fonctionnement transitoire

Nous pourrions envisager d'augmenter le courant, donc les pertes, pendant un temps très court sans atteindre la température limite.

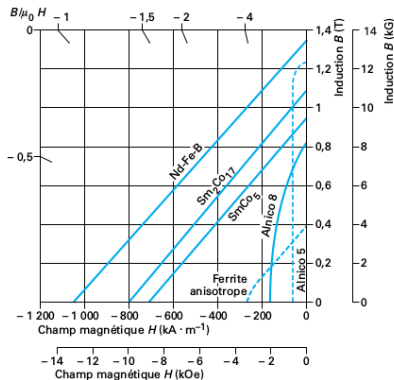
Dans ce cas, quel est le courant limite que nous pourrions imposer ?



Des courants importantes peuvent démagnétiser les aimants ou saturer les matériaux ferromagnétiques.

Les limites en fonctionnement transitoire

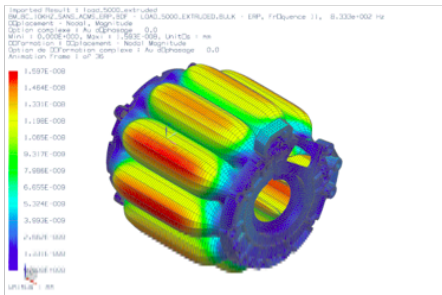
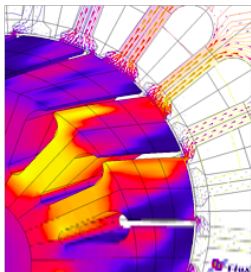
Machine avec des aimants permanents : il faut limiter le courant pour ne pas démagnétiser l'aimant.



Courant maximum instantané imposé par la limite magnétique de l'aimant

Les limites en fonctionnement transitoire

S'il n'y a pas d'aimant, la magnétisation du circuit magnétique est réalisée par un électro-aimant (bobine) : limite magnétique plus éloignée et réversible (saturation magnétique).



Le courant maximum est limité par l'effort maximum développé sur les conducteurs.

Les limites en fonctionnement transitoire

Dans l'espace de fonctionnement de la machine, nous trouverons donc :

- une limite de fonctionnement en régime permanent imposée par la tenue en température des composants de la machine (particulièrement des isolants),
- et une limite de fonctionnement en régime transitoire imposée par le comportement magnétique (courant électrique injecté).

Sommaire





- 1 Machines à courant alternatif (CA)
 - Objectifs
 - Rappels : Tension induite
 - Champ Tournant
 - Machine Synchrones
 - Courbes caractéristiques
 - Machine Asynchrone
 - Courbes caractéristiques
- 2 Limites de fonctionnement
 - La température : facteur limitant
 - Un analyse simplifié : circuit thermique
 - Caractéristiques matériaux et température
 - Les limites en fonctionnement transitoire
- 3 Choix d'une machine électrique
 - Plaques signalétiques : infos essentiels
 - Types de charges
 - Étude de cas : fraiseuse

Machine CC

tension d'excitation.

Couple nominal

Puissance
 mécanique
 développée




 LR 57008 IEC 34.1.1990				2 102 451 / A MADE IN FRANCE			
		MOTEUR A COURANT CONTINU DIRECT CURRENT MOTOR					
TYPE: LSK 1604 S 02 N° 700000/10 9/1992 M 249 kg							
Classe / Ins class H IM 1001 IP 23 IC 06							
M_{nom} / Rated torque 301 N.m Altit. 1000 m Temp. 40 °C							
①	kW	min ⁻¹	V	A	V	A	
②	36,3	1150	440	95,5	360	3	
③	3,63	115	44	95,5	360	3	
	36,3	1720	440	95,5	240		
T		Système d'alimentation: I		Induit / Arm.		Excit. / Field	
○ Service / Duty S1		DE 6312 2RS C3		NDE 6312 2RS C3		○	

Vitesse de rotation nominale

Tension nominale aux
 bornes de l'induit

Courant nominal
 dans l'induit

Machine Synchrone

 N° 686251C19 001 Moteurs Leroy-Somer CS10015 1775 Angoulême cedex 1 - France		3~ 4P LSHRM315MP TC 2019		IP55 IK08 711kg		 IE5	
		Ta 50°C Ins.Cl. F S9		1000m			
DE: 6320 C3		SGR		POLYREXEM 103			
NDE: 6317 C3 IB				48g / 6200h			
V	Hz	min ⁻¹	kW	cos Φ	A	eff.%	Inv. supply(V):
Y 400	50	1500	160	0.86	303	97.3	380-460
Y 400	60	1800	160	0.92	280	97.2	Nmax(min-1):
Y 460	60	1800	184	0.86	294	97.2	2800
Δ 400	87	2600	277	0.84	540	96.6	minFsw(kHz): 3
BEMF (V/kmin ⁻¹)	DBC (A)	Lq@0A (mH)	Lq@DBC (mH)	Ld@DBC (mH)	α @DBC (°)	α @DBC/2 (°)	
Y 75	336	6.52	4.20	0.71	62	51	
Δ 43	583	2.17	1.40	0.24	62	51	

IEC60034-1



THWEEA

CEC

MADE IN FRANCE

CLAU®
E68554-M

Machine Asynchrone

*  LEROY SOMER		MOT. 3 ~ PLS 315 L				
		N° 703 932 00 GF 01		kg 790		
IP23 IK08	I cl.F	40°C	S1	%	c/h	
V	Hz	min⁻¹	kW	cos φ	A	
Δ 380	50	2970	250	0.92	434	
Δ 400		2974		0.90	422	
Y 690		2974		0.90	244	
Δ 415		60	2976	288	0.88	415
Δ 440			3568		0.92	418
Δ 460			3572		0.91	417
DE	6316 C3	035 g	ESSO UNIREX N3			
NDE	6316 C3	2900 h				

Sommaire

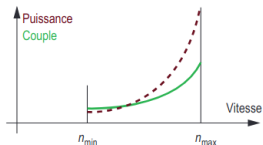
- 1 Machines à courant alternatif (CA)
 - Objectifs
 - Rappels : Tension induite
 - Champ Tournant
 - Machine Synchrone
 - Courbes caractéristiques
 - Machine Asynchrone
 - Courbes caractéristiques
- 2 Limites de fonctionnement
 - La température : facteur limitant
 - Un analyse simplifié : circuit thermique
 - Caractéristiques matériaux et température
 - Les limites en fonctionnement transitoire
- 3 Choix d'une machine électrique
 - Plaques signalétiques : infos essentiels
 - Types de charges
 - Étude de cas : fraiseuse

Fonctionnement centrifuge

Le couple varie comme le carré de la vitesse (puissance au cube). Le couple nécessaire à l'accélération est faible (environ 20 % du couple nominal). Le couple de démarrage est faible.

- Dimensionnement : en fonction de la puissance ou du couple à la vitesse maximum.

Applications types : ventilation, pompage, ...

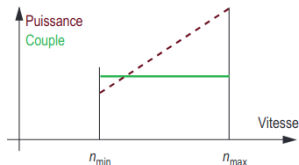


Fonctionnement à couple constant

Le couple reste constant dans la plage de vitesse. Le couple nécessaire à l'accélération peut être important selon les machines (supérieur au couple nominal).

- Dimensionnement : en fonction du couple nécessaire sur la plage de vitesse.

Machines types : extrudeuses, broyeurs, ponts roulants, presses, ...



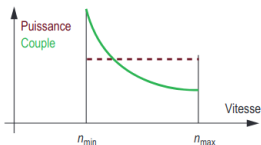
Fonctionnement à puissance constante

Le couple décroît dans la plage de vitesse. Le couple nécessaire à l'accélération est au plus égal au couple nominal. Le couple de démarrage est maximum.

- Dimensionnement : en fonction du couple nécessaire à la vitesse minimum et de la plage de vitesse d'utilisation.

- Un retour vitesse est conseillé pour une meilleure régulation

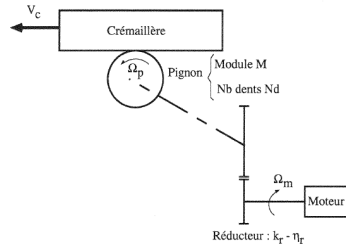
Machines types : enrouleurs, broches de machine-outil, ...



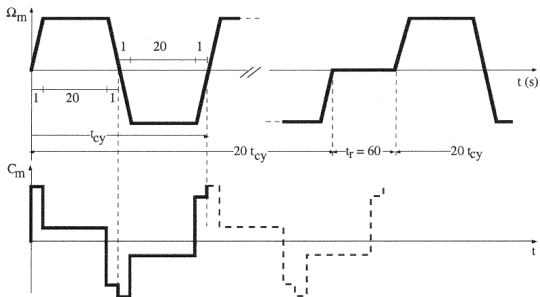
Sommaire

- 1 Machines à courant alternatif (CA)
 - Objectifs
 - Rappels : Tension induite
 - Champ Tournant
 - Machine Synchrone
 - Courbes caractéristiques
 - Machine Asynchrone
 - Courbes caractéristiques
- 2 Limites de fonctionnement
 - La température : facteur limitant
 - Un analyse simplifié : circuit thermique
 - Caractéristiques matériaux et température
 - Les limites en fonctionnement transitoire
- 3 Choix d'une machine électrique
 - Plaques signalétiques : infos essentiels
 - Types de charges
 - Étude de cas : fraiseuse

Étape 1 : étude cinématique

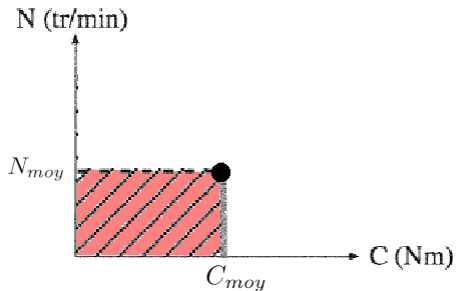


Étape 2 : Besoin en couple



Détermination d'un couple et une vitesse moyenne

Étape 3 : Choix machine



- * Détermination de C_{moy} et N_{moy}
- * Puissance moyenne : $P_{moy} = \frac{2\pi N_{moy}}{60} C_{th} [W]$

Étape 3 : Choix machine

Choix possible d'une machine si :

- * $C_{moy} \leq C_{nom}$ et
- * $N_{moy} \leq N_{nom}$

Implicitement $P_{moy} \leq P_{nom}$ et la machine respecte la limite fixé par la région en régime permanent :

Température de la machine $T_m \leq T_{max}$

Étape 3 : Choix machine

Dans notre cas :

* $C_{moy} = 0,8 \text{ Nm}$

* $N_{moy} = 1706 \text{ tr/min}$

Choix d'une machine synchrone à aimants (Brushless) – catalogue constructeur Parker

Contrainte : tension réseau/variateur

Alimentation 400 VAC

Modèle	Taille	Rotation lente ⁽¹⁾		Nominal ⁽¹⁾			Max ⁽¹⁾	Inertie		Ke ^{(2) (3)}	Kt ^{(2) (3)}
		Couple	Courant	Couple	Vitesse	Courant	Couple	Sans frein	Avec frein		
		T ₀₀₅ (T ₁₀₀) [Nm]	I ₀₀₅ [A]	T _{n005} [Nm]	n [min ⁻¹]	I _{n005} [A]	T _{max} [Nm]	J [kgmm ²]	J [kgmm ²]	Ke [Vs]	Kt [Nm/A _{ms}]
SM_60 30 1,4	60	1,4 (1,7)	0,95	1,2	3000	0,81	4,4	30	42,5	0,81	1,48
SM_60 45 1,4			1,37	1,0	4500	0,98				0,59	1,02
SM_60 60 1,4			1,73	0,8	6000	0,99				0,68	0,81
SM_60 75 1,4			2,15	0,15	7500	0,23				0,38	0,65

Étape 3 : Choix machine

Dans notre cas :

* $C_{moy} = 0,8 \text{ Nm}$

* $N_{moy} = 1706 \text{ tr/min}$

Choix d'une machine synchrone à aimants (Brushless) – catalogue constructeur Parker

Contrainte : tension réseau/variateur

Alimentation 400 VAC

Modèle	Taille	Rotation lente ⁽¹⁾		Nominal ⁽¹⁾			Max ⁽¹⁾	Inertie		Ke ^{(2) (3)}	Kt ^{(2) (3)}
		Couple	Courant	Couple	Vitesse	Courant	Couple	Sans frein	Avec frein		
		T ₀₀₅ (T ₁₀₀) [Nm]	I ₀₀₅ [A]	T _{n005} [Nm]	n [min ⁻¹]	I _{n005} [A]	T _{max} [Nm]	J [kgmm ²]	J [kgmm ²]	Ke [Vs]	Kt [Nm/A _{ms}]
SM_60 30 1,4	60		0,95	1,2	3000	0,81				0,81	1,48
SM_60 45 1,4		1,4	1,37	1,0	4500	0,98	4,4	30	42,5	0,59	1,02
SM_60 60 1,4		(1,7)	1,73	0,8	6000	0,99				0,68	0,81
SM_60 75 1,4			2,15	0,15	7500	0,23				0,38	0,65

Étape 3 : Choix machine

Alimentation 400 VAC

Modèle	Taille	Rotation lente ⁽¹⁾		Nominal ⁽¹⁾			Max ⁽¹⁾	Inertie		Ke ^{(2) (3)}	Kt ^{(2) (3)}
		Couple	Courant	Couple	Vitesse	Courant	Couple	Sans frein	Avec frein		
		T ₀₈₅ (T ₁₀₅) [Nm]	I ₀₈₅ [A]	T _{n085} [Nm]	n [min ⁻¹]	I _{n085} [A]	T _{max} [Nm]	J [kgmm ²]	J [kgmm ²]	Ke [Vs]	Kt [Nm/A _{max}]
SM_60 30 1,4	60		0,95	1,2	3000	0,81				0,81	1,48
SM_60 45 1,4		1,4	1,37	1,0	4500	0,98	4,4	30	42,5	0,59	1,02
SM_60 60 1,4		(1,7)	1,73	0,8	6000	0,99				0,68	0,81
SM_60 75 1,4			2,15	0,15	7500	0,23				0,38	0,65

