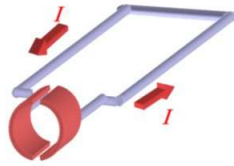
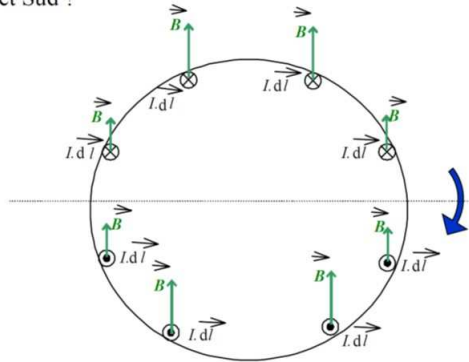


Machine à courant continu

Hypothèse :
On considère un champ magnétique constant
Ou se trouvent les pôles Nord et Sud ?



Où se trouvent
les pôles Nord et Sud ?

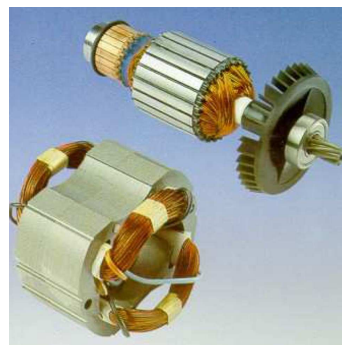


Sous un pôle magnétique les courants des encoches circulent tous dans le même sens et sont orthogonaux au champ magnétique

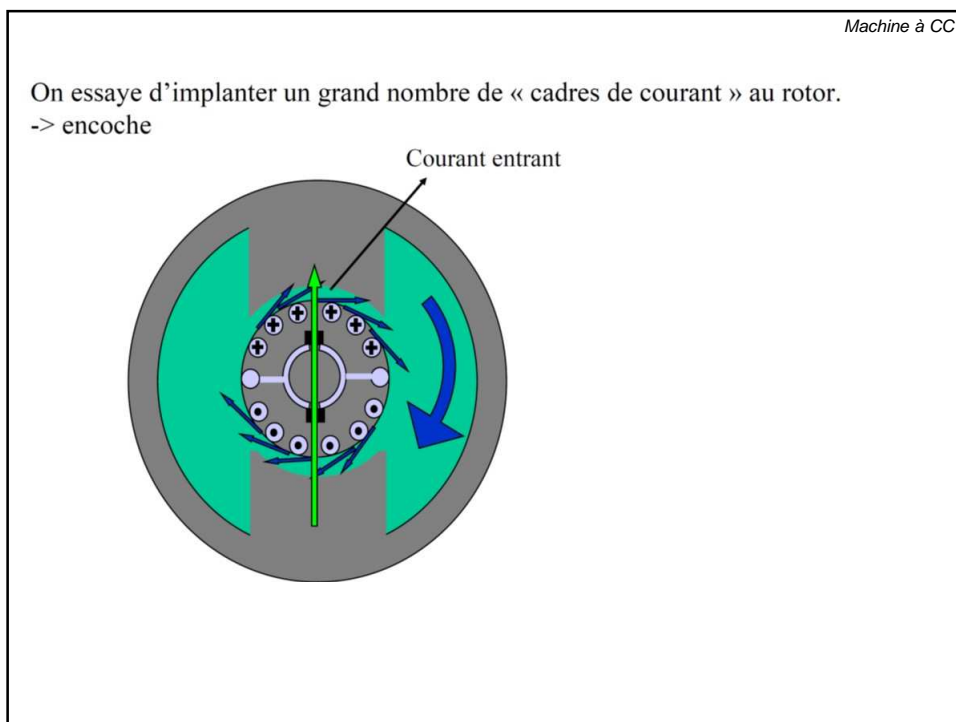
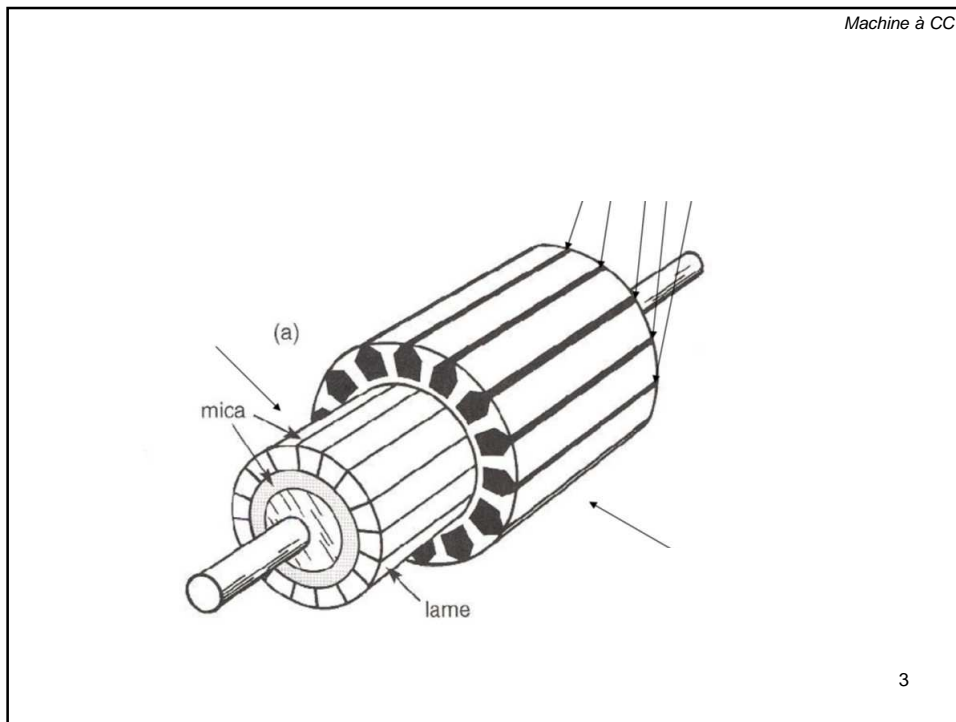
1

Machine à CC

La machine à courant continu est constituée de trois parties principales :



2



Machine à CC

Chaque fil conducteur est soudé à ses extrémités sur deux lamelles du collecteur.
 Le collecteur solidaire de l'induit alimente tour à tour chaque brin actif par l'intermédiaire des balais et des lamelles.
 Il assure ainsi l'alimentation synchronisée de chaque brin.

The diagrams illustrate the operation of a DC machine. The top right diagram shows a cross-section of a magnetic core with two poles (Aimant) and a central conductor (Fil conducteur). A battery (Batterie) is connected to the conductor. The magnetic field (Champ d'induction) is shown with flux lines Φ and a force vector \vec{F} acting on the conductor. The bottom left diagram shows a more detailed view of the commutator (Collecteur) and brush (Balai) assembly. It labels the active brush (Brin actif), the brush current I , the magnetic field (Champ d'induction), the induced current I , the force vector \vec{F} , the flux Φ , the commutator segments (Lamelle), and the rotor (Induit). The rotation direction is indicated as 'Sens de rotation'. The bottom right diagram shows a vector diagram where two force vectors \vec{F} acting on a conductor are equivalent to a torque (Équivalent du couple) around a central point, with axes X and Y.

Machine à CC

Collecteur

-
-
-

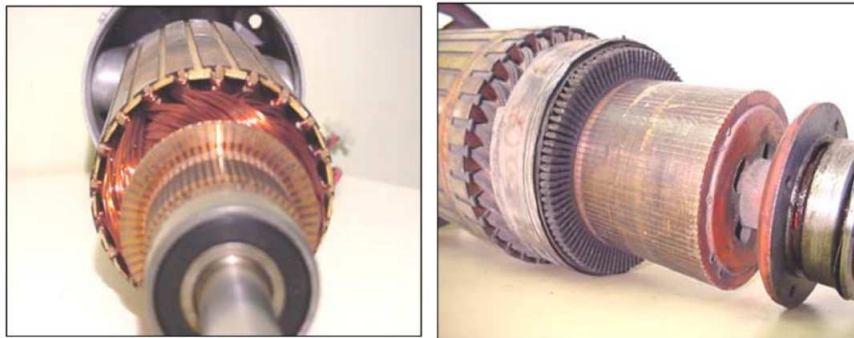
The diagram shows a 3D perspective of a commutator assembly. It labels the following parts: 'Encoches ou sont logées les conducteurs' (slots where conductors are housed), 'collecteur' (commutator), 'mica' (insulating material between segments), 'rotor' (the shaft assembly), and 'lame' (commutator segments). A label '(a)' is also present near the commutator.

Collecteur

Machine à CC

Il est essentiellement constitué par une juxtaposition cylindrique de lames de cuivre séparées par des lames isolantes.

Chaque lame est reliée électriquement au bobinage induit.

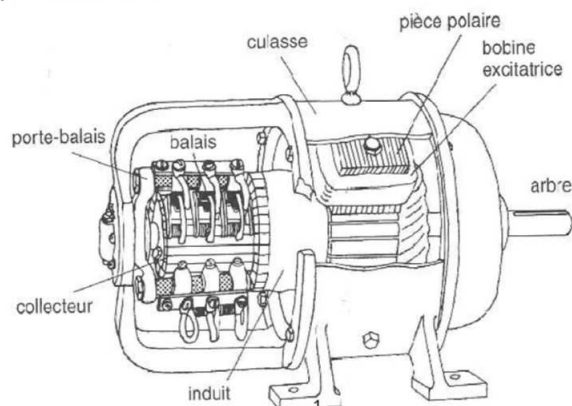


7

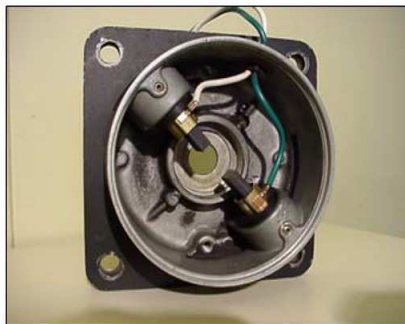
Balais

Machine à CC

- Faits en carbone en raison de sa bonne conductivité électrique et de son faible coefficient de frottement
- Assurent la liaison électrique (contact glissant) entre la partie fixe et la partie tournante.
- En s'appuyant sur le collecteur, assurent un contact électrique entre l'induit et le circuit extérieur
- Dans une machine à enroulements imbriqués, il y a autant de balais que de pôles magnétiques inducteurs



Machine à CC



9

Rotor

Machine à CC

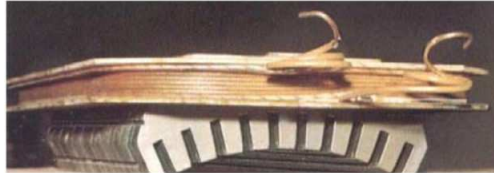
- * Cylindre plan
- * Ferromagnétique
- * Creusés d'encoches ou sont logés des conducteurs
- * constitué de tôles circulaires isolées et empilées sur l'arbre de façon à obtenir le cylindre d'induit.
- * Ces tôles sont en acier au silicium et isolées par vernis.



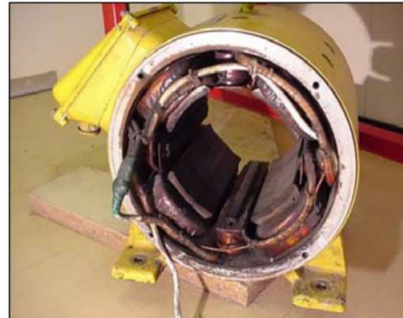
10

Le circuit inducteur

Pôle inducteur



stator

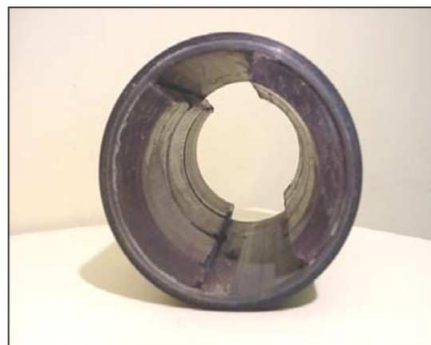


11

Inducteur à aimant permanent

Il existe aussi des machines dont le champ magnétique inducteur est créé par des aimants permanents.

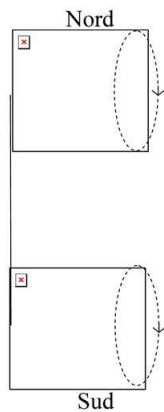
Les pertes joules sont supprimées mais l'excitation magnétique est fixe.



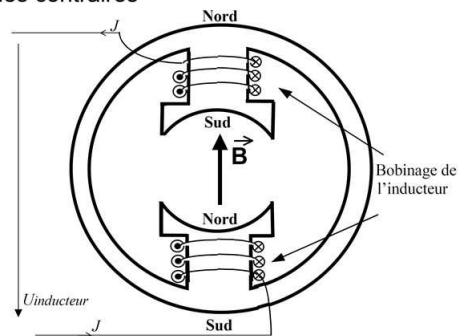
12

Le circuit inducteur

- Il crée le champ magnétique d'excitation au sein du stator : l'inducteur (bobiné)
- Aussi appelé «circuit de champ» ou «circuit d'excitation»
- Constitué de bobines série enroulées autour de noyaux ferromagnétiques portés par le stator



- Les bobines excitatrices d'un inducteur multipolaire sont connectées de façon à ce que les pôles adjacents aient des polarités magnétiques contraires



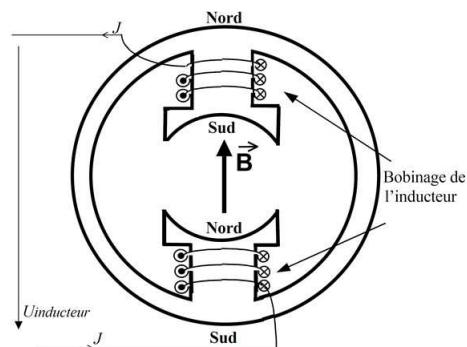
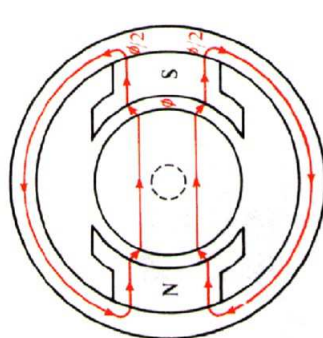
13

Le circuit inducteur

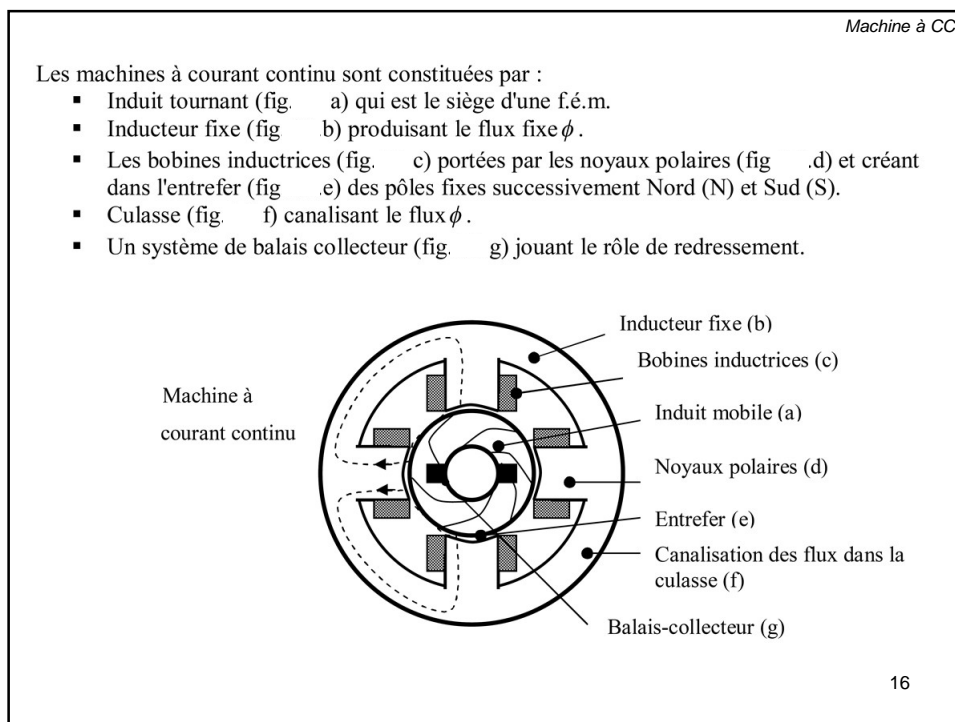
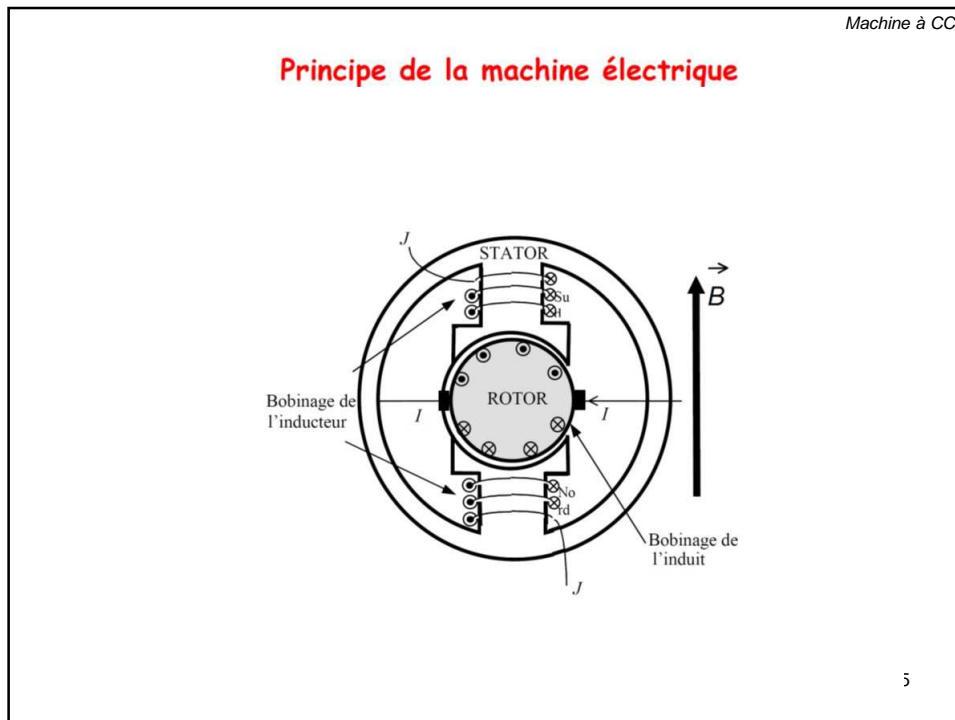
- Armature ferromagnétique fixe

* Un courant continu (J) produit un champ magnétique qui traverse le circuit induit, le flux magnétique dépend de la surface.

* Sa permittivité (conductivité magnétique) est supérieure à celle de l'air, le stator canalise le flux (lignes rouge)



14



On distingue deux modes de fonctionnement de la machine à courant continu :

Fonctionnement en génératrice

La génératrice transforme l'énergie mécanique en énergie électrique comme le montre la figure suivante :

Fonctionnement en moteur

Inversement, le moteur est alimenté par une source de tension continue et fournit de l'énergie mécanique.

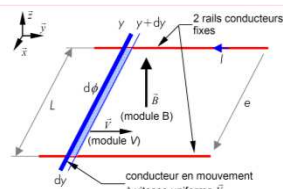


Figure 1 : barre en translation dans le champ B.

Création d'une force électromotrice induite

- Conducteur de longueur L en mouvement à vitesse constante \vec{V} dans un champ \vec{B} uniforme et orthogonal au plan de mouvement du conducteur
- Entre t et $t+dt$, la barre parcourt la distance élémentaire $dy = V \cdot dt$
- Le flux coupé par le conducteur est alors $d\Phi = B \cdot L \cdot dy$
- En appliquant (en module) la loi de FARADAY, on obtient l'expression de la f.e.m. induite :

Machine à CC

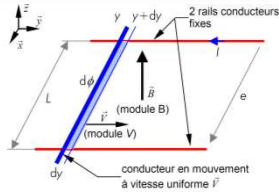


Figure 1 : barre en translation dans le champ B.

Réversibilité du phénomène

Si le conducteur est maintenant parcouru par un courant constant I , la loi de LAPLACE

$$d\vec{F} = I \cdot d\vec{x} \wedge \vec{B}$$

donne l'effort élémentaire appliqué au conducteur :

$$d\vec{F} = B \cdot I \cdot dx \cdot \vec{x} \wedge \vec{z}$$

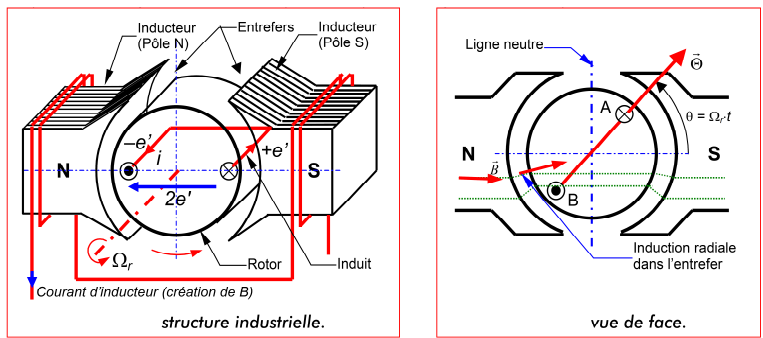
Le conducteur est soumis à l'effort

$$d\vec{F} = -B \cdot I \cdot dx \cdot \vec{y}$$

19

Machine à CC

Première machine élémentaire

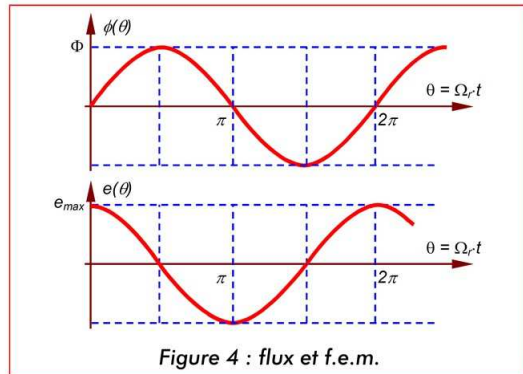


- Un rotor cylindrique en fer de rayon R et de longueur L , entouré d'une spire mise en rotation à la pulsation $\Omega \Rightarrow$ **Constitue l'INDUIT**
- La spire comporte un conducteur aller sous le pôle sud (génère une f.e.m. $+e$) et un retour sous le pôle nord (génère $-e$) car la vitesse est opposée à l'autre pôle. L'association série ajoute les 2 f.e.m.
- Induction magnétique optimale \Rightarrow le rotor est situé entre deux pôles qui épousent au mieux la forme pour assurer un entrefer constant et minimum.
- Le champ magnétique est créé dans l'entrefer par les enroulements d'inducteur (normal et de module constant en tout point de l'entrefer et par continuité à la surface du rotor).

20

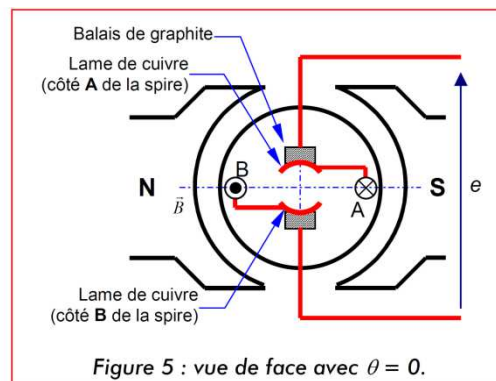
Ce résultat montre que la f.e.m. induite est proportionnelle au flux Φ sous un pôle et à la vitesse de rotation Ω_r . Sa représentation temporelle est précisée à la Figure 4.

Le passage de la spire sous le flux maximal (en $\theta = \frac{\pi}{2}[k\pi]$) correspond à une f.e.m. nulle. C'est à cet endroit, appelé **ligne neutre**, que la f.e.m. est prélevée pour être transmise à la partie fixe.



21

Pour assurer les deux fonctions du paragraphe précédent, on met en place le **collecteur** : les extrémités d'une spire sont reliées électriquement à deux lames en cuivre (Figure 5). Pour prélever la f.e.m. sur la partie fixe, deux **balais** en graphite liés au stator frottent sur les lames.



22

L'étude du collecteur s'appuie sur la Figure 6 pour montrer qu'il assure la fonction de **redresseur mécanique**. On en déduit l'allure de la tension et de la f.e.m. (Figure 7).

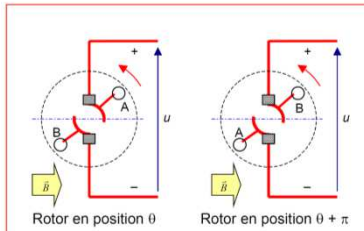


Figure 6 : positions opposées du collecteur.

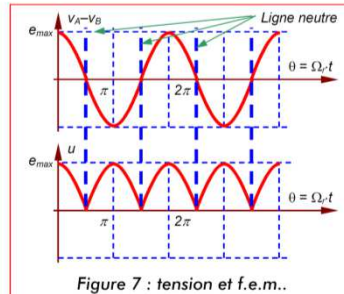


Figure 7 : tension et f.e.m..

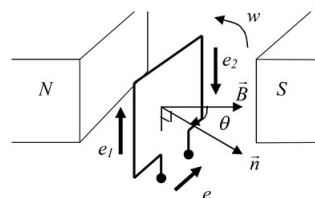
Au passage de la ligne neutre, la tension entre les balais s'annule. A cet instant, le courant ne s'annule pas en raison du circuit inductif que constitue la spire. Pour éviter la rupture brutale du courant (et la surtension qui en découlerait), il faut décaler légèrement les balais par rapport à la ligne neutre pour caler au mieux les deux annulations simultanées et éviter ainsi les arcs qui ont tendance à détériorer les lames du collecteur.

Pour assurer une tension qui ne s'annule plus, il faudrait multiplier le nombre de f.e.m. élémentaires. Puisqu'elles sont créées sur le pourtour du rotor, elles sont décalées d'un incrément angulaire. En les ajoutant la tension entre balais est plus importante et la superposition ne montre plus d'annulation. Pour réaliser ce scénario, il faut passer de la spire à l'enroulement, c'est-à-dire augmenter le nombre de conducteurs.

f.e.m. induite sinusoïdale

Plaçant une spire entre deux pôles à aimant permanent comme le montre la figure suivante :

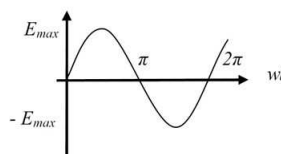
Expérimentation



Soient :

B est une induction magnétique uniforme ;
 w est une vitesse angulaire constante ;

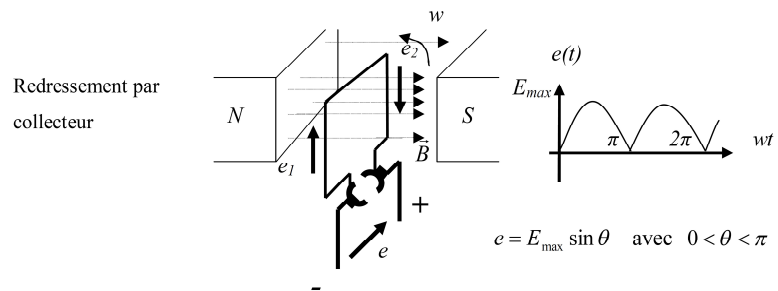
f.é.m induite
 par une spire



Redressement d'une f.é.m. induite sinusoïdale

Machine à CC

La figure montre le principe de redressement mécanique de la f.é.m dans une machine à courant continu. Chaque balai est en contact avec l'extrémité de la tige correspondante. Grâce à un mouvement de rotation, Il se produit une f.é.m induite dont la forme est un signal sinusoïdal redressé d'amplitude maximal $E_{max} = 2BSw$.



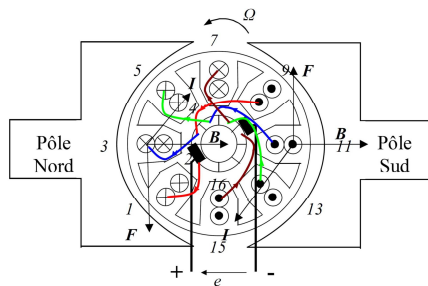
25

Généralisation

Machine à CC

Pour améliorer la f.é.m induite, on se propose d'établir q spires régulièrement déphasées au tours d'un induit de $2\pi/q$. La bague est maintenant subdivisée en lames identiques isolées entre elles.

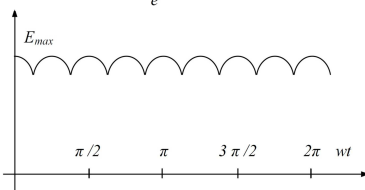
La figure suivante montre un redressement avec $q = 4$ par voie.



L'induit d'une machine à courant continu est composé de deux ensembles de conducteurs qui sont montés en séries.

Le premier ensemble comme le montre la figure est composé de quatre spires désignées par (1,10), (3,12), (5,14) et (7,16), le deuxième ensemble de même nombre de spires désignées par (2,9), (4,11), (6,13) et (8,15).

Soit a le nombre de paire de voies et n_c le nombre de conducteurs actifs tel que $n_c = 2q/2a$.



26