

Moteurs à courant continu

Objectifs:

identifier les différentes parties d'une machine à courant continu

savoir reconnaître les bornes et effectuer les raccordements à une source,

décoder la plaque signalétique

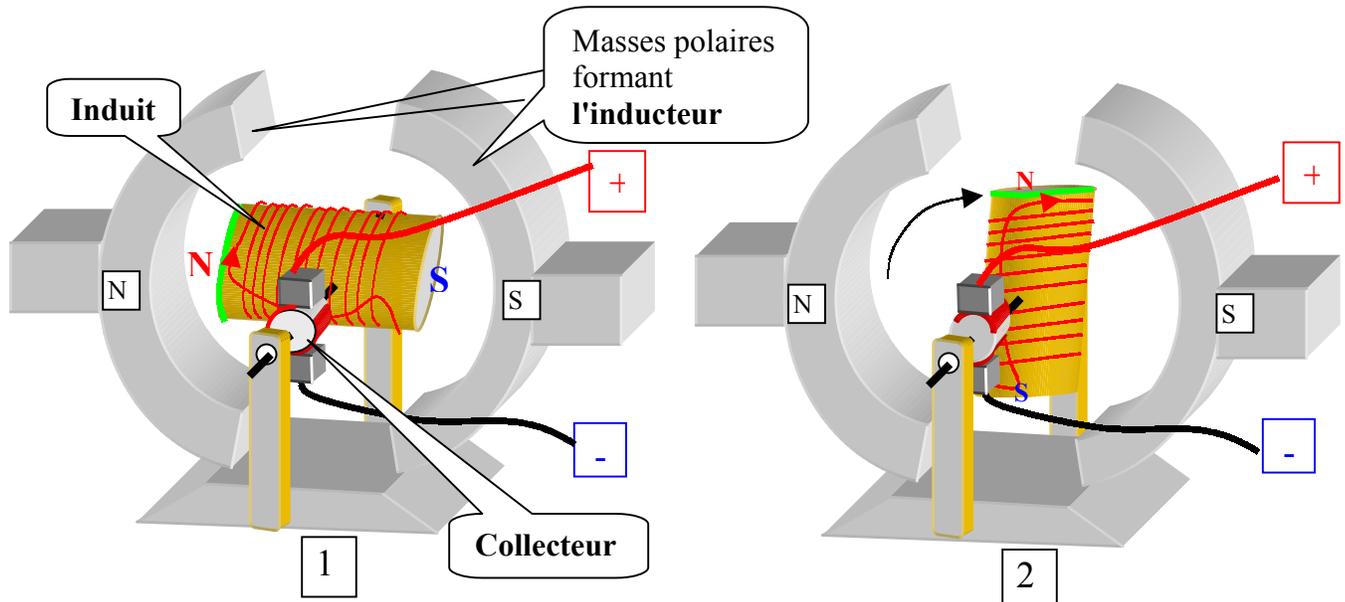


SOMMAIRE

Page n° 1	Page de garde
Page n° 2	Principe de fonctionnement
Page n° 3	Machine actuelle
Page n° 4	Quelques formules
Page n° 5	Différents modes d'excitation
Page n° 6	Repérage et plaque à bornes
Page n° 7	Inversion de sens de rotation
Page n° 8	Variation de vitesse
Page n° 9	Variation de vitesse
Page n° 10	Variation de vitesse
Page n° 11	Exercice
Page n° 12	Exercice

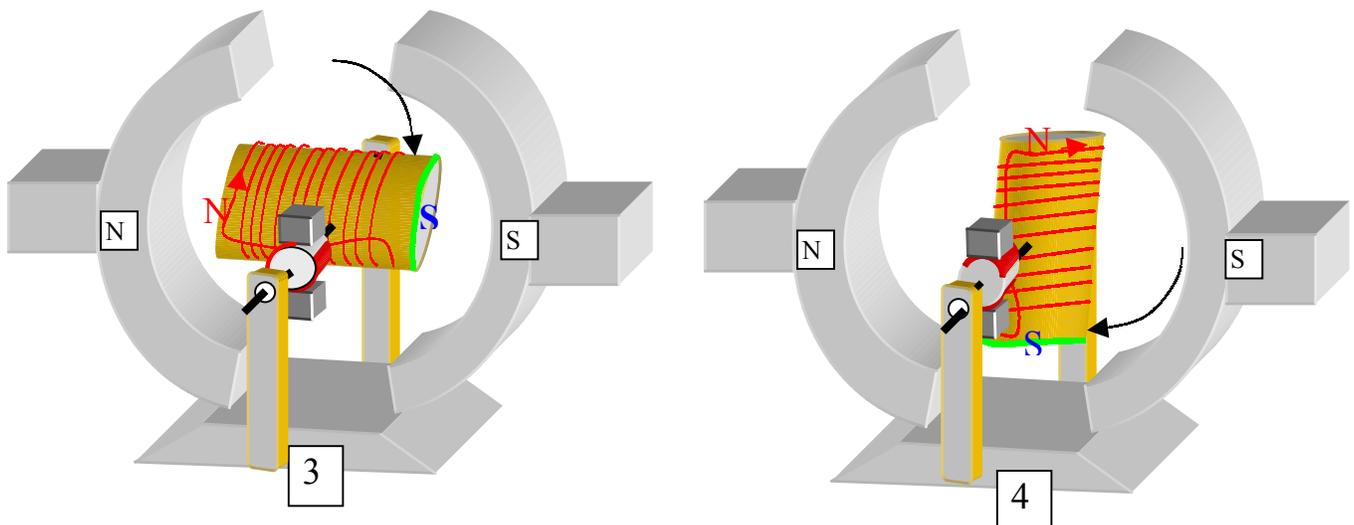
1.principe de fonctionnement.

Pour cela nous allons partir d'un moteur embryonnaire



Dans la figure 1 l'alimentation de la bobine centrale crée deux pôles opposés aux masses polaires cette partie se met à tourner.

Sous l'effet du courant la bobine continue de tourner, mais dans 1/4 de tour le courant va changer de sens.

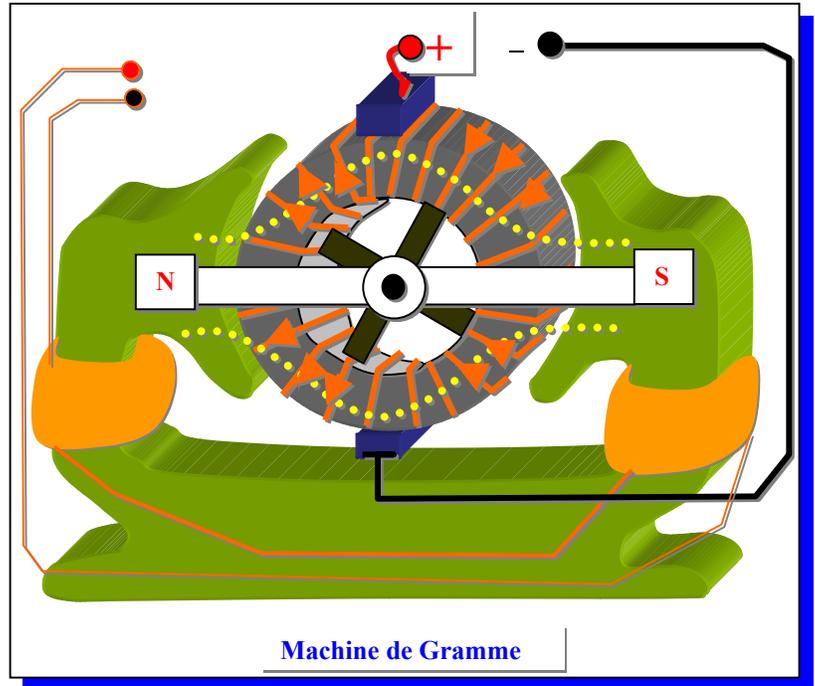


L'alimentation de la bobine centrale a changé de sens nous avons à nouveau deux pôles opposés aux masses polaires cette partie continue à tourner.

la bobine centrale tourne toujours son courant va changer de sens dans 1/4 de tour environ et le processus recommence à la figure 1.

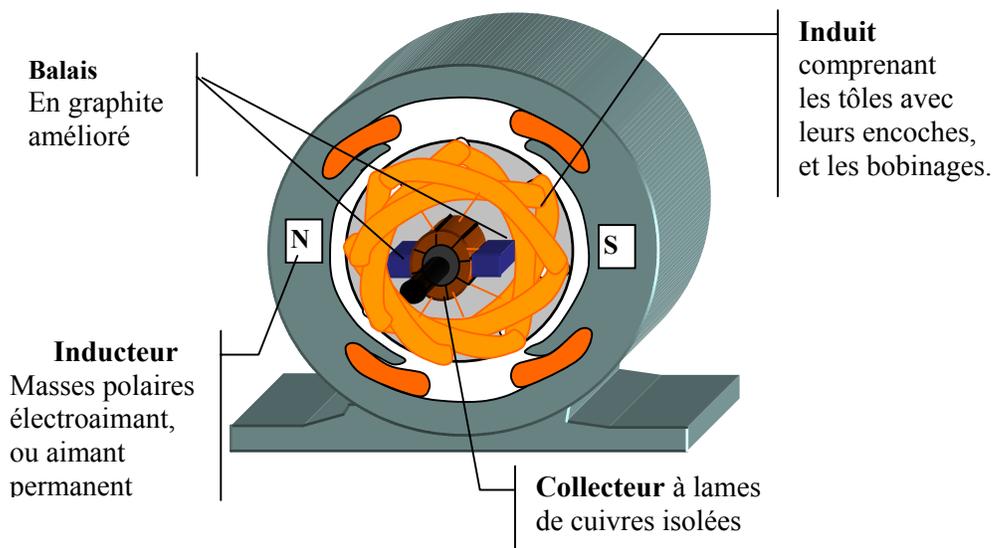
2. Première machine industrielle.

Nous devons la première machine industrielle à Zénobe Gramme.
La machine est constituée de deux masses polaires appelées inducteur.
Au centre un anneau autour duquel sont bobinés des conducteurs, de sorte que les lignes de champ ne coupent que les conducteurs extérieurs. Cette partie porte le nom d'induit. Le courant est amené sur les conducteurs de l'induit par un système de balais et collecteur. Le principe de l'alimentation fait que les conducteurs extérieurs sous un pôle sont traversés par un courant de même sens. En appliquant la règle des trois doigts de la main droite on constate que la machine est soumise à un couple elle va donc tourner.



3. Machines actuelles.

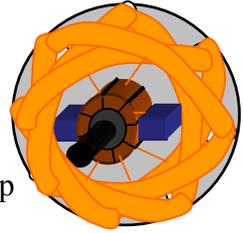
La structure des machines actuelles est à peu près identique. Elles sont cependant plus compactes et les techniques de bobinage plus élaborées



Rôle de l'inducteur : produire un champ magnétique fixe. Un inducteur peut être constitué d'aimants permanents ou de bobines placées sur des pièces en acier appelées masses polaires.



Rôle de l'induit : Il est constitué d'un arbre autour duquel sont empilées des tôles magnétiques dans lesquelles on a percé des encoches. Les encoches sont remplies de conducteurs qui sont alimentés par l'intermédiaire d'un collecteur et de balais. Le passage du courant dans les conducteurs sous l'influence du champ inducteur donne naissance à des couples de forces, qui font tourner l'induit.



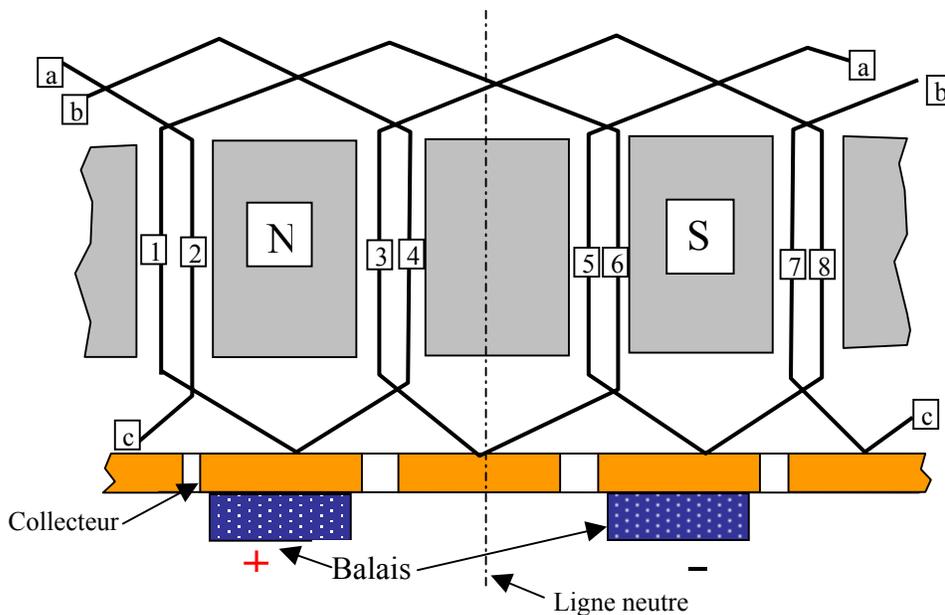
Le collecteur : Il permet d'alimenter les conducteurs sous un même pôle dans avec un courant circulant dans le même sens. Il est constitué de lames de cuivres séparées par des isolants. L'ensemble est monté sur l'arbre et isolé électriquement.



Les balais : Ils servent à établir un contact électrique frottant avec le collecteur, constitué de graphite mélangé à de la poudre de cuivre.



Détail de l'induit, Principe de bobinage de l'induit en tambour imbriqué (vue panoramique)



4. Quelques formules.

Puissance utile : P_u

$$P_u = T \cdot \Omega = M \cdot \Omega$$

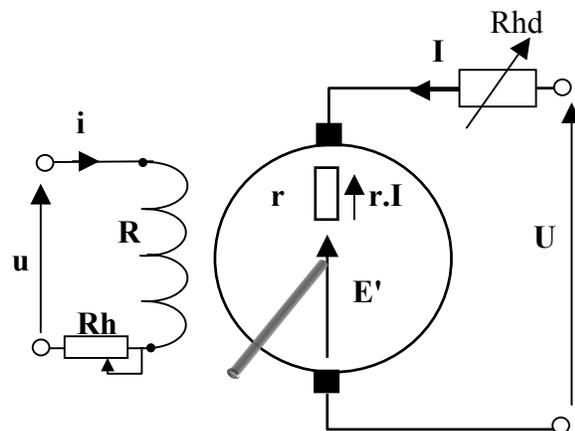
T ou M couple en Nm

Ω vitesse angulaire en radian par seconde ($\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$) = $2 \cdot \pi \cdot n$,
 n : vitesse de rotation en $\text{t} \cdot \text{s}^{-1}$

Puissance électrique utile totale

$$P_{eu} = E' \cdot I$$

W V A



Loi d'ohm appliqué au moteur.

$$\boxed{U = E' + rI}$$

$V \quad V \quad \Omega A$

Formule de la force contre électromotrice.

$$\boxed{E' = k \cdot n \cdot \Phi}$$

$V \text{ cte } t.s^{-1} Wb$

$$U = E' + r.I, \quad E' = k.n.\Phi$$

$$P_{eu} = E'.I = T.\Omega$$

$$T = \frac{k.\Phi.I}{2\pi}$$

$$T_{utile} = \frac{(E'.I) - P_{cte}}{\Omega}$$

Formule de la vitesse.

$$\boxed{n = \frac{U - rI}{k\Phi}}$$

Formule du couple

$$\boxed{T = \frac{k.\Phi.I}{2\pi}}$$

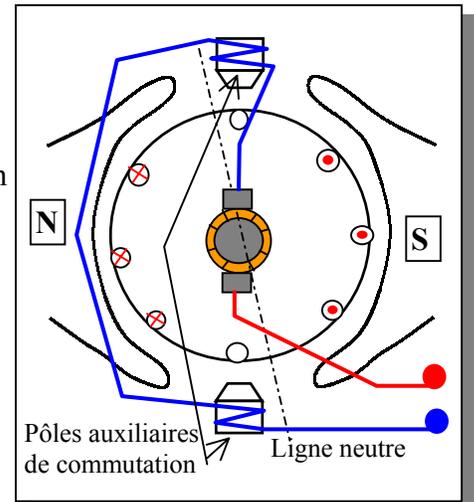
De ces formules il faut retenir : La **vitesse** dépend principalement de la **tension d'induit**.
Le **couple** dépend du **produit du flux** (courant d'excitation) et du **courant inducteur**.

5. Problèmes particuliers des machines à courant continu.

5.1. Problèmes de commutation.

L'induit est constitué d'un enroulement placé autour d'un matériau magnétique, il se comporte comme une self inductance. Lorsque le bobinage passe sur la ligne neutre le courant n'est pas nul, il faut attendre que la self ait libéré son énergie. Le courant est en retard par rapport aux commutations des balais et des lames de collecteur situés sur la ligne neutre.

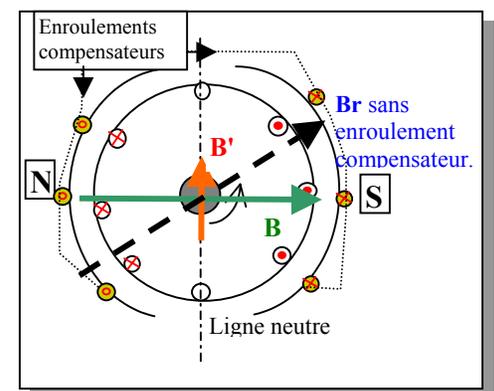
Ce problème se résout par un calage judicieux des balais (*dans le sens de rotation de l'induit*) en fonction du courant débité, ou par la mise en place de pôles auxiliaires de commutation. Les pôles de commutation ont pour effet de décaler automatiquement la ligne neutre, en fonction du courant de la machine.



5.2. Phénomène de réaction magnétique de l'induit.

Au champ magnétique (B) produit par l'inducteur, s'ajoute un champ magnétique (B') produit par le courant d'induit. Le champ magnétique de l'induit est égal à la résultante des deux champs. Quand la machine est saturée l'excès de champ sur une partie du pôle ne compense pas le défaut de champ sur l'autre partie ! Il en résulte une perte de flux.

Ce problème est souvent résolu dans les génératrices, par la mise en place sur l'inducteur d'un enroulement compensateur. Il est traversé par le courant d'induit de sens contraire. Autre solution on écorne les pôles inducteurs, ce qui augmente l'entrefer et évite la saturation.

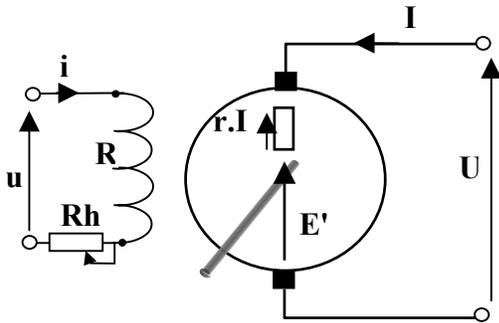


6. Différents modes d'excitation.

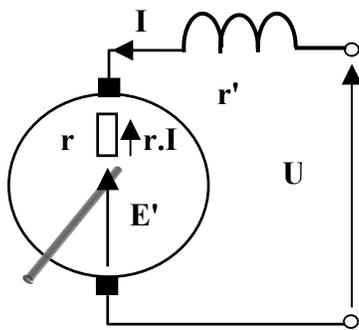
Il existe 4 modes d'excitation différents pour moteurs à courant continu, on entend par mode d'excitation la façon dont est branché l'induit par rapport à l'inducteur. Les modes d'excitation sont les suivants : *Excitation indépendante*, *Excitation shunt*, *Excitation série*, *Excitation compound*.

6.1. Schémas.

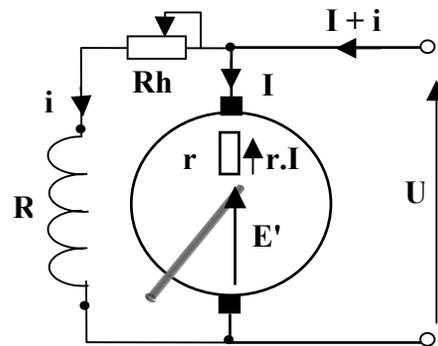
Excitation indépendante.



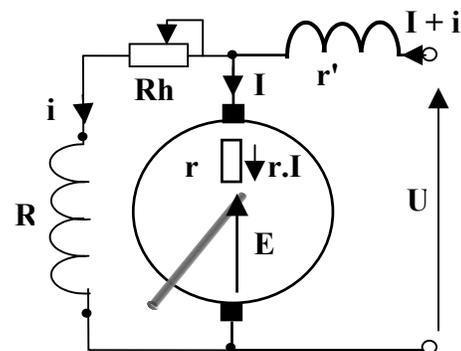
Excitation série.



Excitation shunt.



Excitation compound.



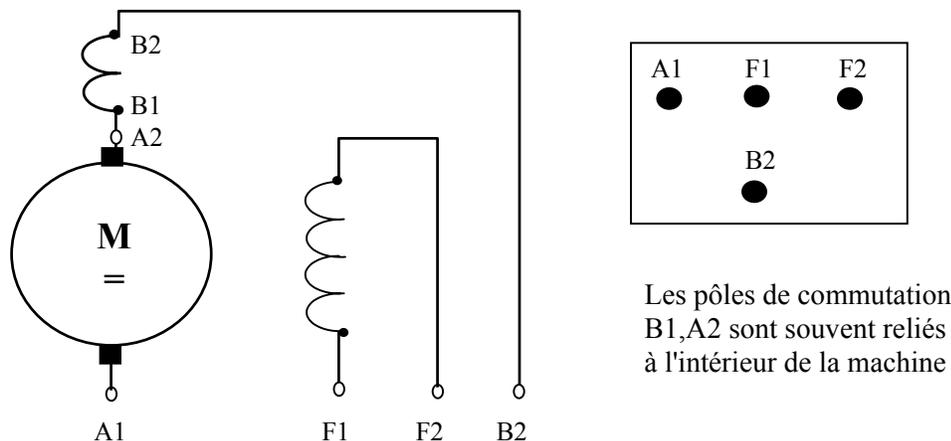
6.2. Les principales applications.

- Les moteurs les plus utilisés actuellement sont les moteurs à excitation indépendante notamment avec la commande par variateur. Autrefois on rencontrait beaucoup de moteurs shunts car ils ne nécessitaient qu'une source d'alimentation.
- Les moteurs série fréquemment utilisés sont les démarreurs automobiles pour leur grand couple de démarrage
- Les Moteurs compounds à flux additif se rencontrent dans la traction ferroviaire ils permettent d'avoir un bon couple au démarrage avec une large plage de variation de vitesse.
- Les Moteurs compounds à flux soustractif étaient utilisés sur certaines machines pour obtenir une vitesse constante avec charge variable.

Les moteurs à courant continu sont en forte diminution à cause de l'inconvénient du système collecteur balais, et de l'évolution des technologies de variation de vitesse en grande puissance sur les moteurs asynchrones. Cependant les années 1990 ont vu apparaître des moteurs à aimant permanent, ces moteurs présentent l'avantage de la simplicité du raccordement, et supprime le risque d'emballement. Ils restent à ce jour les moteurs à courant continu qui sont le plus utilisés (HI FI, multimédia, l'automobile).

D'autres moteurs restent réservés à des applications particulières, chariots élévateurs démarreurs de moteurs et certains systèmes pouvant être alimentés par une source de secours (batterie d'accumulateurs).

7. Repérage et plaque à bornes du moteur à courant continu.



8. Plaque signalétique.

Exemple de plaque signalétique.

LS LEROY SOMER					
<i>MOTEUR A COURANT CONTINU</i>					
Type* : LSK0804 S02	N° 18941621 1998		M 65kg		
Classe isolant : H	IP 55 IK 08		IM** 1001		
M_{nom} : 64 N.m	Altitude 1000m		Temp. 40°C		
	kW	T/min	V	A	V A
M _{nom}	10	1500	440	25	200 1,5
	1	150	44	25	200 1,5
48N.m	10	2000	440	25	133 1
Service : S1			Induit		Excit.

* Les trois premiers chiffres donnent la hauteur de l'arbre.

** Position de montage (vertical, horizontal etc.).

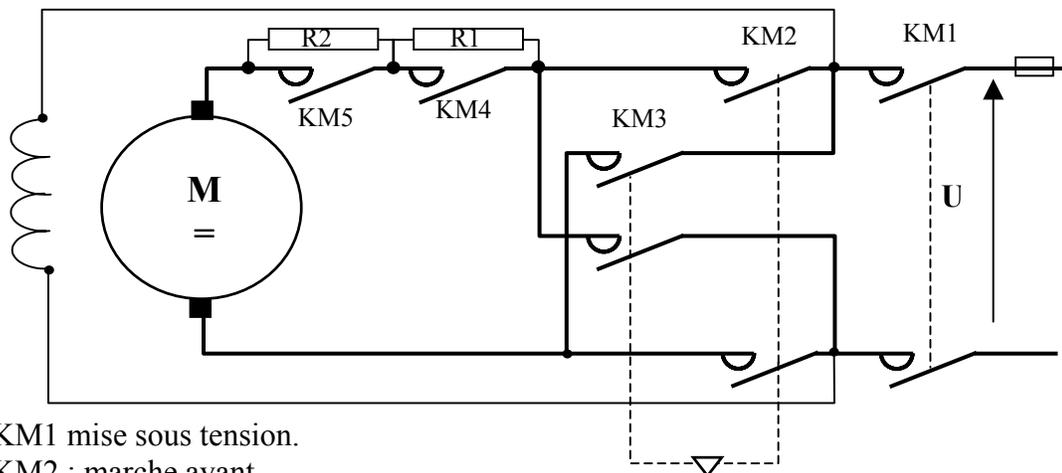
Sur cette plaque nous pouvons remarquer: avec une **excitation constante** la **vitesse** varie proportionnellement à **la tension d'induit**.

Le couple dépend de deux grandeurs du flux ou courant inducteur et du courant induit.

9. Schéma d'inversion du sens de rotation sur un moteur à courant continu.

Pour inverser le sens de rotation sur un moteur à courant continu il convient d'inverser la tension d'induit ou le courant d'excitation.

9.1. Schéma de puissance d'un moteur shunt.



KM1 mise sous tension.

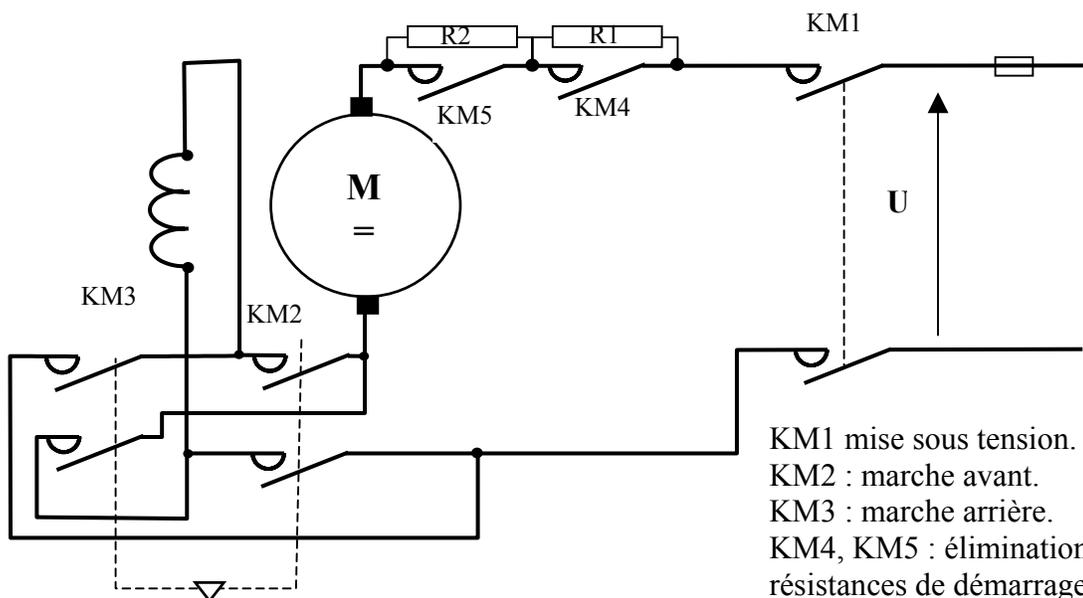
KM2 : marche avant.

KM3 : marche arrière.

KM4, KM5 : élimination de résistances de démarrage.

Note: le circuit d'excitation est alimenté avant l'induit.

9.2. Schéma de puissance d'un moteur série.



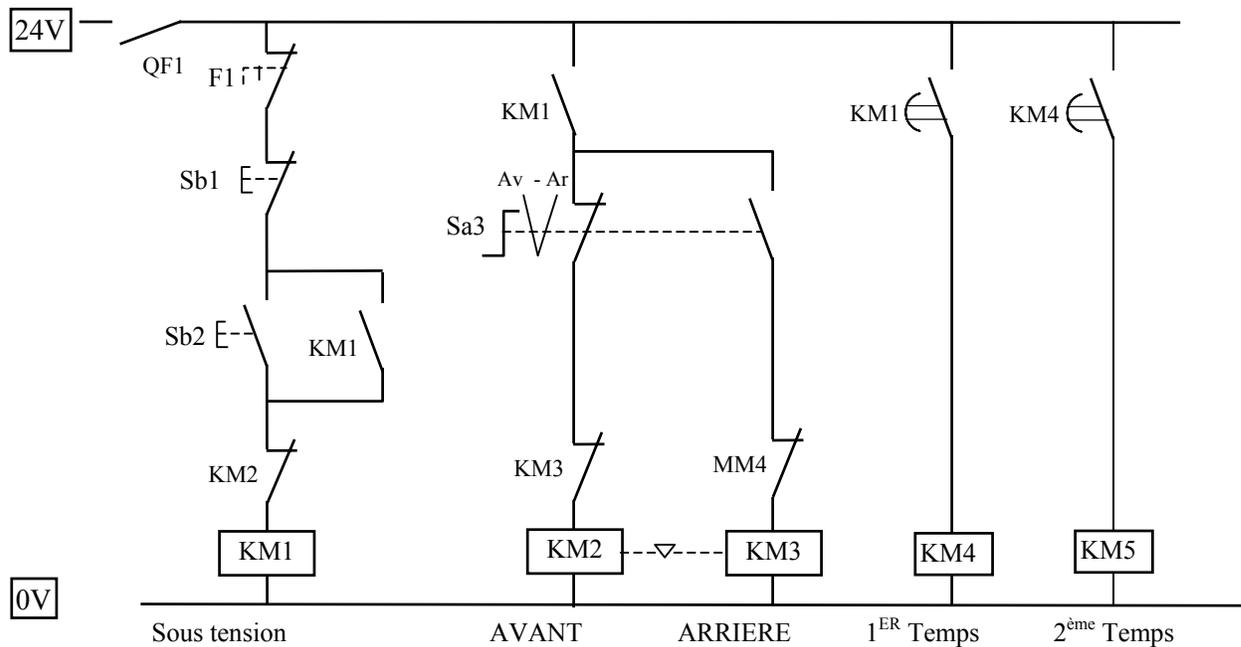
KM1 mise sous tension.

KM2 : marche avant.

KM3 : marche arrière.

KM4, KM5 : élimination de résistances de démarrage.

Exemple de schéma de commande.

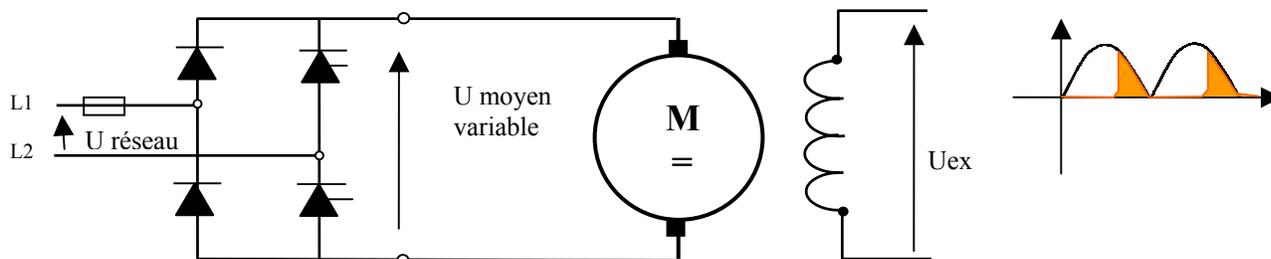


10. Variation de vitesse sur les moteurs à courant continu.

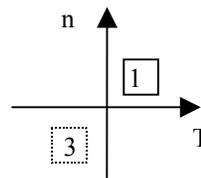
Dans la majorité des cas on module la vitesse en agissant sur la tension d'induit.

Le système le plus utilisé consiste à utiliser un système de redresseur contrôlé.

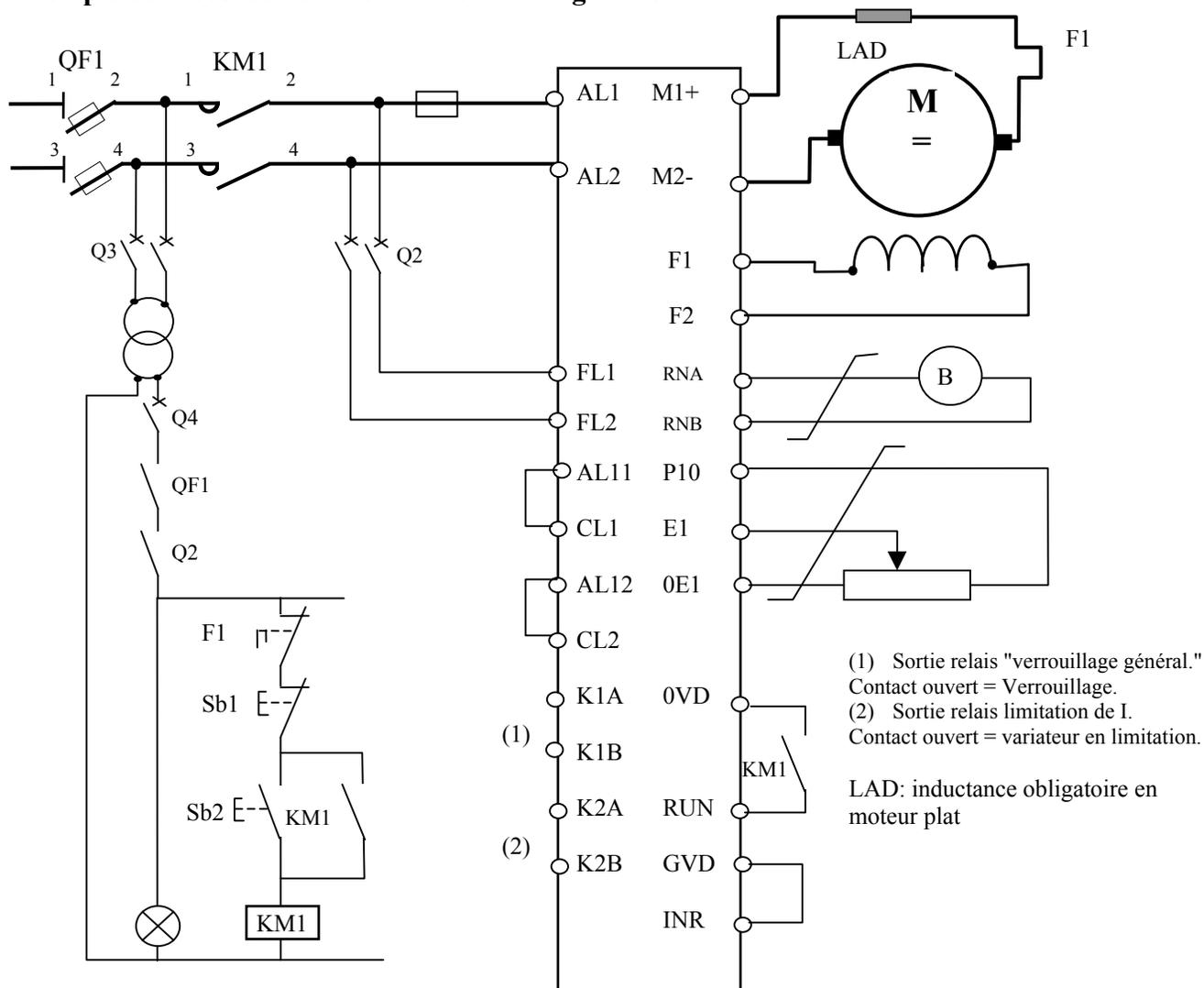
Schéma de principe.



Ce système fonctionne dans un ou deux cadrans avec un contacteur inverseur.

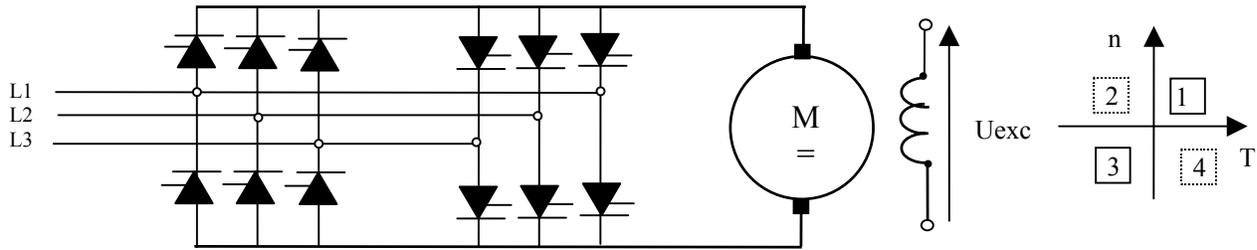


Exemple de raccordement de variateur de la gamme RTV 04



Autre mode de variation de vitesse pour les moteur à courant continu.

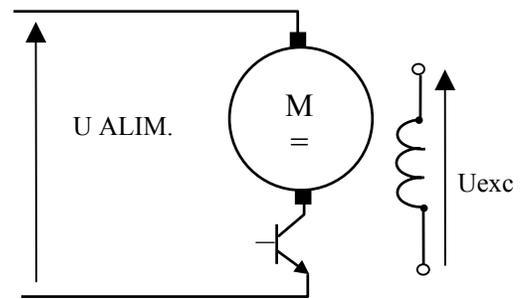
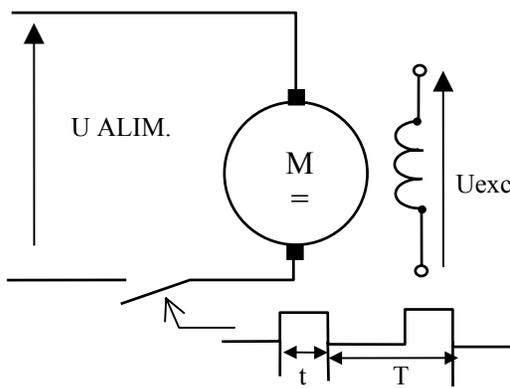
Le pont redresseur contrôlé à deux sens de marche. Il fonctionne sur quatre cadrans. Dans la phase de freinage il fonctionne en onduleur assisté.



Convertisseur continu / continu.

Pour les moteur alimentés par du courant continu, on utilise un hacheur.

Schéma de principe.

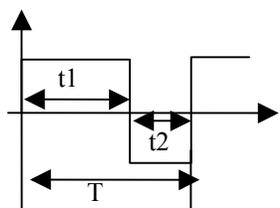
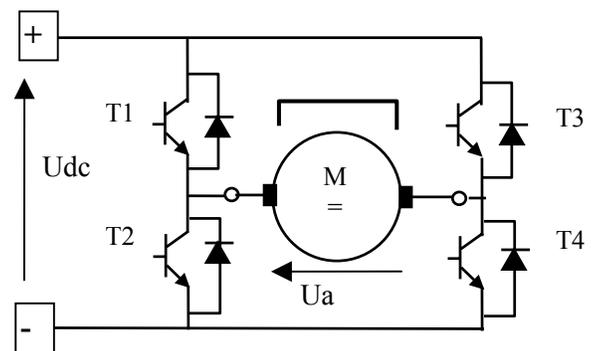


$$U_{\text{moyen}} \text{ aux bornes de l'induit} = U_{\text{alim.}} \cdot \frac{t}{T}$$

Hacheur en pont.

Ce hacheur présente l'avantage par rapport au précédent de pouvoir inverser le sens de rotation du moteur en plus il fonctionne dans les 4 cadrans, et permet d'avoir un couple à vitesse nulle. Système très utilisé en commande numérique avant l'apparition des moteurs synchrone.

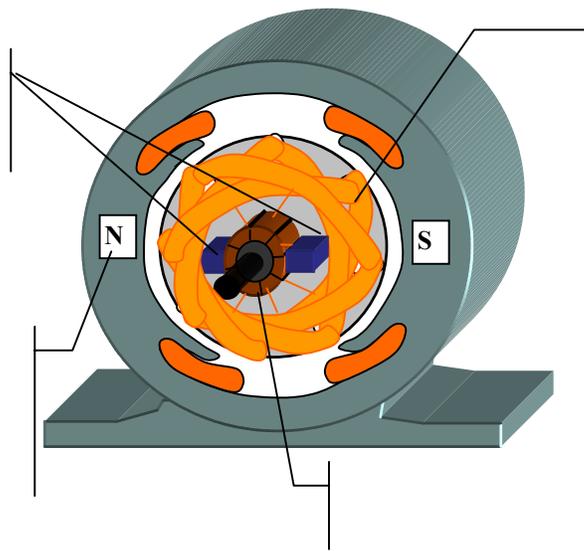
Si on sature les transistors T1, T4 le moteur est alimenté en tension positive. Si on sature les transistors T2, T3 le moteur est alimenté en tension négative. Sur une période fixe la tension moyenne du moteur sera fonction de la somme algébrique des durées des tensions positives et négatives divisées par la période.



$$U_a = U_{dc} \cdot \frac{(t_1 - t_2)}{T}$$

Exercices:

Compléter le nom et les fonctions de des différentes parties de la machine.



Donner le rôle de chaque partie du moteur:

Inducteur:

Induit:

Collecteur:

Balais:

2. Citer les deux principaux problèmes des machines à courant continu.
Quel inconvénient majeur tend à faire disparaître ces machines ?

3. Un moteur à courant continu comporte les indications suivantes excitation aimant permanent tension 150V courant 6A Résistance de l'induit $1,5\Omega$

- Calculer la puissance nominale absorbée par ce moteur.
- Calculer sa puissance électrique utile.
- Calculer la valeur du rhéostat de démarrage pour limiter le courant de démarrage à $2I_n$
- Faire le schéma de l'équipement, sachant que le moteur peut tourner dans les deux sens.
- On décide d'alimenter ce moteur à partir du courant alternatif monophasé redressé filtré calculer la valeur de la tension secondaire du transformateur alimentant l'équipement.
- Pour faire varier la vitesse de ce moteur on utilisera un hacheur en série donner la valeur du rapport cyclique du hacheur pour que ce moteur tourne à $1/3$ de sa vitesse nominale.

4. Décoder la plaque à borne du moteur à courant continu ci dessous.

LS LEROY SOMER					
<i>MOTEUR A COURANT CONTINU</i>					
Type* : LSK0804 S02	N° 18941621 / 1998	M 65kg			
Classe isolant : H	IP 55 IK 08	IM** 1001			
M_{nom} : 64 N.m	Altitude 1000m	Temp. 40°C			
	kW	T/min	V	A	V A
M _{nom}	10	1500	440	25	200 1,5
M _{nom}	1	150	44	25	200 1,5
48N.m	10	2000	440	25	130
Service : S1			Induit		Excit.

Ce moteur étant alimenté sous tension nominale côté inducteur (200V, 1,5A) donner la valeur du courant et de la tension d'induit pour obtenir un couple de 64 N.m à une vitesse de 1000t/mn.

5. Raccorder les différents enroulements de la machine sur la plaque à bornes.

