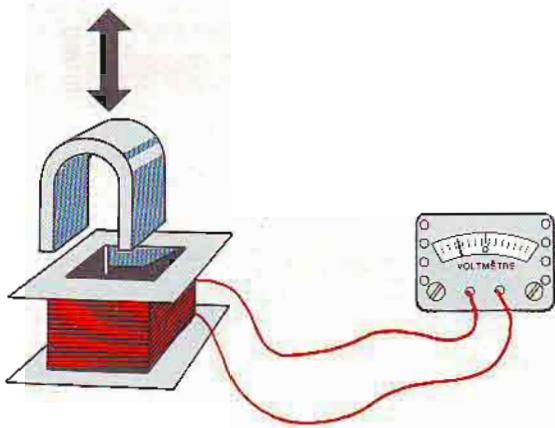
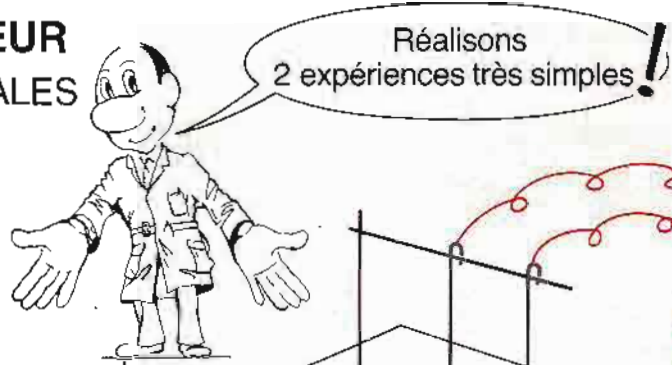


# XI - MOTEUR ET GÉNÉRATEUR

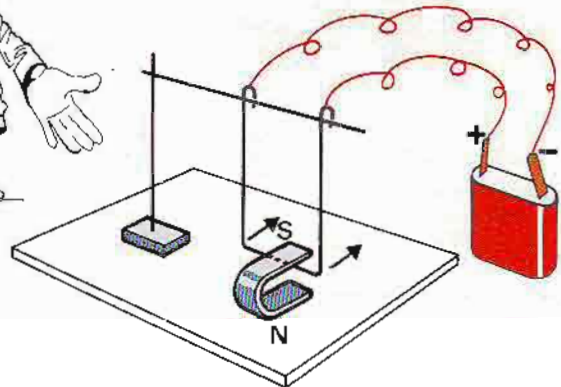
## 1 - EXPÉRIENCES FONDAMENTALES



Le mouvement de l'aimant entraîne l'apparition d'une tension aux bornes du bobinage.



**MAGNÉTISME + MOUVEMENT = ÉLECTRICITÉ**

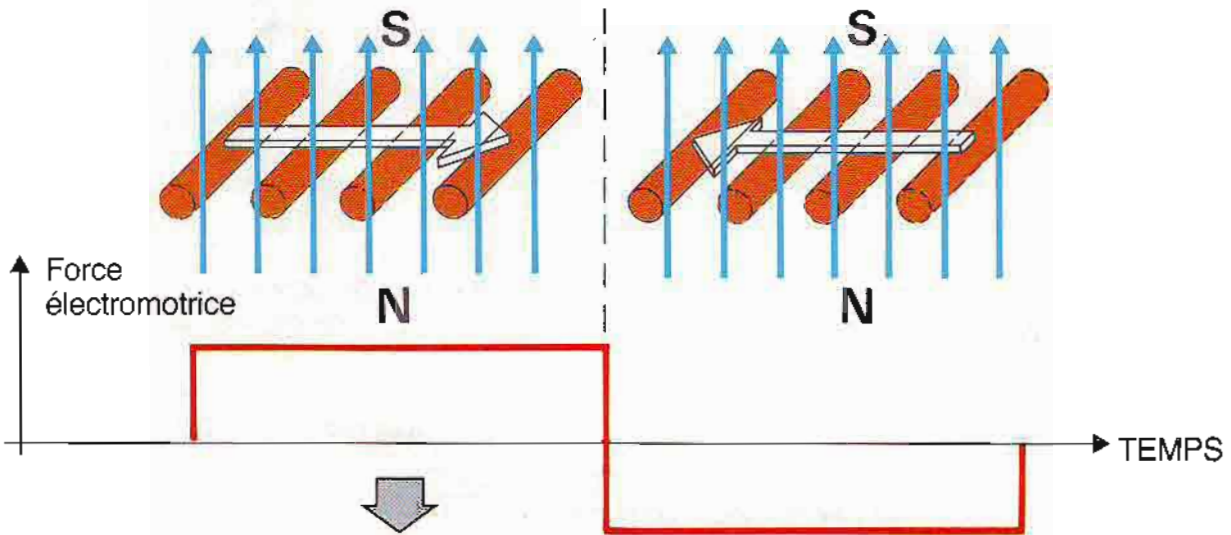


Le passage du courant dans la « balance » soumise au champ de l'aimant, entraîne son déplacement.



**MAGNÉTISME + ÉLECTRICITÉ = MOUVEMENT**

### CAS DU MOUVEMENT RECTILIGNE UNIFORME D'UN BARREAU DANS UN CHAMP



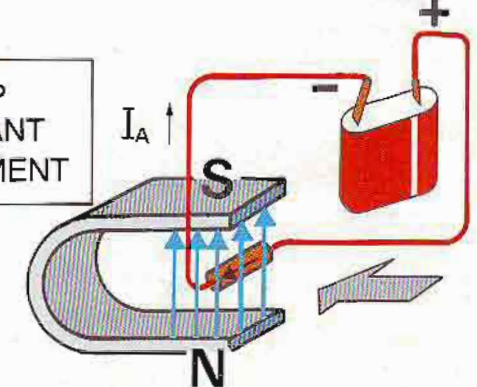
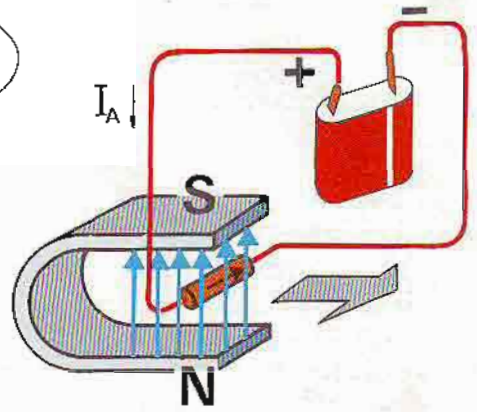
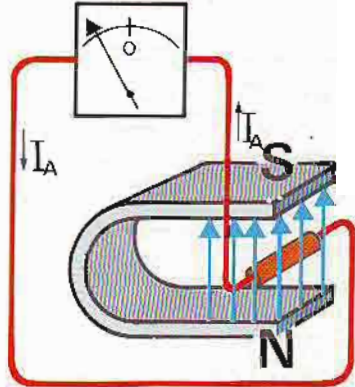
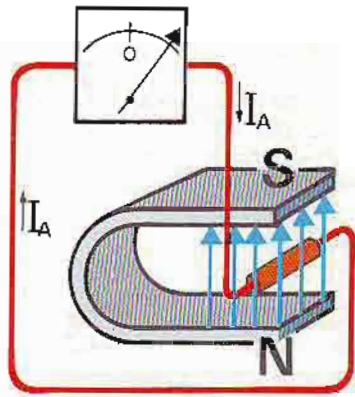
La variation régulière du flux magnétique dans le barreau entraîne l'apparition d'une force électromotrice dans un sens.  
Le champ « inducteur » donne une f.e.m. « induite ».

En ramenant le conducteur à sa position initiale, les phénomènes s'inversent: la force électromotrice est continue mais de sens contraire.

**Pas de mouvement, pas de force électromotrice**

- IMPORTANT :** la force électromotrice obtenue dépend :
- de l'intensité du champ magnétique
  - du sens du déplacement
  - de la durée du déplacement
- de la variation du flux

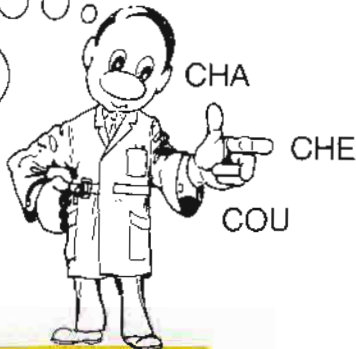
Retenons bien ces 2 règles :  
Elles nous permettent de retrouver  
soit le sens du mouvement,  
soit le sens du courant



CHAMP  
+ MOUVEMENT  
= COURANT

CHAMP  
+ COURANT  
= MOUVEMENT

Gauche  
comme  
Générateur

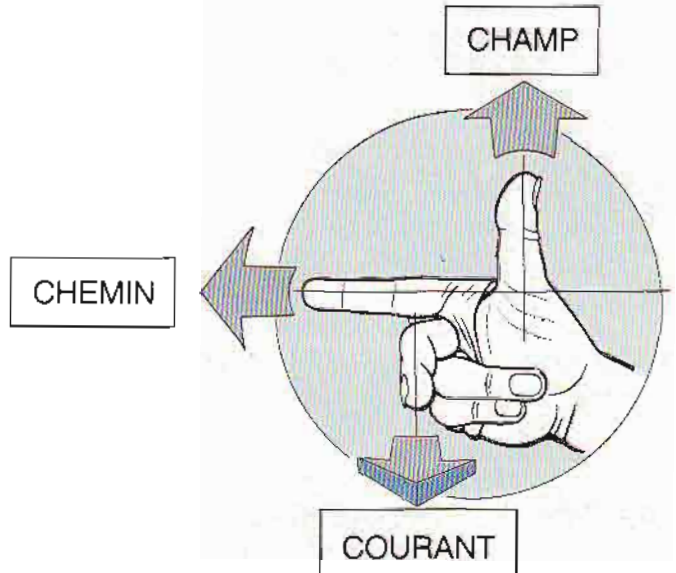
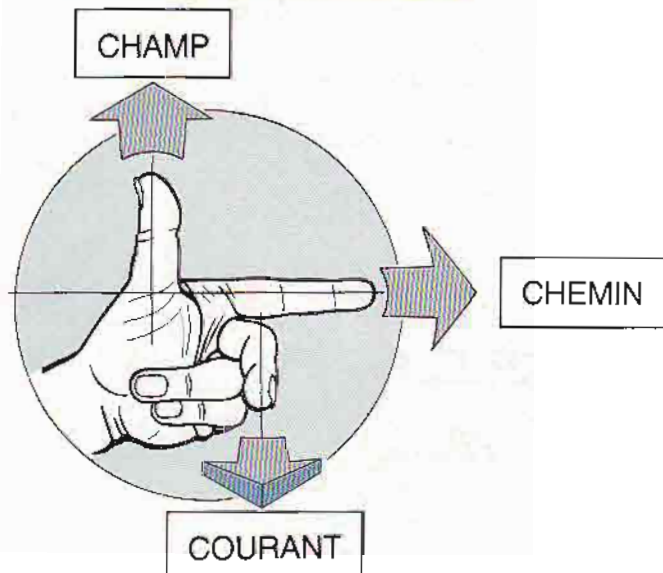


Droite  
comme  
Démarreur\*



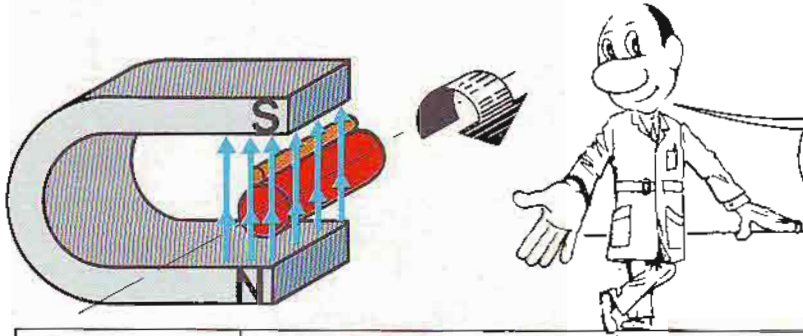
RÈGLE DE LA MAIN GAUCHE

RÈGLE DE LA MAIN DROITE



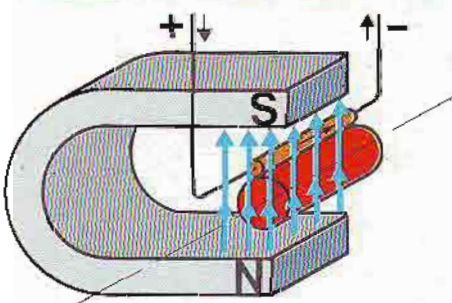
Le démarreur est un moteur particulier

## 2 — CAS DU MOUVEMENT CIRCULAIRE



Reprenons l'expérience fondamentale ; mais cette fois-ci, le barreau conducteur est monté sur un tambour entraîné en rotation. La règle de la main gauche s'applique toujours.

Positions extrêmes pour 1/2 tour de rotation			
Analyse des phénomènes	Le déplacement du barreau est perpendiculaire au champ magnétique et coupe un maximum de lignes de force  La variation de flux est intense La f.e.m. est maximale	Le déplacement est sensiblement parallèle aux lignes de force Le barreau ne coupe aucune ligne de force  La variation de flux est nulle La f.e.m. est nulle	Le déplacement est perpendiculaire au champ magnétique mais dans l'autre sens et coupe le maximum de lignes de force  La variation de flux dans le barreau est maximale La f.e.m. est maximale mais dans l'autre sens
Représentation graphique			
La f.e.m. obtenue est de forme alternative, elle change de sens à chaque demi-tour du tambour. La tension et le courant seront également alternatifs.			

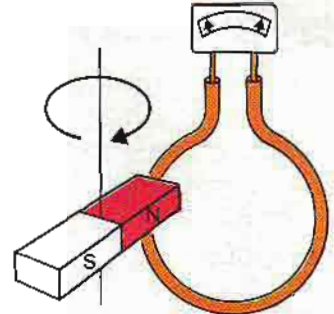


Maintenant n'entraînons plus le tambour, mais alimentons le barreau conducteur. Nous pouvons appliquer la règle de la main droite.

Positions extrêmes			
Analyse des phénomènes	« champ » et « courant » nous définissent un chemin : le couple est maximal	Le couple est nul	Le couple est maximal mais dans l'autre sens



A la différence du cas que nous venons d'étudier, considérons maintenant un conducteur fixe, en forme de boucle, et un champ tournant donné par un aimant en rotation devant cette boucle.



LE COURANT INDUIT EST DÙ À LA VARIATION DE FLUX DANS LE CONDUCTEUR ET S'OPPOSE À LA CAUSE QUI LUI A DONNÉ NAISSANCE (Loi de LENZ)

<p>Positions extrêmes pour 1/4 de tour de rotation</p>				
<p>Analyse des phénomènes</p>	<p>D'après la loi de LENZ, la f.e.m. induite dans un conducteur est due à la variation de flux dans ce conducteur, et elle est de sens tel, qu'elle s'oppose à la cause qui lui a donné naissance. Ainsi la rotation de l'aimant crée des variations de flux dans la boucle. Il y apparaît une f.e.m. induite. Cette f.e.m. a un sens tel qu'elle s'oppose à la rotation de l'aimant. En effet si le pôle sud de l'aimant s'approche de la boucle, le sens de la f.e.m. est tel qu'elle présente un pôle sud. A l'instant où le pôle nord de l'aimant s'approche, la f.e.m. change de sens pour que la boucle présente un pôle nord. Ainsi la f.e.m. s'oppose à la rotation de l'aimant qui lui a donné naissance.</p>			
<p>Représentation graphique</p>				
<p>Comme dans le cas ci-contre, la f.e.m. obtenue est alternative</p>				

Finalement, pour nous résumer, il y a 3 cas de figure possibles correspondant à 3 types de machines. (On peut d'ailleurs noter que les 2 premiers cas sont réciproques.)



champ fixe  
+  
conducteur tournant  
=  
courant

champ fixe  
+  
conducteur alimenté  
=  
rotation

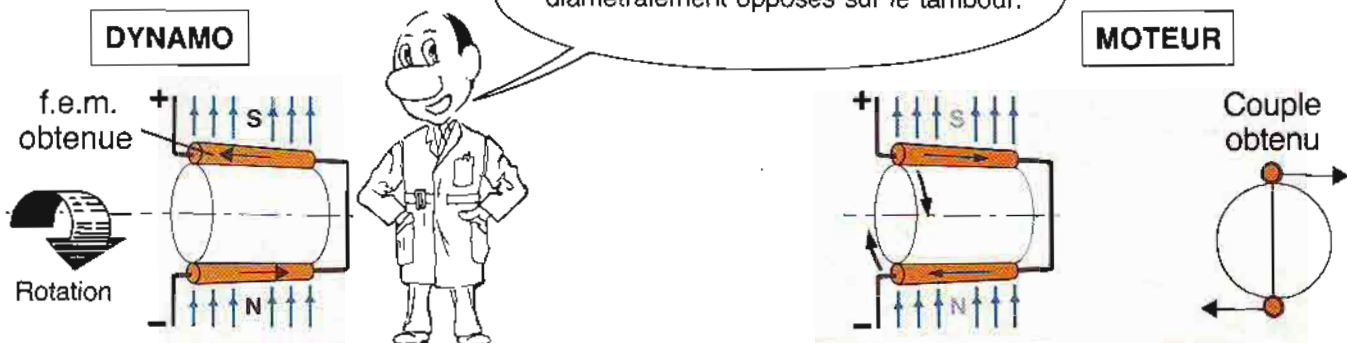
champ tournant  
+  
conducteur fixe  
=  
courant

c'est la DYNAMO ↔ c'est le MOTEUR  
(voir pages 40 à 47)

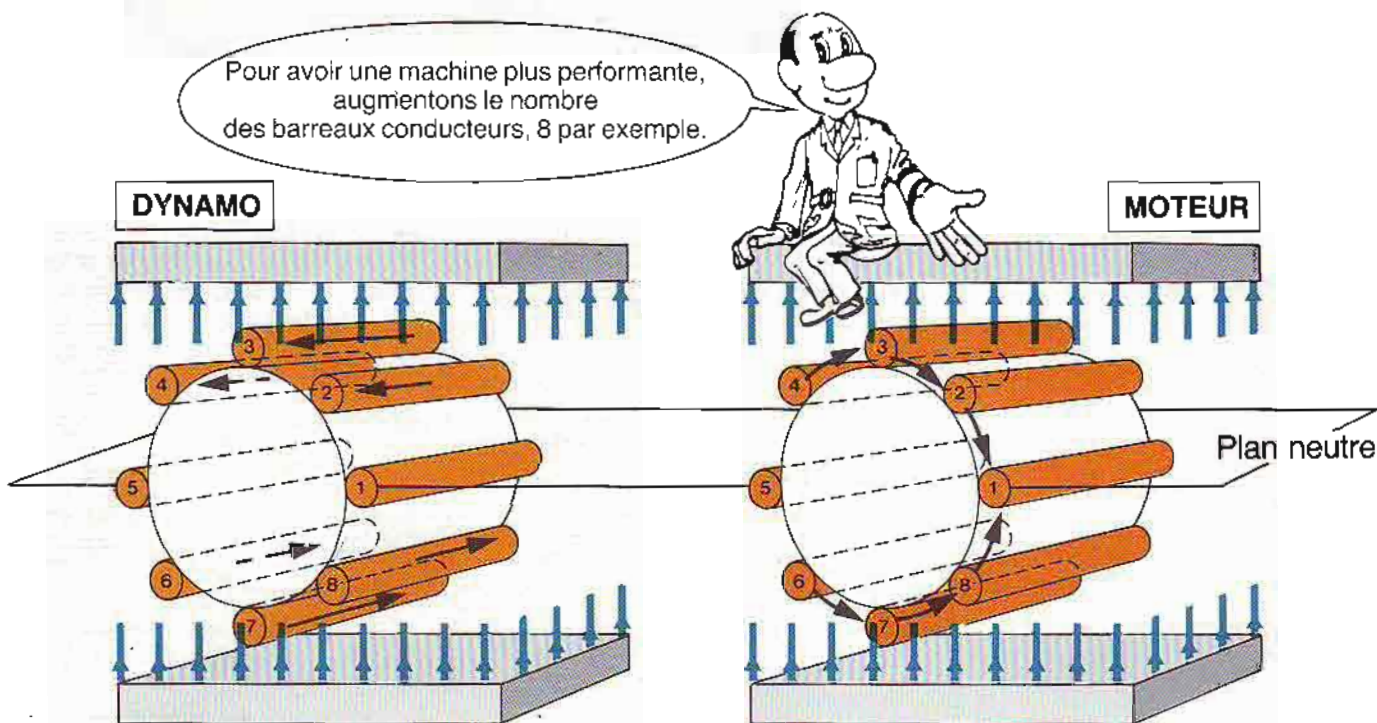
c'est l'ALTERNATEUR  
(voir p. 49 à 59)

## XII - DYNAMO et MOTEUR

### 1 - PRINCIPE



Leurs effets, analogues à ceux des cas précédents, s'ajoutent si ces 2 conducteurs sont reliés entre eux astucieusement.



Pour un sens de ROTATION donné :

Pour un sens de COURANT donné :

donnent une f.e.m. dans un sens

LES BARREAUX DU HAUT  
② ③ et ④

donnent un couple dans un sens

donnent une f.e.m. dans l'autre sens

LES BARREAUX DU BAS  
⑥ ⑦ et ⑧

donnent un couple dans l'autre sens

ne donnent pas de f.e.m., c'est l'instant où elle change de sens

LES BARREAUX HORIZONTAUX  
① et ⑤

ne donnent pas de couple. C'est l'instant où le mouvement change de sens

Les barreaux ① et ⑤ inactifs, forment la LIGNE NEUTRE ou le PLAN NEUTRE

Mais comment relier les 8 conducteurs entre eux pour ajouter leurs effets ?



En les montant EN SÉRIE. Ainsi nous obtiendrons ...



... Pour la DYNAMO

dont le rôle est de charger la batterie:

— UN COURANT CONTINU IMPORTANT car c'est la somme des courants fournis par chacun des barreaux conducteurs sauf ceux du plan neutre.

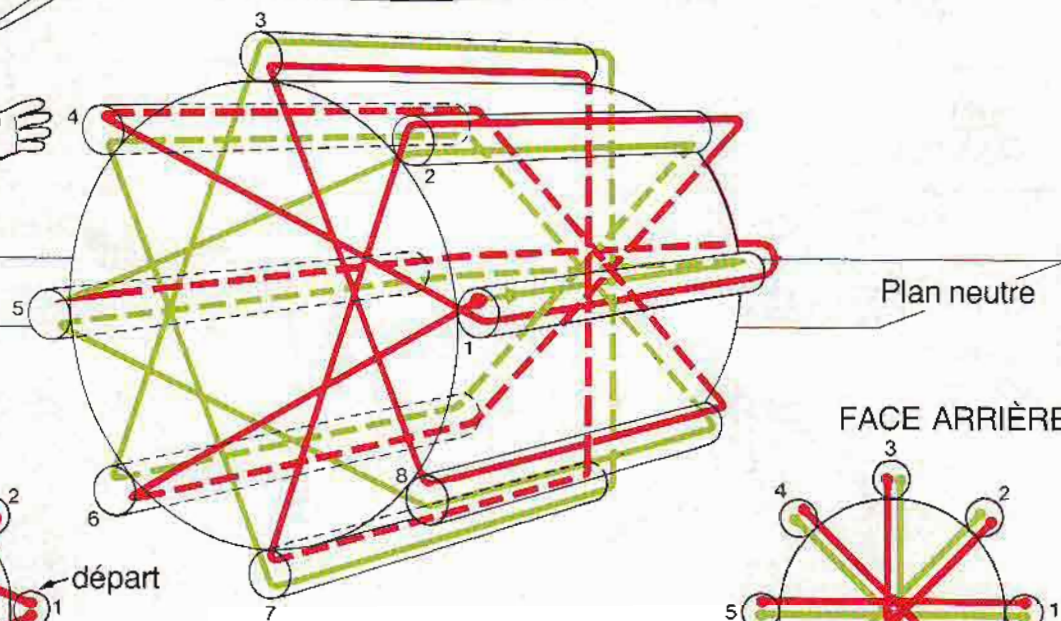
La valeur de ce courant est d'autant plus élevée que la vitesse de rotation de la dynamo est importante.

... Pour le MOTEUR:

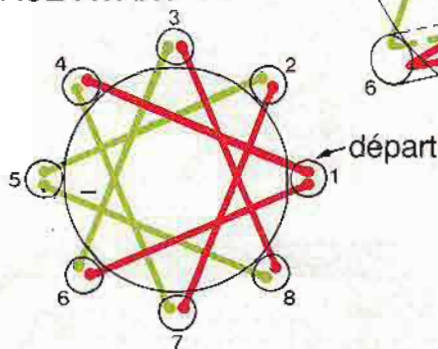
— UN COUPLE IMPORTANT car c'est la somme des couples fournis par chacun des conducteurs sauf ceux du plan neutre.

— UN DEMARRAGE POSSIBLE quelle que soit la position dans laquelle le moteur a été arrêté. (Ce n'est pas le cas dans un moteur à 2 barreaux quand ceux-ci sont dans le plan neutre.)

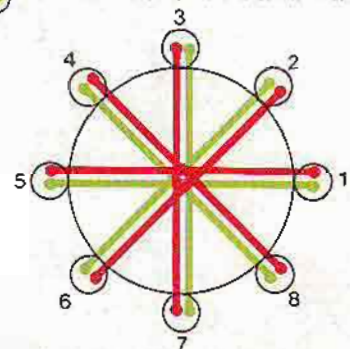
Dans le cas de 8 barreaux conducteurs nous constatons que pour obtenir un bobinage complet nous sommes obligés de faire 2 passages dans chaque barreau.



FACE AVANT



FACE ARRIÈRE



1<sup>er</sup> passage : barreaux 1-5-8-4-7-3-6-2...5

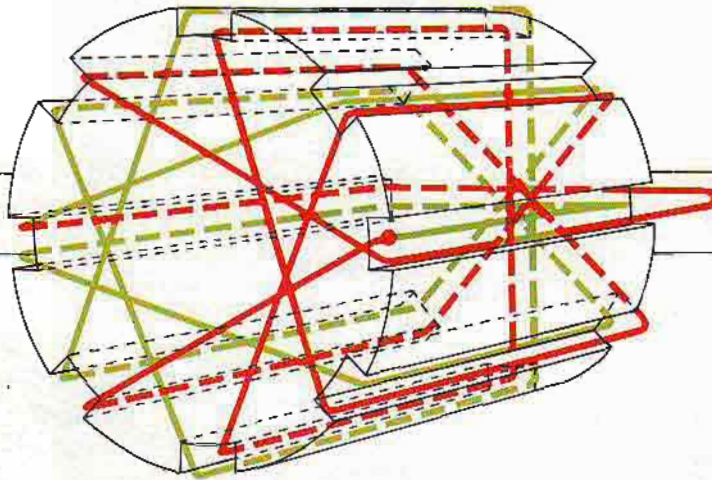
2<sup>e</sup> passage : barreaux 5-1-4-8-3-7-2-6-1



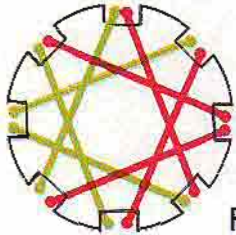
Nous constatons qu'il est nécessaire d'avoir un nombre pair de barreaux

Dans la pratique le tambour dispose de 8 encoches par exemple. On réalise le bobinage précédent en passant le fil 2 fois dans chaque encoche :

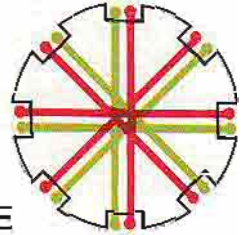
- Sur la face arrière on relie les encoches diamétralement opposées
- Sur la face avant on relie les encoches, non pas sur un diamètre, mais en se décalant d'une encoche à chaque fois et dans le même sens.



Plan neutre



FACE AVANT



FACE ARRIÈRE

Oui, mais comment faire pour :

- Récupérer le courant produit par la DYNAMO
- Faire passer le courant dans le bobinage du MOTEUR ?

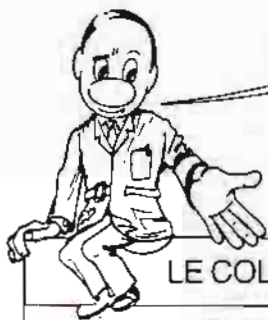


### EXAMINONS LA FACE AVANT DU BOBINAGE :

DYNAMO	MOTEUR
<p>Courant recueilli</p> <p>Pour récupérer le courant produit, il suffit de brancher un (ou des) consommateur(s) à la partie du bobinage située dans le plan neutre.</p>	<p>Courant fourni</p> <p>Pour amener le courant dans la machine, il suffit de brancher une source de courant à la partie du bobinage située dans le plan neutre.</p>



Le même problème se pose, dans les 2 cas :  
**COMMENT RELIER LE BOBINAGE AU CIRCUIT EXTÉRIEUR ?**



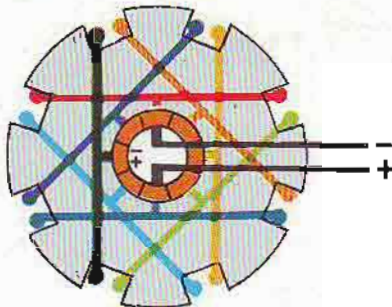
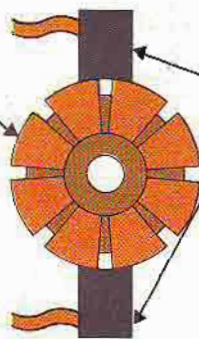
Pour réaliser la liaison avec le circuit extérieur, il est utilisé 2 ÉLÉMENTS :

### LE COLLECTEUR

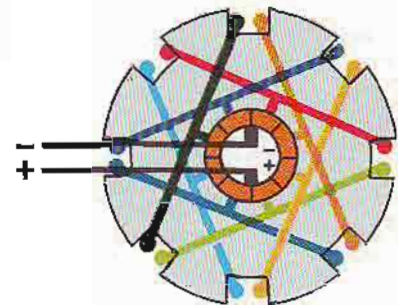
C'est un ensemble de lamelles isolées entre elles, solidaires du tambour et reliées aux conducteurs.

### LES CHARBONS ou BALAIS

Au nombre de 2, ils sont fixés à la carcasse de la machine et portent sur les bagues du collecteur.



NOTA  
Pour améliorer la clarté de ces dessins, les charbons sont placés à l'intérieur du collecteur.



## AU COURS DE LA ROTATION, IL Y A 2 CAS DE FIGURE A ENVISAGER

### CHAQUE CHARBON PORTE SUR 1 LAMELLE

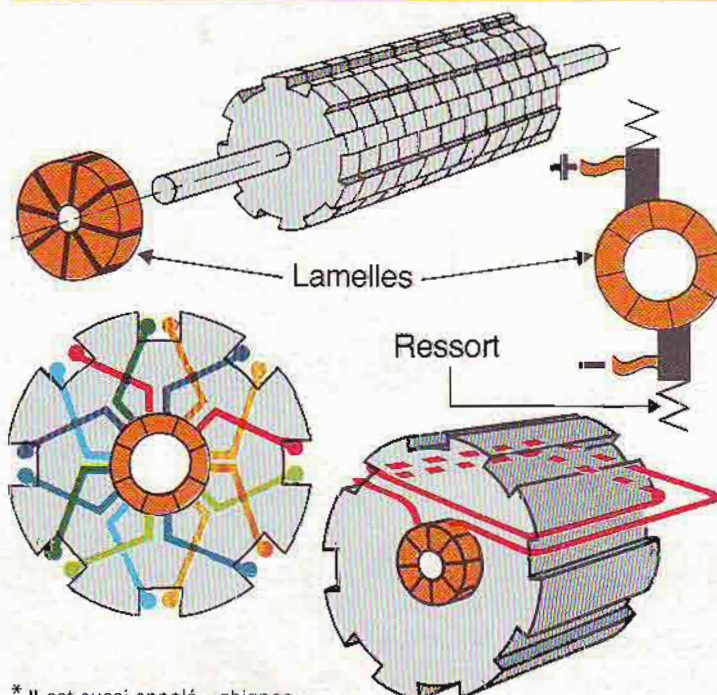
Les charbons et le collecteur permettent au courant de sortir (dynamo) ou d'entrer (moteur) dans la machine.

### CHAQUE CHARBON PORTE SUR 2 LAMELLES : C'EST LA COMMUTATION

Les charbons et le collecteur court-circuitent les conducteurs du plan neutre, ce qui permet au courant de sortir ou d'entrer dans la machine.

## 2 - RÉALISATION PRATIQUE :

**LE TAMBOUR + LE COLLECTEUR + LE BOBINAGE\* = L'INDUIT**



Le TAMBOUR est un noyau métallique pour favoriser le passage du flux inducteur. Pour éviter les courants de Foucault (courants induits prenant naissance dans toute masse métallique en mouvement), le noyau est constitué d'un empilage de rondelles d'acier doux isolées entre elles.

Le COLLECTEUR, réalisé comme indiqué ci-dessus est isolé de l'axe du tambour.

Les BALAIS sont en charbon de cornue, coke ou anthracite aggloméré. Afin de favoriser leur contact avec le collecteur, ils sont inclinés et maintenus plaqués par un ressort. Le balai positif est isolé.

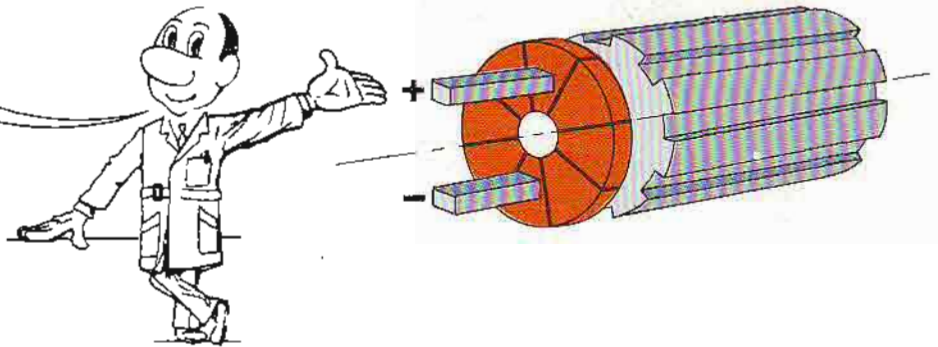
Le BOBINAGE est en fil de cuivre, isolé par du vernis et soudé sur les lamelles du collecteur. Il peut prendre de multiples formes : les dessins ci-contre représentent un bobinage « imbriqué ».

Chaque lamelle est reliée à sa voisine par un fil effectuant plusieurs tours autour du tambour pour améliorer les performances de la machine.

\* Il est aussi appelé « chignon »



Enfin, notons que dans certaines applications, on peut trouver un collecteur dit « radial ». Les balais sont parallèles à l'axe de la machine.



### 3 - CIRCUIT D'EXCITATION ET INDUCTEUR

Dans les pages précédentes, le champ magnétique inducteur était réalisé par un aimant permanent. Ce principe est suffisant pour tous les petits moteurs des accessoires d'automobile ● ● ●



- ● ● Exemple :
- Motoventilateur
  - Moteur de lève-vitre
  - Moteur d'essuie-vitre
  - Moteur de ventilateur de chauffage
  - Moteur de toit ouvrant etc ● ● ●

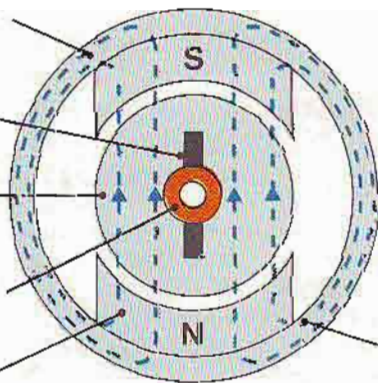
Carcasse métallique

balais

induit

collecteur

ferrite



lignes d'induction

Dans ce cas, le champ magnétique est réalisé par 2 ferrites. Ces ferrites sont fixées à la carcasse de la machine qui sert également de support aux lignes de force du champ magnétique. Ces ferrites ont une forme adaptée pour réduire les « entrefers ». L'induit est relié à cette carcasse par l'intermédiaire de 2 paliers qui peuvent être soit des roulements soit des bagues lisses, soit des paliers en téflon.

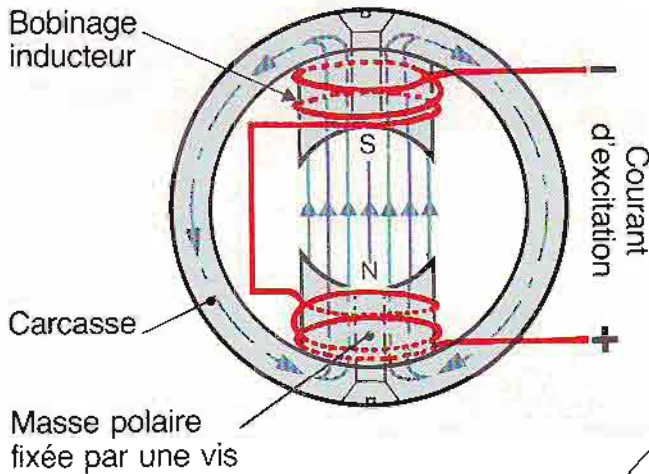


Toutefois, pour des machines de puissance plus importante, il faut un champ magnétique beaucoup plus intense.



Le champ magnétique est alors créé par un électro-aimant appelé **INDUCTEUR**. Ce dernier est constitué d'un bobinage, de masses polaires pour réduire « l'entrefer » et de la carcasse de la machine pour refermer les lignes de force. Le bobinage est parcouru par un courant appelé **COURANT D'EXCITATION**. L'ensemble forme le **CIRCUIT D'EXCITATION**.

## CAS GÉNÉRAL DES MOTEURS ET DES DYNAMOS



Aussi bien en moteur qu'en dynamo, on retrouve 2 masses polaires, en fer doux et de forme adaptée.

Le circuit d'excitation est réalisé par 2 bobinages enroulés de façon à obtenir un pôle nord et un pôle sud.

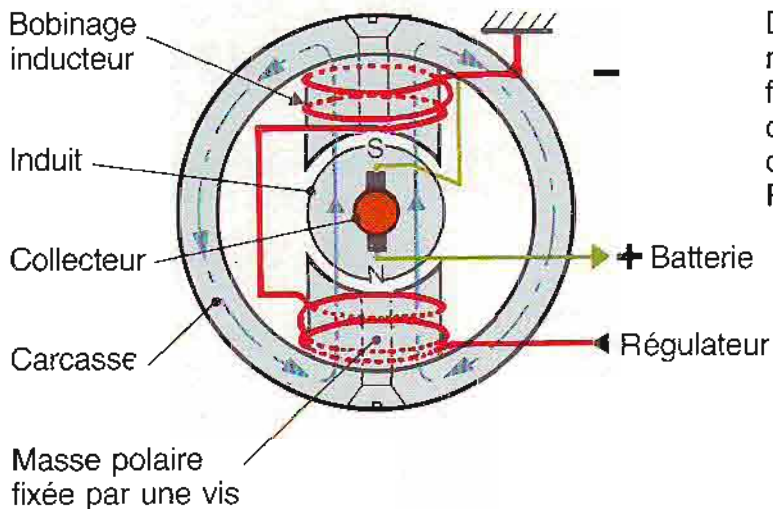
### Attention:

- Le circuit d'excitation peut prendre différents montages par rapport à l'induit. Nous ne les détaillerons pas ici.
- Le sens de circulation du courant dans l'induit, le sens du courant dans l'inducteur et le sens de rotation sont liés entre eux, (règles des mains gauche et droite). Les branchements et les sens de rotation sont normalement indiqués sur les machines.



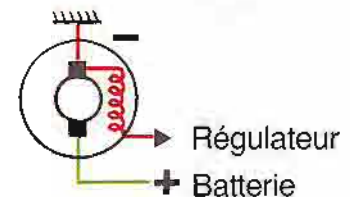
## CAS DE LA DYNAMO D'AUTOMOBILE\*

C'est une machine « BIPOLAIRE » : son circuit d'excitation dispose d'un champ magnétique réalisé à partir de 2 masses polaires.



De plus elle est à excitation séparée, commandée par « le régulateur ». Ce dernier, en fonction de la charge de la batterie, commandera ou non le circuit d'excitation, pour que la dynamo débite ou non.

Représentation schématique :



Examinons maintenant le cas particulier du DÉMARREUR



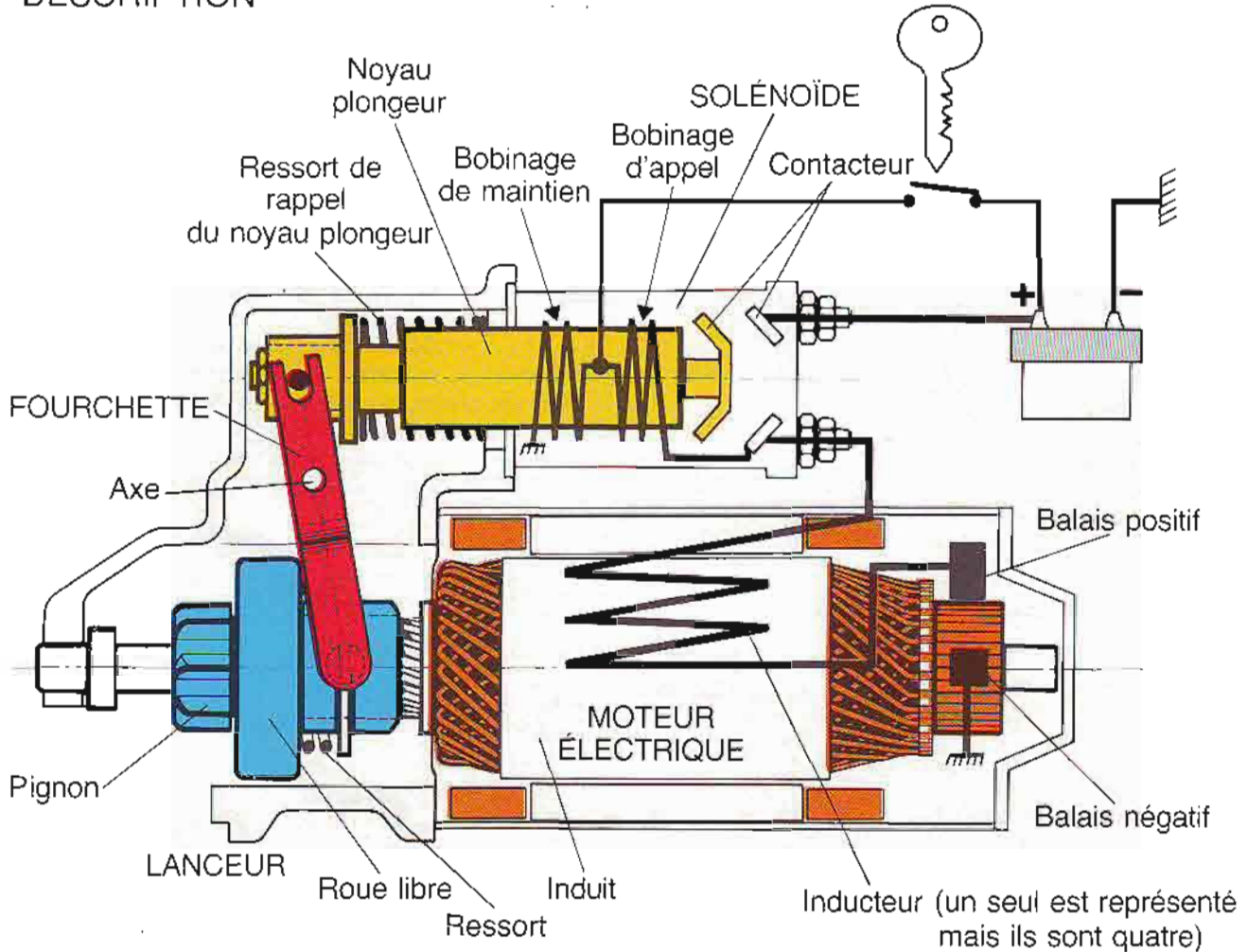
\* Avec cette dernière information, nous arrêtons ici l'étude de la dynamo. En effet cet organe n'est plus monté sur les véhicules modernes. Elle a disparu de la gamme Renault avec les modèles 1976.

# XIII LE DÉMARREUR

## 1 - RÔLE

Permettre, lorsque le contact est mis, de lancer le moteur à combustion interne du véhicule. En effet ce moteur ne peut démarrer seul.

## 2 - DESCRIPTION



Il comprend  
4 éléments  
principaux



### LE MOTEUR ÉLECTRIQUE

— doit pouvoir vaincre les résistances aux frottements (viscosité de l'huile), les compressions et l'inertie de l'attelage mobile du moteur du véhicule et lui permettre d'atteindre sa vitesse de lancement.

IL DOIT ÊTRE CAPABLE DE FOURNIR UN COUPLE TRÈS IMPORTANT.

### LE SOLÉNOÏDE OU RELAIS

— est un électro-aimant qui assure la commande du lanceur (fonction mécanique) et la mise sous tension du moteur électrique (fonction électrique).

### LE LANCEUR

— assure ou non la liaison entre le moteur électrique et la couronne du moteur du véhicule.

### LA FOURCHETTE

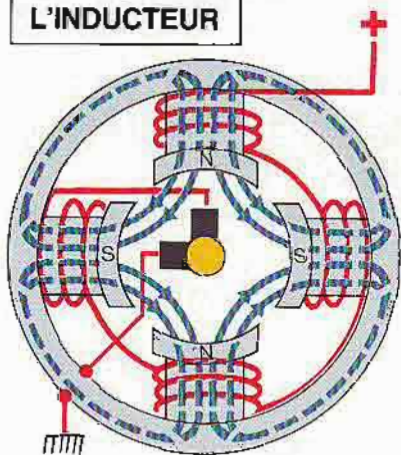
— rend solidaire le solénoïde et le lanceur.

### 3 - PARTICULARITÉS DU MOTEUR ÉLECTRIQUE



Le couple du moteur qui doit être très important dépend :  
 — de l'intensité du champ magnétique, donc des caractéristiques de l'inducteur  
 — de l'intensité du courant dans les conducteurs, donc des caractéristiques de l'induit.

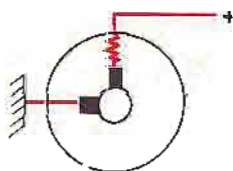
#### L'INDUCTEUR



Représentation schématique de l'excitation « série »

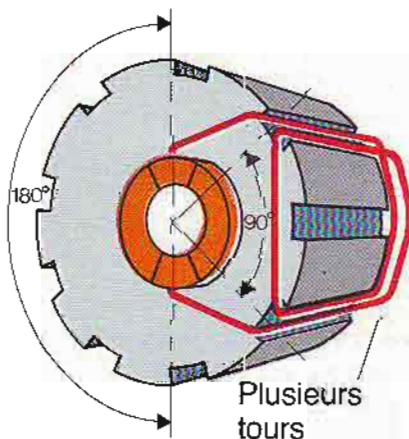
— Pour augmenter l'intensité du champ magnétique une carcasse à 4 masses polaires est utilisée ; on obtient ainsi 4 champs magnétiques au lieu d'un seul. LE DÉMARREUR EST UN MOTEUR TÉTRAPOLAIRE (4 pôles). On peut également trouver des dynamos tétrapolaires).

— Pour renforcer davantage l'intensité du champ magnétique, l'intensité du courant est augmentée en utilisant une EXCITATION SÉRIE (l'inducteur et l'induit sont en série).



L'intensité désirée étant forte, il faudra une batterie de capacité adaptée, et des liaisons entre batterie et démarreur de forte section. Enfin, ce mode d'excitation offre également l'avantage d'une grande souplesse d'adaptation, puisque la vitesse de ce type de moteur est fonction du couple résistant (à vide, le moteur s'embaile).

#### L'INDUIT

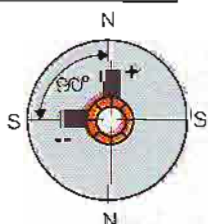


— La forte intensité de courant implique soit l'utilisation d'un fil de forte section, soit de préférence, l'utilisation de « barreaux » plats.

— Un manchon métallique ceinture l'induit afin de lui assurer une meilleure protection et réduire les entrefers.

— La forme particulière du champ magnétique impose un nouveau type de bobinage\* : les extrémités de chaque enroulement, qui comporte plusieurs tours, sont reliées à 2 bagues diamétralement opposées. Les enroulements utilisent des encoches séparées de 90°. Il y a un nombre impair d'encoches.

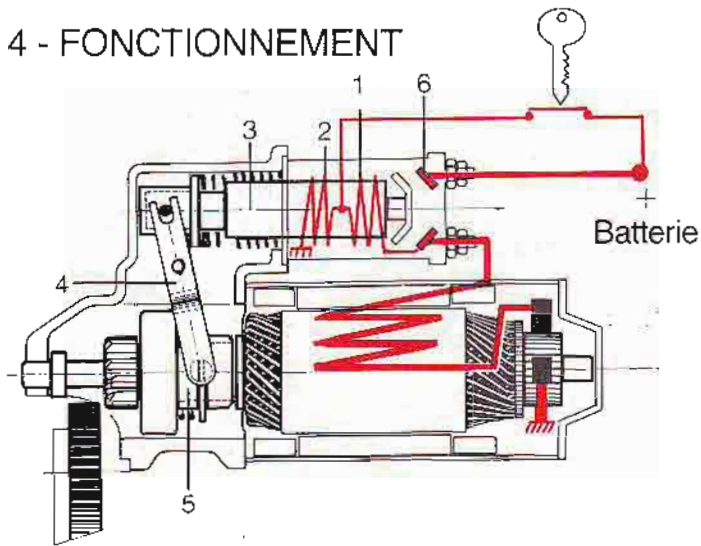
#### LES BALAIS



Les balais forment un angle de 90° à cause de l'induction tétrapolaire\*. Ils sont au nombre de 2, mais il est également possible d'avoir 4 balais.

\* Nous ne détaillerons pas les explications dans ce document.

## 4 - FONCTIONNEMENT



### CLÉ DE CONTACT EN POSITION « DÉMARRAGE »

Les 2 bobinages du solénoïde sont alimentés :

- L'enroulement d'appel (1) est à la masse à travers les inducteurs, l'induit et le balai de masse.
- L'enroulement de maintien (2) est directement à la masse.

Le noyau plongeur (3) se déplace vers la droite :

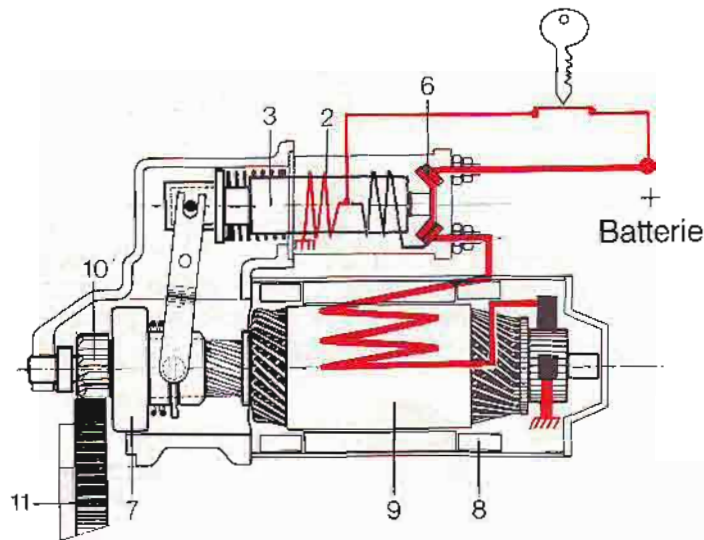
- Il entraîne le lanceur (5) grâce à la fourchette (4).
- Il ferme l'interrupteur (6) d'alimentation du moteur électrique.

A la fermeture de l'interrupteur (6) le courant de la batterie alimente directement le démarreur.

### Remarque :

A la mise en contact toute la capacité de la batterie est à la disposition du démarreur car dès la mise sous tension de celui-ci le bobinage d'appel n'a plus d'action. (Ses deux extrémités étant reliées au + batterie sont sans différence de potentiel).

L'enroulement (2) assure seul le « maintien du noyau plongeur (3) dans sa position, d'où son nom.

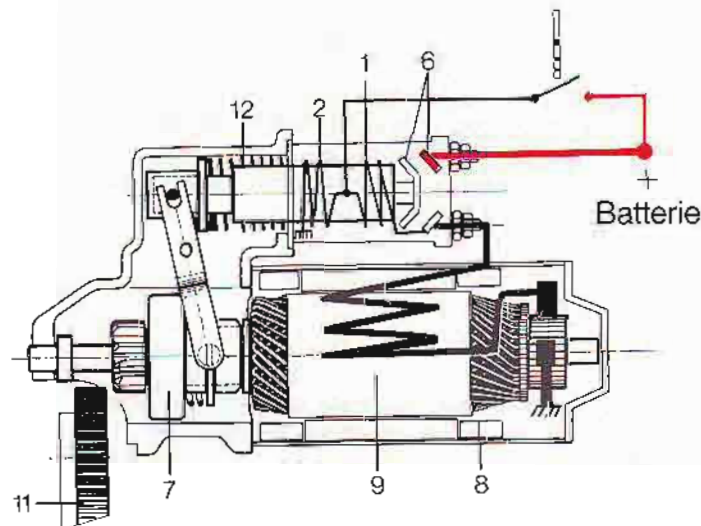


### MISE SOUS TENSION DES INDUCTEURS

Les 4 inducteurs (8) sont en série avec l'induit (9).

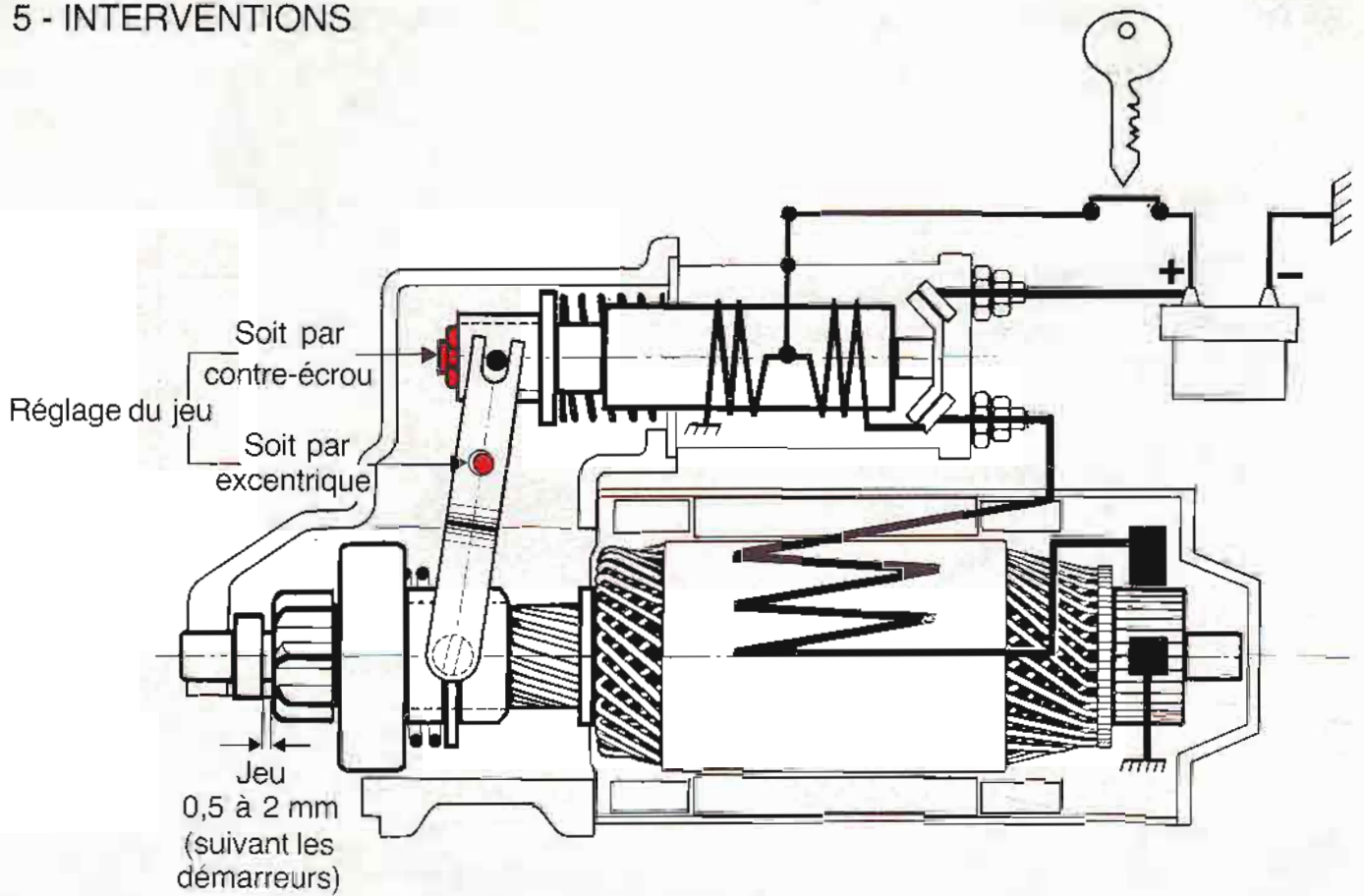
Le pignon (10) entraîne le moteur (11) du véhicule et celui-ci démarre.

La roue libre (7) évite l'entraînement du démarreur par le moteur. Sinon, entraîné par le moteur, le démarreur éclaterait.



A l'instant où la clé est relâchée, le contact (6) est encore fermé : les bobinages (1) et (2) sont alimentés en série, mais leurs flux sont en opposition et s'annulent. Dès lors le ressort (12) ramène le noyau-plongeur en position de repos, le contact 6 s'ouvre et coupe l'alimentation du moteur ; enfin la fourchette ramène également le lanceur en position de repos.

## 5 - INTERVENTIONS



2 types de contrôle sont à effectuer

### Les contrôles sur véhicule:

- L'arrivée de la tension au solénoïde soit 12 volts.

### Les contrôles à l'établi:

- La continuité des 2 bobinages du solénoïde:  $\Omega = 1 \Omega$
- La continuité des inducteurs:  $\Omega = 0$
- L'isolement des inducteurs:  $\Omega = \infty$
- Pour certains types de démarreur la course du pignon se mesure par le jeu J entre pignon et nez de démarreur. Ce jeu se contrôle, le démarreur étant alimenté par une batterie. (Un mauvais jeu peut entraîner une détérioration ou un non fonctionnement du contacteur).

### Les pièces remplaçables:

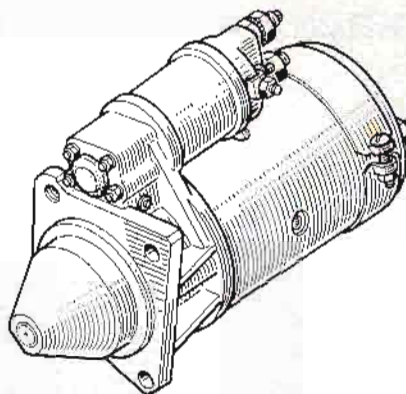
- Les balais
- Les inducteurs
- L'induit
- Le lanceur (solidaire de l'induit dans certains cas)
- Les bagues
- Le solénoïde

## 6 - RÉALISATION PRATIQUE

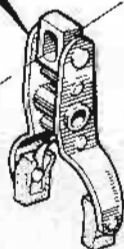
### LE SOLÉNOÏDE :

Il commande la fourchette d'engrènement ou « Fourchette » et assure la mise sous tension du démarreur.

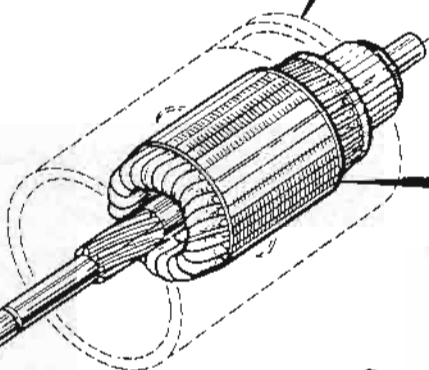
- un contacteur électrique,
- deux enroulements,
- un noyau plongeur,
- un ressort de rappel.



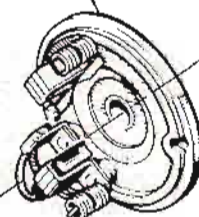
LA FOURCHETTE



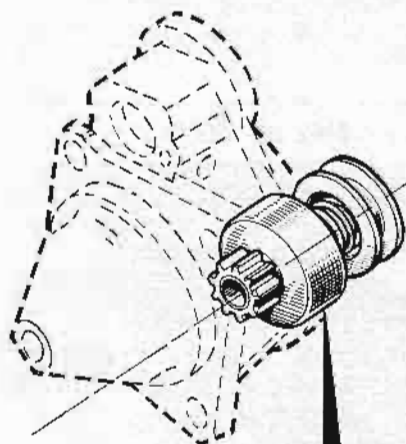
LA CARCASSE



LE FLASQUE PORTE-BALAIS



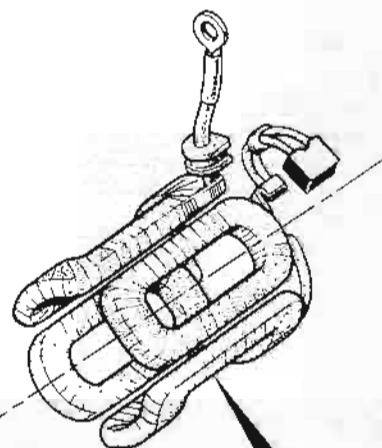
L'INDUIT



### LE LANCEUR

Voici sa composition :

- un manchon coulissant dans les cannelures hélicoïdales,
- un pignon entraîné par l'arbre,
- une roue libre évitant l'entraînement du démarreur par le moteur,
- une gorge recevant la fourchette.



LES QUATRE INDUCTEURS