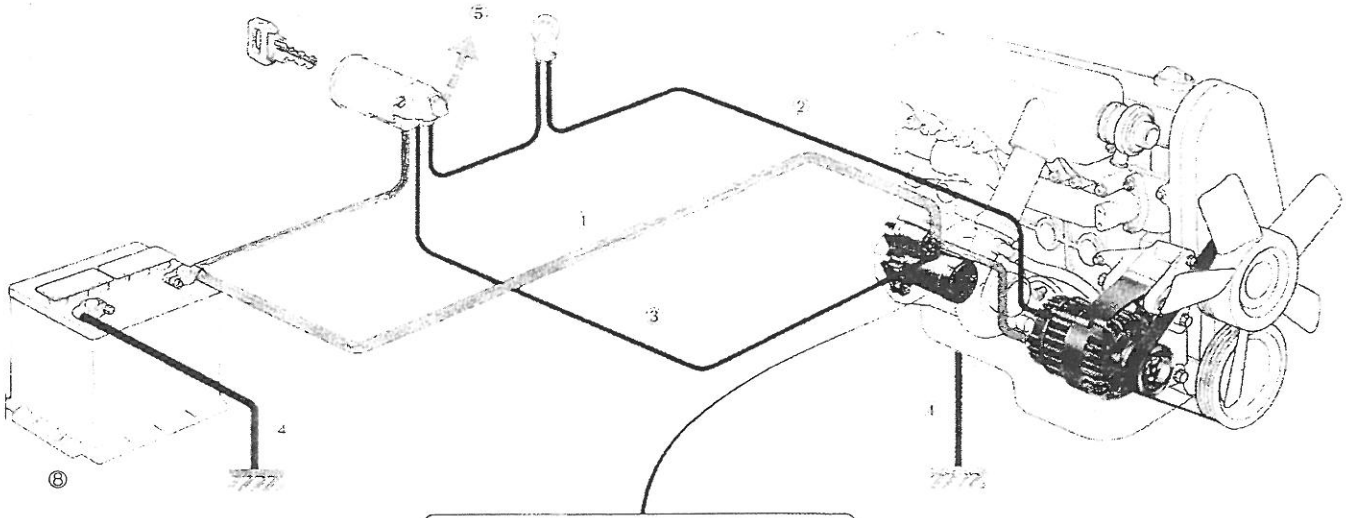
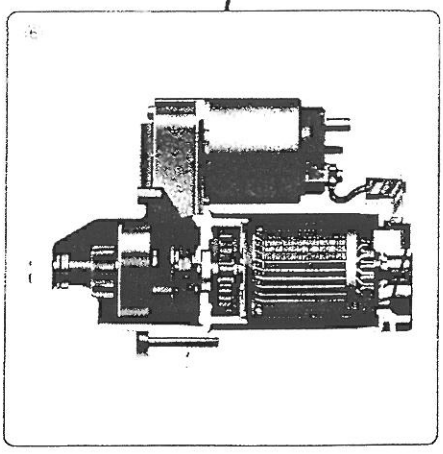
PRESENTATION
DU CIRCUIT DE DEMARRAGE

Le démarrage des véhicules automobiles est assuré par un système mécanisé.
L'utilisateur agit indirectement sur le moteur, en empruntant l'énergie électrique nécessaire, préalablement stockée dans la batterie.
Le circuit de démarrage est constitué des éléments suivants :

- La batterie,
- Le démarreur,
- La couronne moteur,
- Le commutateur de démarrage,
- Les câbles de liaisons électriques.

Remarque : Bien que la batterie n'appartienne pas au système de démarrage, on à choisi de l'inclure au système parce que son état est déterminant pour que le démarreur assure pleinement sa fonction .



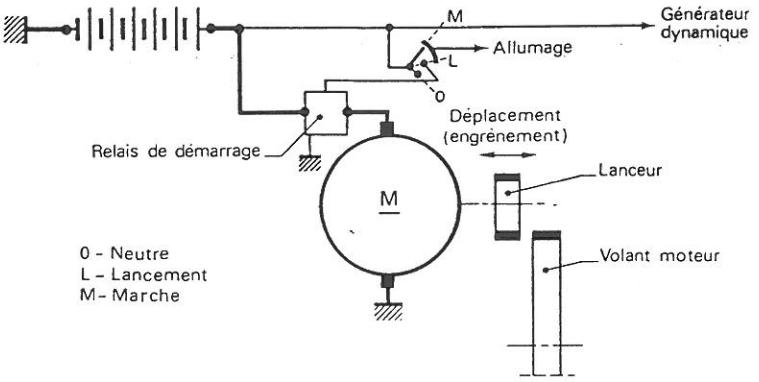


LE CIRCUIT DE DEMARRAGE

Le circuit .

Le moteur électrique qui consomme, à l'instant du démarrage du moteur thermique, une intensité élevée (200 A à 400 A) doit être alimenté par un câble électrique de grosse section et de courte longueur (faible résistance).

Le commutateur de lancement ne peut être qu'un relais qui, à partir d'un circuit de commande (faible intensité) , agit sur le circuit de puissance (alimentation du démarreur). La résistance interne du démarreur doit être très faible (0,02 à 0.04) permettant ainsi une intensité de démarrage élevée .



Un système de liaison doit, sous certaines conditions, relier mécaniquement (en rotation) le démarreur et le moteur thermique et à pour fonction :

1° de multiplier le moment du couple du démarreur et de l'appliquer au moteur thermique :

2° de ne relier le démarreur au moteur thermique qu'au moment du lancement :

3° d'empêcher l'entraînement du rotor du démarreur par le moteur .

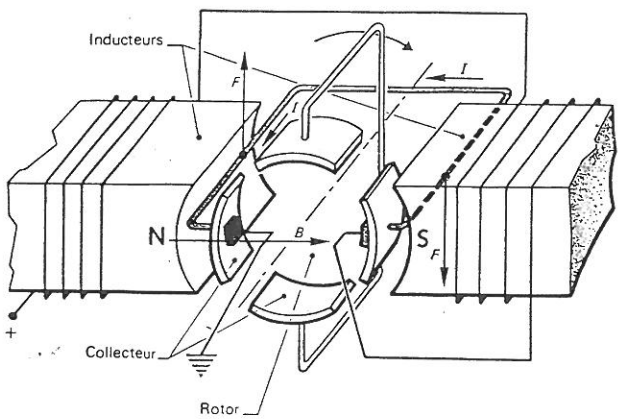
Le lanceur baladeur doit être commandé et posséder un système d'entraînement dans le seul sens de rotation du lancement .

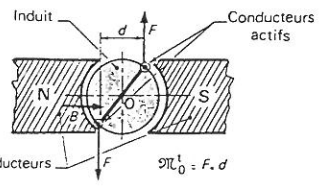
Le dispositif de mise en service du démarreur doit simultanément commander la fermeture du circuit électrique du moteur et le déplacement axial du lanceur .

Le moteur électrique de lancement

Le moteur est une *dynamo génératrice* réversible dont les caractéristiques sont différentes .

Si l'on fait parcourir le rotor (situé dans une induction magnétique) par un courant électrique, il se crée une force électromagnétique qui engendre un moment moteur .



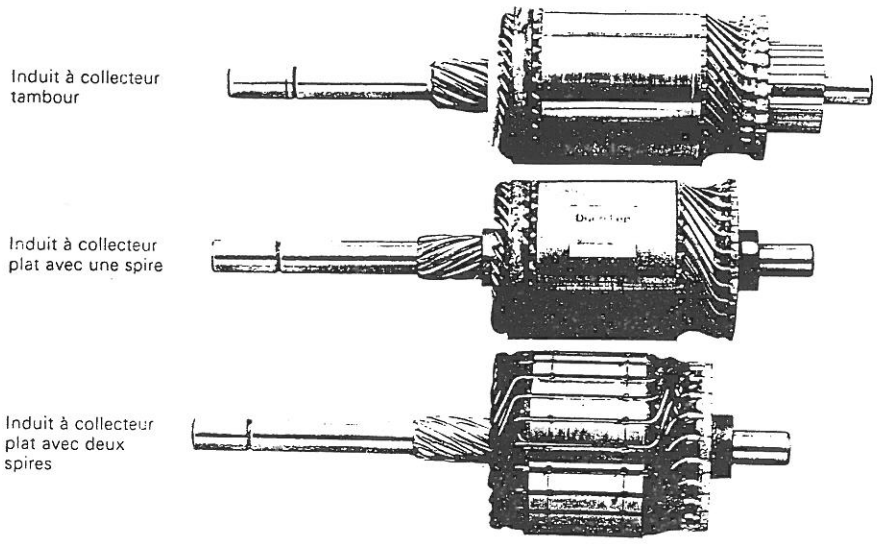


Constitution d'un moteur

Le moteur se compose :

- d'un **rotor** muni du collecteur,
- d'un **inducteur** .

Le rotor

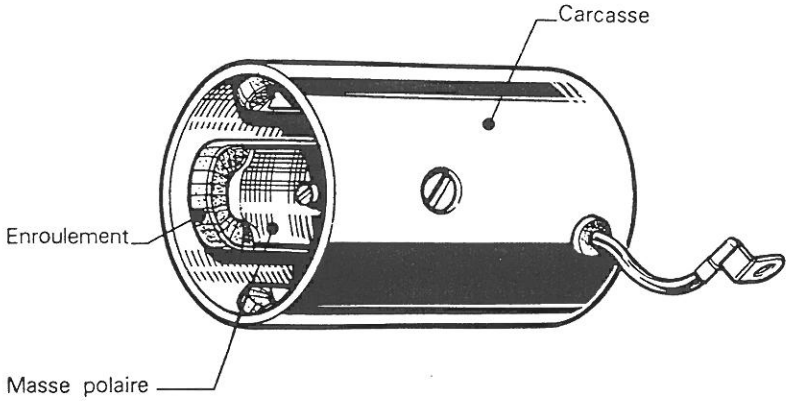


C'est un noyau magnétique sur lequel on a lové des conducteurs actifs dans des encoches. Le noyau magnétique est en tôles d'acier au silicium, empilées (courants de Foucault). Les conducteurs, sièges de la force électromagnétique, sont à grosse section (faible résistance interne).

Les modes d'enroulement sont identiques à ceux utilisés pour la dynamo génératrice.

Le collecteur est de même constitution que celui de la dynamo ; depuis quelques années, il existe aussi des **collecteurs plats**

Le stator ou inducteur



Il est constitué d'une carcasse sur laquelle sont fixées les masses polaires, qui peuvent être au nombre de deux (bipolaire) ou de quatre (tétrapolaire).

Une masse polaire est un noyau magnétique sur lequel est enroulé, en solénoïde plat, un conducteur de grosse section rectangulaire.

UTILITE DU SYSTEME DE DEMARRAGE

Les moteurs thermiques offrent, lors de leur lancement, des résistances qui sont dues :

1° au lubrifiant qui « colle »les parties en contact, cet effet est d'autant plus grand que la température est basse : c'est la **phase de collage** .

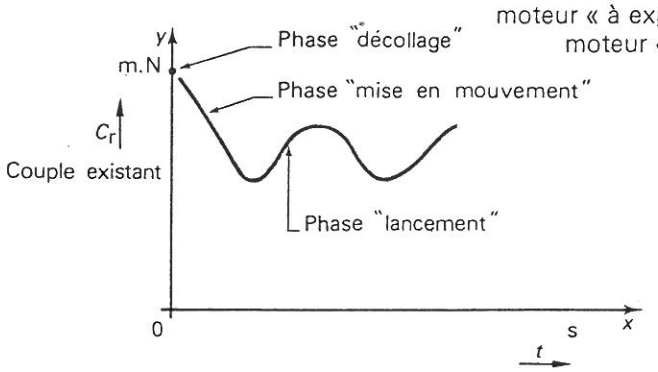
2° à l'inertie des pièces que l'on veut mettre en mouvement qui est d'autant plus grand que la cylindrée est forte : c'est la phase de **mise en mouvement** .

3° à la compression des gaz dans les cylindres qui est d'autant plus grand que le taux de compression est élevé : c'est la **phase de lancement** .

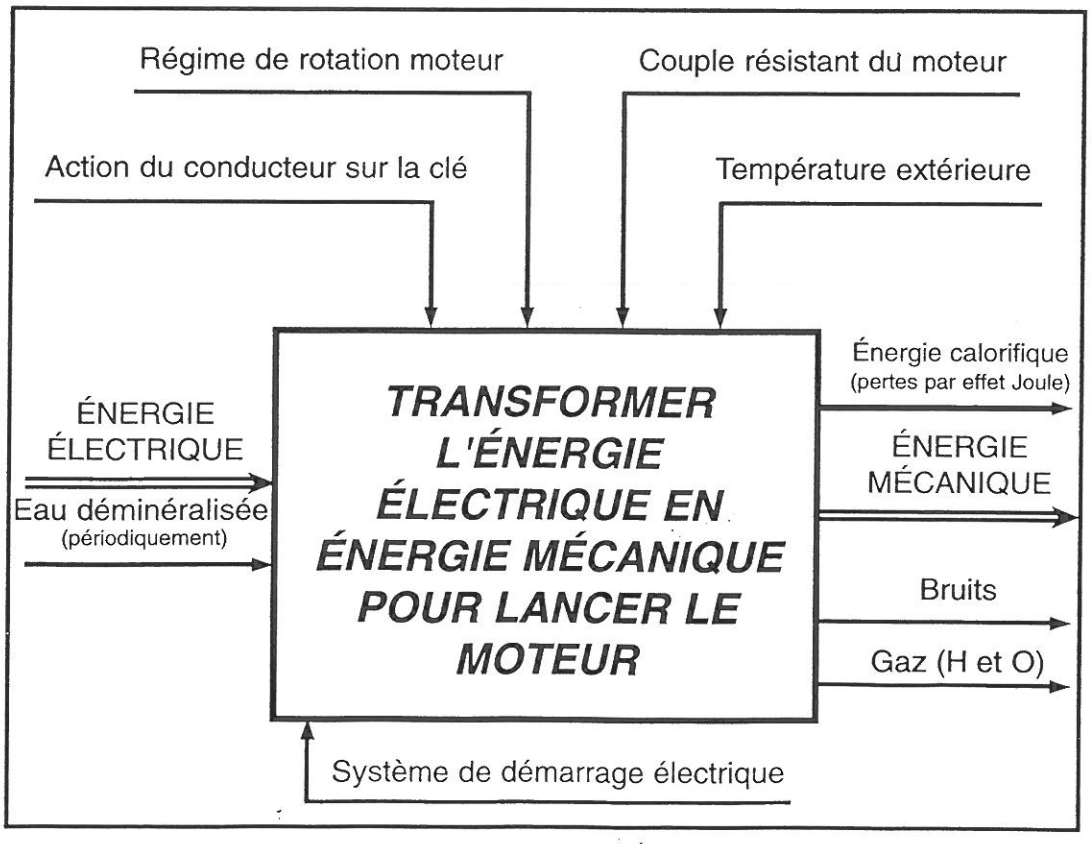
Le moteur de lancement (démarreur) doit posséder un couple moteur important à la vitesse nulle (circuit fermé) et pouvoir atteindre la vitesse de lancement très rapidement .

Vitesses de rotation de lancement minimales :

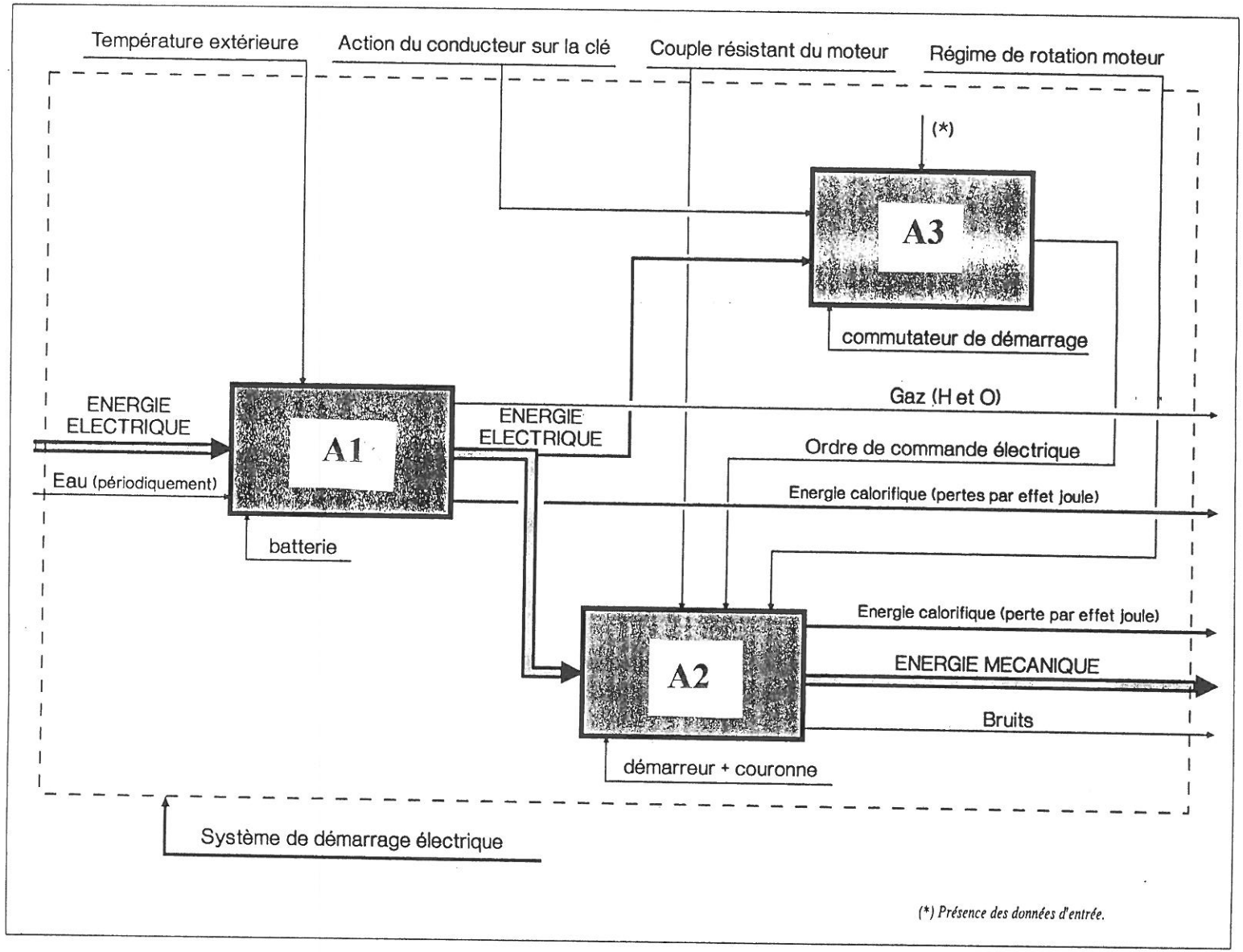
moteur « à explosion » → 80 à 100 t/mn
moteur « diesel » → 120 à 150 t/mn.



FONCTION GLOBALE DU DEMARREUR
Niveau A-0



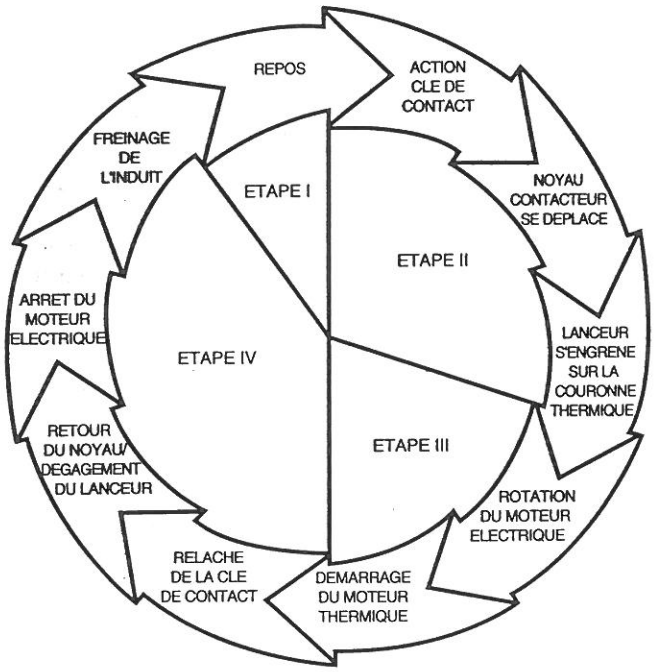
ACTIGRAMME Niveau A0



A1 : Stocker et restituer l'énergie électrique
A2 : Transformer l'énergie électrique en énergie mécanique et assurer l'accouplement lanceur/couronne
A3 : Commander le démarreur

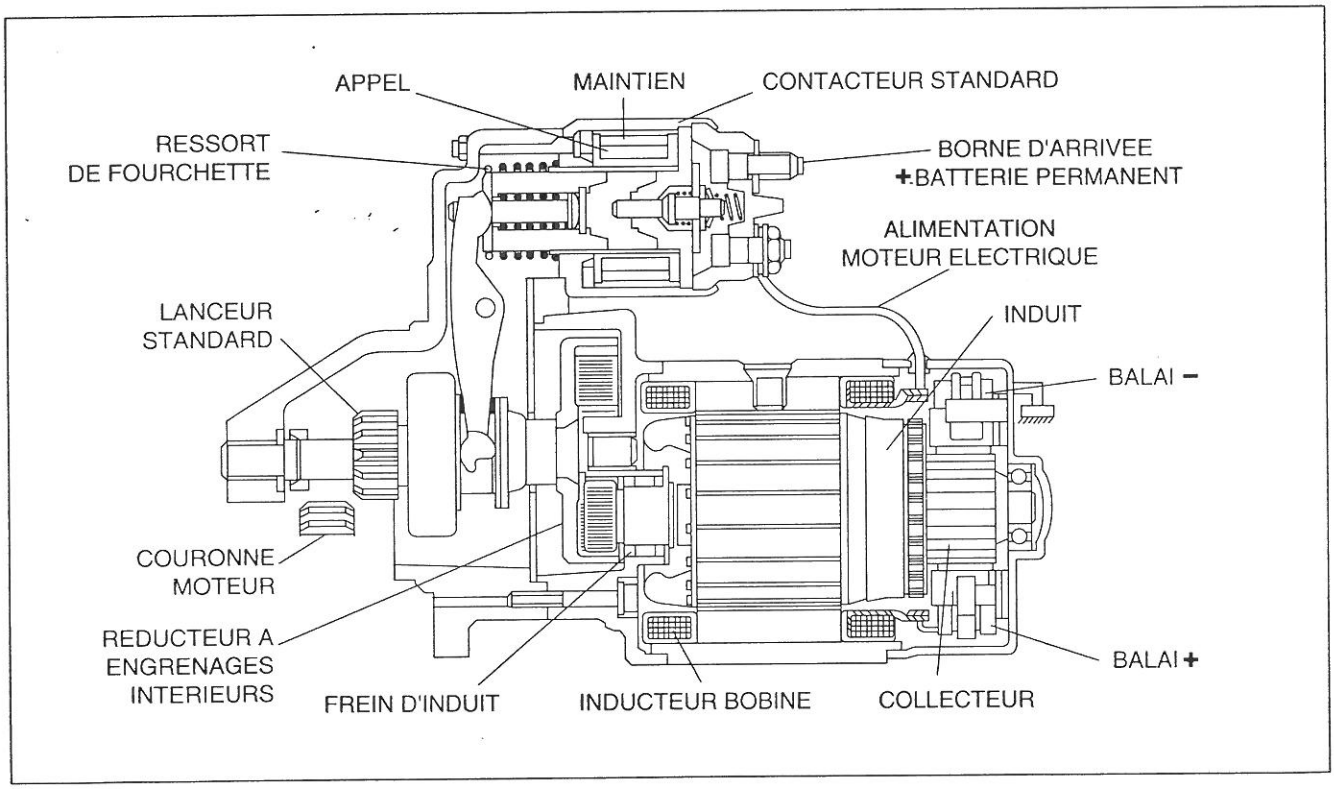
LE FONCTIONNEMENT DU DEMARREUR

LES ETAPES DU DEMARRAGE



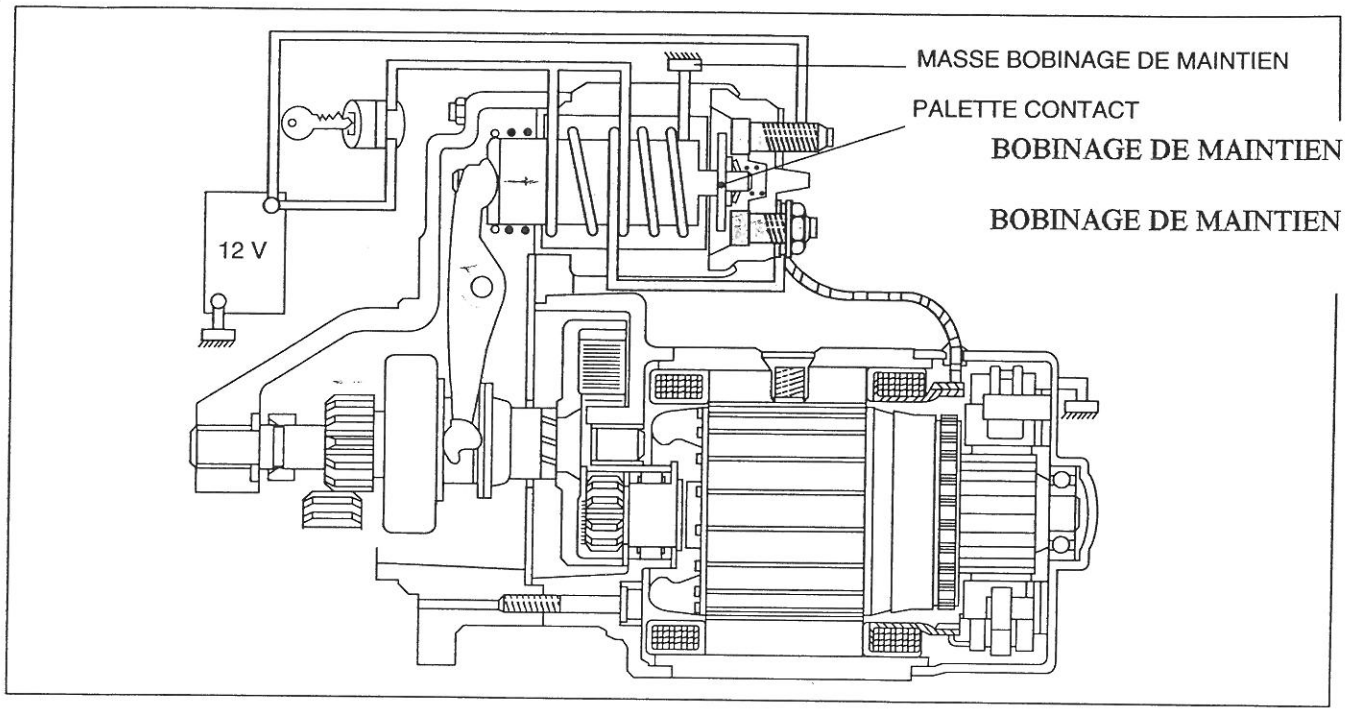
- A ces 4 étapes correspondent 4 états électriques et mécaniques du démarreur .
- Un cycle dure environ 3 à 4 secondes dans de bonnes conditions de fonctionnement du moteur thermique .
- La tendance actuelle est de descendre à 2 secondes .

Etape 1 : REPOS

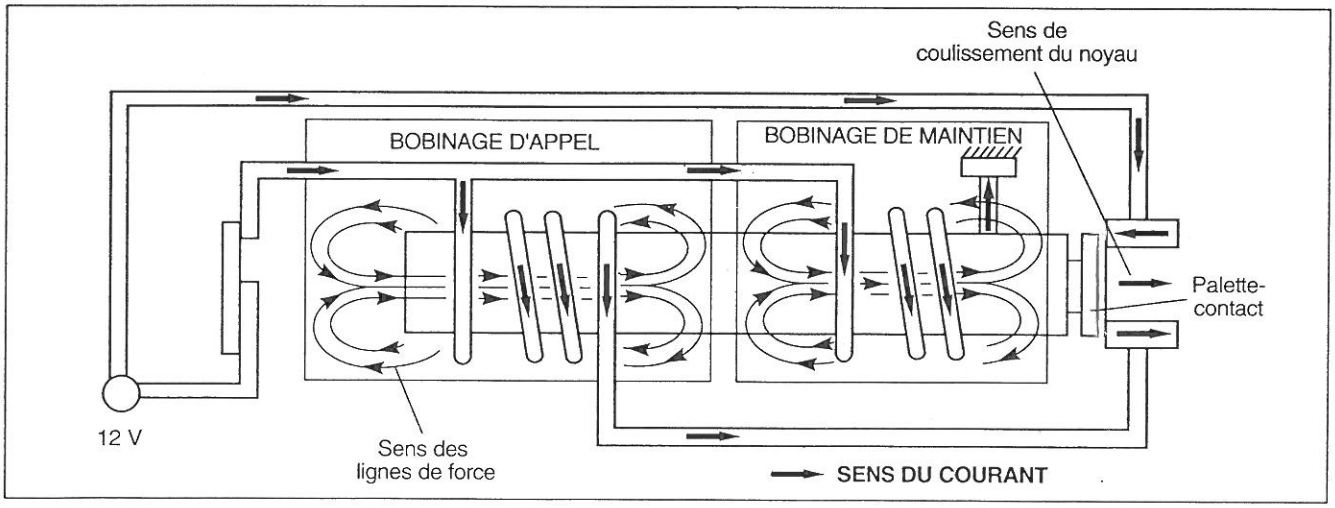


Le ressort de fourchette maintient l'ensemble fourchette-lanceur au repos .Le ressort d'induit empêche la libre rotation de l'induit par vibrations .

Etape 2 : ENGAGEMENT DU LANCEUR SUR LA COURONNE



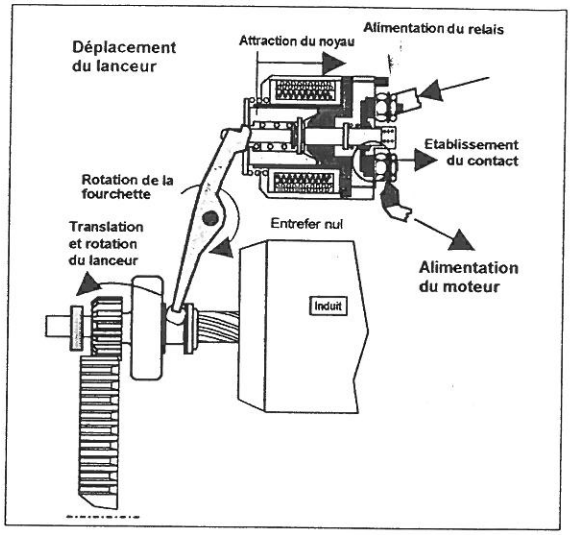
■ A la fermeture de la clé de contact, les bobinages d'appel et de maintien sont alimentés.
Le champ magnétique créé attire le noyau vers l'arrière. Le lanceur avance par l'intermédiaire de la fourchette . Il effectue une rotation d'une dent environ et vient s'engrener sur la couronne .
■ En fin de course du noyau, la palette vient en contact avec les deux bornes électriques et le moteur peut être alimenté .



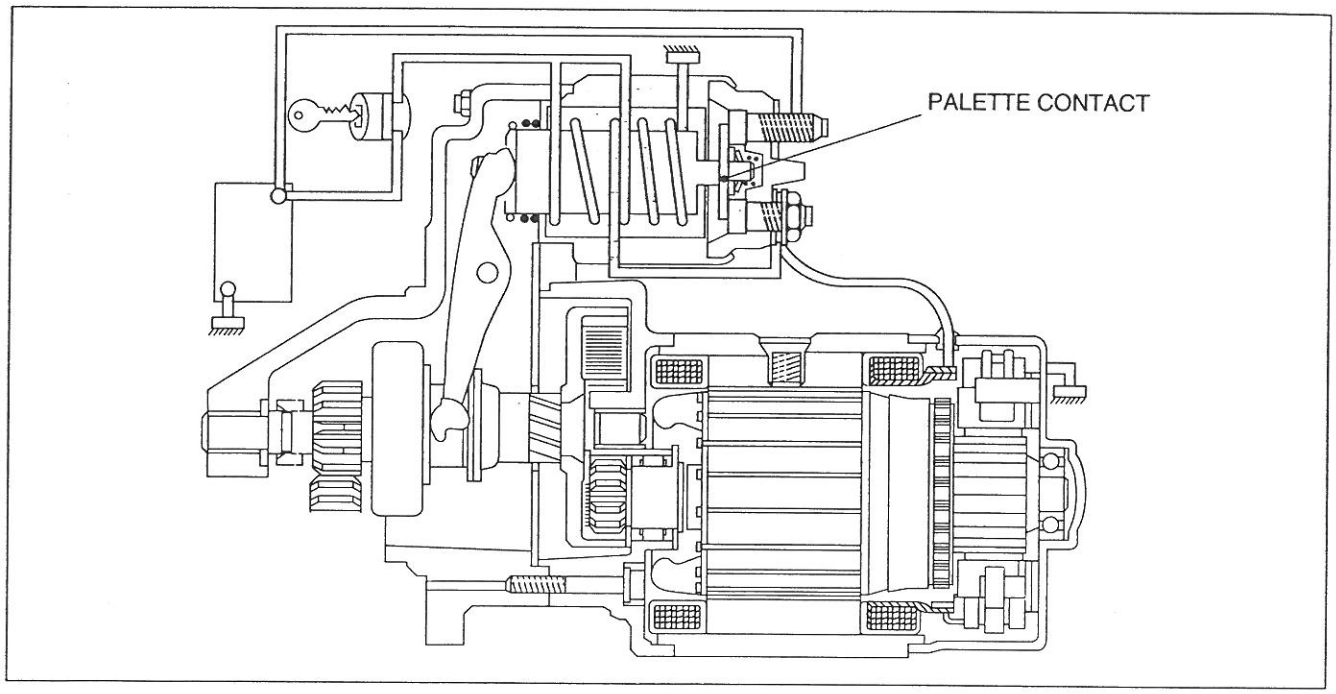
Les bobinages sont alimentés par un courant de même sens, et les deux bobinages créent des champs magnétiques avec des liges de forces de même sens : le noyau en contact maintient la palette .

Problème d'engrènement au démarrage.

Il arrive que, malgré la rampe hélicoïdale, une dent du lanceur vienne rencontrer une dent de la couronne . Dans ces conditions le lanceur est bloqué, le noyau ne peut plus reculer, donc pas de contact électrique .
Cette situation se produit 1 fois sur 10 environ .
Pour éviter cela le noyau est équipé d'un ressort dent contre dent, qui lui permet de continuer sa course. La palette vient en contact des bornes électriques, le moteur commence à tourner, et le lanceur peut ainsi s'engrener sur la couronne .



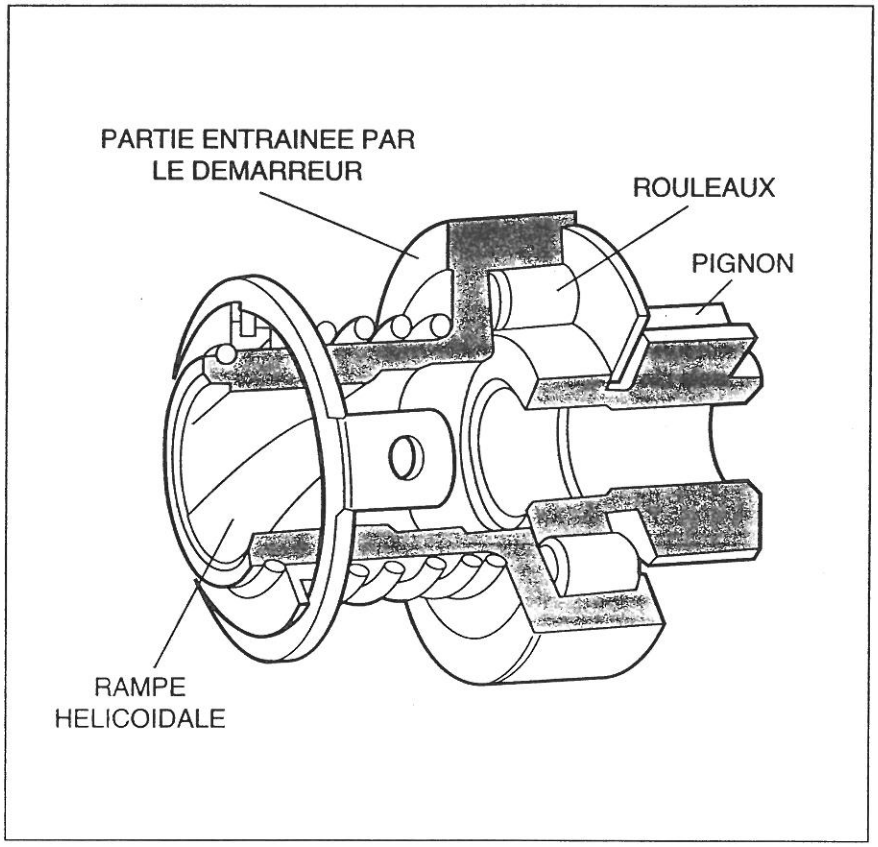
Etape 3 : ROTATION ET DEMARRAGE

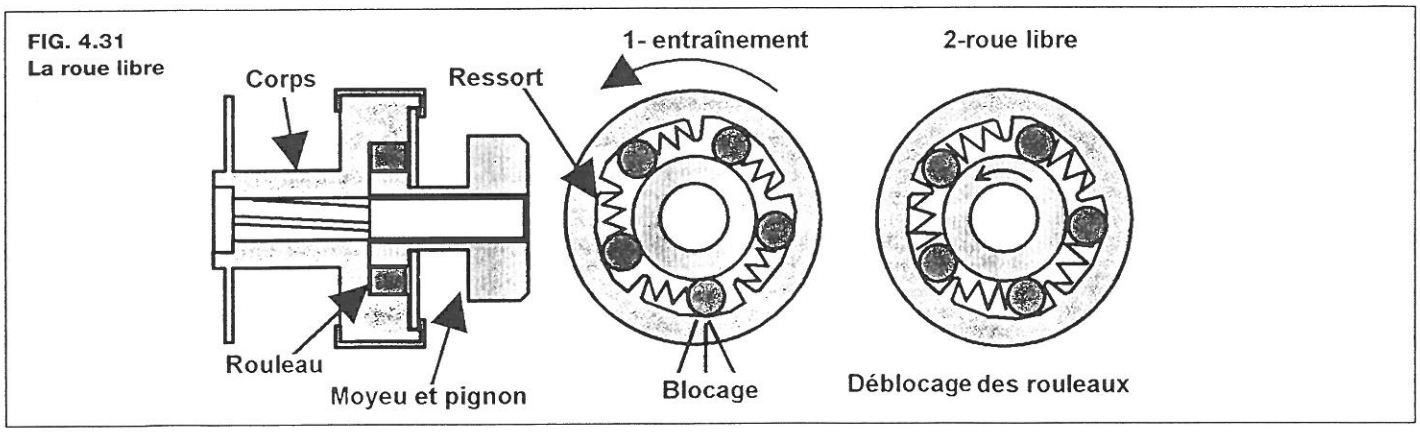


- La palette en contact avec les bornes électriques permet l'alimentation do moteur sous forte puissance .Il y a rotation de celui-ci et démarrage du moteur thermique.
- Les bobinages du contacteur électromagnétique sont toujours alimentés et maintiennent le lanceur engrené et la palette en contact .
- Dès le démarrage du moteur thermique, la roue libre rentre en action jusqu'au relâchement de la clé de contact .

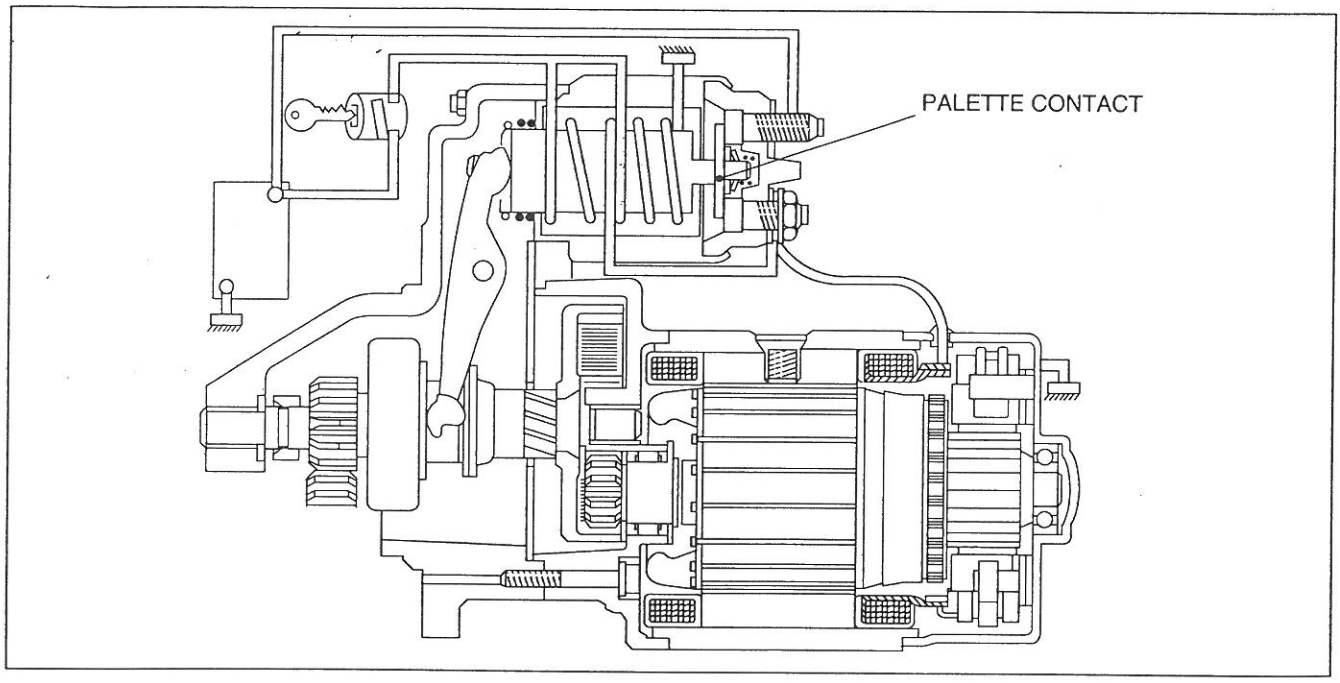
Roue libre :

Dés le démarrage du moteur thermique, la roue libre intégrée au lanceur entre en action pour désolidariser le pignon démarreur de l'induit du moteur électrique .
Le régime de rotation du moteur thermique passe très rapidement de la vitesse d'entraînement du démarreur (environ 100 tr/mn) au régime de ralenti accéléré (1 200 tr/mn) ; soit dix à quinze fois plus vite .Après le démarrage, si la clé de contact n'a pas immédiatement quitté la position de démarrage, l'induit du démarreur pourrait être entraîné à plus de 15 000 tr/mn .Dans ces conditions les bobinages seraient centrifugés .
Le pignon est immobilisé avec le corps du lanceur par l'intermédiaire de rouleaux maintenus par des ressorts .
Quand l'induit est menant, les rouleaux sont bloqués dans la rampe négative et resserrent le moyeu du pignon .La liaison est assurée .
Lorsque le moteur thermique accélère, le pignon tournant plus vite, les rouleaux sont libérés ; la liaison est supprimée .

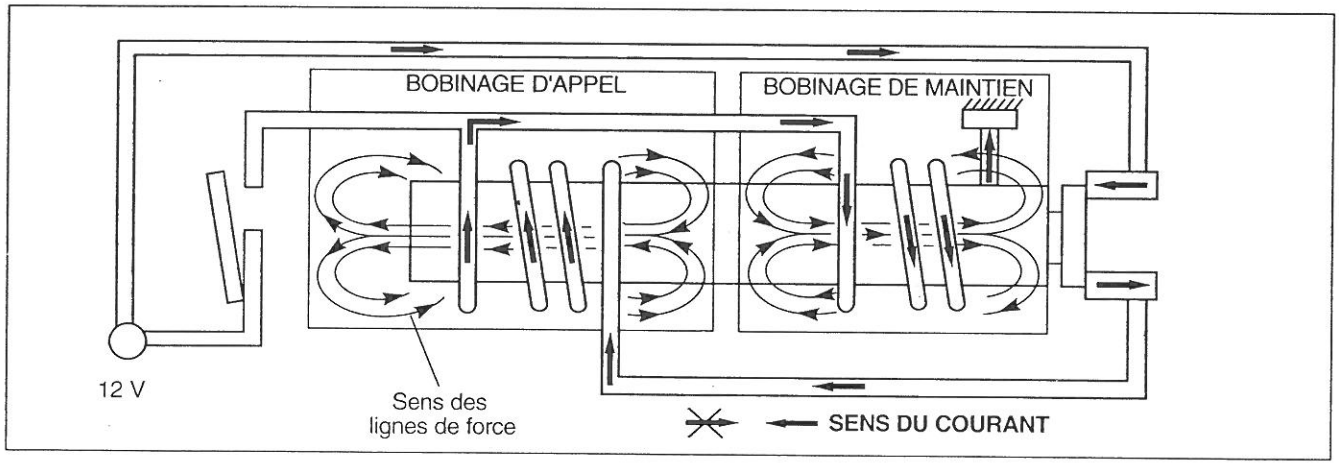




Etape 4 : COUPURE DU CONTACT



- La clé est relâchée : les bobinages sont toujours alimentés par le circuit de puissance.
- Le noyau ne peut pas revenir et la palette ne se décolle pas des bornes : le démarreur ne peut pas s'arrêter !



- Le courant qui alimente le bobinage d'**appel** arrive **dans l'autre sens**, alors que le bobinage de maintien est toujours alimenté **dans le même sens** : les lignes de forces des deux champs magnétiques sont maintenant **opposées** et **s'annulent** . Le noyau n'est plus soumis à aucun champs .
- Le ressort de fourchette peut le *rappeler* à sa position initiale .

EVOLUTION DU DEMARRAGE

L'évolution d'un produit s'inscrit dans une démarche à multiple objectif .
Le produit doit respecter un cahier des charges (critères) défini par le constructeur .

Référence de choix d'un client pour l'achat de son véhicule

1 - aspect visuel extérieur et intérieur ;
2 - aspect utilitaire ;
3 - confort et performances ;
4 - le moins de panne possible ;
5 - mise en route facile .

La position de l'acheteur d'un véhicule montre qu'il se souci peu des équipements de service liés au fonctionnement de son véhicule, sauf en cas de panne .
Le démarrage est un critère très important car c'est le premier contact réel entre lui et l'objet de sa passion .
Le constructeur souhaite satisfaire sa clientèle, mais au moindre coût .

Principales sources d'évolution et conséquences

Evolutions	Conséquenses
- diminution du temps de démarrage, - diminution des bruits, - augmentation de la fiabilité.	Satisfaction de la clientèle
- gain de poids, - amélioration rapport poids/puissance - diminution de l'encombrement, - facilité de montage sur chaîne, - facilité de recyclage et rénovation, - diminution des vibrations, - amélioration du rendement,	- diminution de poids du véhicule donc de sa consommation, - gain de temps et d'argent au montage sur chaîne, - gain d'argent pour le constructeur. - diminution de la taille de la batterie,

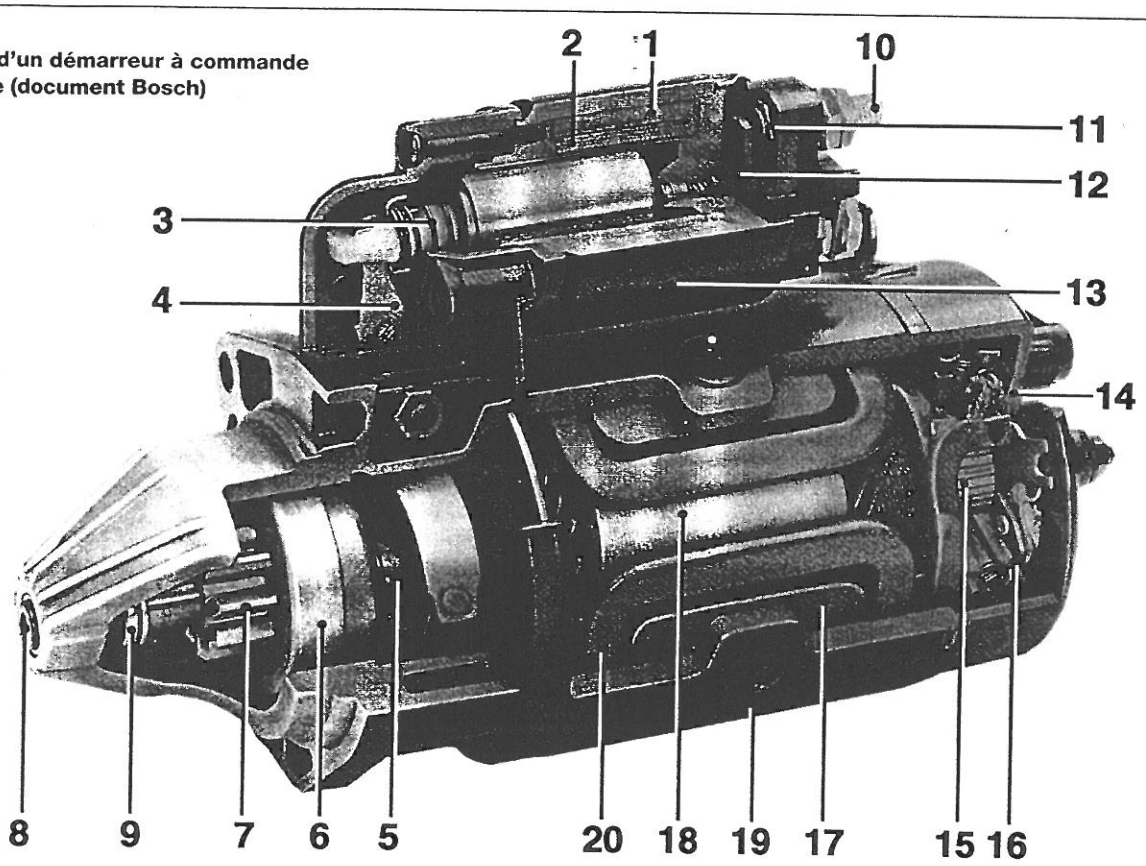
Principales innovations

- réducteur à train épicycloïdal ;
- réducteur à couronne intérieure
- collecteur plat ;
- aimant permanent et induit de très faible inertie ;
- culasse emboutie ;
- fourchette en matière synthétique ;
- diminution des usinages .

Démarreur à conception classique

La vitesse du moteur électrique est directement transmise au pignon lanceur .
Le moteur électrique doit avoir un couple important pour permettre la mise en rotation du moteur thermique .

Coupe d'un démarreur à commande positive (document Bosch)



NOMENCLATURE

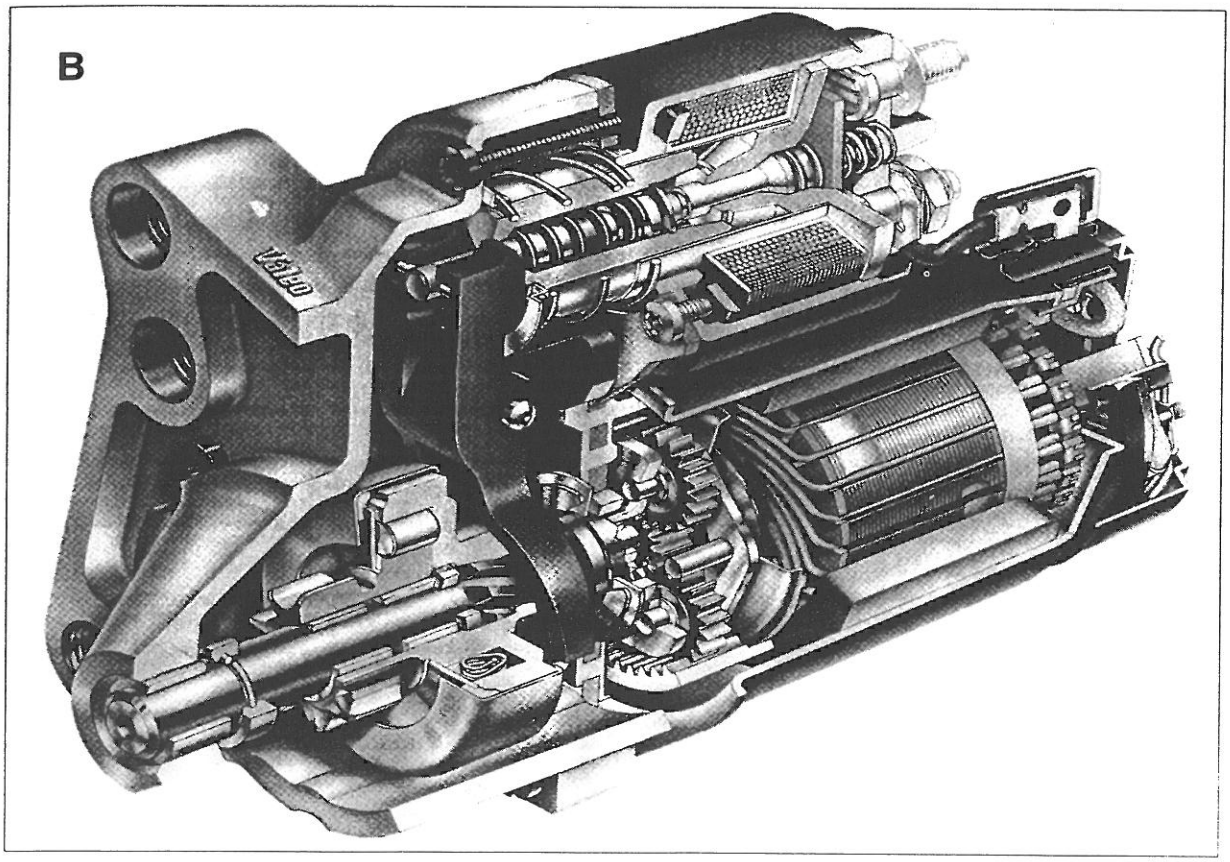
N°	Désignation
1	Enroulement de maintien
2	Enroulement d'attraction
3	Ressort de rappel
4	Levier de commande (fourchette)
5	Ressort d'engrènement
6	Roue libre à rouleaux
7	Pignon
8	Arbre d'induit
9	Bague de butée
10	Connection électrique
11	Contact
12	Pont de contact
13	Relais (solénoïde)
14	Flasque côté collecteur
15	Collecteur
16	Port- balais et balais
17	Masse polaire
18	Induit
19	Carcasse du stator
20	Enroulement d'excitation

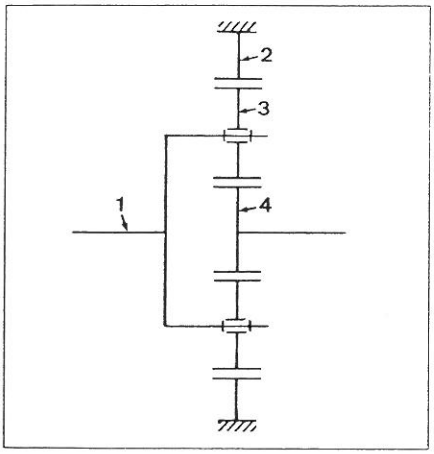
Démarreur à train épicycloïdal

L'induit entraîne des satellites en rotation qui, en prenant appui sur les couronne, font tourner le porte satellite . Le rapport de réduction s'exprime sous la forme :

$$\frac{\omega_p - \omega_{ps}}{\omega_c - \omega_{ps}} = -\frac{Z_c}{Z_p}$$

ω_p = vitesse de rotation angulaire du planétaire,
ω_c = vitesse de rotation de la couronne (ici $\omega_c = 0$ car la couronne est bloquée)
ω_{ps} = vitesse de rotation du porte satellite (arbre de sortie)
Z_c = nombre de dents de la couronne
Z_p = nombre de dents du planétaire



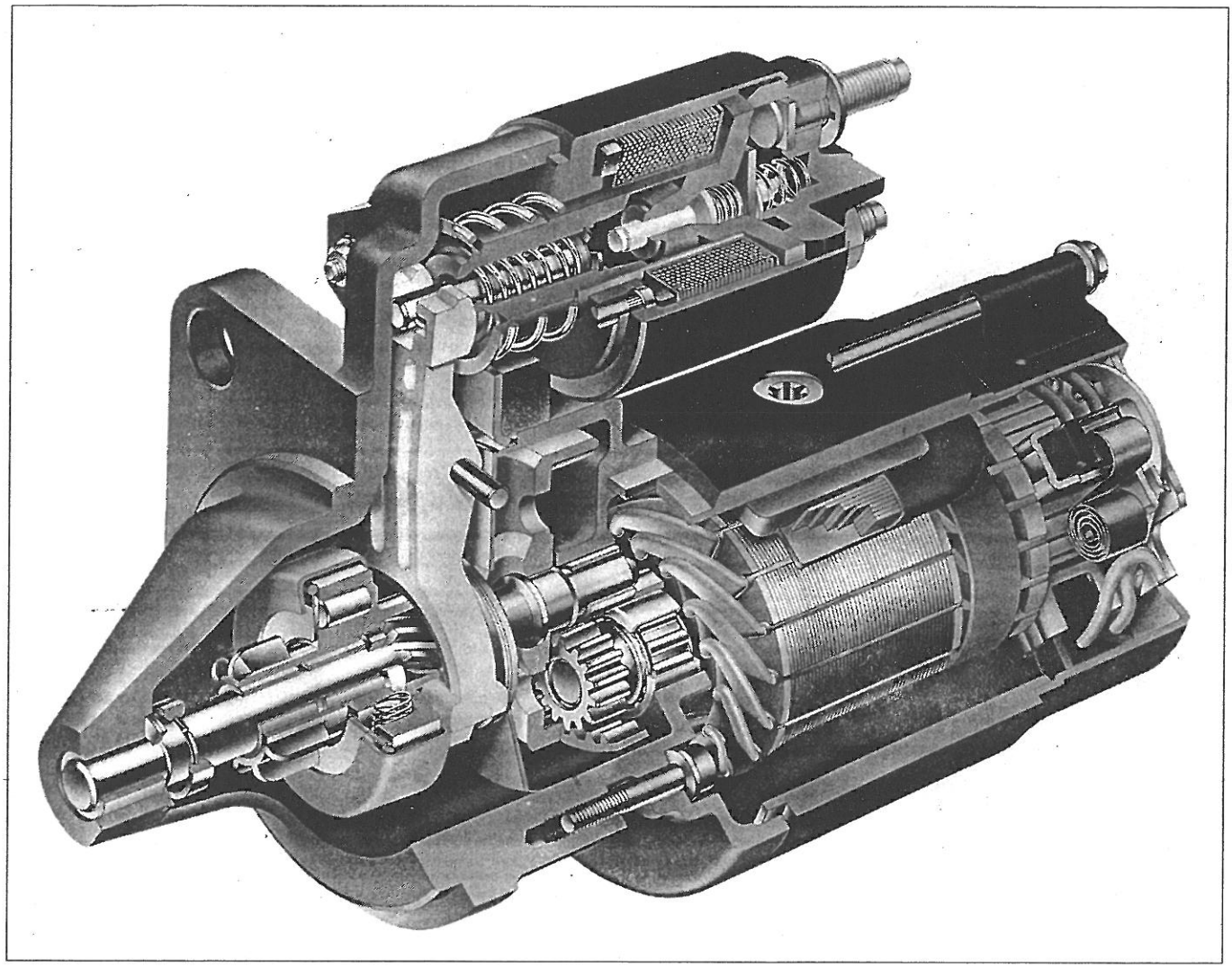


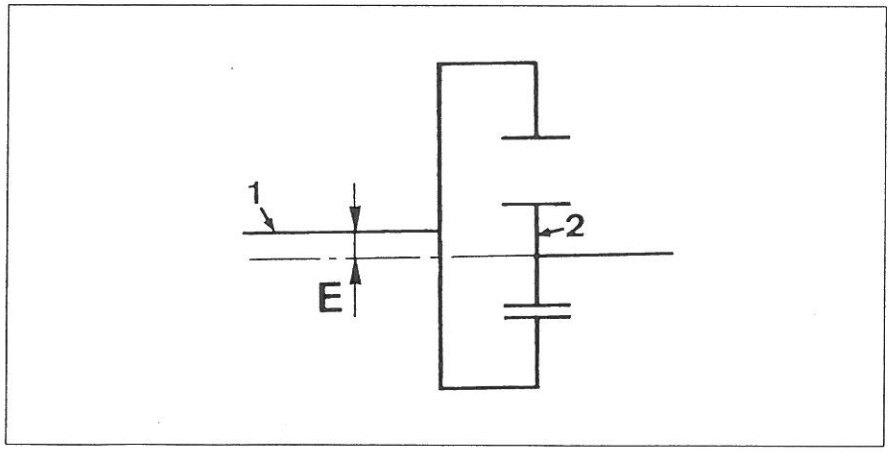
Ce type de démarreur est utilisé sur les moteurs à essence et petits moteur Diesel.

- L'arbre de l'induit est aligné avec l'arbre d'engrènement (solidaire du porte satellite).
- Le planétaire (4) et les satellites (3) sont en acier, alors que la couronne (2) est en polyamide renforcé de fibres de verre, ce qui permet une diminution de poids, une diminution de taille et un fonctionnement silencieux .

Démarreur à réducteur à couronne intérieure

Le réducteur est composé d'un pignon qui s'engrène à l'intérieur d'une couronne .
L'axe de l'induit est décalé par rapport à l'axe du démarreur .
Ce type de démarreur plus puissant est utilisé sur les petits moteurs Diesel .
A puissance équivalente d'un démarreur à conception classique, le gain de poids peut aller jusqu'à 50% .





1- Arbre d'engrènement
2- 2 - Pignon et arbre d'induit
E - Entr'axe pignon/induit