

Moteurs à combustion

Les moteurs à combustion sont des machines thermiques émettant de l'énergie utile développée par la combustion de carburant. On distingue les moteurs à pistons alternatifs, les moteurs à pistons rotatifs et les moteurs à turbine.

Le carburant se présente sous forme gazeuse ou exige une pulvérisation préalable. Il doit être bien mélangé à l'air afin de permettre une combustion aussi complète que possible. Le mélange air/carburant combustible est alors comprimé, allumé et brûlé à l'intérieur de la chambre de combustion. La pression élevée, qui apparaît lors de la combustion, fournit un travail mécanique transmis par les organes du moteur. Dans le cas des moteurs à pistons, les gaz brûlés sont échangés après chaque cycle de travail par un nouveau mélange air/carburant, alors que dans les turbines à gaz ce processus a lieu en cycle continu.

Les moteurs à pistons alternatifs, très répandus, se subdivisent essentiellement en moteurs à essence et en moteurs diesel.

Moteur à essence

Le moteur à essence est un moteur à combustion, dont le dosage du carburant s'effectue soit par un carburateur, soit par un équipement d'injection, ou bien un moteur alimenté directement en carburant gazeux en vue de la formation du mélange (moteur à gaz). La combustion du

mélange air/carburant comprimé est déclenchée par des étincelles d'allumage fournies à intervalles réglables par la bougie (allumage commandé). Le fonctionnement autonome et le débit de puissance ne sont assurés qu'à partir d'un régime minimum. Cette caractéristique impose l'utilisation d'un équipement de démarrage particulier.

Moteur diesel

Le moteur diesel est un moteur à combustion interne, qui n'aspire que de l'air à l'intérieur de la chambre de combustion. En cours de compression, cet air connaît un tel échauffement que le carburant injecté s'allume de lui-même. Le moteur diesel travaille donc d'après le principe de l'auto-allumage. Comme dans le cas du moteur à essence, le fonctionnement autonome et le débit de puissance ne sont possibles qu'après l'obtention de la vitesse de démarrage nécessaire pour assurer l'aspiration et la compression de l'air et, par conséquent, pour établir la température d'allumage requise.

Dispositifs de démarrage

Vue d'ensemble

Les moteurs à combustion doivent être démarrés au moyen d'un dispositif indépendant car ils ne sont pas en mesure de se mettre en marche par leur propre énergie, comme c'est le cas pour les moteurs électriques et les machines à vapeur. Des résistances considérables dues à la compression, au frottement des pistons et des paliers (frottement statique) doivent être vaincues. Ces résistances dépendent surtout du type de construction et du nombre de cylindres du moteur ainsi que des caractéristiques des lubrifiants et de la température du moteur. Aux basses températures les résistances de frottement sont les plus importantes.

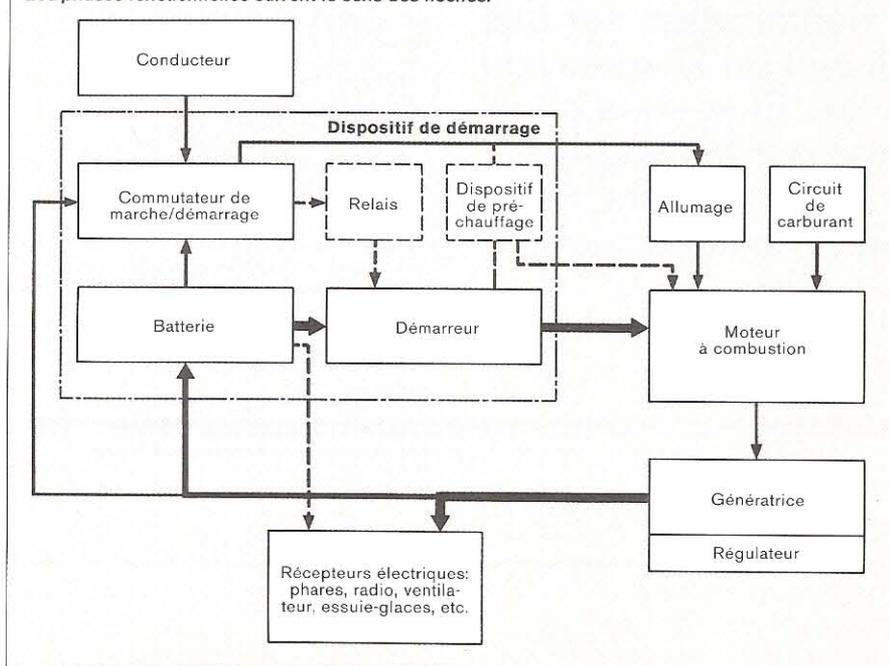
Pour former le mélange air/carburant nécessaire au fonctionnement autonome du moteur à essence, même dans des conditions défavorables, ou pour atteindre la température d'auto-allumage du moteur diesel, le démarreur doit entraîner le moteur à une vitesse minimale (vitesse de démarrage) et l'assister après les premiers allumages pour permettre la montée en régime.

Le démarrage des moteurs à combustion est assuré par des moteurs électriques (à courant continu, alternatif ou triphasé) mais également des moteurs hydrauliques ou pneumatiques.

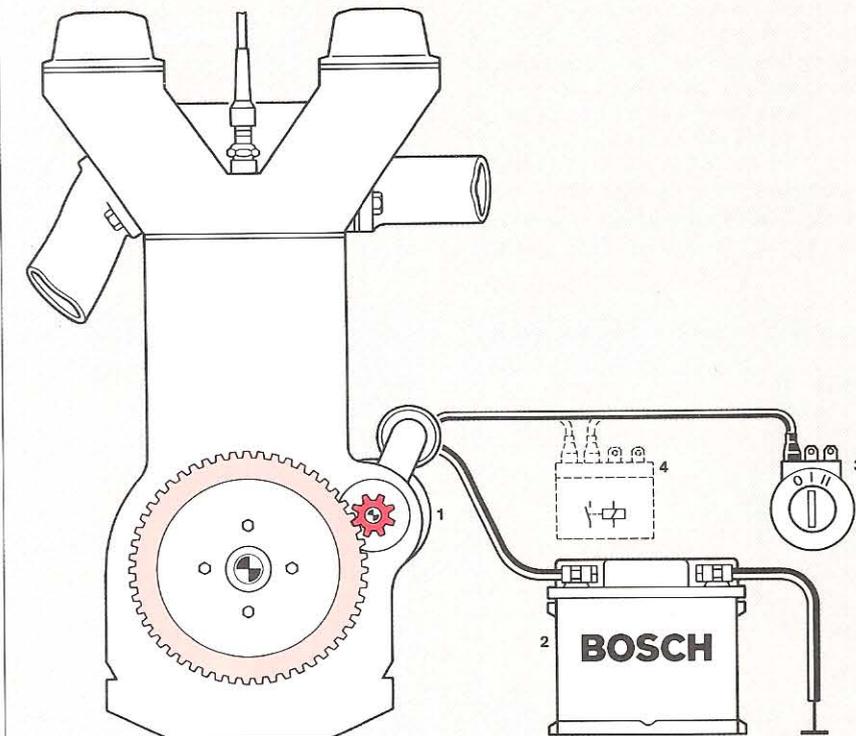
Le moteur série à courant continu convient bien aux opérations de démarrage car il peut fournir le couple initial élevé, nécessaire pour vaincre les résistances de lancement et pour assurer l'accélération des masses du moteur. Le couple est transmis essentiellement par un pignon et une couronne dentée au volant solidaire du vilebrequin du moteur, ou dans certains cas par courroies trapézoïdales, courroies dentées, chaînes ou bien directement au vilebrequin. Le rapport de transmission élevé entre le pignon du démarreur et la couronne dentée permet de concevoir le «démarrateur à pignon» pour un couple bas à des vitesses élevées. On a ainsi la possibilité de maintenir la taille et le poids d'un démarreur à des valeurs raisonnables. Un autre avantage réside dans le fait que l'énergie indispensable au démarrage peut être tirée sur la même batterie, qui sert aussi aux autres récepteurs du circuit de bord du véhicule.

Le démarreur ne doit donc pas être considéré de façon isolée, mais comme une partie de l'ensemble de l'installation.

1 Schéma du circuit de bord d'un véhicule avec dispositif de démarrage intégré. Les phases fonctionnelles suivent le sens des flèches.



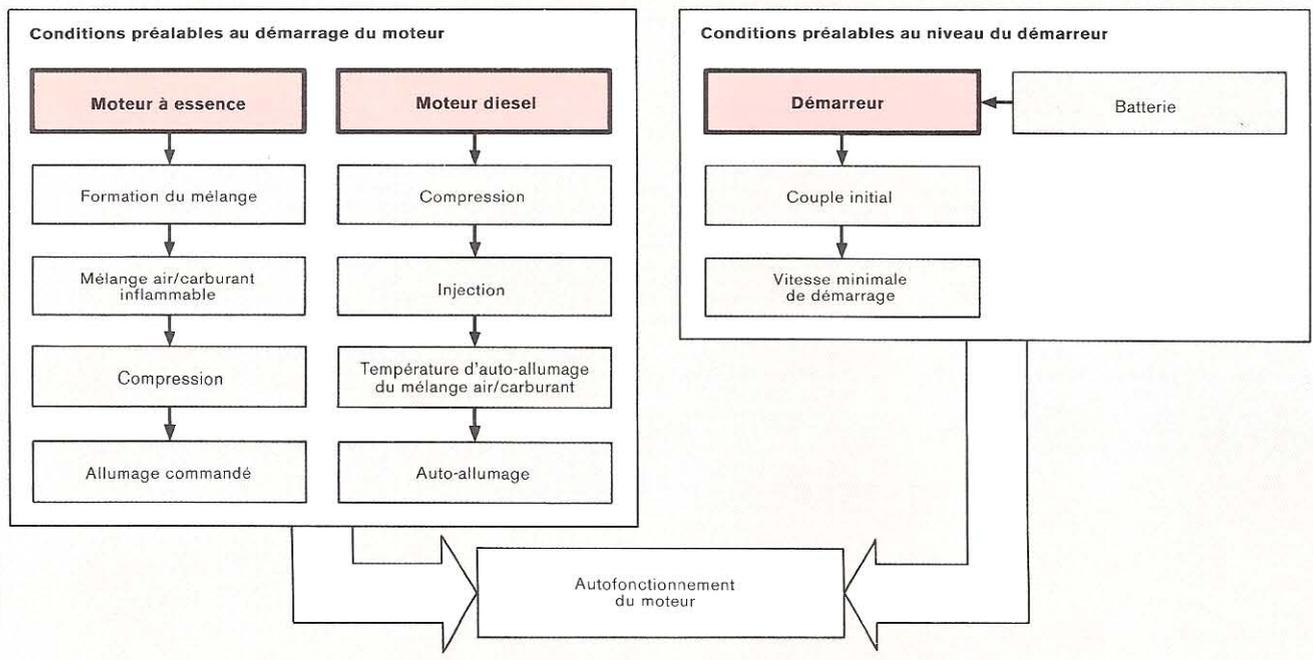
2 **Schéma de principe d'un dispositif de démarrage.**
 1 Démarreur, 2 Batterie, 3 Commutateur de démarrage, 4 Un ou plusieurs relais (en principe uniquement sur les grands dispositifs de démarrage) et auxiliaires de démarrage (sur les moteurs diesel).



Le dimensionnement du démarreur et de la batterie est prévu de telle sorte que l'on dispose, pendant une durée suffisante et même sous des conditions d'exploitation défavorables, de la puissance nécessaire au démarrage. Le démarreur étant le consommateur le plus important d'électricité sur un véhicule, il est normal que la capacité de la batterie soit choisie en fonction du démarreur. Ce dernier doit remplir les exigences suivantes:

- être en disponibilité permanente;
 - offrir une puissance de démarrage suffisante en présence de températures très variables;
 - Longévité importante permettant un nombre de démarrages élevé (en trafic urbain, la fréquence des démarrages est particulièrement élevée);
 - constitution robuste, capable de répondre aux contraintes d'engrènement, de lancement, de secousses, de la corrosion dues à l'humidité et aux sels d'épandage, à l'encastrement, aux variations de température dans le compartiment moteur;
 - poids réduit et encombrement favorable au montage;
 - service sans maintenance, si possible.
- Les conditions de démarrage étant très variables et l'influence de la température jouant un rôle essentiel, il convient que le démarreur soit bien adapté aux autres composants du dispositif de démarrage et à leurs propriétés ainsi qu'au moteur respectif.

3 **Le fonctionnement autonome du moteur à combustion ne peut avoir lieu que si diverses conditions préalables de démarrage sont remplies.**



Conditions de démarrage

Pour choisir un dispositif de démarrage, il faut tenir compte non seulement des principales caractéristiques du moteur, mais également et avant tout des conditions de démarrage.

Il s'agit:

- de la température limite de démarrage, c.-à-d. de la température la plus basse du moteur et de la batterie, à laquelle le démarrage peut être assuré;
- de la résistance de lancement du moteur correspondant au couple transmis au vilebrequin à la température limite de démarrage (y compris tous les auxiliaires non débrayables);
- du régime minimum nécessaire du moteur à la température limite de démarrage;
- du rapport possible de la transmission démarreur/vilebrequin;
- de la tension nominale du dispositif de démarrage;
- des caractéristiques de la batterie de démarrage;
- de la longueur et de la résistance du

câble entre la batterie et le démarreur (chute de tension);

- du couple, de la vitesse et de la puissance du démarreur (courbe caractéristique du démarreur), etc.

Une signification particulière revient à la température limite de démarrage, la température la plus basse qui autorise le fonctionnement autonome du moteur en présence d'une installation électrique donnée, pour un état de charge défini de la batterie correspondante et pour une viscosité déterminée de l'huile. Cette température limite inférieure dépend des conditions climatiques de la région d'utilisation et des conditions d'exploitation, mais également de considérations économiques (l'énergie requise et les frais pour un dispositif de démarrage augmentent beaucoup au fur et à mesure que la température limite de démarrage décroît). Dans l'exemple donné, le démarreur EV de 2,2 kW est associé à la batterie 12 V 90 Ah 450 A pour répondre à la température limite de -23°C . La batterie est déchargée à peine de 20 % de sa capacité nominale. Des essais de

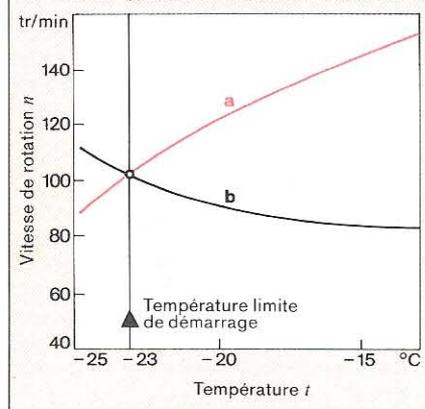
démarrage et de lancement de ce type sont réalisés très fréquemment chez Bosch dans la chambre frigorifique du Centre Technique d'Electricité Automobile.

En Europe les dispositifs de démarrage sont généralement conçus pour les températures limites de démarrage suivantes:

Moteurs de	Température limite de démarrage
Voitures	$-18 \dots -25^{\circ}\text{C}$
Camions et autobus	$-15 \dots -20^{\circ}\text{C}$
Tracteurs	$-12 \dots -15^{\circ}\text{C}$
Groupes propulseurs et stationnaires (bateaux)	-5°C
Locomotives diesel	$+5^{\circ}\text{C}$

La résistance de lancement, c.-à-d. le couple nécessaire au lancement du moteur, dépend surtout de la cylindrée du moteur et de la viscosité de l'huile moteur (valeur de frottement interne de l'huile). En outre, le type et le nombre de cylin-

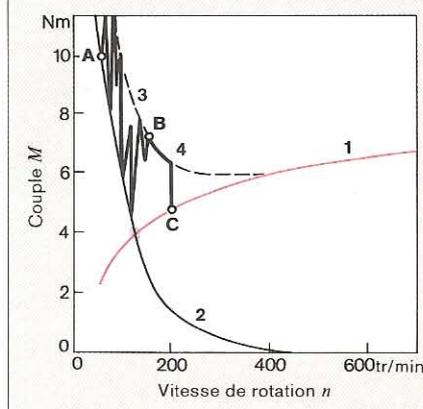
4 Température limite de démarrage pour démarreur de type EV sur un moteur diesel de 2 l.



- a) Vitesse du démarreur; elle diminue en fonction de la baisse de la température en raison de l'augmentation de la résistance interne de la batterie.
 b) Régime de lancement minimum du moteur; il augmente au fur et à mesure de la baisse de la température en raison des résistances de démarrage croissantes. Le point d'intersection des deux courbes donne la température limite de démarrage (ici -23°C). C'est la température la plus basse à laquelle le moteur atteint son fonctionnement autonome, fiable, dans des conditions données.

La vitesse de démarrage nécessaire dépend de la température. Elle est d'autant plus élevée que le moteur est froid afin de permettre son démarrage. Pour répondre aux impératifs de comportement du moteur en fonction de la température, il faudrait que la vitesse de démarrage augmente au fur et à mesure que la température diminue. En réalité, c'est l'inverse qui se produit. Le démarreur dépendant de l'alimentation en énergie de la batterie, sa vitesse de rotation diminue en cas de baisse de la température en raison de l'augmentation de la résistance interne de la batterie et cela d'une façon plus que proportionnelle. Le point d'intersection des deux courbes donne la température limite de démarrage pour chaque dispositif de démarrage.

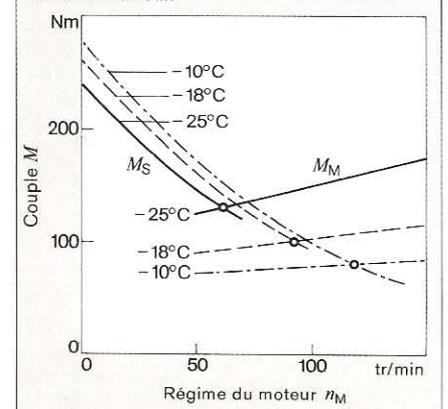
5 Phase de démarrage du moteur à combustion.



- 1 Couple théorique du moteur sous réserve d'une combustion régulière
 2 Couple du démarreur
 3 Couple théorique total par addition du couple du moteur et du démarreur
 4 Couple total réel suite à une combustion irrégulière
 A Anomalies de combustion
 B Fonctionnement régulier du moteur
 C Fonctionnement autonome du moteur

Le diagramme représente le démarrage. Pendant que le moteur effectue les premiers cycles d'allumage après avoir dépassé le régime minimum de démarrage et atteint son seuil de fonctionnement autonome, le couple croît de façon continue (courbe 1, ligne uniforme simplifiée). Il y a superposition avec le couple décroissant du démarreur (courbe 2). Pendant cette phase de transition, le démarreur n'assiste plus que la montée en régime du moteur jusqu'à ce qu'il soit « dépassé » par ce dernier. L'addition des deux courbes de couple donne un couple théorique total (courbe 3, trait interrompu). En réalité, cette courbe n'est atteinte que par pointes en raison des cycles de combustion irréguliers apparaissant pour la première fois au point A, jusqu'à ce que le moteur présente un fonctionnement régulier au point B et un fonctionnement autonome au point C après le désengrènement du démarreur.

6 Couples du moteur (résistance au lancement) et du démarreur.



- M_S Couples du démarreur à diverses températures (par rapport à l'arbre moteur).
 M_M Couple d'un moteur à essence de 3 l à diverses températures. Le point d'intersection des courbes correspondantes détermine la vitesse de lancement du moteur à -25 , -18 et -10°C .

Couples (résistances de lancement) d'un moteur à essence de 3 l et couples du démarreur en présence d'une batterie de 55 Ah déchargée de 20 % à diverses températures, en fonction du régime. En général, la résistance moyenne augmente sur les moteurs à essence au fur et à mesure que le régime croît (sur les moteurs diesel par contre la résistance peut rediminuer après un maximum pour un régime de 80 à 100 tr/min en raison de la récupération du travail de compression relativement élevé). Le point d'intersection des courbes correspondantes des couples du moteur et du démarreur détermine la vitesse de lancement du moteur à la température respective.

dres du moteur, le rapport entre la course et l'alésage, le taux de compression, le régime, la masse des parties mobiles du moteur et de leurs paliers ainsi que l'entraînement des organes secondaires (embrayage, boîte de vitesses, etc.) ont aussi une grande influence.

La vitesse minimale de démarrage varie beaucoup en fonction du type de moteur et des composants servant à la formation du mélange. Sur les moteurs diesel, la présence d'auxiliaires de démarrage est vitale. Le tableau suivant (figure 7) donne quelques valeurs empiriques significatives.

Tension nominale du dispositif de démarrage

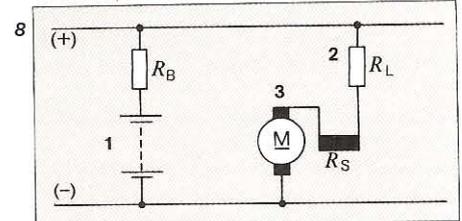
Il existe des dispositifs de démarrage pour diverses tensions nominales: Les voitures actuelles sont équipées généralement d'un dispositif de 12 V. Les tracteurs et les petits moteurs de groupes et de bateaux (moteurs diesel d'une cylindrée maximale de 8 l) sont également équipés d'un dispositif de 12 V. Dans certains cas et sur les véhicules spéciaux, le dispositif est conçu pour 24 V.

Puissance nominale

Outre la tension nominale, la puissance nominale constitue une autre caractéristique importante du démarreur et se retrouve donc dans la désignation du type. La puissance nominale est un paramètre exactement défini et déterminé sur le banc d'essai. Elle se réfère à une batterie spécifique du démarreur considéré, déchargée de 20% à une température de -20°C , et à une résistance de $1\text{ m}\Omega$ du câble d'alimentation. Ces conditions garantissent le fonctionnement du démarreur, même dans des circonstances défavorables. La puissance effective, transmise au pignon du démarreur dans l'état de fonctionnement respectif, correspond à la puissance intérieure absorbée après déduction des pertes dans le fer, dans le cuivre et par frottement. La puissance d'un démarreur dépend donc surtout de la résistance du câble d'alimentation et de la résistance interne de la batterie. La puissance du démarreur est d'autant plus grande que la résistance interne de la batterie est plus faible.

8) Schéma de principe d'un dispositif de démarrage.

La puissance utile d'un démarreur dépend essentiellement de la résistance du câble d'alimentation R_L , de la résistance interne de la batterie R_B et de la résistance interne du démarreur R_S .
1 Batterie, 2 Câble d'alimentation, 3 Démarreur.



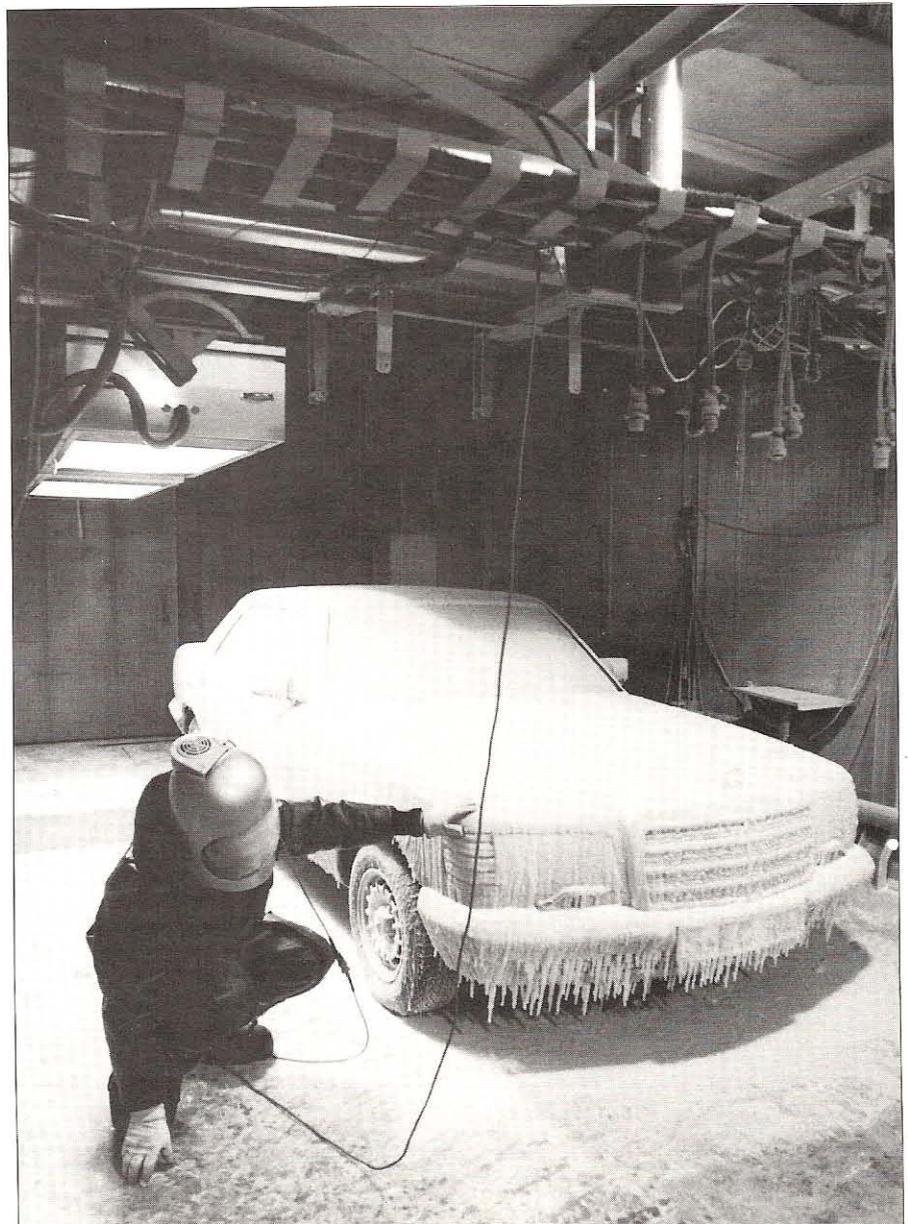
9) Des chambres frigorifiques permettent la simulation de conditions arctiques pour tester les équipements automobiles.

7 Valeurs empiriques de vitesses de démarrage maximales.

Vitesses de démarrage nécessaires à -20°C	tr/min
Moteurs à essence à pistons alternatifs	60...90
Moteurs à essence à pistons rotatifs	150...180
Moteur diesel à injection directe sans auxiliaire de démarrage avec auxiliaire de démarrage (p.ex. bougies de préchauffage)	80...200 60...140
Moteurs diesel à préchambre ou à chambre de turbulence sans auxiliaire de démarrage avec bougie de préchauffage comme auxiliaire de démarrage	100...200 60...100

Les poids lourds et les autobus ont des dispositifs de 12 V ou de 24 V. Les gros véhicules ont habituellement une tension nominale de démarreur de 24 V. En effet, une chute de tension plus favorable permet de réduire le volume tout en maintenant la puissance de démarrage nécessaire.

Les groupes ferroviaires, maritimes ou stationnaires, équipés de gros moteurs diesel, offrent davantage de liberté dans le choix d'une tension plus élevée que dans le cas des véhicules. Une tension supérieure est déjà justifiée par la distance plus importante entre la batterie et le démarreur. Ces démarreurs pour les gros moteurs d'une cylindrée de 20 à 80 l env. (en cas de fonctionnement en parallèle de deux démarreurs, sur des moteurs de 40 à 160 l) existent pour des tensions nominales de 24, 32, 36, 50, 64, 72, 96 et 110 V.



Dispositifs de démarrage pour voitures de tourisme

On entend par voitures de tourisme tous les véhicules servant au transport de 9 personnes au maximum, bagages compris.

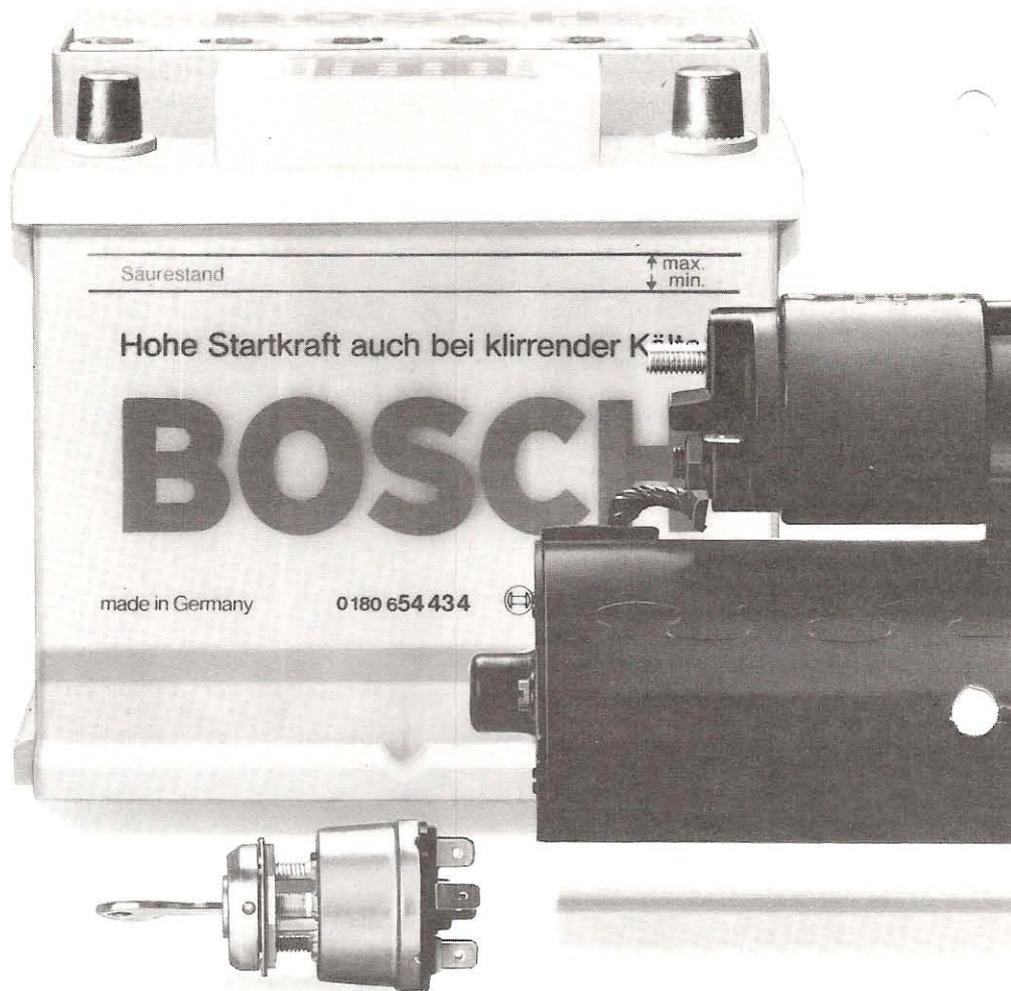
Les dispositifs de démarrage des voitures sont constitués, en général, de démarreurs à commande positive (électromécanique) jusqu'à une puissance nominale de 2 kW environ. La tension nominale est généralement de 12 V. Ils permettent de démarrer des moteurs à essence d'une cylindrée maximale de 7 l environ et des moteurs diesel atteignant une cylindrée de 3 l. Le besoin en puissance au démarrage dépend beaucoup du procédé de combustion. A cylindrée égale, un moteur diesel exige un démarreur plus puissant qu'un moteur à essence.

Le circuit de démarrage des voitures est généralement de conception très simple. Le moteur à combustion se trouve à proximité du conducteur qui peut ainsi facilement contrôler à l'oreille l'opération de démarrage. Le fonctionnement du moteur est audible après le démarrage. Une répétition inopinée de l'enclenchement du démarreur et de l'engrènement du pignon sur la couronne dentée en rotation est pratiquement invraisemblable. C'est pourquoi les voitures ne sont normalement pas équipées de dispositifs de protection et de surveillance du démarrage. La plupart des modèles de voitures disposent d'un commutateur d'allumage et de démarrage présentant un verrouillage supplémentaire afin d'exclure toute répétition inopinée du démarrage.

Dispositifs de démarrage des voitures de tourisme à moteur à essence

Le dispositif de démarrage correspond au schéma de principe de la figure 10. Un commutateur d'allumage et de démarrage à plusieurs positions assure la commande du circuit de démarrage. L'allumage est mis en circuit avant l'actionnement du démarreur. En effet, le démarrage et le fonctionnement autonome du moteur ne sont pas possibles sans l'action conjointe de l'allumage. Le processus d'allumage se poursuit après la mise hors circuit du démarreur et permet le fonctionnement autonome du moteur à essence.

Les dispositifs d'allumage à bobine commandée par un rupteur mécanique favorisent le démarrage du moteur grâce à l'élévation de la tension provoquée par le shuntage de la résistance ballast de la bobine. Il convient d'utiliser des démarreurs présentant une borne de connexion supplémentaire (15a).



10 Circuit de démarrage d'une voiture de tourisme à moteur à essence.

Positions:

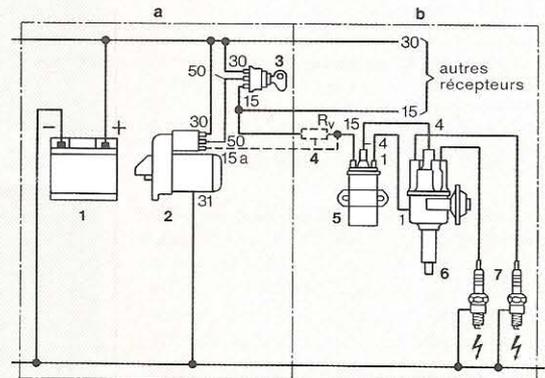
1. Contact mis
2. Démarreur «marche»
3. Démarreur «arrêt»

a) Dispositif de démarrage:

- 1 Batterie
- 2 Démarreur
- 3 Commutateur «allumage/démarrage»

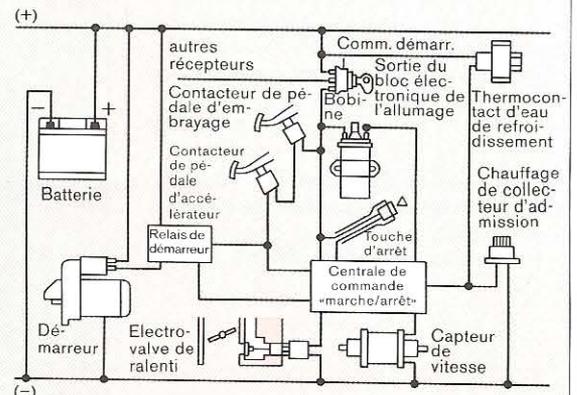
b) Allumage:

- 4 Résistance ballast (n'existe pas toujours; impose un démarreur avec borne 15a)
- 5 Bobine
- 6 Allumeur
- 7 Bougies



11 Circuit d'un dispositif de démarrage équipé d'un automate «marche/arrêt».

L'automate «marche/arrêt» permet d'économiser le carburant quand le véhicule est immobilisé, p.ex. en cas d'embouteillages. Une commande électronique assure, sur simple pression de touche, l'arrêt du moteur du véhicule immobilisé puis son redémarrage dès l'actionnement des pédales d'embrayage et d'accélérateur. L'électronique limite la phase de démarrage à la durée minimale nécessaire afin de ménager la batterie et le démarreur.



Dispositifs de démarrage des voitures de tourisme à moteur diesel

La figure 12 montre le schéma de principe d'un dispositif de démarrage moderne pour moteur diesel. Le démarrage n'est possible qu'après la mise en action du dispositif de préchauffage. Les nouveaux systèmes de préchauffage des voitures de tourisme disposent, le plus souvent, d'un commutateur «marche/préchauffage/démarrage» combiné, servant au démarrage au bout d'un temps de préchauffage prédéterminé. Cet instant est signalé par l'extinction d'une lampe témoin. Sur les dispositifs de démarrage classiques pour moteur diesel, le commutateur de marche et le commutateur de préchauffage/démarrage sont encore séparés.

Le démarrage du moteur diesel est possible dès que la surface de la bougie de préchauffage a atteint un échauffement tel que le carburant peut s'enflammer. Contrairement à l'allumage du moteur à essence, le dispositif de préchauffage du moteur diesel est mis hors circuit en même temps que le démarreur, dès que la phase de démarrage est terminée.

Automate «marche/arrêt»

Les efforts, qui tendent à économiser le carburant, ont conduit à prévoir sur certaines voitures, en plus d'autres mesures visant à réduire la consommation, un nouveau dispositif appelé «automate marche/arrêt» (figure 11).

Le rôle de cet automate est d'arrêter le

moteur en cas d'immobilisations fréquentes, occasionnées par les feux de signalisation, les passages à niveau fermés, les bouchons de circulation, etc., et de le redémarrer rapidement grâce à un automatisme de commande.

L'automate «marche/arrêt» comprend les composants essentiels suivants:

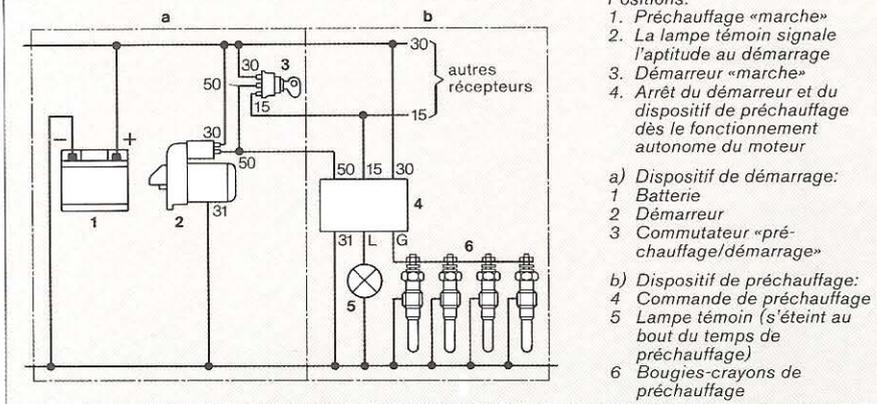
- Touche d'arrêt
- Contacteur de pédale d'embrayage
- Contacteur de pédale d'accélérateur
- Centrale de commande «marche/arrêt»
- Capteur de vitesse de rotation

L'actionnement de la touche «arrêt» introduit l'arrêt du moteur.

L'électrovalve de ralenti du carburateur puis l'allumage sont alors mis hors circuit. Cette fonction n'est cependant assurée que pour une vitesse inférieure à 2 km/h (capteur de vitesse). Le redémarrage immédiat et automatique du moteur intervient sans actionnement de la clé de contact, lorsque la première vitesse est enclenchée. Il suffit alors d'appuyer complètement sur la pédale d'embrayage (contacteur) et sur la pédale d'accélérateur jusqu'à un point de commutation bien précis (contacteur).

L'automate «marche/arrêt» termine le démarrage par la coupure automatique de l'alimentation électrique du démarreur dès que la vitesse de 500 tr/min est atteinte. Il empêche aussi tout engrenement incontrôlé du démarreur lorsque le moteur tourne à une vitesse supérieure à 30 tr/min. Cet équipement permet d'économiser du carburant, d'éviter les émissions inutiles et garantit, tout de même, la disponibilité de marche permanente.

12 Circuit de démarrage d'une voiture de tourisme à moteur diesel (version moderne).



Dispositifs de démarrage pour véhicules utilitaires

Les véhicules utilitaires sont des véhicules servant au transport de plus de 9 personnes, de marchandises et/ou à la traction de remorques. Cette catégorie de véhicules comprend les principaux groupes suivants:

- Autocars (p.ex. petits autobus, autobus de ligne, autobus articulés, autocars de tourisme, autocars spéciaux);
- Camions de diverses tailles;
- Camions spéciaux (p.ex. camions-citernes, camions de sapeurs-pompiers, camions de dépannage, camions d'enlèvement des ordures);
- Véhicules tracteurs (tracteurs routiers, tracteurs de semi-remorques et tracteurs agricoles).

En raison de la diversité des véhicules utilitaires, il a fallu adapter les dispositifs de démarrage à l'application pratique, à la construction et au moteur du véhicule considéré.

Les véhicules utilitaires légers, tels que les camionnettes et les petits autobus à moteur à essence ou diesel ou bien les tracteurs sont généralement équipés de simples dispositifs de démarrage de 12 V qui – sans tenir compte de la puissance de démarrage plus élevée – correspondent presque à la conception très simple

des dispositifs de démarrage courants des voitures de tourisme. Des relais de commutation et de protection spéciaux ne sont pas nécessaires pour garantir un démarrage efficace.

Les véhicules utilitaires moyens, équipés d'un moteur à essence dont la cylindrée peut atteindre 20 l, sont dotés en général d'un dispositif de démarrage de 12 V. Les véhicules comparables à moteur diesel, dont la cylindrée peut atteindre 12 l, sont équipés de dispositifs de démarrage d'une tension nominale de 12 ou de 24 V. Les poids lourds équipés d'un moteur diesel d'une cylindrée maximale de 24 l imposent l'utilisation de dispositifs de démarrage de 24 V alimentés par deux batteries de 12 V. C'est surtout en raison de la distance importante entre la batterie et le démarreur que les dispositifs de 24 V ont leurs avantages: les pertes de tension ont un effet moins négatif, de sorte que l'on obtient des conditions de démarrage plus favorables avec un groupe de batteries équivalent. En outre, la puissance de démarrage réalisable en dépend. C'est pourquoi il existe aussi des dispositifs de démarrage «mixtes» de 12/24 V d'une tension de bord de 12 V et d'une tension de 24 V aux bornes du démarreur.

Les exemples suivants présentent quelques circuits caractéristiques de dispositifs de démarrage pour véhicules utilitaires.

Dispositifs de démarrage à commutation de batteries 12/24 V

Divers véhicules utilitaires lourds – essentiellement les camions – sont équipés d'un dispositif mixte 12/24 V (figure 17).

Les récepteurs électriques (à l'exception du démarreur) et la génératrice de tension associés à ces dispositifs sont conçus pour une tension nominale de 12 V. Par contre le démarreur peut être exploité avec une tension nominale de 24 V. La puissance nécessaire au démarrage des gros moteurs diesel peut donc être engendrée de cette manière. C'est pourquoi les dispositifs de 12/24 V sont équipés d'un relais de commutation de batteries. Les deux batteries de 12 V du circuit de bord sont en parallèle pour l'alimentation des récepteurs pendant la marche normale ou lorsque le moteur est arrêté: elles offrent donc une tension de 12 V. Dès l'actionnement du commutateur de démarrage, le coupleur commute automatiquement les deux batteries en série pour l'opération de démarrage. On dispose alors d'une tension de 24 V aux bornes du démarreur. Tous les autres récepteurs continuent d'être alimentés en 12V. Après relâchement du commutateur de démarrage, le démarreur est mis hors circuit et les batteries sont remises en parallèle. Pendant que le moteur tourne, les batteries sont rechargées par la génératrice de 12 V.



Dispositifs de démarrage à système de blocage du démarreur 16

Les dispositifs de démarrage, sur lesquels la préception acoustique de l'opération de démarrage n'est plus évidente (autobus avec moteur à l'arrière) exigent un circuit plus complexe car ils demandent une protection plus efficace du démarreur et de la couronne dentée du moteur.

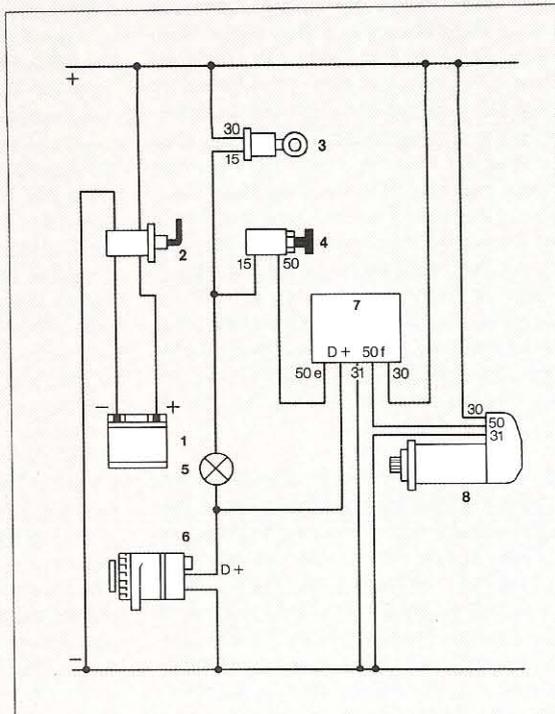
La figure 16 représente un dispositif de démarrage pour véhicules utilitaires à relais de blocage électronique du démarreur. Ce circuit protège le dispositif de démarrage sous plusieurs aspects:

- Mise hors circuit à la fin du démarrage;
- Blocage lorsque le moteur tourne déjà;
- Blocage quand le moteur n'est pas encore à l'arrêt;
- Blocage après démarrage manqué, c.-à-d. lorsque le fonctionnement autonome du moteur n'a pas lieu.

Pour prévenir, dans ces deux dernières éventualités, une nouvelle tentative prématurée de démarrage, il convient d'intégrer une temporisation (relais).

Circuit d'un dispositif de démarrage avec relais de blocage électronique du démarreur.
 Les dispositifs de démarrage des véhicules utilitaires, sur lesquels le conducteur n'est pas en mesure de surveiller directement le démarrage (p.ex. autobus avec moteur à l'arrière), sont équipés d'un relais de blocage du démarreur pour prévenir tout démarrage inopiné du moteur tournant déjà ou n'ayant pas encore cessé de tourner.

- 1 Batterie
- 2 Robinet de batterie
- 3 Commutateur de marche
- 4 Commutateur de démarrage
- 5 Lampe témoin d'alternateur
- 6 Alternateur triphasé
- 7 Relais de blocage électronique du démarreur
- 8 Démarreur



13, 14, 15) Les dispositifs de démarrage des véhicules utilitaires sont adaptés à l'application pratique, à la construction et au moteur du véhicule respectif.

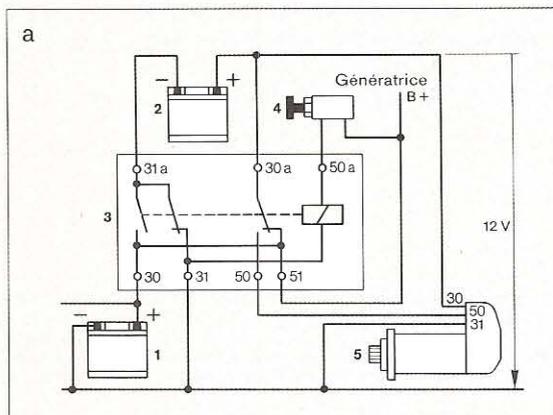


17 Circuit d'un dispositif de démarrage avec coupleur de batteries.

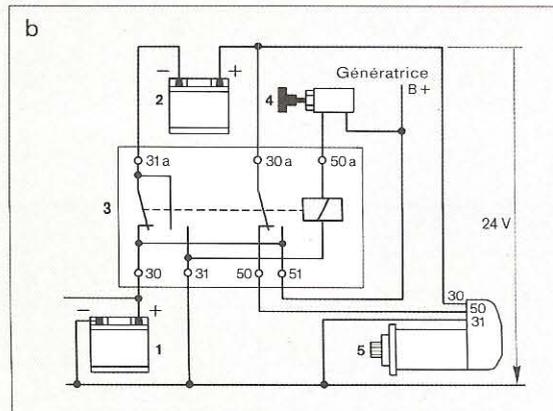
Les dispositifs à démarreur de 24 V, utilisés sur les véhicules utilitaires ayant une tension de bord de 12 V, imposent le montage d'un coupleur de batteries.

- 1 Batterie I de 12 V
- 2 Batterie II de 12 V
- 3 Coupleur de batteries
- 4 Commutateur de démarrage
- 5 Démarreur 24 V

a) A l'état initial, c.-à-d. lorsque le démarreur est hors circuit, deux batteries de 12 V sont mises en parallèle pour alimenter le réseau de bord de 12 V. Dans cette position, les batteries sont chargées par une génératrice de 12 V pendant le fonctionnement autonome du moteur.



b) Dès l'actionnement du commutateur de démarrage, les batteries sont provisoirement en série par l'intermédiaire d'un relais de couplage. Une tension de 24 V est alors appliquée aux bornes du démarreur.



Dispositifs de démarrage spéciaux

Les dispositifs de démarrage spéciaux ne s'appliquent pas à un domaine d'utilisation ni à un type de véhicule prédéterminés. On les rencontre – en différentes variantes – sur les gros véhicules utilitaires (p.ex. sur les autocars long courrier avec moteur à l'arrière ou sur les véhicules spéciaux avec moteur sous le plancher), sur les groupes propulseurs diesel des véhicules ferroviaires, sur les bateaux (pour les moteurs diesel principaux ou auxiliaires en fonction de la taille du bateau), sur les moteurs des groupes stationnaires (p.ex. sur les groupes de pompage, les groupes électrogènes de secours, les commandes de générateurs, etc.).

Les diverses conditions d'exploitation exigent souvent des dispositifs de démarrage complexes, équipés de relais de protection et de surveillance adaptés aux applications spécifiques. Ces relais commandent le démarrage, évitent la détérioration du démarreur et de la couronne dentée en cas d'erreurs de commande et permettent aussi l'actionnement simultané de deux démarreurs en cas de fonctionnement en parallèle. Le plus souvent, le moteur est tellement éloigné du conducteur ou de l'opérateur que la phase de démarrage n'admet aucune surveillance optique ni acoustique. Dans la pratique, le démarrage est souvent réalisé au moyen d'une commande à distance ou d'un système automatique (p. ex. groupes électrogènes, thermopompes à moteur diesel, etc.). Pour des raisons de sécurité, toutes les installations électriques complexes des véhicules utilitaires doivent posséder aussi un interrupteur principal de bat-

terie permettant d'isoler le circuit de bord de la batterie lorsque le moteur est à l'arrêt (stationnement, maintenance, pannes).

La grande variété de circuits de démarrage rend impossible la présentation de toutes les alternatives. Les exemples suivants se limitent donc à quelques circuits bien caractéristiques.

Dispositifs de démarrage à répétition du démarrage

Les dispositifs de démarrage à commande à distance ou indirecte (p.ex. sur les groupes stationnaires, les motrices diesel et les véhicules utilitaires avec moteur à l'arrière) sont complétés, dans certains cas, par un relais de répétition du démarrage. Cette formule est surtout adoptée lorsque la distance par rapport au moteur ne permet pas de contrôler l'efficacité de la tentative de démarrage. Le circuit est conçu de telle sorte que le relais de répétition n'intervient pas lors de l'engrènement normal du pignon du démarreur.

Pour prévenir toute surcharge thermique du démarreur en cas de démarrage manqué (faux engrènement), le relais de répétition interrompt l'essai de démarrage inefficace et le répète automatiquement. Cette opération peut se dérouler plusieurs fois jusqu'à engrènement du pignon sur la couronne dentée et jusqu'à la commutation du courant de démarrage (figure 20).

Le relais de blocage du démarreur, intégré aussi au circuit de commande, protège le démarreur contre un démarrage inopiné lorsque le moteur fonctionne déjà ou n'a pas encore cessé de tourner. Ce type de circuit est uniquement appliqué aux démarreurs à pignon coulissant à deux temps de commande (démarreurs K, Q ou T) dotés de la borne supplémentaire 48.

Dispositifs de démarrage (12 ou 24 V) avec relais de couplage des démarreurs pour fonctionnement en parallèle

Le lancement des très gros moteurs à combustion imposerait l'utilisation individuelle de démarreurs volumineux. Il est donc préférable, pour des raisons d'encombrement, de prévoir deux petits démarreurs à la place d'un grand. Pour permettre au moteur d'atteindre sa vitesse de démarrage utile, il faut que les deux démarreurs, montés en parallèle, entraînent simultanément la couronne dentée. Si l'alimentation en courant est garantie, les deux démarreurs, qui fonctionnent en parallèle, donnent environ le double de la puissance de démarrage d'un seul appareil.

Les dispositifs de démarrage en parallèle d'une faible tension (12 ou 14 V) sont équipés, en plus du relais de blocage et du relais de répétition déjà décrits, d'un relais de couplage des démarreurs (figure 21). Ce relais de couplage permet l'engrènement successif des deux démarreurs sur la couronne dentée du moteur. Le courant total de démarrage n'est disponible qu'après l'engrènement complet du second démarreur. Les deux démarreurs développent ainsi simultanément la totalité de leur couple maximum et aucun d'eux n'est surchargé.

Les démarreurs appropriés à ce fonctionnement en parallèle possèdent des bornes de raccordement supplémentaires.

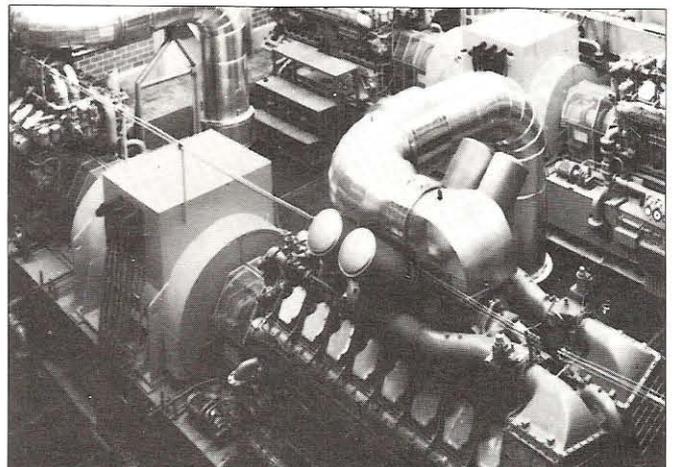
18, 19 Les gros véhicules à moteur diesel et les moteurs diesel stationnaires, de grosse cylindrée, exigent des dispositifs de démarrage spéciaux, adaptés à leur construction et à leurs conditions d'exploitation. Si une tension nominale de 12 ou 24 V convient encore aux puissances inférieures – cylindrée maximale de 20 l –, les moteurs diesel d'une cylindrée supérieure à 20 l exigent

cependant des dispositifs de démarrage d'une tension nominale de 50, 72 ou 110 V. Le nombre et la combinaison des relais à utiliser dépend de chaque cas particulier (p.ex. dispositifs de démarrage à commande à distance, fonctionnement en parallèle de deux démarreurs, etc.).

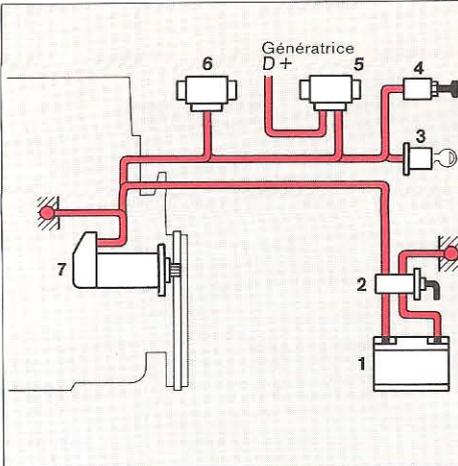
18



19



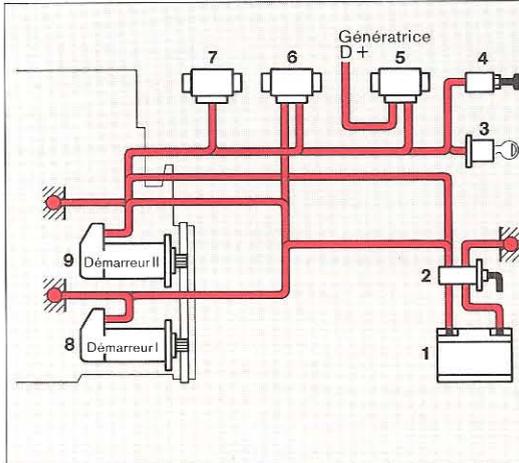
20



- 1 Batterie
- 2 Robinet de batterie
- 3 Commutateur de marche
- 4 Commutateur de démarrage
- 5 Relais de blocage du démarreur
- 6 Relais de répétition du démarrage
- 7 Démarreur

Circuit d'un dispositif de démarrage de 12 ou 24 V équipé d'un démarreur à pignon coulissant type KB ou QB, d'un relais de blocage du démarreur et d'un relais de répétition du démarrage. Les relais utilisés conviennent aux dispositifs de démarrage à commande à distance ou au démarrage non surveillé par un opérateur (p.ex. motrices diesel, autobus avec moteur à l'arrière moteurs stationnaires). Cet équipement permet d'éviter, d'une part, le démarrage inopiné du moteur fonctionnant déjà ou n'ayant pas encore cessé de tourner et de prévenir, d'autre part, une interruption ou bien une répétition automatique du démarrage en cas de faux engrenement.

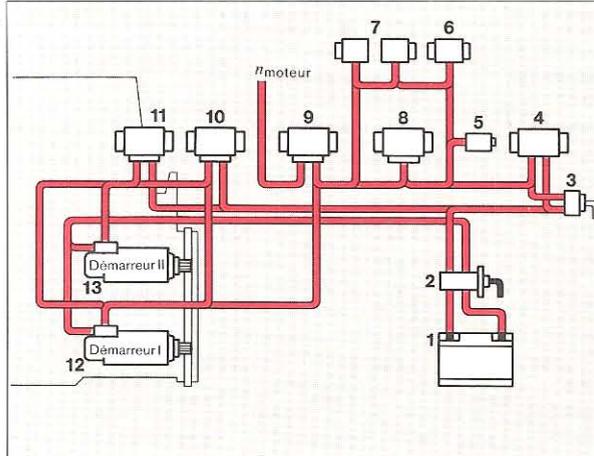
21



- 1 Batterie
- 2 Robinet de batterie
- 3 Commutateur de marche
- 4 Commutateur de démarrage
- 5 Relais de blocage du démarreur
- 6 Relais de répétition du démarrage
- 7 Relais de couplage des démarreurs
- 8 Démarreur I
- 9 Démarreur II

Circuit d'un dispositif de démarrage de 12 ou 24 V pour le fonctionnement en parallèle de 2 démarreurs à pignon coulissant du type KB pour le démarrage de très gros moteurs à combustion. Les dispositifs de démarrage en parallèle, à basse tension, exigent, en plus du relais de blocage et du relais de répétition, un relais de couplage des démarreurs assurant la commutation simultanée des deux démarreurs après l'engrenement.

22



- 1 Batterie
- 2 Robinet de batterie
- 3 Commutateur de marche
- 4 Relais du moteur de pompe
- 5 Moteur de pompe à huile
- 6 Manocontact de pression d'huile
- 7 Appareils de surveillance
- 8 Relais du circuit de maintien
- 9 Relais de blocage du démarreur (détection de la vitesse - génératrice ou capteur)
- 10 Relais de répétition du démarrage
- 11 Relais de connexion en parallèle
- 12 Démarreur I
- 13 Démarreur II

Circuit d'un dispositif de démarrage de 50 à 110 V pour le fonctionnement en parallèle de 2 démarreurs à pignon coulissant du type TB (avec thermocontact) pour le démarrage de très gros moteurs à combustion. Les dispositifs de démarrage en parallèle, à tension assez élevée, exigent, en plus du relais de blocage et du relais de répétition, un relais de connexion en parallèle garantissant la commutation simultanée des deux démarreurs après l'engrenement. Des appareils de surveillance étant aussi reliés au câble de commande des démarreurs, il existe également un relais pour le circuit de maintien assurant une protection contre d'éventuelles interruptions de la phase de démarrage.

Dispositifs de démarrage (50 à 110 V) avec relais de connexion pour fonctionnement en parallèle

Sur les dispositifs de démarrage en parallèle, à tension assez élevée (50 à 110 V), un relais de connexion en parallèle spécial est utilisé en plus du relais de répétition, associé à un relais de pilotage, et du relais de blocage commandé par la fréquence.

Le relais de connexion en parallèle commute le courant principal pour le deuxième démarreur. En outre, il doit veiller, par un circuit approprié, à ce que les démarreurs engrenent successivement et à ce qu'ils reçoivent simultanément le courant principal de démarrage après l'engrenement complet. La figure 22 montre un

dispositif de démarrage avec circuit en parallèle pour des véhicules démarrés indirectement ou automatiquement, p.ex. dès l'obtention d'une pression d'huile déterminée ou d'une température bien définie.

Sur les automotrices, les locomotives, les gros moteurs stationnaires, etc., on trouve fréquemment des appareils de surveillance de l'huile de lubrification, de la température et du niveau d'eau, passant brièvement au repos et pouvant entraîner la coupure du circuit de commande de démarrage. Pour éviter tout soudage du pont de commutation du contacteur électromagnétique au cours de cette opération, un relais de circuit de maintien empêche le démarreur d'être enclenché

ou déclenché inutilement pendant le démarrage par ces appareils de surveillance.

Alors que sur les installations à basse tension le relais de pilotage est incorporé au démarreur à pignon coulissant, ce relais forme une unité homogène avec le relais de répétition du démarrage sur les dispositifs à tension assez élevée. On obtient ainsi une sécurité accrue pendant les commutations.

Conception de base des démarreurs

Les démarreurs sont constitués, en général, des unités de montage suivantes:

- ① Moteur de démarrage électrique, parfois avec réducteur;
- ② Contacteur électromagnétique et connexions électriques, parfois avec relais de pilotage supplémentaire;
- ③ Lanceur.

Moteur électrique de démarrage

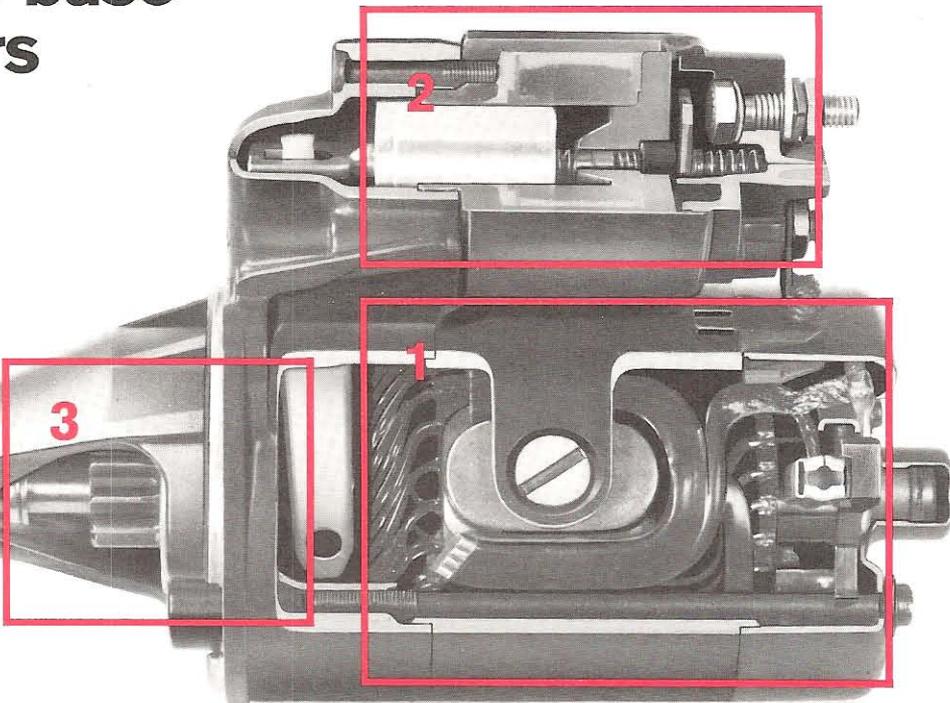
Principe

Le moteur électrique utilise le courant pour engendrer un mouvement rotatif. De l'énergie électrique y est transformée en énergie mécanique.

Ce phénomène est dû au fait qu'une force est exercée sur un conducteur traversé par un courant électrique à l'intérieur d'un champ magnétique. La valeur de la force est proportionnelle à l'intensité du champ magnétique et à l'intensité du courant électrique. Sa valeur est maximale dès que le champ magnétique est perpendiculaire à la direction du courant électrique.

Le conducteur présente, pour des raisons pratiques, la forme d'une boucle à rotation libre à l'intérieur du champ magnétique. Lorsque cette boucle est traversée par un courant électrique, elle se place normalement en position verticale par rapport au champ magnétique et y est maintenue par la force magnétique. Par contre, si le sens du courant électrique est inversé dans la boucle conductrice en ce point neutre, il y a possibilité d'empêcher l'immobilisation. Le couple de rotation possède alors le même sens et permet une rotation continue de la boucle conductrice. Cette inversion du courant électrique est réalisée au niveau d'un collecteur (inverseur de courant) qui, dans le cas de ce modèle, est constitué de deux segments en forme de demicercles isolés entre eux, auxquels sont raccordés les deux extrémités de la boucle conductrice. Deux balais sont reliés à la source de courant et permettent le passage du courant électrique à travers chaque boucle conductrice (figure 23, en haut à gauche).

Pour obtenir un couple uniforme, on augmente le nombre des boucles conductrices. Leurs couples individuels donnent ensemble un couple total beaucoup plus élevé et beaucoup plus uniforme. La figure 23 représente aussi trois boucles symétriques, dont le collecteur possède donc six segments appelés également «lames». En réalité le nombre de boucles est encore plus élevé et permet, entre autres, une augmentation du couple total.



Le champ magnétique peut être créé par des aimants permanents ou par des électro-aimants (pôles d'électro-aimant avec enroulement d'excitation). En fonction du montage de l'enroulement d'excitation, on distingue entre les moteurs à excitation shunt, les moteurs série et les moteurs à excitation compound.

Réalisation technique

L'électro-aimant des moteurs électriques de démarrage est composé d'une carcasse stator tubulaire, à l'intérieur de laquelle sont fixés, en général, quatre épanouissements polaires (aimants polaires). Ces épanouissements polaires portent – quand il ne s'agit pas d'aimants permanents comme sur le type DW – un enroulement d'excitation traversé par le courant servant à l'activation du champ magnétique. Afin que les lignes de champ soient toujours dirigées dans le même sens (à savoir, toujours des pôles nord aux pôles sud), l'enroulement d'excitation est mis sous une tension constante. Les lignes de champ étant toujours fermées et se propageant particulièrement bien dans le fer, la carcasse stator et les épanouissements polaires sont réalisés en fer (plus exactement en acier présentant d'excellentes propriétés magnétiques).

L'induit correspond aux boucles conductrices qui tournent dans le champ magnétique, mais dispose d'un noyau de fer supplémentaire. Lors du passage du courant, un champ magnétique se forme également dans le noyau de fer de l'induit en constituant des pôles nord et des pôles sud. La rotation de l'induit repose sur le principe que les pôles de même nom de l'induit et de la carcasse stator se trouvent face à face et se repoussent mutuellement.

Le noyau de fer de l'induit est constitué de plusieurs disques de tôle afin de réduire les pertes d'aimantation. Ces dis-

ques de tôle sont isolés les uns des autres et comprimés sur l'arbre d'induit pour former un «paquet». Les boucles – ou spires – de l'enroulement d'induit, reliées aux différentes lames du collecteur, sont logées dans les encoches de l'induit. Le collecteur est solidaire de l'arbre d'induit. En général, quatre balais frottent sur le collecteur car c'est la solution la plus favorable au passage du courant. Ces balais sont reliés par paires au pôle positif et au pôle négatif de la batterie (ou à la masse). Par inversion permanente du courant, le collecteur assure le changement opportun de la polarité dans l'induit. Les pôles magnétiques de la carcasse stator conservent, par contre, la même polarité.

Une tension est induite dans l'induit d'un moteur électrique. Cette tension agit contre la tension de service qui existe au niveau de l'induit. Plus le moteur tourne vite, plus cette contre-tension augmente et plus l'intensité diminue. Par contre, si le moteur est soumis à une charge, donc s'il doit effectuer un travail, la contre-tension diminue en fonction de la baisse de la vitesse de rotation et l'intensité augmente. L'intensité et, par conséquent, le couple atteignent leur valeur maximale au démarrage du moteur sous charge à partir de son point de repos. Le moteur électrique réalise donc l'auto-adaptation du courant à la charge mécanique.

Moteurs à excitation shunt

L'enroulement d'excitation des moteurs à excitation shunt est parallèle à l'induit. En alimentation sous tension constante, l'excitation et donc la vitesse de rotation sont pratiquement indépendantes du couple, ce qui serait défavorable au fonctionnement du démarreur. La chute de la tension de la batterie due au courant de démarreur élevé conduit cependant à une courbe caractéristique appropriée au démarrage – comme c'est le cas sur les moteurs série.

Moteurs à excitation par aimants permanents

Les moteurs à excitation par aimants permanents se distinguent par une construction simple et une taille faible. Le champ magnétique étant créé par des aimants permanents, l'excitation pour chaque état de fonctionnement est toujours la même (permanente). Par la suppression de l'enroulement d'excitation, le courant d'excitation et la résistance ohmique dans le circuit d'excitation sont annulés. On obtient donc une résistance totale plus faible du moteur électrique.

Les moteurs à excitation par aimants permanents présentent, en tant que moteurs de démarrage alimentés par la tension de la batterie, un comportement identique à celui des moteurs à excitation shunt.

Moteurs série

L'enroulement d'excitation et l'enroulement d'induit de ce type de moteur sont montés en série. Le courant d'excitation n'est pas dérivé, mais le courant d'induit traverse également l'enroulement d'excitation. Le courant d'induit étant très élevé lors du lancement du moteur sous charge, il produit un champ magnétique intense.

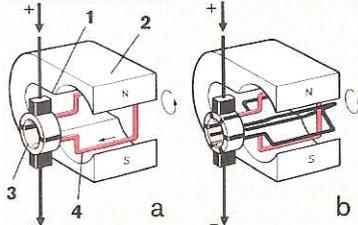
Les moteurs série engendrent un couple de démarrage élevé, qui diminue rapidement au fur et à mesure que la vitesse de rotation augmente. Grâce à ces caractéristiques, le moteur série est particulièrement approprié à être utilisé comme moteur de démarreur. Dans le cas des petits démarreurs, le moteur série est mis en circuit pendant l'opération d'engrènement elle-même, afin de permettre l'action immédiate de la totalité du couple.

Moteurs à excitation shunt et moteurs série combinés (moteurs à excitation compound)

Les puissants démarreurs sont équipés d'un moteur à excitation compound comportant un enroulement en dérivation et un enroulement série qui sont commutés en deux temps. La limitation du courant d'induit intervient au cours de la première phase car seul l'enroulement en dérivation, qui fait fonction de résistance additionnelle, est connecté en série avec l'induit. De ce fait, l'induit ne donne naissance qu'à un faible couple pour assurer l'engrènement. Au cours de la seconde phase, la totalité du courant traverse le moteur de démarreur, qui développe ainsi son couple maximum.

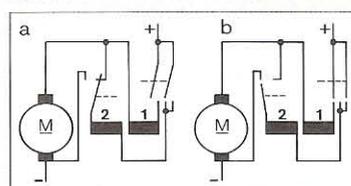
L'enroulement en dérivation est alors couplé en parallèle et l'enroulement série couplé en série avec l'induit (figure 23, en bas à gauche). Lorsque le pignon retourne à sa position initiale, le champ d'excitation shunt assure l'immobilisation rapide de l'induit.

23 Schéma de principe d'un moteur électrique.



1 Balais, 2 Aimant, 3 Collecteur, 4 Boucle conductrice
a) à une boucle conductrice
b) à trois boucles conductrices

Schéma électrique d'un démarreur avec moteur à excitation compound.



1 Enroulement série, 2 Enroulement en dérivation
a) Première phase. Seul l'enroulement en dérivation est couplé en série (limitation du courant d'induit).
b) Seconde phase. Enroulement en dérivation couplé en parallèle, enroulement série couplé en série (totalité du courant d'induit).

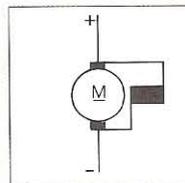


Schéma électrique d'un moteur à courant continu et à excitation shunt.

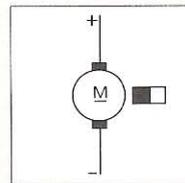


Schéma électrique d'un moteur à courant continu à excitation par aimants permanents.

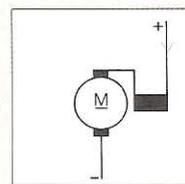
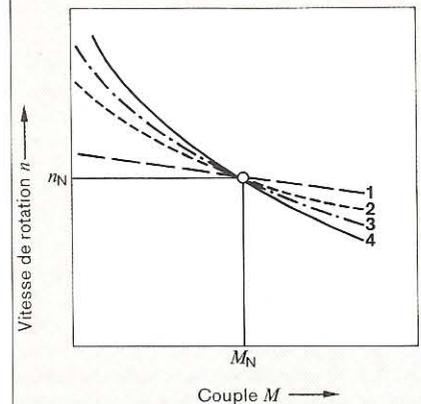


Schéma électrique d'un moteur série à courant continu.

25 Caractéristiques vitesse de rotation/couple des moteurs électriques.

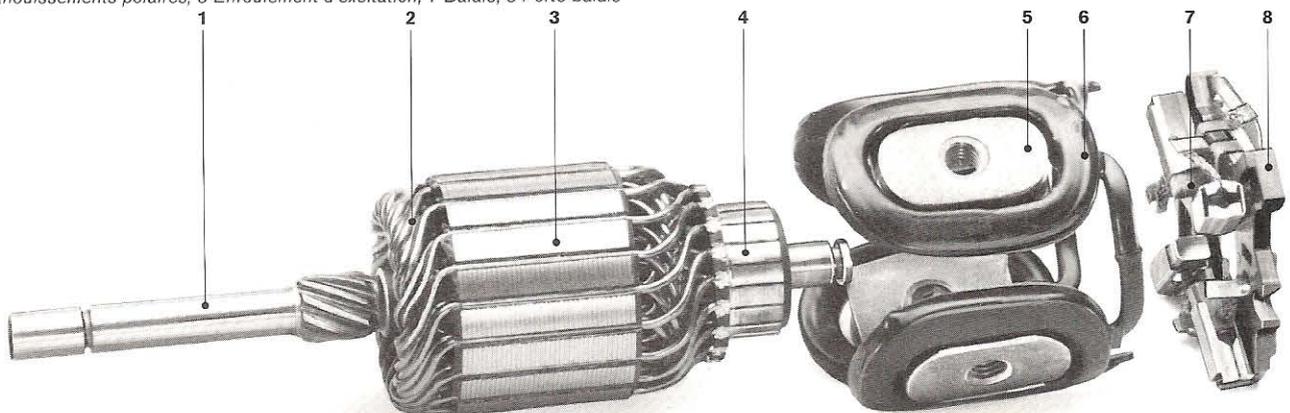


1 Moteur à excitation shunt à tension constante
2 Moteur à excitation compound, seconde phase*
3 Moteur à excitation compound, première phase*
4 Moteur série*

* sous tension de batterie

24 Les composants essentiels du moteur électrique (unités du démarreur à commande positive électromécanique).

1 Arbre d'induit, 2 Enroulement d'induit, 3 Noyau feuilleté d'induit (lames de tôle), 4 Collecteur, 5 Epanouissements polaires, 6 Enroulement d'excitation, 7 Balais, 8 Porte-balais





Contacteur électromagnétique



Le rôle des relais est de commuter des courants élevés au moyen d'un courant de commande relativement faible. Le courant de démarrage est de 1000 A environ sur les voitures de tourisme et de 2600 A environ sur les véhicules utilitaires. Un interrupteur mécanique suffit pour établir et couper le faible courant de commande (interrupteur de démarrage, commutateur d'allumage-démarrage, commutateur de marche).

Le «contacteur électromagnétique» du démarreur est la combinaison d'un solénoïde d'engrènement et d'un relais. Il remplit une double fonction:

- avance du pignon pour l'engrènement sur la couronne dentée du moteur et
- fermeture du pont de contact pour l'enclenchement du courant principal de démarreur.

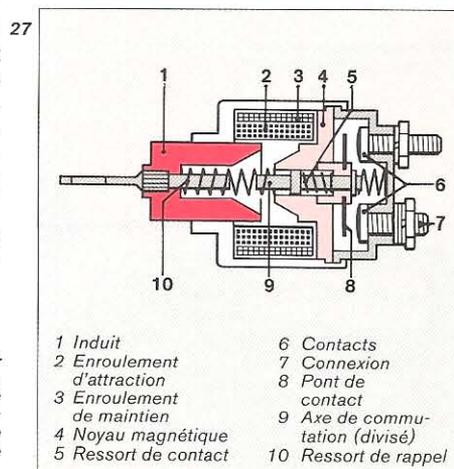
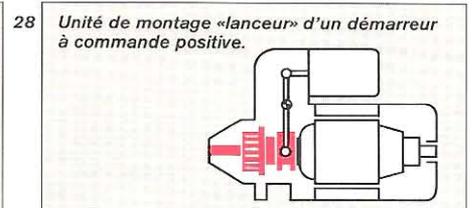
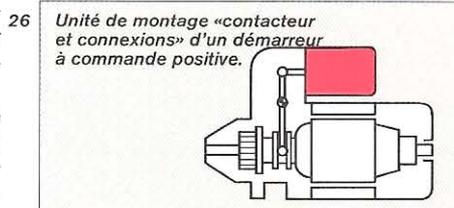
La figure 27 montre la construction d'un contacteur électromagnétique. Le noyau magnétique, solidaire du boîtier, plonge d'un côté dans l'enroulement magnétique; de l'autre côté, le noyau plongeur pénètre également dans l'enroulement. L'espace compris entre le noyau magnétique et le noyau plongeur représente la course totale du relais. Le boîtier magnétique, le noyau fixe et le noyau plongeur constituent ensemble le circuit magnétique.

L'enroulement du relais comprend de nombreuses versions composées d'un enroulement d'attraction et d'un enroulement de maintien. Cette organisation s'avère efficace en considération de la charge thermique limite et des forces magnétiques qui peuvent être atteintes. Au début de la phase d'attraction, on obtient une force magnétique plus importante pour vaincre les résistances à l'engrènement. A la fermeture du circuit du démarreur, seul l'enroulement de maintien continue à agir car l'enroulement d'attraction est court-circuité.

La force magnétique un peu plus faible de l'enroulement de maintien suffit à pré-

sent à maintenir le noyau plongeur jusqu'à la réouverture de l'interrupteur de démarrage.

Sous l'influence de la force magnétique qui apparaît après la mise en circuit, le noyau plongeur est tiré à l'intérieur de l'enroulement. Ce mouvement introduit, d'une part, le déplacement axial du pignon et, d'autre part, l'application du pont de contact contre les contacts de courant principal. Les ressorts de rappel entre les divers composants assurent l'ouverture des contacts après la mise hors circuit et le retour du noyau plongeur à sa position initiale. Les connexions et le contacteur électromagnétique forment une seule unité de montage. Sur les gros démarreurs, aucun contacteur électromagnétique n'a été prévu, mais l'électro-aimant de commande de l'avance du pignon et le relais de pilotage des étages de commutation électrique sont séparés.



27) Coupe schématique du contacteur électromagnétique d'un démarreur à commande positive. Le contacteur électromagnétique doit remplir une double fonction: avance du pignon pour son engrènement sur la couronne dentée et fermeture du pont de contact pour enclencher le courant principal de démarreur.

Lanceur

Le flasque côté entraînement du démarreur contient pour l'essentiel le lanceur et le pignon, le dispositif de roue libre (accouplement de dépassement), l'élément de commande positive (levier ou tige d'engrènement) et le ressort d'engrènement. Cette unité de montage du démarreur combine et transmet au pignon les mouvements de translation du contacteur électromagnétique et les mouvements de rotation du moteur électrique de démarrage.

Pignon

Le démarreur «attaque» la couronne dentée du volant moteur au moyen d'une petite roue dentée d'engrènement et de désengrènement – appelée «pignon». Un rapport de transmission important (compris entre 10:1 et 15:1) permet de vaincre la résistance de lancement élevée du moteur à combustion au moyen d'un moteur de démarreur relativement petit mais tournant à grande vitesse. Il est ainsi possible de conserver au démarreur des dimensions et un poids réduits. Pour permettre l'engrènement parfait du pignon du démarreur sur la couronne dentée pendant le démarrage, pour garantir le couple nécessaire et le désengrènement à l'instant voulu, la denture dispose de propriétés bien précises:

- La denture du pignon présente un profil en développante favorisant l'engrènement;
- Les dents du pignon et, en fonction du type de démarreur, également celles de la couronne dentée possèdent un chanfreinage sur la face avant;
- Contrairement aux roues dentées à prise permanente, l'entr'axes entre le pignon et la couronne dentée a été augmenté afin d'obtenir un jeu suffisant entre les dents;
- Au repos, la face frontale du pignon

doit présenter un écart minimum par rapport à la surface frontale de la couronne dentée;

- Dans l'intérêt d'une grande longévité, les matériaux du pignon et de la couronne dentée et leurs méthodes de trempage ont été adaptées mutuellement.

Dès que le moteur à combustion démarre et qu'il accélère par sa propre énergie au-delà du régime de démarrage, le pignon doit se désengrèner de lui-même pour assurer la protection du démarreur, c.-à-d. que la liaison entre l'arbre de démarreur et le volant moteur doit s'annuler d'elle-même. C'est pourquoi le démarreur est également équipé d'un dispositif de roue libre et d'un mécanisme d'engrènement et de rappel.

Mécanisme d'engrènement

Le mécanisme d'engrènement doit être conçu de telle sorte que les mouvements de translation du contacteur électromagnétique et les mouvements de rotation du moteur de démarreur électrique puissent être superposés dans n'importe quelle situation d'engrènement – mais de façon indépendante. Les diverses tailles de démarreurs se distinguent cependant par la réalisation technique du mécanisme d'engrènement. Les différences sont soulignées par la désignation du type de démarreur.

Commande positive électromécanique

Sur les démarreurs à commande positive électromécanique, le déplacement axial du contacteur incorporé est transmis à l'entraîneur (avec pignon), qui est guidé sur l'arbre d'induit par un filetage à pas rapide. Il en résulte un éplacement axial et un déplacement hélicoïdal qui facilite beaucoup l'engrènement du pignon.

Pignon coulissant, rotation électromotrice du pignon

Sur les démarreurs à pignon coulissant, où le contacteur à solénoïde constitue la prolongation de l'arbre d'induit, le pignon avance linéairement sous l'action d'une tige d'engrènement traversant l'arbre d'induit creux. En même temps, l'induit commence à tourner lentement à la vitesse initiale pour faciliter l'opération d'engagement. Après l'engrènement, le deuxième temps libère la totalité du courant principal pour le lancement du moteur à combustion.

Pignon coulissant, rotation mécanique du pignon

Sur les démarreurs à pignon coulissant, à électro-aimant d'engrènement, l'ensemble lanceur/pignon se déplace linéairement en un premier temps. Si un engrènement direct n'est pas possible, le

deuxième étage mécanique imprime une rotation supplémentaire au pignon.

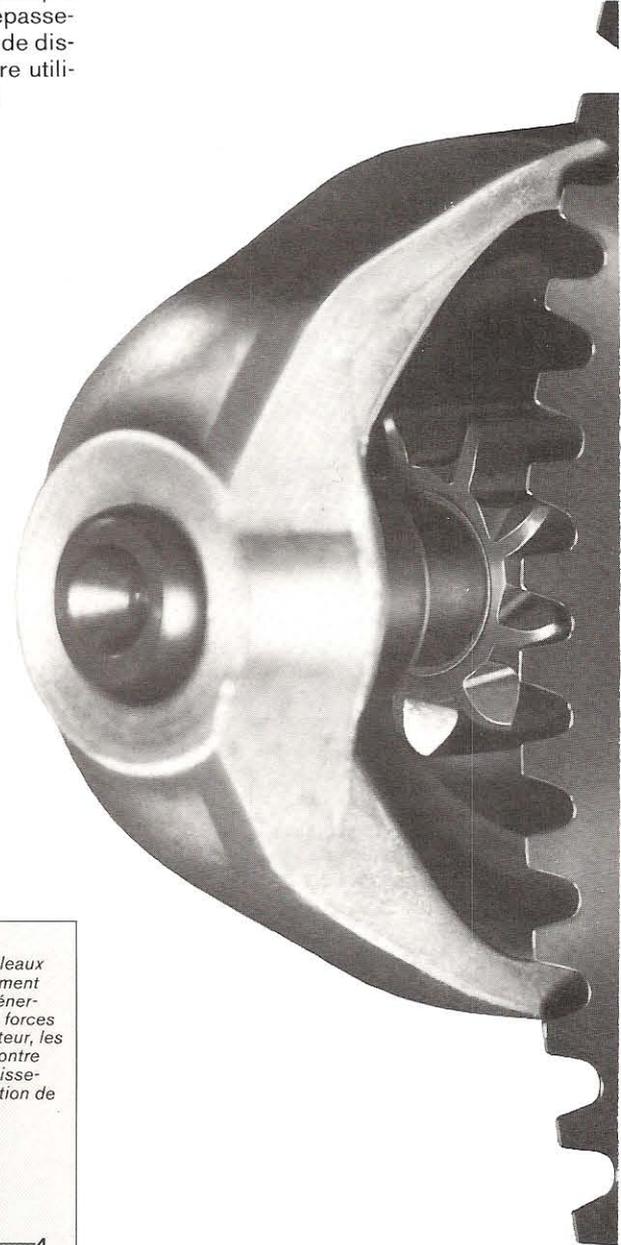
Dispositif de roue libre

Sur toutes les versions de démarreurs, le mouvement de rotation est transmis par un dispositif de roue libre (accouplement de dépassement). La roue libre assure l'entraînement du pignon lorsque l'arbre d'induit tourne. Par contre, elle désolidarise le pignon de l'arbre d'induit dès que le rotation devient trop rapide («dépassement» du moteur). Trois versions de dispositifs de roue libre peuvent être utilisées sur les démarreurs décrits:

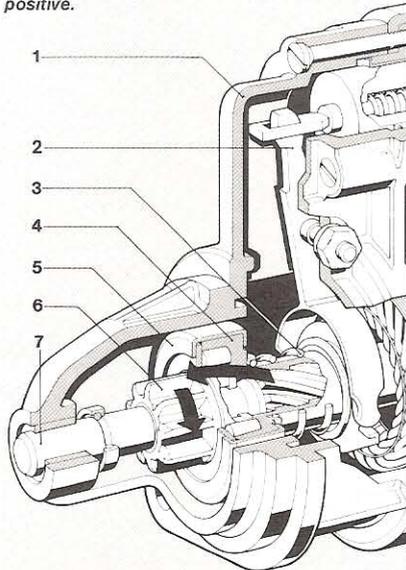
- à rouleaux
- à disques multiples
- à denture droite

29) A droite, pignon de démarreur (petit diamètre) engagé complètement dans la couronne dentée (grand diamètre).

Les dents du pignon sont chanfreinées afin de faciliter l'engrènement.



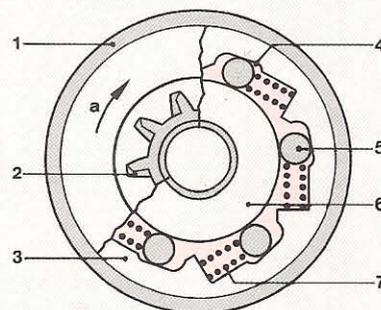
30 Lanceur d'un démarreur à commande positive.



- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1 Flasque côté entraînement | 5 Roue libre à rouleaux |
| 2 Levier d'engrènement | 6 Queue de pignon |
| 3 Ressort d'engrènement | 7 Pignon |
| 4 Entraîneur | 7 Arbre d'induit |

31 Dispositif de roue libre à rouleaux.

L'arbre d'induit étant en rotation, les rouleaux sont bloqués dans l'espace à rétrécissement progressif et réalisent ainsi une liaison énergétique. En cas d'inversion du sens des forces sous l'influence de l'accélération du moteur, les rouleaux se décollent et sont poussés contre l'action du ressort dans l'espace à élargissement progressif. Il y a alors désolidarisation de l'induit et du pignon de démarreur.



- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| 1 Roue libre à rouleaux | 5 Rouleau |
| 2 Pignon | 6 Queue de pignon |
| 3 Bague de roue libre | 7 Ressort hélicoïdal |
| 4 Rampe de travail | a Sens d'accouplement |

Le dispositif de roue libre est placé entre le moteur et le pignon du démarreur. Il protège l'induit du démarreur contre toute accélération exagérée au lancement du moteur.

Dispositif de roue libre à rouleaux

Les démarreurs à commande positive électromécanique sont équipés d'un dispositif de roue libre à rouleaux pour leur propre protection (figure 31, page 15). La bague de roue libre, avec sa rampe de travail, constitue l'élément essentiel. Elle forme une partie de l'entraîneur et est reliée à l'arbre d'induit par un filetage à pas rapide. La liaison énergétique entre la queue intérieure du pignon et la bague de roue libre extérieure de l'entraîneur est réalisée par des rouleaux capables de se déplacer sur la rampe de travail.

Au repos, les ressorts hélicoïdaux pressent les rouleaux dans l'espace variable compris entre la rampe de travail de la bague de roue libre et la partie cylindrique de la queue de pignon, afin de garantir l'accouplement du pignon sur l'arbre d'induit dès que le démarreur se met en marche.

Lorsque l'arbre d'induit du démarreur tourne, les rouleaux se coincent dans l'espace à rétrécissement progressif.

Si, lors du démarrage du moteur, le pignon du démarreur tourne à une vitesse supérieure à la vitesse à vide de l'induit, les rouleaux se décollent et sont poussés dans l'espace à élargissement progressif – contre l'action des ressorts hélicoïdaux. Il y a suppression de la liaison énergétique entre le pignon et l'induit.

L'utilisation de ce dispositif de roue libre offre les avantages suivants: faibles masses à accélérer, bas couple de dépassement efficace du moteur.

Embrayage à disques multiples

L'embrayage à disques multiples est utilisé sur les gros démarreurs à pignon

couissant. Dès que la vitesse du pignon dépasse celle de l'induit du démarreur au moment du lancement du moteur, l'embrayage à disques multiples désolidarise le pignon de l'induit du démarreur. Un filetage à pas rapide sur la queue de pignon déclenche cette désolidarisation. L'embrayage à disques multiples sert aussi d'accouplement de surcharge et limite le couple à transmettre de l'arbre d'induit au pignon.

La particularité essentielle de cet embrayage est que les différents disques, qui doivent transmettre l'ensemble des forces, se déplacent dans le sens axial au niveau du flasque d'entraînement ou du manchon d'accouplement, mais n'autorisent aucun mouvement radial. En effet, ils se trouvent alternativement en prise, sur leur périphérie, avec le flasque d'entraînement (disques extérieurs) et, sur leur diamètre intérieur, avec le manchon d'accouplement (disques intérieurs). Le flasque d'entraînement extérieur est solidaire de l'arbre d'induit. Le manchon d'accouplement est placé par contre de telle façon qu'il permet un mouvement hélicoïdal sur le filetage à pas rapide de la queue de pignon (figure 32).

Liaison énergétique

La condition préalable à une liaison énergétique par friction de l'embrayage à disques multiples est qu'une certaine compression existe entre les disques. En position de repos, le paquet de disques est comprimé par une légère force élastique initiale de telle sorte que la friction existante assure l'entraînement du manchon d'accouplement (figure 33).

Dès que le pignon atteint sa position finale d'engrènement, il faut que la liaison énergétique totale devienne efficace pour le démarrage. Le manchon d'accouplement se déplace sur le filetage à pas rapide vers la rondelle Belleville, le pignon restant fixe et l'arbre d'induit étant

en rotation, ce qui provoque une compression supplémentaire des disques entraînés. L'augmentation de la compression persiste jusqu'à ce que la friction entre les disques suffise pour assurer la transmission du couple de démarrage instantané nécessaire.

La transmission d'énergie se déroule comme suit:

arbre d'induit – flasque d'entraînement – disques extérieurs – disques intérieurs – manchon d'accouplement – queue de pignon – pignon (figure 34).

Limitation du couple

La compression croissante des disques sous l'effet du mouvement hélicoïdal du manchon d'accouplement et, par conséquent, le couple transmissible sont limités car le manchon d'accouplement vient s'appuyer contre la rondelle Belleville dès que la charge maximale admissible est atteinte. La face avant du manchon pousse la rondelle Belleville contre le collet de butée de la queue de pignon. Il en résulte un équilibre des forces. La compression des lames ne peut plus augmenter.

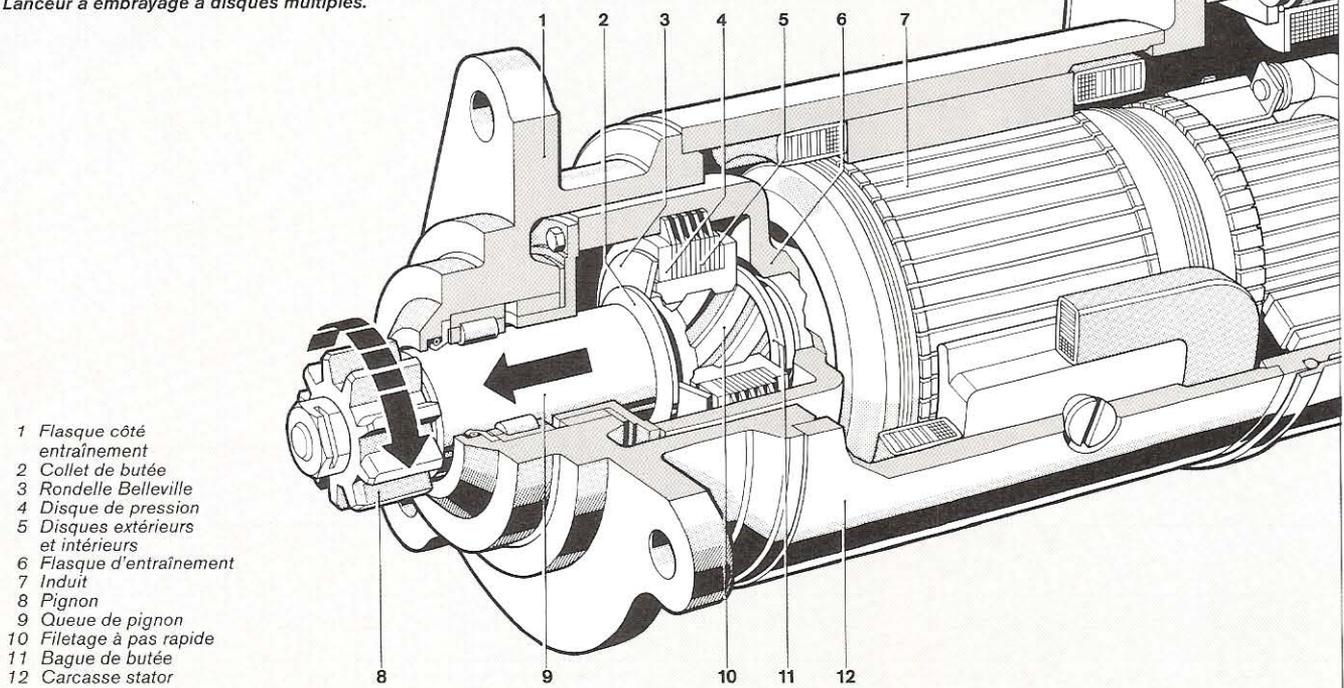
L'embrayage à disques multiples sert d'accouplement de surcharge car les disques patinent sous l'effet du couple maximum résultant de la force maximale atteinte (figure 35).

Dépassement

A l'accélération du volant sous l'influence des impulsions d'allumage ou lors du démarrage du moteur, le pignon «dépasse» le moteur du démarreur. Cette inversion du sens des forces entraîne le «visage» du manchon d'accouplement sur le filetage à pas rapide jusqu'à la bague de butée à l'intérieur du démarreur.

La rondelle Belleville se détend presque complètement; elle n'est plus en mesure d'exercer une force. Les disques se séparent et ne sont plus comprimés. Cet

32 Lanceur à embrayage à disques multiples.



- 1 Flasque côté entraînement
- 2 Collet de butée
- 3 Rondelle Belleville
- 4 Disque de pression
- 5 Disques extérieurs et intérieurs
- 6 Flasque d'entraînement
- 7 Induit
- 8 Pignon
- 9 Queue de pignon
- 10 Filetage à pas rapide
- 11 Bague de butée
- 12 Carcasse stator

embrayage interrompt la liaison énergétique et empêche la transmission à l'induit du démarreur de toutes les accélérations dangereuses (figure 36).

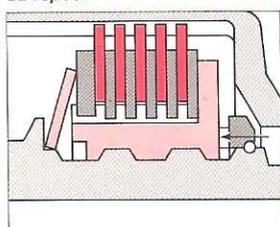
Dispositif de roue libre à denture droite
Le dispositif de roue libre à denture droite est monté en liaison avec le lanceur mécanique à deux étages spécifique du démarreur à pignon coulissant type KE. Dès que l'opération de dépassement débute, la couronne dentée du moteur entraîne le pignon (1) solidaire du manchon d'accouplement (4) par l'intermédiaire d'une denture droite (figure 38). Le manchon quitte le filetage à pas rapide de la queue de pignon et se déplace vers l'intérieur en direction du moteur du démarreur. En même temps, il comprime le ressort (5) qui assurera plus tard son rappel. La séparation des éléments d'accouplement à denture droite (pignon et manchon) du dispositif de roue libre à denture droite est, favorisée par plusieurs masselottes (2), qui produisent une force longitudinale par l'intermédiaire d'une bague (3) à usinage conique. En cas de

nouvel entraînement du mécanisme, l'impulsion d'accouplement est amortie par une cale élastique (6).

Freinage de l'induit

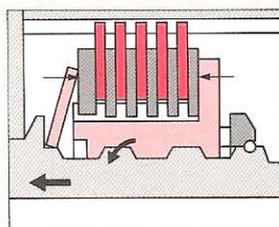
La répétition du démarrage est parfois nécessaire. Mais auparavant il est indispensable d'immobiliser très rapidement l'induit du démarreur. Sur les démarreurs à commande positive électromécanique, le ressort de rappel pousse, après la mise hors circuit, le lanceur ou l'induit contre une rondelle de friction ou un disque de frein. Le freinage s'effectue donc par friction. En cas d'excitation par aimants permanents, un effet de freinage électromagnétique vient s'ajouter pendant la décélération. Sur les démarreurs à pignon coulissant, le champ en dérivation assure une limitation de la vitesse à vide de sorte que l'induit du démarreur s'immobilise rapidement. D'autres versions sont équipées par contre d'un enroulement de freinage spécial, qui n'est commuté en parallèle à l'induit qu'après la mise hors circuit du démarreur et qui agit comme un ralentisseur électrique.

33 Embrayage à disques multiples au repos.



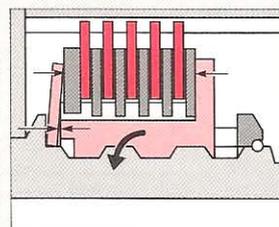
Le ressort de tarage comprime le paquet de disques, l'entraînement du manchon d'accouplement s'effectue par friction.

34 Liaison énergétique.



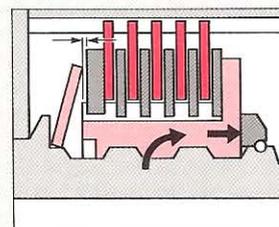
Pignon engréné. Le manchon d'accouplement se déplace vers la rondelle Belleville et entraîne l'augmentation de la compression. Le paquet de disques assure une liaison énergétique totale.

35 Limitation du couple.



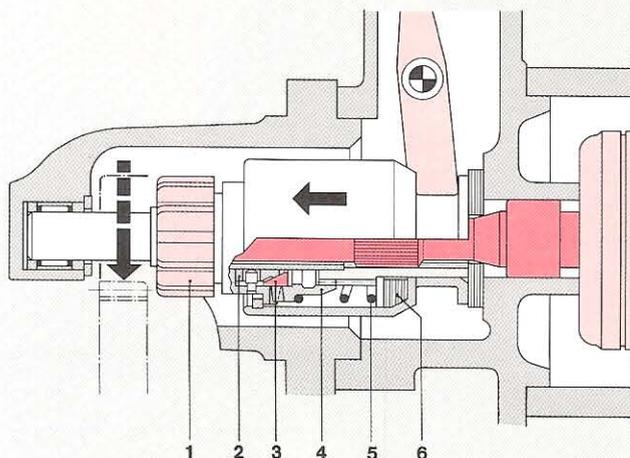
Le manchon d'accouplement vient s'appliquer contre la rondelle Belleville et la comprime. Equilibre des forces au niveau du manchon et de la rondelle Belleville. La valeur de réglage maximale est atteinte, les disques patinent.

36 Dépassement.



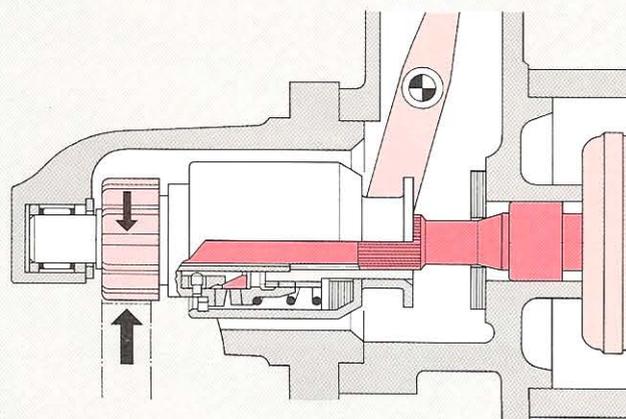
Le volant du moteur accélère le pignon. Le manchon d'accouplement s'applique contre la bague de butée et décharge la rondelle Belleville. L'embrayage à disques multiples entre en action.

37 Lanceur à roue libre à denture droite en position initiale.



- | | |
|---|---|
| 1 Pignon à denture droite («dents de scie») | 4 Manchon d'accouplement à denture droite |
| 2 Masselottes | 5 Ressort |
| 3 Bague de pression conique | 6 Cale élastique |

38 Dispositif de roue libre à denture droite à l'état débrayé.



Dès que le pignon engréné est entraîné par la couronne dentée (phase de dépassement), le manchon d'accouplement à denture droite se déplace vers l'intérieur et interrompt la liaison entre le moteur du démarreur et le pignon.

Types de démarreurs

Vue d'ensemble

Les moteurs à combustion et les installations électriques des véhicules existent en maintes versions. Les conditions de fonctionnement, qui sont déterminantes pour la conception des équipements de démarrage électrique et des démarreurs appropriés, sont donc tout aussi variées. Ces conditions préalables exigent une palette de produits avec un grand nombre de types de démarreurs. Les principales caractéristiques distinctives des démarreurs sont les suivantes:

- Tension nominale
- Puissance nominale
- Sens de rotation
- Taille du démarreur (diamètre de la carcasse stator du moteur de démarreur)
- Type
- Forme

La tension nominale est à déterminer en fonction du domaine d'utilisation d'un démarreur. Les petits démarreurs existent pour 12V, les démarreurs moyens pour 12 et 24 V et les gros démarreurs sont subdivisés en plusieurs catégories, en fonction de leur application, pour une tension nominale allant de 24 à 110 V. La puissance nominale dépend de la destination – moteur à essence ou moteur diesel – (besoin en énergie différent) et de la cylindrée de ce moteur.

Le sens de rotation est défini par le sens de rotation du moteur et par le sens de montage du démarreur. La taille du démarreur est donnée par la puissance no-

minale nécessaire du démarreur. Le type dépend du principe d'engrènement, lequel est lié à son tour à la taille et à la puissance du démarreur. La forme dépend finalement des conditions de montage, du type de fixation et des conditions d'exploitation.

Désignation du type

La désignation du type sert de première orientation et est indiquée dans la documentation technique des démarreurs à côté des références.

Marquage des démarreurs

Le marquage du démarreur (empreintes sur la carcasse) englobe la référence, le sens de rotation et la tension nominale. Exemple de marquage d'un démarreur: 0 001 314 002
→ 12 V

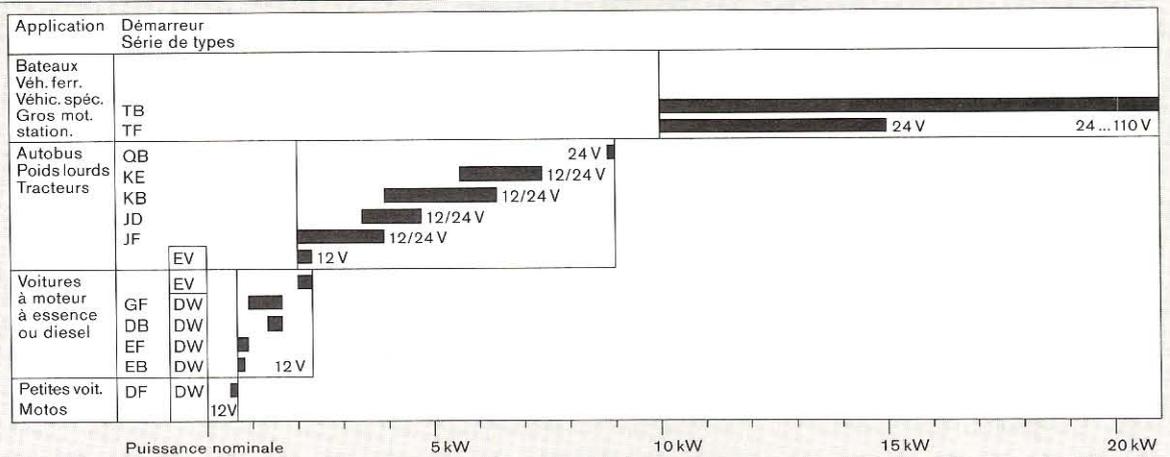
Exemple d'une désignation du type.		G	F	(R)	12 V	0,8 kW
Lettre d'identification du Ø de la carcasse stator	Ø carcasse stator mm					
D	65 à 79					
E	80 à 99					
G	100 à 109					
J	110 à 119					
K	120 à 139					
Q	140 à 169					
T	170 à 199					
B, D, E, F, G = caractéristiques de construction						
Sens de rotation (vu sur côté (pignon) – sortie de la force → ou R = rotation à droite ← ou L = rotation à gauche						
Tension nominale en V						
Puissance nominale en kW						



40 Tableau des types de démarreurs.

Lanceur	Fonctionnement	Réducteur	Construction E Lanceur M Moteur, R Relais	Type spéc. décrit		Types identiques	Moteur de démarreur
					Page		
<u>Commande positive électromécanique</u>	Avance hélicoïdale du pignon vers la couronne dentée et engrènement par contacteur électromagnétique. Engrènement facilité par filetage à pas rapide. Commutation de la totalité du courant de démarrage en fin de course du contacteur.	sans		EF	20	DF, EB, GB, GF, JF, JD	Moteur série
		avec		EV	22	-	Moteur à excitation permanente
				DW	23	-	
<u>Pignon</u>	A rotation mécanique du pignon Avance linéaire du pignon vers la couronne dentée et engrènement par contacteur électromagnétique. Engrènement facilité par commande mécanique à deux temps. Commutation de la totalité du courant de démarrage après engrènement complet.	sans		KE	24	-	Moteur série
		sans			KB	26	QB
	TB		28		-		
	avec		TF		28	sur base TB	

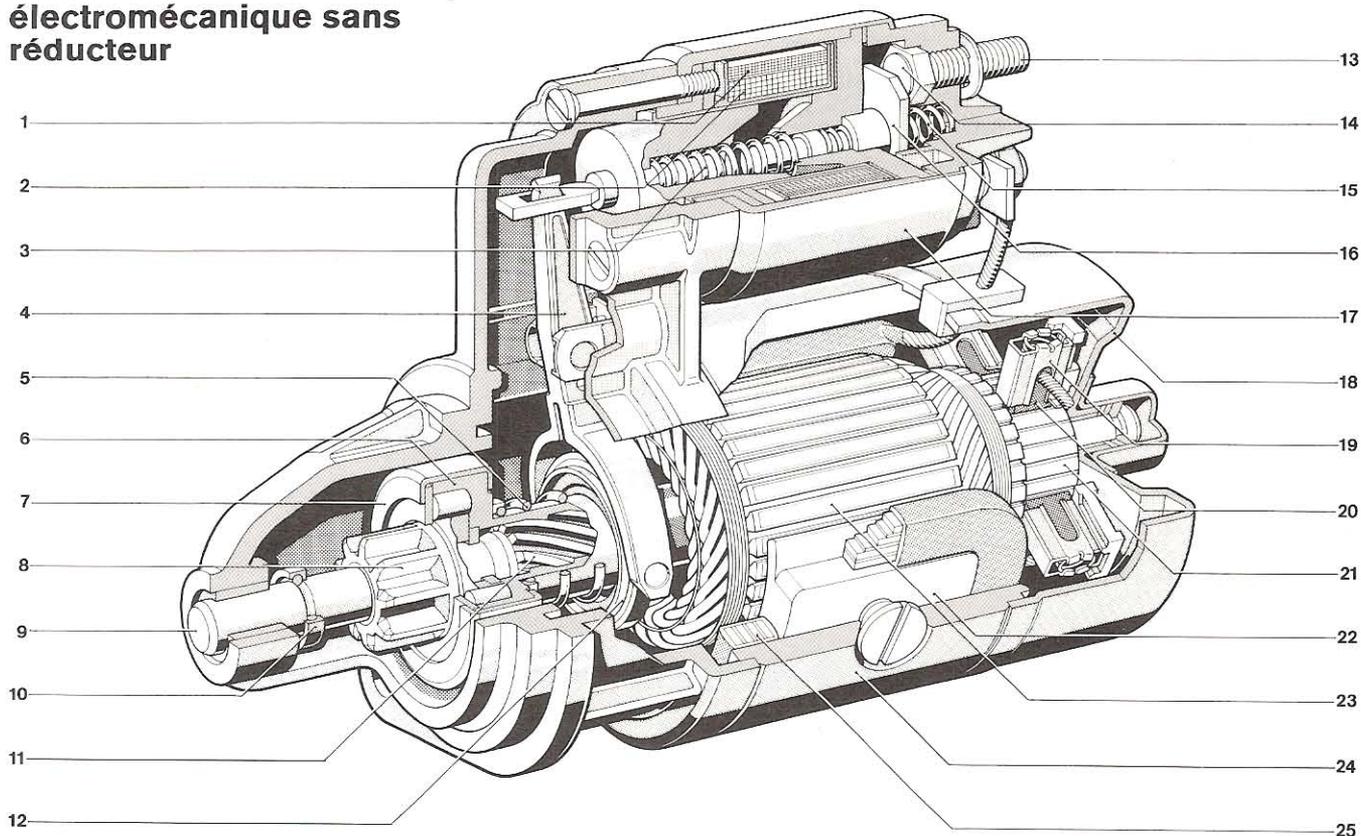
41 Séries de types et applications des démarreurs.


42) Sélection de types de démarreurs.

- ① Type QB, pignon à dégagement libre
- ② Type KB, pignon à dégagement libre
- ③ Type JD, lanceur et flasque extérieur
- ④ Type JF, lanceur et flasque extérieur
- ⑤ Type EB, pignon à dégagement libre
- ⑥ Type GF, lanceur et flasque extérieur
- ⑦ Type EF, lanceur et flasque extérieur



Démarreurs à commande positive électromécanique sans réducteur



43) Coupe d'un démarreur à commande positive électromécanique type EF.

1 Enroulement de maintien, 2 Enroulement d'attraction, 3 Ressort de rappel, 4 Levier de commande positive, 5 Ressort d'engrènement, 6 Entraîneur, 7 Roue

libre à rouleaux, 8 Pignon, 9 Arbre d'induit, 10 Bague de butée, 11 Filetage à pas rapide, 12 Bague de guidage, 13 Connexion électrique, 14 Contact, 15 Ressort de coupure de contact, 16 Pont de contact, 17

Contacteur électromagnétique, 18 Flasque côté collecteur, 19 Porte-balais, 20 Balais, 21 Collecteur, 22 Epanouissement polaire, 23 Induit, 24 Carcasse stator, 25 Enroulement d'excitation.

Les caractéristiques essentielles du démarreur à commande positive électromécanique sans réducteur sont le moteur électrique à sortie directe, le contacteur électromagnétique incorporé, le lanceur pour le déplacement axial et hélicoïdal et le dispositif de roue libre à rouleaux.

Type EF à moteur série

La description suivante se base surtout sur le type EF. La construction et le fonctionnement des types DF, EB, GB, GF, JF et JD sont identiques.

Construction

La construction et le circuit intérieur des démarreurs à commande positive électromécanique sans réducteur sont représentés sur les figures 43 à 45.

Moteur de démarreur

Le moteur de démarreur est un moteur série à courant continu, dont les enroulements d'excitation et d'induit sont connectés en série. La vitesse du moteur est transmise sans réduction et directement au lanceur. L'arbre d'induit prolongé est doté d'un filetage à pas rapide, sur lequel est guidé l'entraîneur du lanceur.

Contacteur électromagnétique

Les démarreurs à commande positive électromécanique sans transmission intermédiaire sont enclenchés par l'intermédiaire d'un contacteur électromagnétique disposant d'enroulements d'attraction et de maintien.

L'extrémité en saillie du noyau plongeur du contacteur présente une fente, dans laquelle s'engage le tenon du levier de commande positive avec un certain jeu – la garde. Cette garde permet au ressort de rappel de déplacer le noyau plongeur vers sa position initiale pour permettre la mise hors circuit du démarreur et le décollage rapide des contacts du pont de commutation. Cela est nécessaire afin que le démarreur puisse être arrêté rapidement après un démarrage manqué.

Dispositif de lancement

L'entraîneur à guidage hélicoïdal sur le filetage à pas rapide de l'arbre d'induit est accouplé au pignon par l'intermédiaire d'une roue libre à rouleaux. Le sens du pas du filetage est choisi de telle sorte que le pignon s'engage dans la couronne dentée lors de la rotation de l'arbre d'induit. Sur l'entraîneur sont placées deux bagues et deux rondelles de guidage, dans lesquelles s'engage l'extrémité en fourche du levier de commande positive qui transmet le mouvement de poussée dans le sens axial. Entre la bague de guidage et l'entraîneur se trouve le ressort d'engrènement qui sert d'élément élastique. Le levier de commande atteint donc toujours sa position finale et le courant de démarreur est toujours mis en circuit, même lorsqu'une dent du pignon rencontre une dent de la couronne dentée (les contacts du contacteur court-circuitent juste avant la position finale de levier de commande). L'entraîneur et le pignon

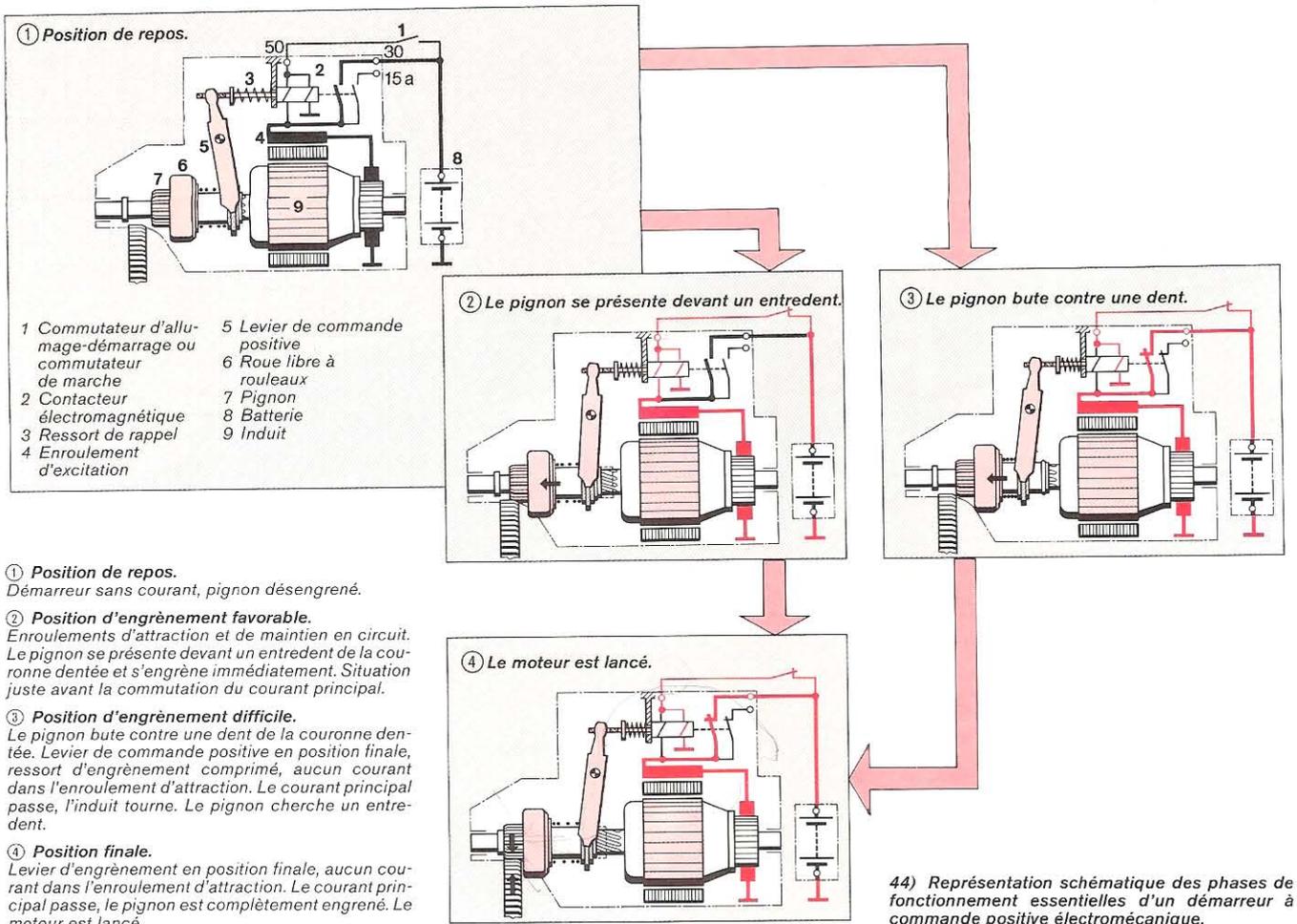
sont déplacés dans le sens axial par le levier de commande positive et avancent simultanément par rotation sous l'effet du filetage hélicoïdal jusqu'à ce que le pignon vienne en butée. Le filetage à pas rapide n'assure ainsi la transmission du couple au moteur en démarrage qu'après l'engrènement complet du pignon. L'embrayage à roue libre garantit après l'engrènement la liaison énergétique entre l'induit du démarreur et le volant moteur et leur désolidarisation dès que le régime du moteur dépasse la vitesse du démarreur.

Fonctionnement

Dans le cas du démarreur à commande positive électromécanique, la totalité de la course d'engrènement est composée du déplacement axial et du déplacement hélicoïdal.

Déplacement axial

En actionnant le commutateur de démarrage ou d'allumage-démarrage, les enroulements d'attraction et de maintien sont mis simultanément en circuit. Le noyau plongeur du contacteur attire le levier de commande contre l'action du ressort de rappel. Ce levier déplace à son tour l'entraîneur et le pignon vers la couronne dentée du volant moteur par l'intermédiaire des bagues de guidage et du ressort d'engrènement, ces pièces continuant à tourner sous l'effet du filetage à pas rapide. L'induit du moteur de démarreur ne tourne pas encore pendant cette



phase car le courant principal, destiné aux enroulements d'excitation et d'induit, n'est pas encore commuté.

Lorsque le pignon est en position favorable par rapport à la couronne dentée, ses dents se présentent devant les entredents. Dans ce cas le pignon engrène jusqu'à ce que la fin de la course axiale soit atteinte et que le pont de contact du contacteur électromagnétique s'applique contre les contacts. Le moteur de démarreur est enclenché à présent.

En position défavorable du pignon, l'une de ses dents bute sur une dent de la couronne dentée. Dans cette situation le pignon ne peut bien entendu pas engrèner. La conséquence en est que le ressort d'engrènement est comprimé par le levier de commande positive et les bagues de guidage jusqu'à ce que le pont de contact repose sur les contacts du contacteur électromagnétique. Le moteur de démarreur est alors mis en circuit et commence à tourner. En même temps le pignon continue à se déplacer par rotation sur la face de la denture. Les dents du pignon viendront s'engrèner dans les entredents de la couronne dentée à la prochaine occasion sous la pression du ressort hélicoïdal comprimé et surtout sous l'effet du déplacement angulaire.

Déplacement hélicoïdal

A la fin de la course du contacteur, ses contacts se ferment toujours indépendamment de la position du pignon – et commutent le courant de démarreur. L'in-

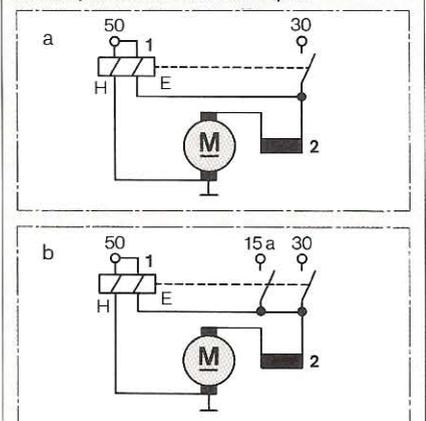
duit du démarreur en rotation continue à faire avancer le pignon sur la couronne dentée par le mouvement hélicoïdal engendré par le filetage à pas rapide jusqu'à ce qu'il atteigne la bague de butée de l'arbre d'induit.

La fermeture du circuit électrique du démarreur introduit le court-circuitage simultané de l'enroulement d'attraction. Seul l'enroulement de maintien continue alors à agir. Sa force magnétique suffit toutefois pour retenir le noyau plongeur en position d'attraction jusqu'à la fin de la phase de démarrage.

Désengrènement

Dès que la vitesse du pignon dépasse la vitesse à vide du moteur de démarreur après le lancement du moteur à combustion, le dispositif de roue libre à rouleaux déjà décrit annule la liaison énergétique entre le pignon et l'arbre d'induit. L'induit est ainsi protégé contre les survitesses et, par conséquent, contre les détériorations éventuelles. Le pignon reste en prise aussi longtemps que le levier de commande est maintenu en position d'enclenchement. Ce n'est qu'après la mise hors circuit du commutateur de démarrage que le levier de commande positive, l'entraîneur et le pignon retournent en position de repos sous l'effet du ressort de rappel. Ce ressort assure également le maintien en position de repos du pignon jusqu'à la prochaine opération de démarrage malgré les secousses dues au fonctionnement du moteur.

45 Circuits internes de démarreurs à commande positive électromécanique.



a) Circuit de base
b) avec borne 15a supplémentaire pour les câbles menant à la résistance ballast de la bobine d'allumage. Cette résistance est court-circuitée pendant le démarrage – lorsque la tension de batterie baisse – pour augmenter la tension d'allumage.
1 Contacteur électromagnétique
E Enroulement d'attraction
H Enroulement de maintien
2 Enroulement d'excitation (série)

La vitesse élevée du moteur électrique est réduite par le train épicycloïdal (réducteur) et transmise au lanceur. Le couple est augmenté dans le même rapport. L'arbre de la roue à denture intérieure est doté d'un filetage à pas rapide assurant le guidage de l'entraîneur du lanceur.

Contacteur électromagnétique

Les démarreurs à commande positive électromécanique à réducteur sont mis en circuit comme les démarreurs sans réducteur par l'intermédiaire d'un contacteur électromagnétique avec enroulements d'attraction et de maintien. Ce contacteur est monté sur le démarreur. Le mouvement axial est transmis de la même façon à l'arbre d'induit par le levier de commande positive.

Lanceur

Il n'existe pas de différences notables au niveau de la construction avec le lanceur des démarreurs à commande positive électromécanique sans réducteur, que nous avons déjà décrit.

Fonctionnement

La composition et la séquence des diverses positions de commutation correspondent au fonctionnement décrit à la section précédente «Démarreur à commande positive électromécanique sans réducteur».

Il n'est donc pas nécessaire de reprendre cette description.

Type DW avec moteur à excitation par aimants permanents

Le démarreur à réducteur du type DW, à champ permanent, convient aux voitures de tourisme équipées d'un moteur à essence, dont la cylindrée peut atteindre 5 l, ou d'un moteur diesel d'une cylindrée maximale de 1,6 l. Il offre, par rapport aux types de démarreurs classiques et sous les mêmes conditions, une réduction de poids pouvant atteindre 40% et un encombrement beaucoup plus réduit et même une puissance de démarrage plus élevée.

Construction

La construction du démarreur à commande positive électromécanique type DW est représentée figures 49 à 51.

Moteur de démarreur à réducteur

Le moteur du démarreur est un moteur à courant continu, à champ permanent. Les électro-aimants (épanouissements polaires et enroulement d'excitation) du circuit d'excitation ont été remplacés par des aimants permanents. La longueur de l'induit et des aimants diffère en fonction de la puissance du démarreur.

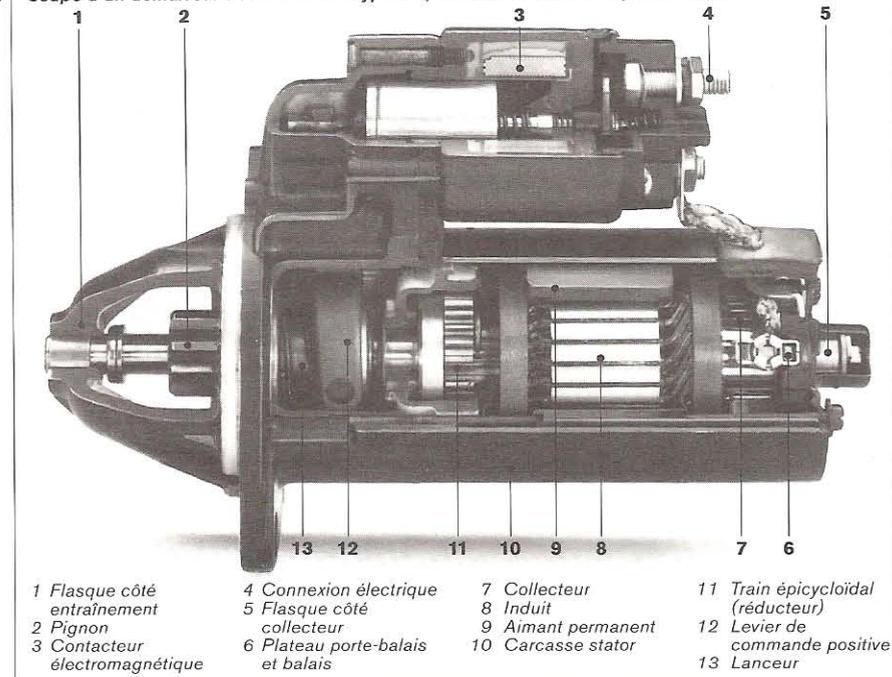
Cette conception du moteur permet une nette diminution de l'encombrement du moteur de démarreur et, par conséquent, de l'ensemble du démarreur et une réduction de poids importante.

En outre, la vitesse élevée du moteur est réduite comme sur le type EV par un réducteur pour obtenir la vitesse et le couple de démarrage appropriés.

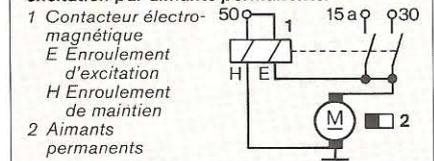
Contacteur électromagnétique

Comme sur tous les autres démarreurs à commande positive, le contacteur élec-

49 Coupe d'un démarreur à réducteur de type DW, à moteur à excitation permanente.



51 Circuit interne du démarrage type DW à excitation par aimants permanents.



troué, qui déclenche la course d'engrènement et le courant de démarrage, est monté sur le démarreur même et transmet le mouvement de translation à l'arbre d'induit par un levier de commande positive. Toutes les variantes du type DW sont équipées du même contacteur électromagnétique.

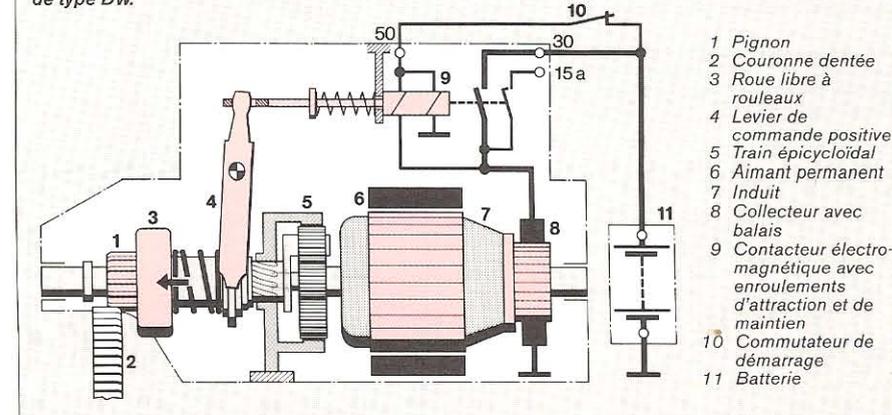
Lanceur

Le lanceur à roue libre à rouleaux correspond par sa construction et son fonctionnement à la version décrite pour d'autres démarreurs à commande positive électromécanique. Son utilisation uniforme s'étend aux diverses variantes de types.

Fonctionnement

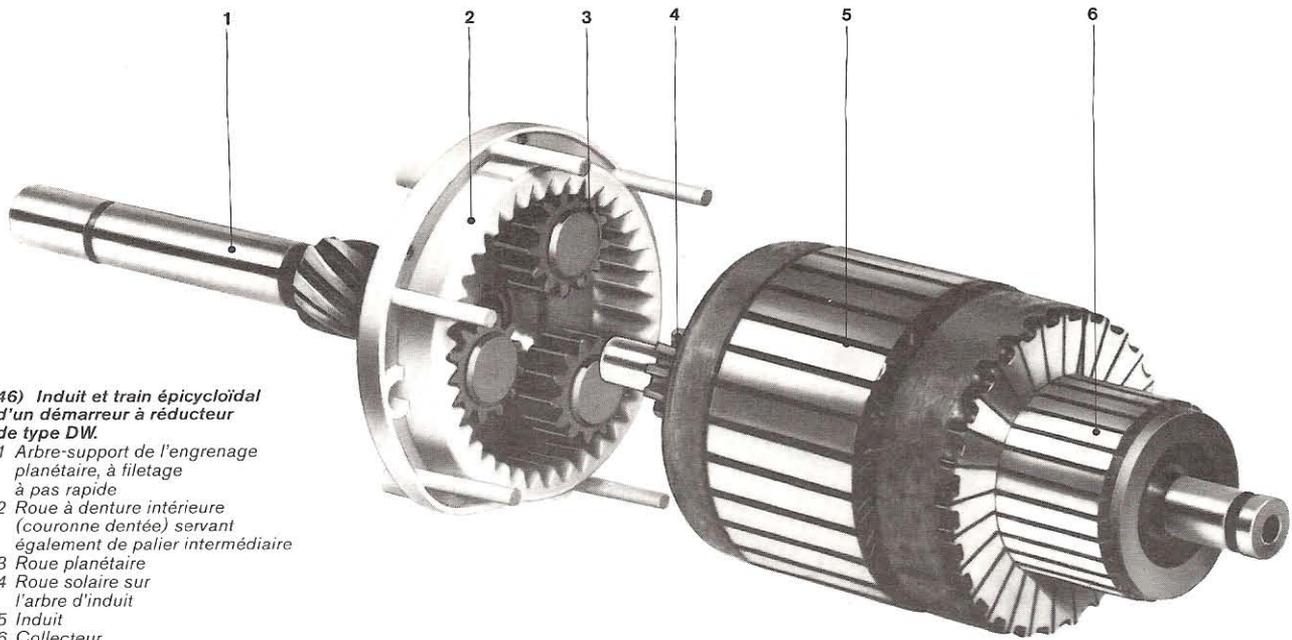
Le fonctionnement du démarreur à réducteur du type DW ne se distingue pas des autres démarreurs à commande positive électromécanique. La description correspondante figure à la section «Démarreurs à commande positive électromécanique sans réducteur». Seul le circuit électrique diffère de la version classique car l'enroulement d'excitation, monté normalement en série, n'existe pas. A la commutation du circuit du démarreur, le courant passe directement dans les balais et dans l'induit.

50 Schéma de principe de la construction et du circuit électrique d'un démarreur à réducteur de type DW.





Démarreur à commande positive électromécanique à réducteur



46) Induit et train épicycloïdal d'un démarreur à réducteur de type DW.

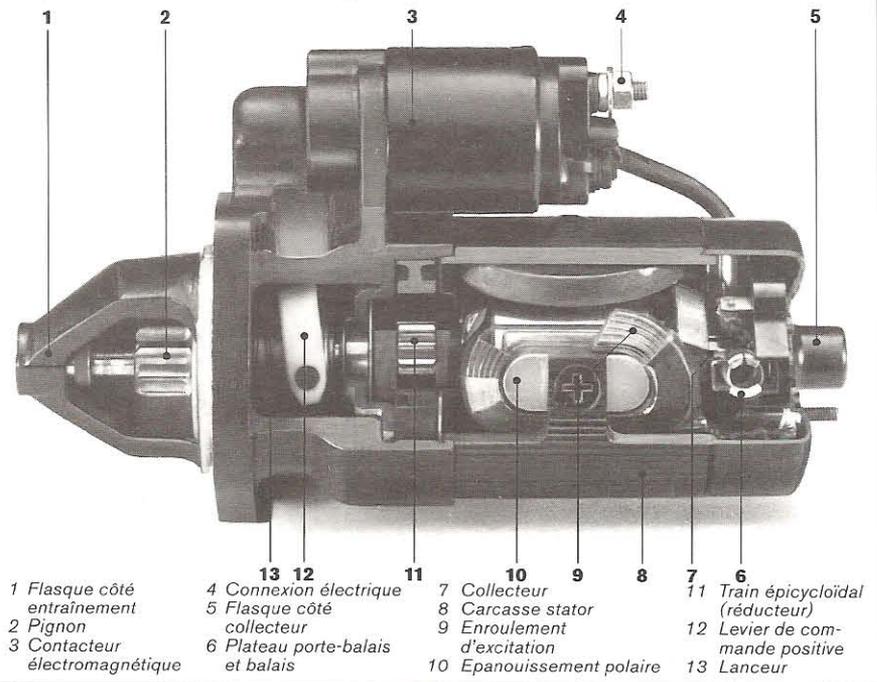
- 1 Arbre-support de l'engrenage planétaire, à filetage à pas rapide
- 2 Roue à denture intérieure (couronne dentée) servant également de palier intermédiaire
- 3 Roue planétaire
- 4 Roue solaire sur l'arbre d'induit
- 5 Induit
- 6 Collecteur

Les démarreurs à réducteur correspondent par leur construction et leur fonctionnement dans une très large mesure aux démarreurs à commande positive électromécanique sans réducteur, qui transmettent la vitesse du moteur de façon conventionnelle et directe au lanceur.

La principale caractéristique distinctive de cette nouvelle génération de démarreurs est constituée par le train épicycloïdal, ajouté entre la carcasse stator et le flasque côté entraînement. Cet engrenage transmet au pignon le couple de l'induit sans être soumis à des forces radiales. Alors que les roues planétaires sont réalisées en acier, la couronne dentée est une combinaison de polyamide de haute qualité et de charges minérales destinées à augmenter la stabilité du matériau et sa résistance à l'usure.

Cette solution technique permet l'utilisation de démarreurs légers et de petite taille. L'économie de poids totale par rapport aux appareils classiques est de 35 à 40% environ en fonction de la version. Moins de poids équivaut en fin de compte à une diminution de la consommation de carburant pendant la marche d'un véhicule.

47 Coupe d'un démarreur à réducteur de type EV à moteur série.



- 1 Flasque côté entraînement
- 2 Pignon
- 3 Contacteur électromagnétique
- 4 Connexion électrique
- 5 Flasque côté collecteur
- 6 Plateau porte-balais et balais
- 7 Collecteur
- 8 Carcasse stator
- 9 Enroulement d'excitation
- 10 Epanouissement polaire
- 11 Train épicycloïdal (réducteur)
- 12 Levier de commande positive
- 13 Lanceur

Type EV avec moteur série

Le démarreur type EV est destiné à des véhicules à moteur diesel d'une cylindrée de 1,8 à 3 l.

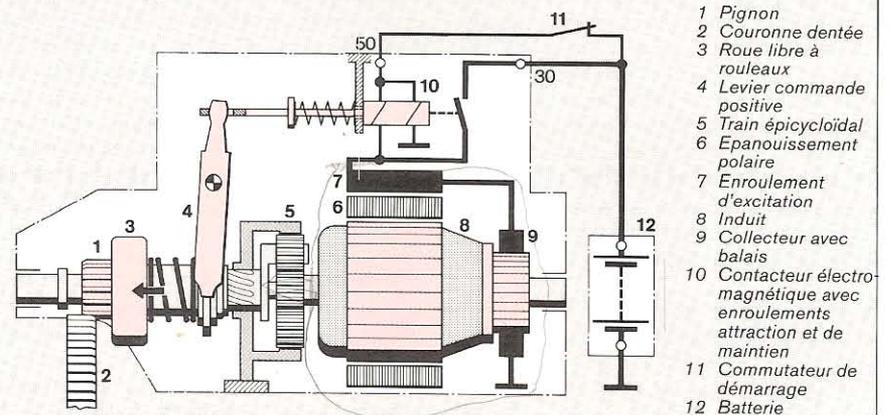
Construction

La construction du démarreur à commande positive électromécanique type EV est représentée aux figures 47 et 48.

Moteur de démarreur à réducteur

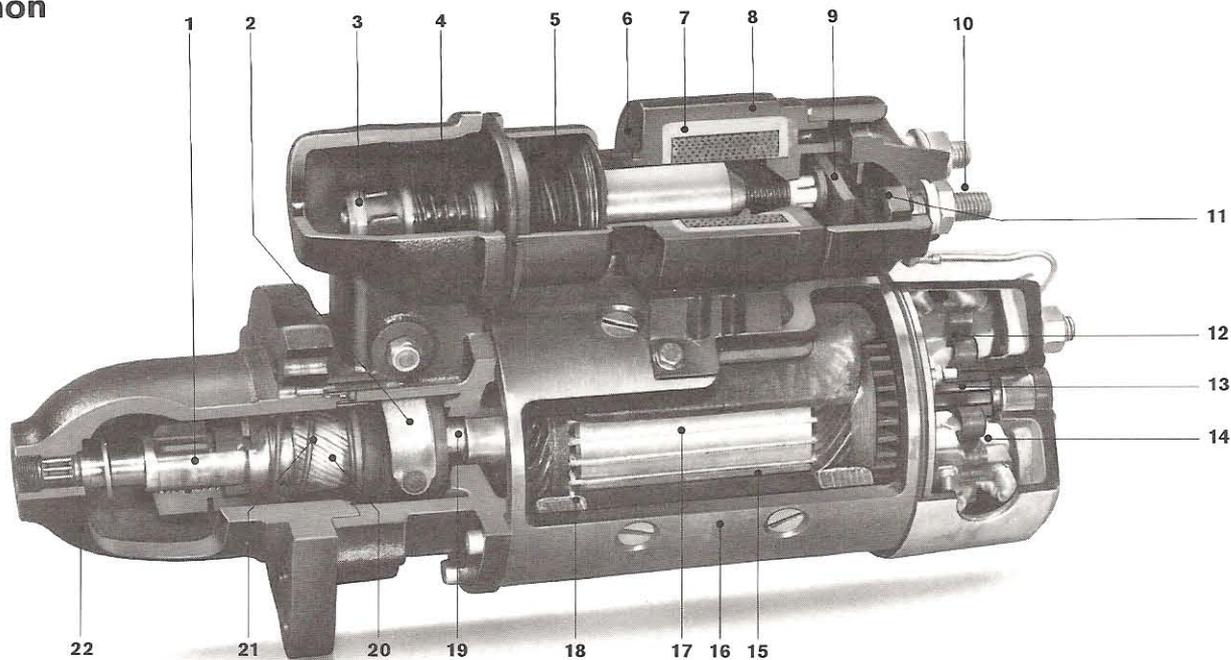
Le moteur de démarreur est un moteur série à courant continu, dont les enroulements d'excitation et d'induit sont connectés en série.

48 Schéma de principe de la construction et du circuit électrique d'un démarreur à réducteur de type EV.



- 1 Pignon
- 2 Couronne dentée
- 3 Roue libre à rouleaux
- 4 Levier commande positive
- 5 Train épicycloïdal
- 6 Epanouissement polaire
- 7 Enroulement d'excitation
- 8 Induit
- 9 Collecteur avec balais
- 10 Contacteur électromagnétique avec enroulements attraction et de maintien
- 11 Commutateur de démarrage
- 12 Batterie

Démarreurs à pignon couissant à rotation mécanique du pignon



Le démarreur à pignon couissant à rotation mécanique du pignon se distingue du levier de commande positive avec un certain jeu. Un jeu supplémentaire – appelé garde – est prévu entre les coulisseaux du levier de commande et les guides du lanceur.

Type KE avec moteur série

Les versions du type KE conviennent aux véhicules utilitaires lourds à moteur diesel, dont la cylindrée peut atteindre 21 l, et qui sont utilisés dans des conditions très sévères.

Caractéristiques particulières:

- aucune maintenance jusqu'à un kilométrage de 800 000 km,
- grande résistance aux contraintes de vibration,
- étanchéité à l'eau et à l'huile côté entraînement pour l'utilisation sur des moteurs à embrayage humide ou à convertisseur de couple à bain d'huile,
- grande insensibilité aux surcharges thermiques grâce à des matériaux d'isolation très résistants à la température.

Construction

La construction et le circuit interne de ce démarreur sont présentés aux figures 52 à 54.

Moteur de démarreur

Le moteur de démarreur est un moteur série à courant continu, dont les enroulements d'excitation et d'induit sont connectés en série. L'arbre d'induit prolongé côté pignon est doté d'une denture droite qui guide l'entraîneur du lanceur.

Contacteur électromagnétique

Le contacteur électromagnétique est monté sur le démarreur et pousse le lanceur et le pignon vers l'avant par l'intermédiaire du levier de commande positive.

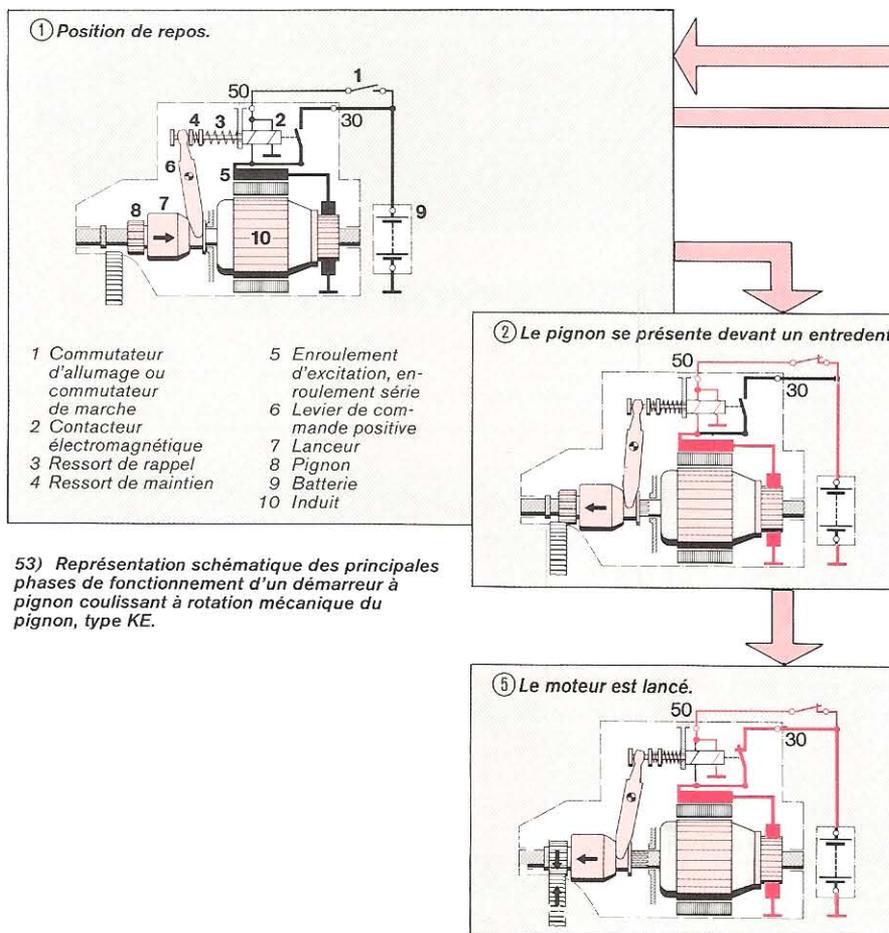
L'extrémité en saillie du noyau plongeur du contacteur porte un genre de « bobine

de fil », dans laquelle s'engage la fourche du levier de commande positive avec un certain jeu. Un jeu supplémentaire – appelé garde – est prévu entre les coulisseaux du levier de commande et les guides du lanceur.

Il est ainsi possible au ressort de rappel du contacteur de déplacer le noyau plon-

52) Coupe d'un démarreur à pignon couissant du type KE.

1 Pignon, 2 Levier commande positive, 3 « Bobine de fil », 4 Ressort de déclenchement, 5 Ressort de rappel, 6 Contacteur électromagnétique, 7 Enroulement de maintien, 8 Enroulement d'attraction, 9 Pont de contact, 10 Connexion électrique, 11 Contact, 12 Ressort de balais, 13 Collecteur, 14 Balais, 15 Epanouissement polaire, 16 Carcasse stator, 17 Induit, 18 Enroulement d'excitation, 19 Disque de frein, 20 Filetage à pas rapide, 21 Ressort d'engrènement, 22 Flasque côté entraînement.



geur de la valeur de la garde vers la position initiale et de décoller ainsi assez rapidement le pont de commutation des contacts.

Dans certaines conditions, p.ex. lors de l'engrènement sur la couronne dentée bloquée, cette garde peut cependant être nulle. Pour ce cas, on a prévu un ressort de déclenchement supplémentaire. Le ressort de déclenchement et le ressort de rappel sont adaptés, par leur caractéristique d'élasticité, de telle sorte que la force du ressort de déclenchement prédomine au repos et celle du ressort de rappel en position d'engagement. La garde et le ressort de déclenchement sont nécessaires pour garantir l'arrêt du moteur de démarrage dans tous les cas.

Lanceur

Les démarreurs à pignon couissant du type KE utilisent un lanceur mécanique à deux temps d'engrènement afin de ménager le pignon et la couronne dentée. L'entraîneur du lanceur est guidé sur la denture droite de l'arbre d'induit et est relié au pignon par l'intermédiaire d'un manchon d'accouplement et par les «dents de scie» de la roue libre à denture droite intégrée. Le levier de commande positive déplace axialement le lanceur en direction de la couronne dentée.

Fonctionnement

1er temps d'engrènement

Après la mise en circuit du commutateur de démarrage, le levier de commande

positive est d'abord déplacé par le contacteur électromagnétique en direction du ressort de rappel avant que les enroulements d'excitation et d'induit ne soient activés complètement. Le levier de commande positive pousse l'ensemble du lanceur de façon linéaire sur le guide à denture droite vers la couronne dentée. Si le pignon pénètre pendant ce mouvement dans un entredent de la denture de la couronne, il peut engrener aussi loin que la plage de pivotement du levier de commande positive le permet. Le pignon aura donc parcouru l'ensemble du déplacement axial.

2e temps d'engrènement

Si pendant l'avance le pignon bute contre une dent, les autres composants du lanceur effectuent une translation en direction de la couronne dentée. Le filetage à pas rapide du manchon d'accouplement à denture plane fait tourner le pignon dans le sens opérationnel. En même temps le ressort du lanceur est tendu. La dent de pignon glisse le long de la dent de la couronne pour pénétrer dans le prochain entredent, dans lequel le pignon s'engagera ensuite complètement sous la pression du ressort tendu. Pendant cette opération, le manchon d'accouplement à denture droite tourne dans le sens de dépassement.

Il est possible que le pignon rencontre un entredent détérioré de la couronne dentée et qu'il ne puisse donc pas tourner. Dans ce cas, l'induit du démarreur tourne par l'intermédiaire du filetage à pas rapi-

de du manchon d'accouplement à denture droite dans le sens de travail pendant que le lanceur est déplacé par le levier de commande positive et que le ressort se tend. La course du lanceur est adaptée à celle du contacteur de telle sorte que la mise en circuit du courant principal n'intervienne pas par ces mouvements. A ce stade il est nécessaire d'interrompre l'essai de démarrage (faux engrènement). Après la mise hors circuit du commutateur de démarrage, le ressort se détend et, le pignon tourne alors dans le sens de dépassement et prend ainsi une position de départ favorable à un nouvel essai de démarrage.

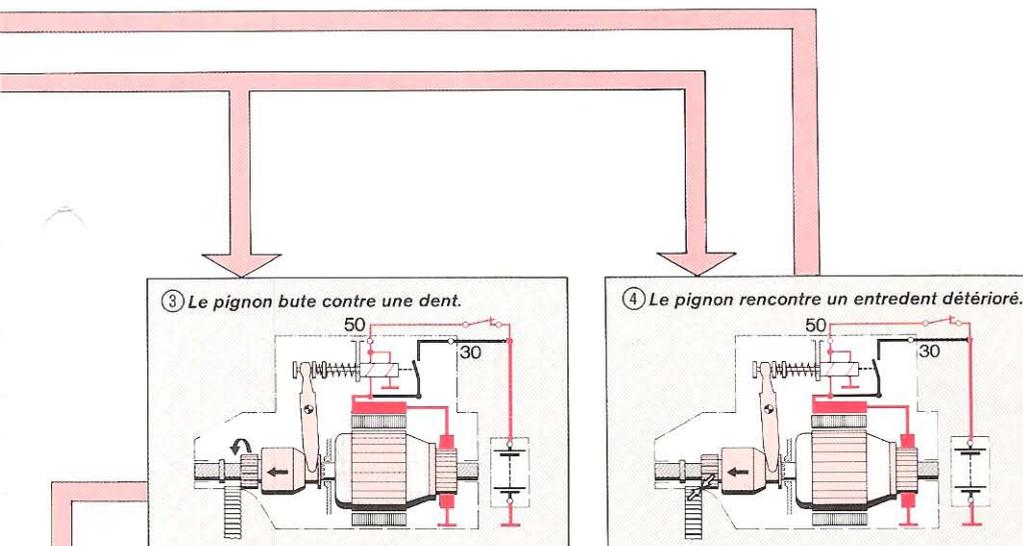
Phase de démarrage

Après l'engrènement complet, le contacteur électromagnétique commute, en fonction de la course, le courant principal appliqué à la borne 30. A présent seul l'enroulement de maintien agit. Le moteur électrique du démarreur peut donc transmettre son couple total à la couronne du moteur à démarrer.

Phases de dépassement et de désengrènement

Dès qu'un effet de dépassement apparaît par suite de l'accélération du moteur à combustion, le pignon est entraîné par la couronne dentée. Il fait alors reculer le manchon d'accouplement solidaire du filetage à pas rapide par la denture droite et tend simultanément le ressort de la roue libre. La séparation des éléments de la roue libre à denture droite est également soutenue par plusieurs masselottes, qui exercent une force axiale par l'intermédiaire d'une bague conique. De ce fait le moteur du démarreur est protégé avec certitude contre une augmentation trop importante de la vitesse maximale admissible.

Le levier de commande positive et le lanceur ne reviennent à leur position de repos sous l'action du ressort de rappel qu'après la mise hors circuit du commutateur de démarrage. Simultanément l'induit tournant par inertie est immobilisé rapidement par un disque de frein mécanique. Le ressort de rappel maintient le lanceur en position de repos.



① Position de repos.

Démarrateur sans courant, pignon désengrené.

② Position d'engrènement favorable.

Course d'engrènement linéaire (1er temps d'engrènement). Enroulements d'attraction et de maintien en circuit. Le pignon se présente devant un entredent et engrène immédiatement. Situation juste avant la commutation du courant principal.

③ Position d'engrènement difficile.

Course d'engrènement linéaire (1er temps d'engrènement). Enroulements d'attraction et de maintien en circuit. Le pignon bute contre une dent de la couronne dentée. Le filetage à pas rapide provoque une rotation du pignon (2e temps d'engrènement). Ressort d'engrènement comprimé, le pignon cherche un entredent et engrène.

④ Aucun engrènement possible.

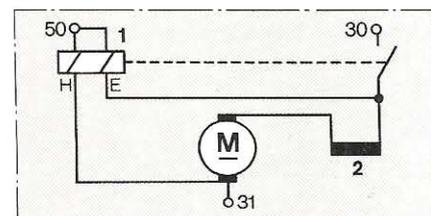
Course d'engrènement linéaire (1er temps d'engrènement). Enroulements d'attraction et de maintien activés. Le pignon rencontre un entredent détérioré de la couronne et est bloqué. Le filetage à pas rapide entraîne une rotation de l'induit dans le sens opposé au sens de travail (courant principal non commuté), le ressort d'engrènement est comprimé, interruption du démarrage. Pendant la détente du ressort d'engrènement, le pignon tourne dans le sens de dépassement et revient en position de repos. Nouvel essai de démarrage.

⑤ Position finale.

Levier de commande positive en position finale. Enroulement d'attraction sans courant. Le courant principal passe, pignon complètement engrènement. Le moteur est lancé

54) Circuit interne d'un démarreur à pignon couissant à rotation mécanique du pignon, type KE.

- 1 Contacteur électromagnétique
- E Enroulement d'attraction
- H Enroulement de maintien
- 2 Enroulement d'excitation





Démarreur à pignon coulissant à rotation électromotrice du pignon

Les démarreurs à pignon coulissant à rotation électromotrice du pignon sont utilisés pour le démarrage des gros moteurs à combustion interne. Ils fonctionnent avec un lanceur électrique à deux temps de commande pour ménager le pignon et la couronne dentée. Le 1er temps soutient uniquement l'engrènement du pignon du démarreur. Le moteur à combustion n'est pas encore lancé. Ce n'est qu'au 2e temps que le courant total d'excitation et le courant total d'induit sont disponibles juste avant la fin de la course d'engagement du pignon.

Les démarreurs de ce type sont caractérisés par la disposition coaxiale, c.-à-d. dans le même axe, du contacteur à solénoïde et des autres unités de montage. Ce type englobe les démarreurs – KB/QB et – TB/TF.

Type KB/QB à moteur à excitation compound

Construction

La vue en coupe (figure 55) montre la construction d'un démarreur KB.

Moteur de démarreur

L'induit du moteur de démarreur est logé dans les flasques côté entraînement et côté collecteur; il possède un arbre creux, qui a la forme d'une bride d'entraînement pour l'embrayage à disques multiples côté flasque d'entraînement. Cette bride d'entraînement est fermée par un couvercle qui dispose d'un palier lisse servant au logement de l'induit du démarreur dans le flasque d'entraînement. Sur le côté collecteur, l'induit du démarreur est logé dans un palier lisse. Le circuit interne (figure 58) montre que l'enroulement série est doublé par un enroulement en dérivation pour l'excitation de champ. Cet enroulement en dérivation reste, sur certaines versions du type KB, toujours en circuit parallèle par rapport au moteur du démarreur pendant les deux temps de commutation. Sur d'autres versions, par contre, l'enroulement en dérivation est connecté, au premier temps, en série comme résistance additionnelle au moteur de démarreur, afin de contribuer à une rotation lente de l'induit par limitation du courant d'induit. Au deuxième temps, il se trouve en parallèle avec le moteur du démarreur et entraîne une limitation de la vitesse maximale. Les démarreurs QB sont équipés d'un enroulement auxiliaire pour l'augmentation du couple au premier temps de commande.

Cette disposition du contacteur à solénoïde impose l'avance du pignon par une tige d'engrènement traversant l'arbre d'induit creux. En outre, ce contacteur doit libérer le pont de contact du relais de commande par l'intermédiaire du levier de déclenchement, du cliquet de blocage et de la plaque de butée.

Lanceur
La queue de pignon, dont le filetage à pas rapide porte l'embrayage à disques multiples, est supportée par le roulement à rouleaux du flasque côté entraînement et par le roulement à aiguilles de l'arbre d'induit. Le pignon est relié à la queue de pignon par une clavette parallèle. La liaison énergétique entre l'induit et le pignon du démarreur est établie ou interrompue, en fonction de la phase de travail, par l'embrayage à disques multiples déjà décrit.

Fonctionnement

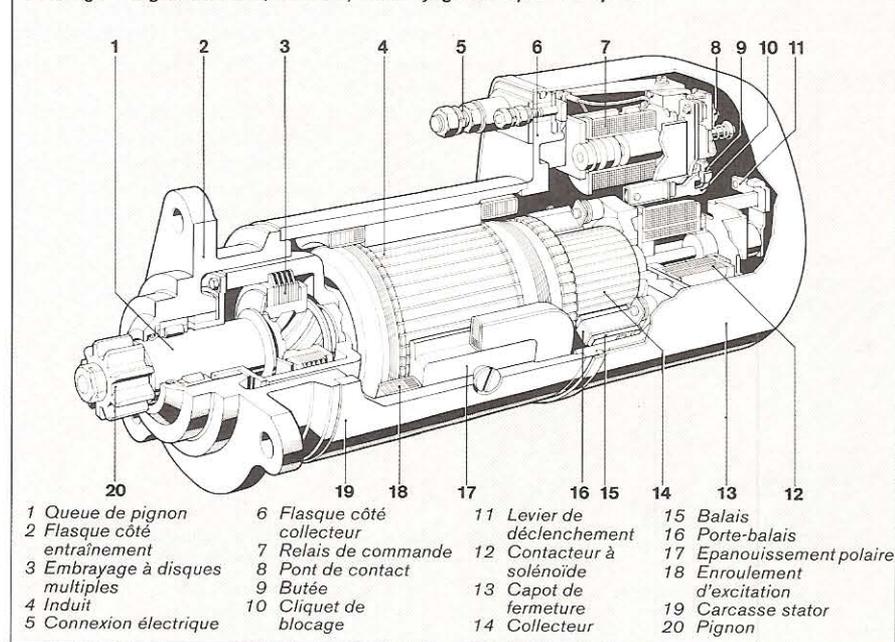
Les illustrations et la description des phases d'engrènement et de désengrènement se rapportent au type KB.

1er temps de commande (étape initial)

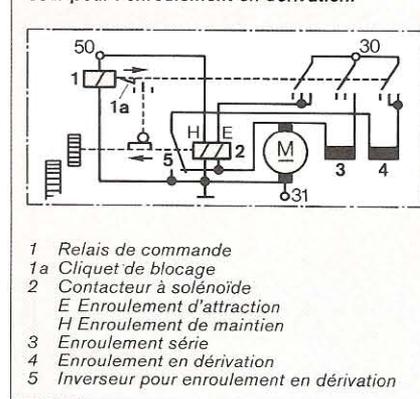
Dès la mise en circuit du commutateur de démarrage, le courant traverse l'enroulement du relais de commande et l'enroulement de maintien du contacteur à solénoïde.

Le relais de commande ferme alors aussi immédiatement le circuit électrique de l'enroulement d'attraction du contacteur

55 Coupe d'un démarreur à pignon coulissant type KB à lanceur électrique à deux temps. On reconnaît, à l'arrière, le solénoïde d'engrènement agissant sur le pignon par l'intermédiaire de la tige d'engrènement et, à l'avant, l'embrayage à disques multiples.

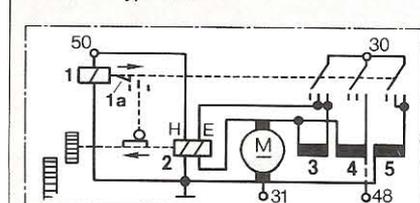


58 Circuit interne d'un démarreur à pignon coulissant type KB (24 V 5,6 kW) avec inverseur pour l'enroulement en dérivation.



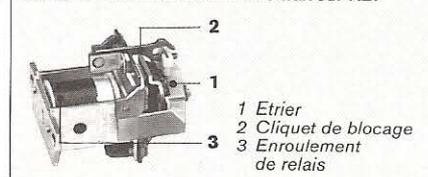
- 1 Relais de commande
- 1a Cliquet de blocage
- 2 Contacteur à solénoïde
- E Enroulement d'attraction
- H Enroulement de maintien
- 3 Enroulement série
- 4 Enroulement en dérivation
- 5 Inverseur pour enroulement en dérivation

59 Circuit interne d'un démarreur à pignon coulissant type QB.

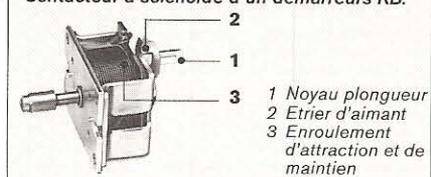


- 1 Relais de commande
- 1a Cliquet de blocage
- 2 Contacteur à solénoïde
- E Enroulement d'attraction
- H Enroulement de maintien
- 3 Enroulement auxiliaire
- 4 Enroulement série
- 5 Enroulement en dérivation

56 Relais de commande d'un démarreur KB.



57 Contacteur à solénoïde d'un démarreurs KB.



à solénoïde. Le noyau plongeur de l'électro-aimant pousse le pignon par l'intermédiaire de la tige d'engrènement et de la queue de pignon vers la couronne dentée du moteur à combustion. Il y a simultanément excitation de l'enroulement en dérivation, qui est connecté d'abord en série avec l'induit du démarreur. Cet enroulement agit en commun avec l'enroulement d'attraction du contacteur à solénoïde comme résistance additionnelle à l'enroulement d'induit du démarreur (sur les démarreurs QB, aussi à l'enroulement auxiliaire). De ce fait le courant d'induit est limité à tel point que l'induit du démarreur ne peut développer qu'un faible couple et qu'il ne tourne donc que très lentement. Au premier temps de commande, le pignon du démarreur effectue donc une translation et une légère rotation pour assurer l'engrènement en douceur. Le moteur à combustion, par contre, n'est pas encore lancé car le faible couple ne suffit pas au démarrage. Si le pignon ne peut pas engrener immédiatement en raison d'une position défavorable, il continue à explorer la périphérie de la denture de la couronne dentée du volant jusqu'à ce qu'une dent s'engage dans le prochain entredent. En cas de faux engrènement dû à un positionnement dent sur dent ou angle sur angle, le pignon ne peut cependant pas engrener.

La tentative de démarrage doit alors être interrompue immédiatement puis répétée.

2e temps de commande (étage principal)
Juste avant la fin de la course d'engrènement du pignon, le levier de déclenchement soulève le cliquet de blocage et le pont de contact du relais de commande est libéré. Sous l'effet d'un ressort taré, le pont de contact est appliqué soudainement sur les contacts. Ce pont commute le courant principal qui traverse alors l'enroulement série et l'induit. Sur certaines versions de démarreurs, un inverseur intégré au contacteur à solénoïde assure le couplage en parallèle de l'enroulement en dérivation. La fonction série précédente est donc inversée (figure 58). Le moteur du démarreur reçoit à présent l'intégralité du courant et lance le moteur à combustion avec la totalité du couple par l'intermédiaire de l'embrayage à disques multiples.

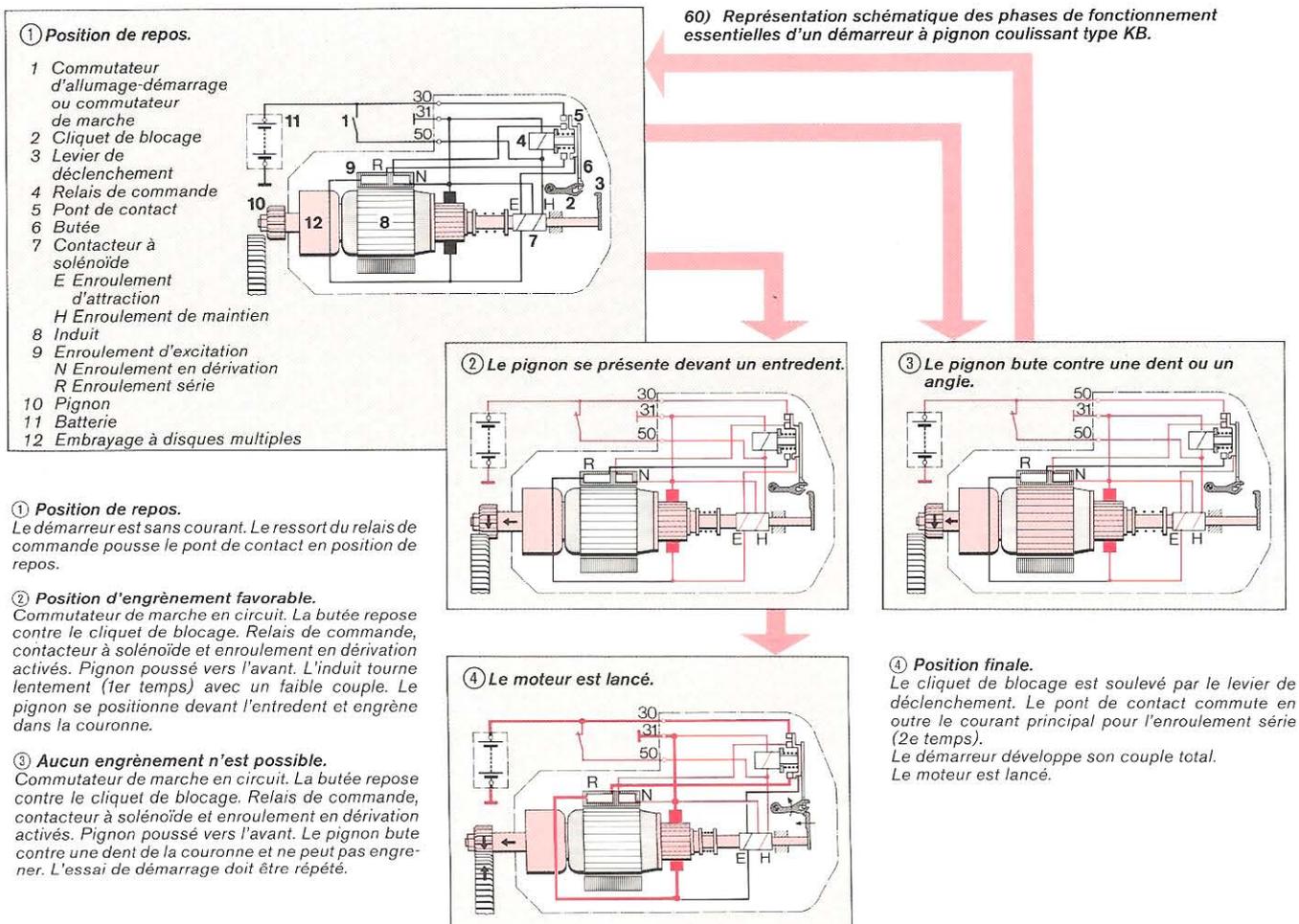
Phases de dépassement et de désengrènement

Si au démarrage du moteur à combustion la vitesse du pignon du démarreur dépasse la vitesse à vide de l'induit, le sens d'action des forces est alors inversé. Grâce à la participation du filetage à pas rapide de l'embrayage à disques multiples, la liaison énergétique entre le pignon et l'induit du démarreur est interrompue. Cette formule permet d'éviter l'accélération excessive du moteur du démarreur.

Le pignon lui-même reste cependant en prise aussi longtemps que le commutateur de démarrage est en circuit. L'arri-

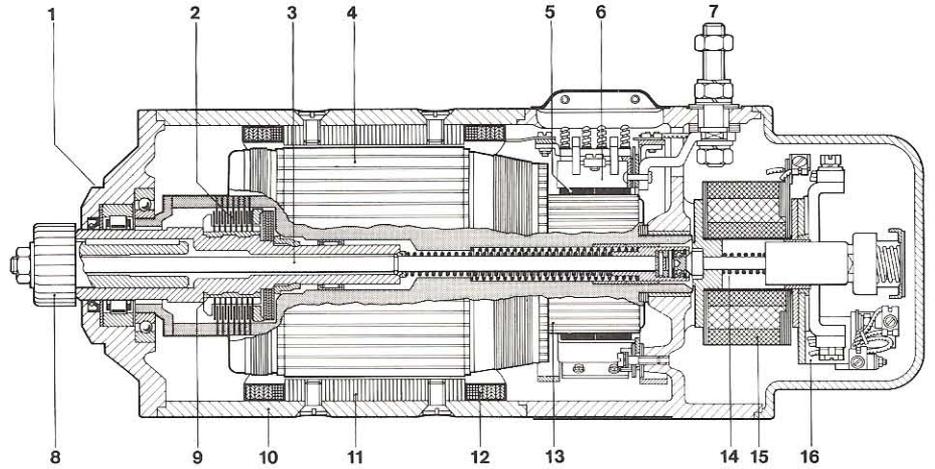
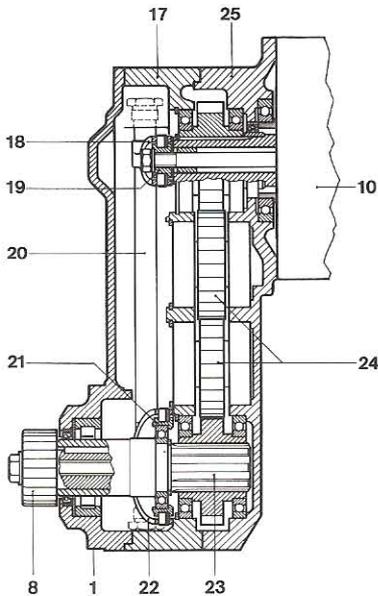
vée de courant à l'enroulement du relais de commande et à l'enroulement de maintien du contacteur à solénoïde n'est interrompue qu'après la mise hors circuit du commutateur de démarrage et, par conséquent, après l'arrêt du démarreur. Le relais de commande interrompt ensuite le circuit électrique principal. Le lanceur et le pignon peuvent aussi revenir en position de repos sous l'effet d'un ressort de rappel se trouvant à l'intérieur de l'arbre creux d'induit. Le pignon désengrène et retourne à sa position initiale.

Le rôle de ce ressort de rappel consiste également à maintenir en position de repos la queue de pignon malgré les secousses du moteur en rotation, jusqu'au prochain essai de démarrage. Lors du désengrènement le cliquet de blocage du relais de commande, taré par un ressort, est également poussé en position de blocage de sorte que le prochain démarrage pourra s'effectuer à nouveau en deux temps.





Type TB/TF à moteur à excitation compound



61) Coupe d'un démarreur de la série T.

Les démarreurs sans transmission intermédiaire portent la désignation TB, les démarreurs avec transmission intermédiaire la désignation TF.

1 Centrage pour bride du moteur, 2 Embrayage à disques multiples, 3 Tige d'engrènement, 4 Induit, 5 Balais, 6 Porte-balais, 7 Connexion électrique, 8 Pignon, 9 Filetage à pas rapide, 10 Carcasse stator, 11 Epanouissement polaire, 12 Enroulement d'excitation, 13 Collecteur, 14 Ressort de déclenchement, 15 Contacteur à solénoïde, 16 Relais de commande, 17 Carter intermédiaire, 18 Fourche supérieure, 19 Bague de guidage, 20 Levier commande positive, 21 Bague de commande, 22 Fourche inférieure, 23 Arbre intermédiaire, 24 Roues intermédiaires, 25 Flasque côté entraînement.

Construction

La construction de base du démarreur T correspond dans une très large mesure à celle des démarreurs KB/QB. De légères différences existent au niveau de la forme de la carcasse, des paliers et du circuit électrique.

C'est ainsi que la bride d'entraînement de l'induit du démarreur n'est pas logée dans un palier lisse, mais dans un roulement à rouleaux solidaire du flasque côté entraînement. Pour prévenir toute pénétration d'huile, de boue ou de poussière à l'intérieur du démarreur divers composants présentent une étanchéité particulière.

Moteur de démarreur

L'induit du démarreur possède comme le type KB/QB un arbre creux ayant, côté flasque d'entraînement, la forme d'une bride d'entraînement pour l'embrayage à disques multiples. Sur les versions de 36 V maximum, l'enroulement série est associé à un enroulement de freinage au niveau des épanouissements polaires. Il reste sans effet aussi longtemps que le démarreur est en service. Après l'arrêt du démarreur, l'enroulement de freinage est mis en parallèle avec l'induit encore en rotation par l'intermédiaire d'un contact du relais de commande et agit ainsi comme frein électrique immobilisant l'induit rapidement (figure 62). Les versions à partir de 50 V n'ont pas d'enroulement de freinage mais un enroulement en dérivation.

Contacteur à solénoïde et relais de commande

Les connexions électriques, le relais de commande et le contacteur à solénoïde sont logés dans un flasque cylindrique côté collecteur et non pas dans un évidement de la carcasse comme sur le type KB et QB.

Le pignon est cependant avancé de la

même manière par un contacteur à solénoïde et une tige d'engrènement qui traverse l'arbre d'induit creux. Le contacteur à solénoïde dispose aussi d'un enroulement antagoniste servant de résistance additionnelle pour l'adaptation du couple du démarreur lors de l'engrènement.

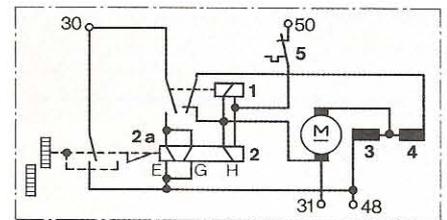
Thermocontact

Pour les dispositifs de démarrage soumis à des sollicitations prolongées et dont on exige de nombreuses tentatives de lancement répétées (p.ex. tension de batterie trop faible, dents de couronne en mauvais état ou défauts du moteur à combustion), on fait appel aux démarreurs T dotés de deux thermocontacts qui assurent la protection contre les surcharges thermiques du contacteur au cours des deux phases de commande. Ces thermocontacts sont incorporés aux balais ou aux barrettes de connexion et montés en série.

Si la température des enroulements du contacteur à solénoïde dépasse des valeurs bien définies sous l'influence de faux engrènements ou de la température des autres pièces conductrices, les thermocontacts interrompent le câble 50 et arrêtent le démarreur. Au bout de 20 minutes environ, le démarreur est suffisamment refroidi pour pouvoir être relancé. Les circuits internes de ces démarreurs peuvent différer en fonction de la tension nominale. Pour l'extinction des étincelles un condensateur a également été mis en parallèle avec les thermocontacts sur les démarreurs à tension plus élevée.

Lanceur

Le lanceur est constitué comme sur le type KB/QB d'un embrayage à disques multiples, d'une queue de pignon, d'un filetage à pas rapide et d'un pignon. Le démarreur type TF ne se distingue du type TB pour l'essentiel que par une



62) Circuit interne d'un démarreur à pignon couissant type TB 24 V.

- | | |
|----------------------------|---------------------------|
| 1 Relais de commande | 2a Cliquet de blocage |
| 2 Contacteur à solénoïde | 3 Enroulement série |
| E Enroulement d'attraction | 4 Enroulement de freinage |
| G Enroulement antagoniste | 5 Thermocontact |
| H Enroulement de maintien | |

transmission intermédiaire (figure 61). Sur les démarreurs TF le pignon est décalé par rapport à l'induit. Cette transmission d'encombrement favorables et facilite le montage du démarreur sur le moteur.

L'arbre de la transmission intermédiaire porte le pignon et peut à la fois tourner et se déplacer longitudinalement. Il est monté dans le flasque de la transmission. Un levier de commande positive placé dans le carter intermédiaire transmet la poussée de la tige d'engrènement à l'arbre intermédiaire avec le pignon. Au moment de l'engrènement, le mouvement se déroule comme suit:
noyau plongeur du contacteur à solénoïde - tige d'engrènement - bague de guidage - fourche supérieure - levier de commande positive - fourche inférieure - bague de commande - arbre intermédiaire - pignon.

Un seul démarreur ne suffit pas pour lancer les très gros moteurs. Il existe donc des démarreurs avec des connexions électriques supplémentaires pour le fonctionnement en parallèle.

Fonctionnement

Mises à part certaines particularités techniques du montage électrique, le fonctionnement des démarreurs des types TB/TF et KB/QB est presque identique.

1er temps (étape initial)

En actionnant le commutateur de démarrage, le courant arrive à la borne 50 et traverse l'enroulement de maintien du relais de commande. En conséquence le relais ouvre les contacts de commande de l'enroulement de freinage et met en circuit les enroulements d'attraction et antagoniste du contacteur à solénoïde. Le noyau plongeur du contacteur pousse, au moyen de la tige d'engrènement, la queue de pignon et le pignon vers la couronne. En même temps l'enroulement série (enroulement principal) reçoit un faible courant depuis les enroulements d'attraction et antagoniste ayant la fonction d'une résistance additionnelle, ce qui entraîne une légère rotation de l'induit du démarreur. Le démarreur ne développe pas encore la totalité de son couple pendant ce premier temps de

fonctionnement. Avant la fin de la course d'engrènement, le pont de contact du contacteur est arrêté car la plaque de butée rencontre le cliquet de blocage. Le noyau plongeur continue à se déplacer.

Il y a donc simultanément avance et légère rotation du pignon afin de permettre un engrènement en douceur. Si le pignon bute contre une dent, il continue à explorer la périphérie de la denture de la couronne dentée et s'engrène facilement dans le prochain entredent. Même si le pignon engrène sans problème, le moteur n'est pas encore lancé. Le couple développé par le moteur du démarreur pendant cette phase de commutation reste trop faible pour entraîner le moteur. Si le pignon ne peut pas engrèner en raison d'un positionnement angle sur angle, l'essai de démarrage doit être répété.

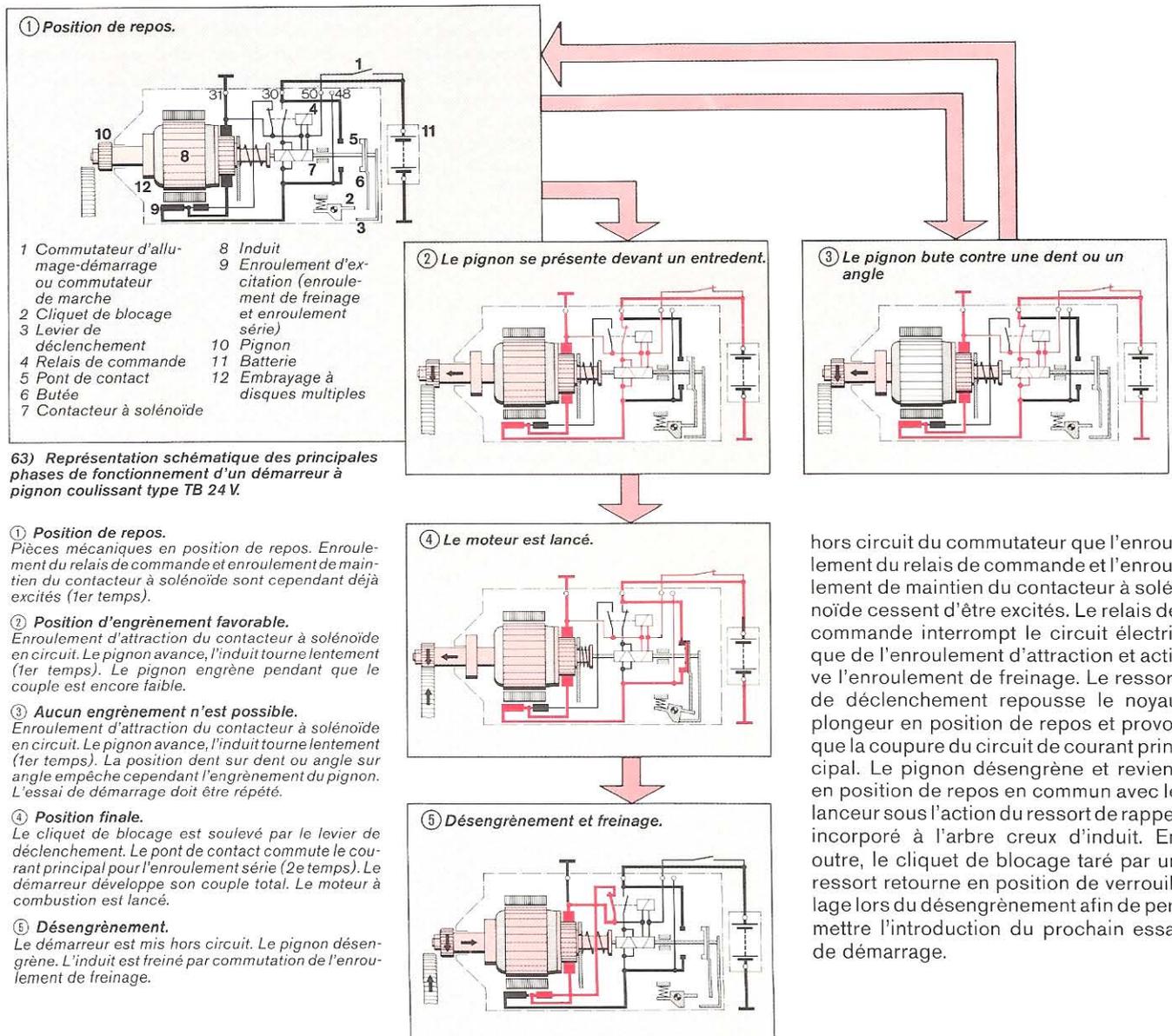
2e temps (étape principal)

Juste avant la fin de la course d'engrènement, le levier de déclenchement soulève le cliquet de blocage pour initier le deuxième temps de commutation. Ce cliquet débloque la plaque de butée et per-

met ainsi la nouvelle détente d'un ressort comprimé soudainement contre la barrette de contact. Ce mouvement rapide évite le soudage éventuel du pont de contact en cas d'engrènement hésitant et assure une longévité beaucoup plus grande des contacts. Il y a certes court-circuitage simultané des enroulements d'attraction et antagoniste du contacteur à solénoïde, mais le noyau plongeur est maintenu en position d'enclenchement par l'enroulement de maintien alimenté en courant. Le démarreur reçoit à présent l'intégralité du courant électrique, développe la totalité de son couple et lance le moteur par l'intermédiaire de l'embrayage à disques multiples qui établit la liaison énergétique.

Phases de dépassement et de désengrènement

Dès l'accélération du moteur à combustion, l'embrayage se désolidarise et empêche ainsi toute transmission de survitesses à l'induit du démarreur. Le pignon demeure cependant en prise aussi longtemps que le commutateur de démarrage reste actionné. Ce n'est qu'après la mise



hors circuit du commutateur que l'enroulement du relais de commande et l'enroulement de maintien du contacteur à solénoïde cessent d'être excités. Le relais de commande interrompt le circuit électrique de l'enroulement d'attraction et active l'enroulement de freinage. Le ressort de déclenchement repousse le noyau plongeur en position de repos et provoque la coupure du circuit de courant principal. Le pignon désengrène et revient en position de repos en commun avec le lanceur sous l'action du ressort de rappel incorporé à l'arbre creux d'induit. En outre, le cliquet de blocage taré par un ressort retourne en position de verrouillage lors du désengrènement afin de permettre l'introduction du prochain essai de démarrage.

Installation du dispositif de démarrage

Montage du démarreur

Les démarreurs sont montés soit devant le volant, près du carter de vilebrequin, soit derrière le volant, à côté de la boîte de vitesses. Suivant le modèle, ils sont fixés par une bride ou sur un berceau assurant une bonne liaison électrique à la masse du moteur. Les démarreurs de petites ou moyennes dimensions, à fixation par bride, comportent en générale une bride à deux ajourages, tandis que les démarreurs de plus grande taille sont dotés d'une bride normalisée du type SAE (abréviation de Society of Automotive Engineers). Sur certains types de véhicules a été prévu un berceau supplémentaire pour réduire les contraintes exercées sur le démarreur par les secousses. Pour le montage sur berceau il faut utiliser des étriers de fixation robustes ou bien une plaque de fixation. La position de montage est généralement horizontale, les connexions électriques et le contacteur électromagnétique se trouvant en haut. Les démarreurs, dont les paliers doivent être graissés fréquemment en raison de conditions d'exploitation particulières (poussière, boue), imposent une bonne accessibilité aux points de graissage.

Un emboîtement d'ajustage permet le centrage et le réglage du jeu entre les flancs de dents. En outre, le carter du volant moteur doit présenter une bonne étanchéité afin d'éviter la pénétration de boue, d'huile ou de projections d'eau dans le démarreur.

Câble principal du démarreur

En soulevant le capot du moteur d'une voiture, il est facile de constater que le câble principal reliant la batterie au démarreur possède une section particulièrement importante. En outre, la distance de la batterie au démarreur et, par conséquent, la longueur du câble doivent être aussi réduites que possible. Cela souligne l'importance de ce câble principal du démarreur. La section d'un conducteur électrique dépend toujours des récepteurs qui y sont raccordés. Le plus gros récepteur d'un véhicule automobile est toujours le démarreur – même si la phase de démarrage n'est que très courte. La taille de la batterie et le dimensionnement du câble principal sont déterminés en fonction du démarreur. Des courants d'intensité élevée circulent de la batterie au démarreur pendant le démarrage. A la vitesse «0» et lorsque le pignon est engrené, on peut avoir, en fonction de la taille du démarreur, un courant instantané de court-circuit de 335 A (type DF) à 3250 A (type TB/TF). Dans ces conditions, le câble de courant principal doit posséder une résistance aussi faible que possible afin de limiter la chute de tension.

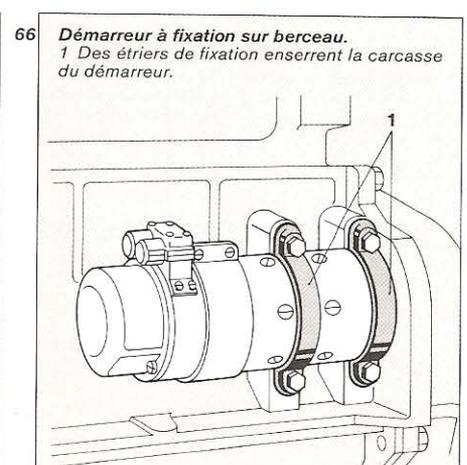
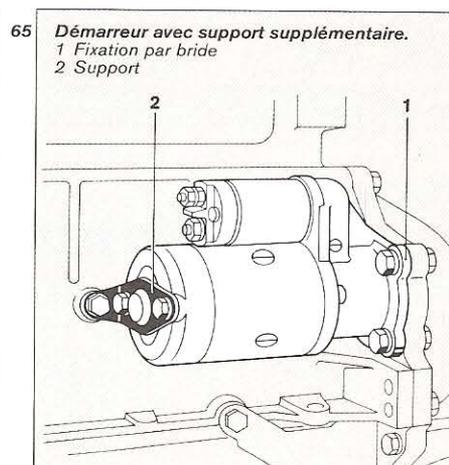
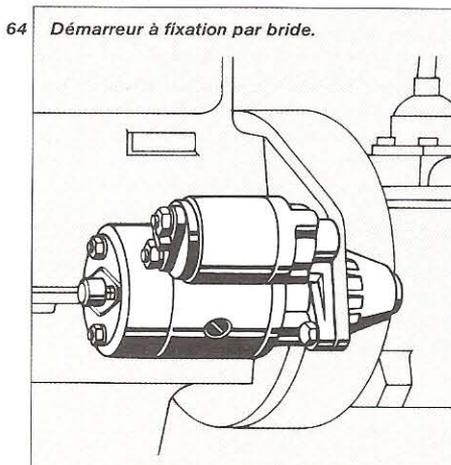
Alors que la résistance (alimentation et retour) ne doit pas dépasser 1 mΩ, la chute de tension admissible pour une tension nominale de 12 V doit être limitée à 0,5 V et pour une tension nominale de 24 à 1 V. Le câble principal du démarreur doit donc être aussi court que possible et présenter une section minimale suffisante.

Exemple:

Le démarreur type EF 12 V 0,85 kW destiné aux moteurs à essence d'une cylindrée maximale de 2 l consomme un courant de court-circuit de 427 A quand il est relié à une batterie d'une capacité nominale de 55 Ah. Compte tenu de l'échauffement des conducteurs et de la chute de tension, un câble principal d'une longueur de 1,9 m doit présenter une section minimale de 30 mm² environ (arrondie à la section standard supérieure suivante de 35 mm²).

Le retour du courant électrique a lieu en principe par la masse du démarreur et du moteur. Cette condition est réalisée par une bonne liaison à la masse du démarreur et par un retour parfait de la masse à la batterie. Si un câble de retour isolé existe, cette liaison à la masse pourra être supprimée. Les connexions électriques sont protégées par des passe-fils ou par des capuchons en caoutchouc. La section utile du câble principal du démarreur dépend des paramètres suivants:

- Consommation de courant du démarreur en court-circuit (vitesse «0») et charge instantanée admissible du câble compte tenu de son échauffement;
- Matériau et résistance électrique spécifique du câble d'alimentation (on utilise généralement des conducteurs en cuivre en raison des bonnes propriétés de ce matériau);
- Longueur du câble;
- Tension nominale du dispositif de démarrage et chute de tension admissible en cas de courant de court-circuit.



Commutateurs de démarrage

Il s'agit généralement de commutateurs manuels mécaniques, conçus spécialement pour les dispositifs de démarrage. Ils servent soit à la commande directe de petits démarreurs soit à la commande indirecte de gros démarreurs avec le concours de relais auxiliaires.

Interrupteur de démarrage monofonction

Le bouton-poussoir est un interrupteur monofonction «marche/arrêt» et constitue le commutateur de démarrage le plus simple. Le bouton-poussoir revient automatiquement à sa position initiale.

Commutateur d'allumage-démarrage pour les voitures à moteur à essence

Les commutateurs d'allumage-démarrage avec antivol intégré sont des interrupteurs multifonctions destinés aux équipements d'allumage sur batterie. Ils permettent la mise en circuit centralisée de la plupart des récepteurs, allumage compris, et servent au démarrage. Les différentes versions se distinguent par le nombre des positions de commutation, mais également par une éventuelle interdiction de répétition du démarrage. Les positions de commutation habituelles «contact mis/contact coupé/démarrage» peuvent être complétées par les positions «feux de stationnement» et/ou «radio». La clé revient automatiquement de la dernière position «démarrage» à la position de base «contacts mis».

Commutateur de préchauffage-démarrage pour les voitures à moteur diesel

Le démarrage du moteur diesel est réalisé à l'aide de commutateurs de préchauffage-démarrage rotatifs, à tirette ou à clé. Les dispositifs de démarrage classiques sont des interrupteurs rotatifs ou à tirette, ne servant qu'au préchauffage et au démarrage. Ces commutateurs de préchauffage-démarrage à trois positions de commutation «arrêt/préchauffage/démarrage» exigent un commutateur de marche supplémentaire pour la mise en circuit de l'équipement électrique. Après l'actionnement du commutateur de marche central, le bouton de commande de l'interrupteur à tirette est amené graduellement en position de préchauffage et en position de démarrage et y est maintenu pendant la durée de ces deux opérations. En le relâchant, le bouton de commande revient automatiquement à la position de base «arrêt». Sur les interrupteurs rotatifs la même commande peut être réalisée au moyen d'une poignée rotative. Les interrupteurs à clé sont une combinaison des commutateurs de préchauffage-démarrage et des commutateurs de marche. Ils remplissent par leurs quatre (ou cinq) positions de commande «feux de stationnement/contact coupé/contact mis/préchauffage/démarrage» toutes les fonctions utiles et rendent superflu un commutateur de marche supplémentaire.

Du lancement manuel au démarrage

Au début de l'automobile, le moteur d'un véhicule ne pouvait être lancé qu'au moyen d'une manivelle. Cette opération, le «lancement à la manivelle», était très pénible et présentait de nombreux risques en raison des retours de manivelle occasionnels dus à des allumages spontanés.

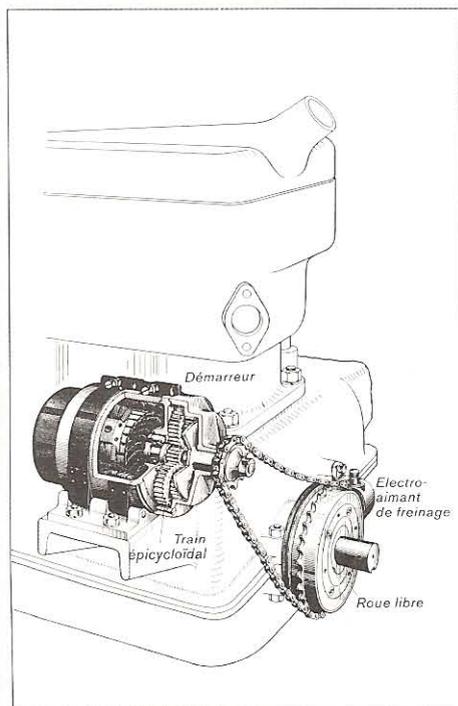
La mise au point proprement dite des systèmes de démarrage pour les véhicules connus ses origines en 1945 lorsque l'Automobile Club de France de cette époque annonça une compétition qui prévoyait le remplacement de la manivelle par un dispositif de démarrage.

Dès 1912, Robert Bosch entreprit la construction d'un démarreur à inertie à entraînement électrique, dont la conception fut reprise dans les années 30 après l'introduction du moteur diesel pour les véhicules automobiles. Un an après, on mettait au point un démarreur entraîné par un moteur électrique à vitesse rapide. Un train épicycloïdal placé à la sortie permettait d'obtenir le couple élevé nécessaire. L'entraînement du moteur à combustion avait lieu au moyen d'une transmission à chaîne et d'un coupleur spécial à roue libre,

interrompant la liaison énergétique après le lancement du moteur.

L'acquisition de brevets américains en 1914 permit une nouvelle évolution qui aboutit, dans un premier temps, au démarreur à pignon coulissant. Le bout en saillie de l'induit portait un petit pignon engrenant dans la denture du volant moteur dès la translation de l'ensemble de l'induit sous l'action du champ magnétique établi à la mise en circuit du démarreur. L'engrènement et le démarrage étaient assurés par une pédale à 3 étages de commande. Un ressort de rappel d'induit permettait le retour en position de repos.

Par la suite, d'autres innovations – surtout pour des impératifs économiques – conduisirent à des améliorations et à des simplifications importantes de la construction et du fonctionnement des démarreurs. En 1926, la prise d'une licence marquait le départ du démarreur à lanceur à inertie. Le démarreur à pignon coulissant était commercialisé en 1930 et, 10 ans plus tard environ, le démarreur à commande positive associé à un contacteur électromagnétique. Le principe de base de ces démarreurs est resté inchangé jusqu'à nos jours.



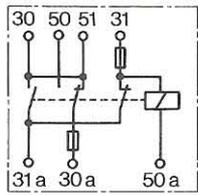
«Démarreur Bosch» de l'année 1913 à train épicycloïdal et coupleur à roue libre

Relais

Les relais sont surtout associés aux gros démarreurs et leur rôle varie en fonction du but recherché :

- Commutation du courant principal élevé du démarreur;
- Commutation des circuits électriques;
- Protection du démarreur et de la couronne dentée contre les détériorations;
- Répétition du démarrage en cas de tentative infructueuse;
- Mise en parallèle des démarreurs.

Coupleur de batteries



Le coupleur de batteries est utilisé sur les installations mixtes 12/24 V (tension de bord 12 V et tension au démarreur 24 V). Après l'actionnement du commutateur de démarrage le relais de commutation du coupleur de batteries est alimenté en courant à partir de la borne 50a. Il commute les contacts de telle manière que les deux batteries de 12 V connectées auparavant en parallèle soient mises provisoirement en série pour le démarrage et qu'une tension de 24 V existe aux bornes du démarreur.

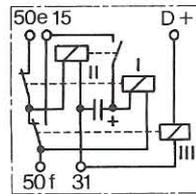
Relais de blocage du démarrage

Le relais de blocage du démarrage est toujours utilisé lorsque cette opération ne peut pas être surveillée efficacement. Ce relais sert à protéger le démarreur, le pignon et la couronne dentée sur les véhicules utilitaires équipés d'un moteur sous le plancher ou d'un moteur à l'arrière, sur les dispositifs de démarrage commandés à distance ou automatiques (p.ex. groupe électrogène de secours, thermopompe à moteur diesel, etc.). Les fonctions suivantes doivent être assurées dans tous les cas :

- Mise hors circuit après le démarrage;
 - Interdiction sur moteur tournant;
 - Interdiction sur moteur en décélération;
 - Interdiction après démarrage manqué (pas de fonctionnement autonome du moteur);
- la répétition du démarrage n'étant possible que dans les deux derniers cas, à la fin de la temporisation.

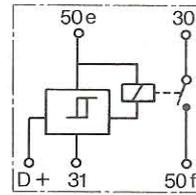
Le relais de blocage du démarreur travaille en fonction de la tension de la génératrice ou d'un capteur de vitesse. Le type d'augmentation de la tension au démarrage en relation avec le rapport de transmission entre le vilebrequin et la génératrice est déterminant (allure de courbe de tension entre 0 V et la tension nominale mesurée entre les bornes D+ et D- de la génératrice à l'état froid et à l'état chaud).

Relais de blocage électromécanique du démarreur



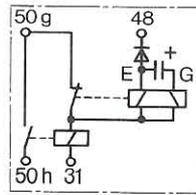
Le relais de blocage électromécanique du démarreur contient les relais de commutation I et III à contacts de repos – ou à contacts de repos et bidirectionnels – permettant l'alimentation en courant du contacteur électromagnétique et du relais de commande du démarreur. Il renferme aussi le relais de commutation II à contacts de travail assurant la charge d'un condensateur associé au relais de blocage du démarreur. Le condensateur sert à maintenir le relais I à contacts de repos à l'état ouvert pendant quelques secondes supplémentaires et à interdire ainsi le démarrage si le moteur n'est pas lancé lors de la première tentative ou s'il s'arrête après avoir effectué quelques rotations. Lorsque le moteur tourne, la tension produite par la génératrice ouvre le contact de repos du relais III et maintient à l'état fermé le contact de travail du relais II, afin d'interdire l'opération de démarrage en cas de réenclenchement immédiat du commutateur de démarrage et afin d'empêcher l'engrènement du pignon dans la couronne dentée non encore immobilisée (risque d'endommagement).

Relais de blocage électronique du démarreur



Le relais de blocage électronique présente l'avantage d'être léger et de ne posséder qu'un nombre réduit de pièces d'usure car il ne contient plus qu'un seul relais de commutation. En outre, le câble de démarreur souvent très long (p.ex. sur les autocars à moteur à l'arrière) ne présente plus les inconvénients connus car l'alimentation de la borne 50 du démarreur n'est plus assurée depuis le commutateur de marche éloigné mais directement depuis la borne 30 par le relais de blocage du démarreur. En outre, la stabilité des valeurs de réglage a été améliorée (telle que la tension de coupure ou la constante de temps).

Relais de répétition du démarrage



Le relais de répétition du démarrage sert à protéger le contacteur électromagnétique du démarreur sur les véhicules, sur lesquels le lancement du moteur ne peut être entendu par le conducteur (p.ex. véhicules utilitaires à moteur à l'arrière, motrices diesel), en cas de fonctionnement en parallèle de deux démarreurs et de groupes stationnaires à commande à distance. Ce relais a été prévu uniquement pour les démarreurs à mode d'enclenchement électrique ou mécanique en deux temps (dé-

marreurs K, Q et T), qui doivent être équipés de la borne supplémentaire 48.

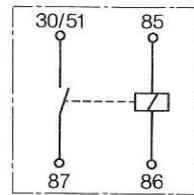
En cas d'engrènement normal du démarreur, le relais de répétition du démarrage n'entre pas en action. Si, en cas de faux engrènement, le pignon ne trouve pas l'entredent, aucun contact n'est établi pour le courant principal malgré l'enclenchement du contacteur électromagnétique. Pour éviter la surcharge et le grillage de l'enroulement d'attraction du contacteur électromagnétique en cas d'actionnement prolongé du commutateur de démarrage, le relais de répétition interrompt automatiquement l'opération de démarrage et initie une nouvelle tentative.

Ceci a lieu avec un relais temporisé à contacts de repos et aussi souvent que cela est nécessaire à l'engrènement du pignon sur la couronne dentée et à la mise en circuit du courant principal.

Relais de répétition du démarrage avec relais de commande

Alors que sur les dispositifs de démarrage à basse tension (36 V max.) le relais de commande du courant principal de démarrage est incorporé au démarreur, ce relais de commande est associé au relais de répétition de démarrage sur les installations à tension plus élevée (50 à 110 V). On obtient ainsi une grande fiabilité de démarrage.

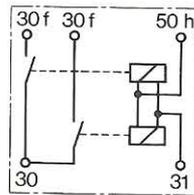
Relais pour circuit de maintien



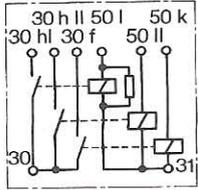
Les dispositifs de démarrage des motrices, des locomotives et des gros moteurs stationnaires à contrôle de la pression d'huile de lubrification, de la température et du niveau d'eau sont souvent équipés d'appareils de surveillance qui peuvent intervenir brièvement et entraîner la coupure du câble de commande du démarreur.

Le relais pour le circuit de maintien évite la connexion et la déconnexion inutiles du démarreur par ces appareils de surveillance en cours de démarrage, ce qui conduirait à un soudage du pont de commutation du contacteur électromagnétique.

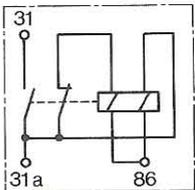
Relais de couplage des démarreurs



Le démarrage des très gros moteurs à combustion exige deux démarreurs à pignon coulissant, montés en parallèle et à mise en rotation simultanée. La capacité de la batterie ayant été augmentée en conséquence, ces dispositifs en parallèle fournissent une puissance de démarrage en parallèle à faible tension nominale (36 V max.) imposent l'emploi d'un relais de couplage de démarreurs. Il permet la commutation simultanée du courant principal des deux démarreurs – après engrènement complet des deux pignons. Les deux démarreurs lancent alors le moteur ensemble.

Relais de commutation pour service en parallèle


Sur les dispositifs de démarrage montés en parallèle et à tension assez élevée (50 à 110 V), le relais de répétition du démarrage à relais de commande est complété par un relais de commutation pour service en parallèle. Le courant principal du démarreur I est commuté par le relais de répétition du démarrage à relais de commande, le courant principal du démarreur II est mis en circuit par le relais de commutation pour service en parallèle; ce dernier relais assure en même temps l'engrènement des deux démarreurs.

Relais de batterie (robinet principal de batterie)


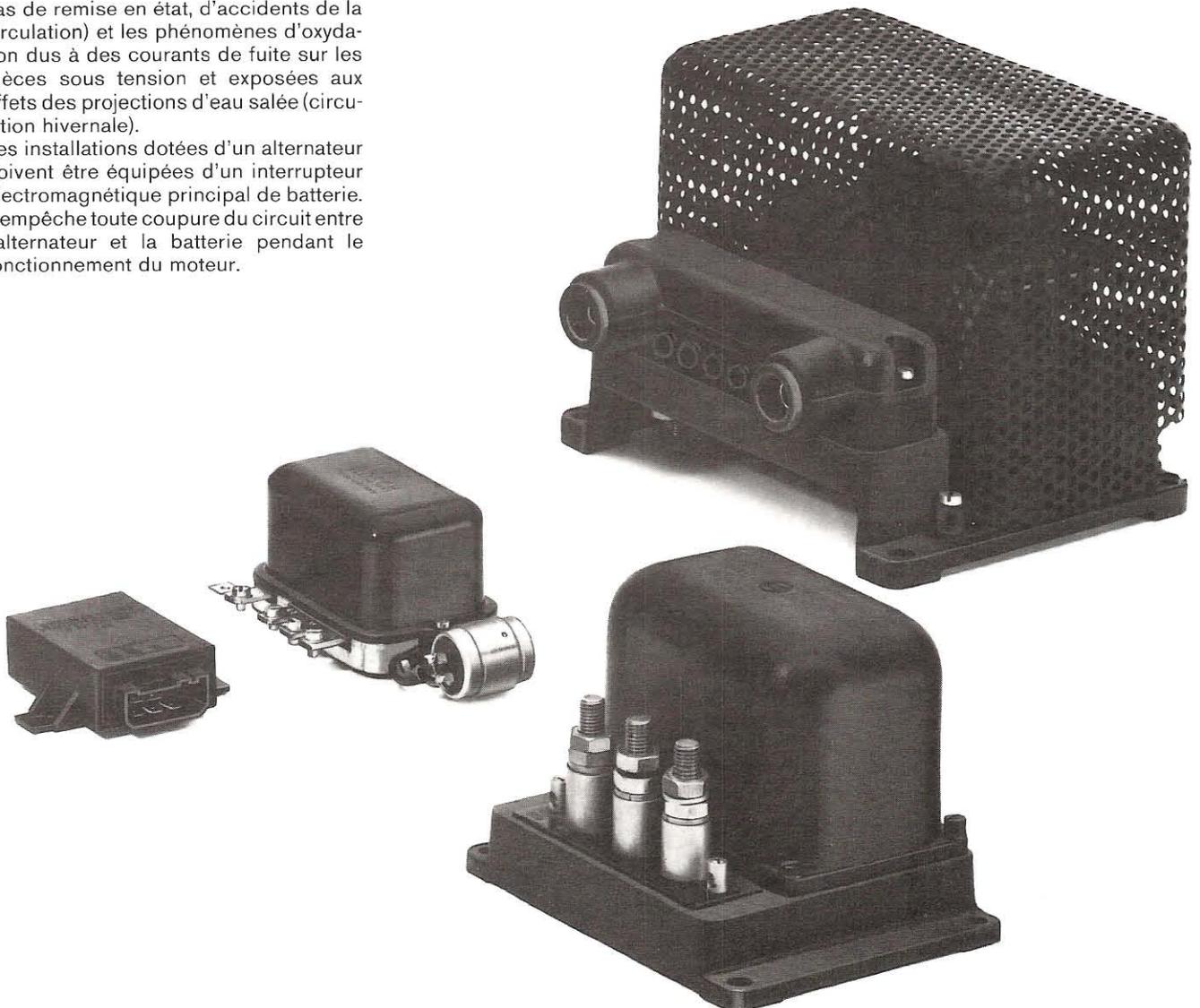
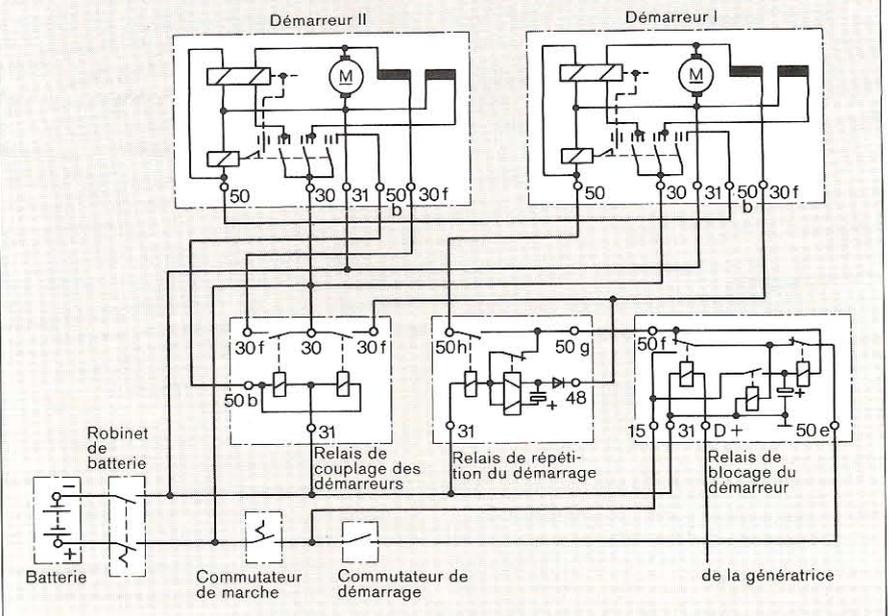
Les équipements électriques des autobus, des automotrices, des camions-citernes, etc. doivent disposer d'un robinet principal permettant d'isoler la batterie du circuit de bord.

Cette mesure contribue à éviter les courts-circuits (p.ex. en cas de remise en état, d'accidents de la circulation) et les phénomènes d'oxydation dus à des courants de fuite sur les pièces sous tension et exposées aux effets des projections d'eau salée (circulation hivernale).

Les installations dotées d'un alternateur doivent être équipées d'un interrupteur électromagnétique principal de batterie. Il empêche toute coupure du circuit entre l'alternateur et la batterie pendant le fonctionnement du moteur.

Exemple de circuit.

Deux démarreurs type KB (12 ou 24 V) montés en parallèle, avec relais de blocage du démarreur, relais de répétition du démarrage et relais de couplage des démarreurs.



Batterie de démarrage

Au démarrage, le moteur à combustion immobilisé doit pouvoir être lancé en quelques secondes. A cet effet, un couple élevé et une vitesse minimale bien déterminée sont nécessaires. L'énergie chimique accumulée dans la batterie doit donc être transformée en énergie électrique en un temps très court. Cela est vrai particulièrement aux basses températures. Les batteries de démarrage ont été adaptées à ces exigences.

Construction

Chaque batterie de démarrage est constituée de plusieurs éléments. Les accumulateurs au plomb, dont font partie les batteries de démarrage, fournissent environ 2 V par élément (une batterie de 12 V a donc 6 éléments).

Chaque élément est constitué d'un bloc de plaques positives et négatives et de séparateurs intercalés. Les plaques sont composées de grilles inoxydables portant du plomb dur et une couche de «matière active»: du bioxyde de plomb sur les plaques (+) chargées, du plomb spongieux sur les plaques (-) chargées. Les plaques de même constitution sont reliées par des barrettes de jonction. Le courant de décharge prélevable instantanément est d'autant plus élevé que le nombre des plaques de même polarité montées en parallèle est plus important. Les éléments avoisinants sont reliés par des connexions directes. Des séparateurs en matériau microporeux, perméable à l'électrolyte, résistant aux acides (acide sulfurique dilué) empêchant le court-circuitage dû à un contact entre des plaques de polarité différente.

Tous les éléments sont soudés par un couvercle monobloc étanche. Pour verser l'électrolyte dans la batterie le couvercle possède un orifice par élément, obturé par un bouchon. Le bouchon permet le dégazage tout en évitant la pénétration de boue et d'eau ainsi que l'échappement d'acide et de vapeurs d'acide. Les batteries noires, sans entretien, n'ont pas de bouchons car la charge d'électrolyte constitue un remplissage à vie. Un évent pratiqué sous le couvercle permet l'échange de gaz.

Pour éviter toute confusion, les pôles ont une forme différente et sont marqués du signe (+) et du signe (-).

Caractéristique de la batterie de démarrage

Toutes les batteries de démarrage fabriquées en Allemagne portent outre les indications spécifiques du fabricant l'inscription suivante, prescrite par la norme DIN 72 311. Exemple: **12 V 88 Ah 395 A, c.-à-d.**

- Tension nominale en V (12 V)
- Capacité nominale en ampère/heure (88 Ah)
- Courant d'essai à froid en ampère (395 A).

La tension nominale U_N des batteries de démarrage est en général de 12 V. La tension réelle aux bornes U_B de la batterie baisse cependant au fur et à mesure de la

croissance du courant de charge en raison de la résistance interne de la batterie R_B jusqu'à une valeur inférieure à la valeur nominale. Cette résistance n'est pas constante et dépend, entre autres, de la température et de l'état de charge de la batterie: la résistance interne de la batterie est d'autant plus élevée et la tension aux bornes U_B de la batterie est d'autant plus faible que la température est plus basse et que l'état de charge de la batterie est insuffisant. La tension U_S disponible aux bornes du démarreur est enfin inférieure à la tension de la batterie de la valeur de la chute de tension dans le câble ($U_L = I \cdot R_L$). La tension aux bornes du démarreur est donc:

$$U_S = U_O - I(R_B + R_L)$$

U_S Tension aux bornes du démarreur

U_O Tension de repos de la batterie

I Courant de charge

R_B Résistance interne de la batterie

R_L Résistance du câble (aller et retour)

Il est important que la chute de tension entre la batterie et le démarreur soit aussi faible que possible.

La capacité nominale renseigne sur l'énergie emmagasinée dans la batterie. Elle dépend de la quantité de matière active et du volume d'électrolyte. La capacité nominale correspond au produit de l'intensité par le temps ($I \cdot t$), l'intensité représentant la valeur qu'une batterie de 12 V est en mesure de fournir à + 27 °C pendant une durée de 20 heures

sans que la tension réelle aux bornes devienne inférieure à 10,5 V.

Exemple: une batterie de 88 Ah peut donc être déchargée pendant au moins 20 heures sous une intensité de 4,4 A (88 Ah: 20 h = 4,4 A) jusqu'à ce que la tension de décharge finale de 10,5 V soit atteinte.

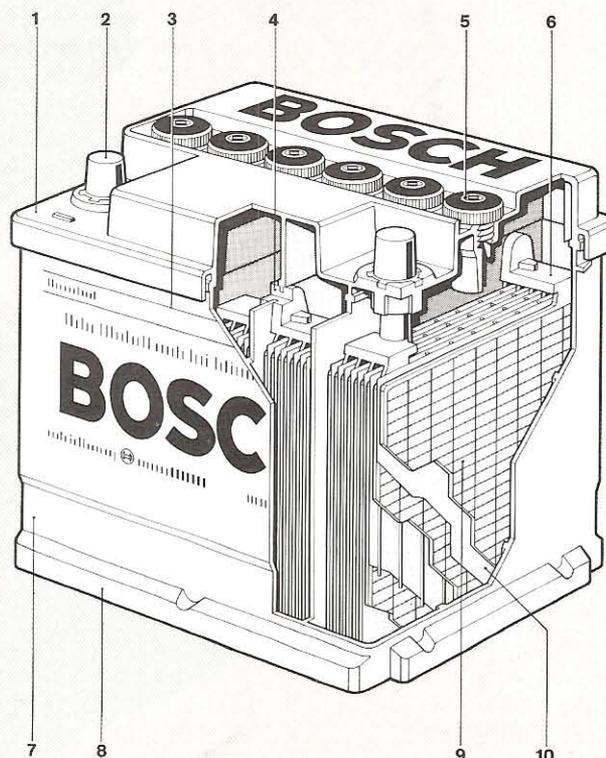
La capacité nominale est donc un paramètre important pour la consommation permanente du circuit de bord du véhicule.

Pour une batterie de véhicule devant fournir l'énergie électrique au démarreur, l'aptitude au démarrage dans une ambiance froide est encore plus importante que sa capacité. Une valeur caractéristique de son aptitude au démarrage est donnée par le courant d'essai à froid. Il s'agit d'un prélèvement de courant de brève durée à basse température. Le courant d'essai à froid dépend dans une large mesure de la surface totale de la matière active. En effet, le courant prélevé pendant une courte durée est d'autant plus élevé que la surface de contact entre les plaques de plomb et l'électrolyte est plus grande. Il s'agit du courant prélevable sur une batterie de démarrage à -18 °C sans que la tension aux bornes d'une batterie de 12 V devienne inférieure à 9 V en 30 secondes et à 6 V en 150 secondes.

Le courant d'essai à froid est cependant déterminé dans divers pays d'après des conditions d'essai très différentes de sorte qu'une comparaison directe de ces indications n'est pas toujours possible.

68 Construction d'une batterie de démarrage Bosch.

- | | | |
|----------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| 1 Couvercle monobloc | 5 Bouchon | 9 Plaques positives et négatives |
| 2 Borne | 6 Barrette de jonction | 10 Séparateur en plastique |
| 3 Repère de niveau d'électrolyte | 7 Bac multiple | |
| 4 Barrette de connexion | 8 Rebord de fixation | |



Exigences imposées à une batterie de démarrage

Les exigences imposées à une batterie de démarrage sont devenues de plus en plus sévères quant à la capacité de démarrage à froid, à la décharge spontanée faible et à la longévité importante. Pour les batteries de démarrage sans entretien, conformes à la norme DIN, la périodicité de maintenance a été prolongée et fixée à 25 mois. Les nouvelles batteries de démarrage noires de Bosch n'exigent plus d'entretien pendant toute leur durée de vie.

Augmentation de la capacité ou du courant d'essai à froid?

Les véhicules de série sont équipés, en général, de batteries capables de suffire au besoin en courant du démarreur et des récepteurs installés dans des circonstances de circulation normales et dans des conditions climatiques équilibrées. Si des récepteurs supplémentaires doivent être montés ou si des conditions d'exploitation particulières se présentent, il faut vérifier si la batterie existante ne doit pas être remplacée par une batterie plus puissante (éventuellement même par une batterie à montage identique). Lors de toute modification, il est recommandé d'observer les préconisations des constructeurs de véhicules ou de consulter un spécialiste du Service Bosch. En cas d'utilisation d'une batterie de rechange d'une capacité trop importante, la chute de tension à la mise

en circuit du démarreur est beaucoup plus faible qu'avec la batterie précédente. Il en résulte une tension trop élevée aux bornes du démarreur. La conséquence peut en être un courant trop important lors du démarrage, conduisant au grillage de l'enroulement du démarreur ou à la détérioration du pignon ou de la couronne dentée.

Batterie de démarrage insensible aux secousses

Les véhicules utilitaires ne se déplacent pas tous «tranquillement» sur autoroute. Il leur arrive même de ne circuler qu'à l'écart des routes: dans les secteurs du bâtiment, de l'agriculture et de l'exploitation forestière. La batterie de démarrage insensible aux secousses (marquage Rf) convient aux conditions de déplacement sur pistes ou en tout terrain.

Batterie de démarrage résistant aux cycles alternés

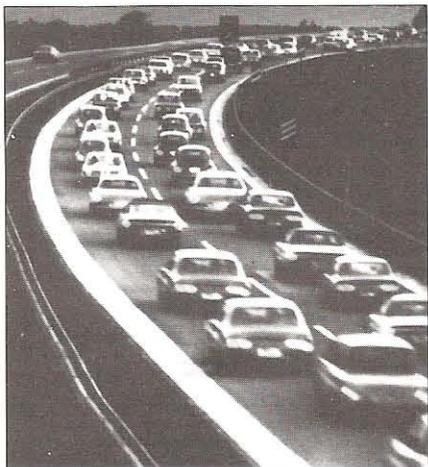
Dans certains secteurs professionnels, les trajets sur des distances extrêmement courtes entraînent un important prélèvement d'énergie et, par conséquent, une forte sollicitation de la batterie. Celle-ci peut être très déchargée par suite d'un prélèvement constant de courant et bien souvent ne pas être suffisamment rechargée par la génératrice (p.ex. sur les autobus, les taxis, les ambulances, les camionnettes de livraison). A cela s'ajoutent des charges supplémentaires avec un prélèvement important

d'énergie à l'arrêt provenant d'une soufflante, d'un climatiseur, d'un chauffage auxiliaire, de l'éclairage, de l'autoradio, d'un radiotéléphone, etc. La batterie de démarrage résistant aux cycles alternés est particulièrement appropriée à ces domaines d'utilisation (repère Z). Elle supporte une décharge poussée et fréquente plus facilement qu'une batterie normale sans que sa longévité en souffre.

Batterie HD

La batterie Heavy-Duty (HD) est appropriée aux sévères sollicitations permanentes. Elle concilie les propriétés d'une batterie insensible aux secousses et d'une batterie résistant aux cycles alternés. Son utilisation s'avère donc avantageuse sur les véhicules utilitaires soumis à des conditions d'exploitation sévères (marquage HD).

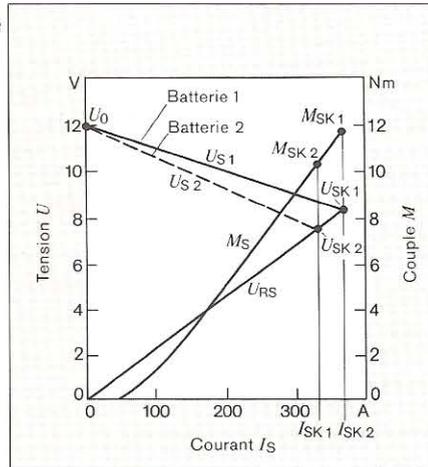
69



70



73



71



72



73) Lors de la mise en circuit du démarreur, la chute de la tension de repos de batterie à la tension disponible aux bornes du démarreur dépend surtout de la puissance de la batterie.
 Exemple: démarreur type EF 12 V, 0,8 kW, associé à deux batteries homologuées.
 Batterie 1: 12 V 55 Ah 255 A
 Batterie 2: 12 V 36 Ah 175 A
 Au démarrage sur la batterie 1, la chute de tension est beaucoup plus faible qu'avec la batterie 2. Le courant absorbé et le couple au moment du démarrage (court-circuit à la vitesse zéro) sont donc beaucoup plus élevés.
 En utilisant une batterie d'une capacité trop importante, l'intensité du courant peut atteindre un tel niveau que le démarreur risque d'être détérioré.

69, 70, 71, 72) Il existe des batteries de démarrage appropriées à chaque domaine d'utilisation, dont les caractéristiques répondent aux exigences spécifiques.