



Spécialités Électriques Rivière-du-Loup

Un démarreur (**figure 5-5**) convertit l'électricité de la batterie en énergie mécanique pour faire tourner le moteur d'un véhicule. En fait, un démarreur est un moteur électrique de couple élevé spécifiquement conçu pour fonctionner sous de fortes charges électriques.

CONSTRUCTION D'UN DÉMARREUR

Tous les démarreurs se ressemblent en termes de construction et de fonctionnement. Un démarreur comprend un boîtier, des **bobines d'excitation**, un **induit**, un **collecteur**, des **balais** et un mécanisme de lanceur actionné par solénoïde. La **figure 5-6** illustre une vue de coupe d'un démarreur de véhicule lourd. Le boîtier du démarreur sert à protéger les composants internes contre les dommages, l'humidité et les corps étrangers. Le boîtier supporte également les bobines d'excitation (**figure 5-7**) et optimise la conduction du magnétisme produit par le courant traversant les bobines.

Bobines d'excitation

Les bobines d'excitation et leurs pièces polaires sont fixées à l'intérieur du logement de fer. Ces bobinages sont électriquement isolés du boîtier et connectés à une borne saillante sur la surface extérieure.

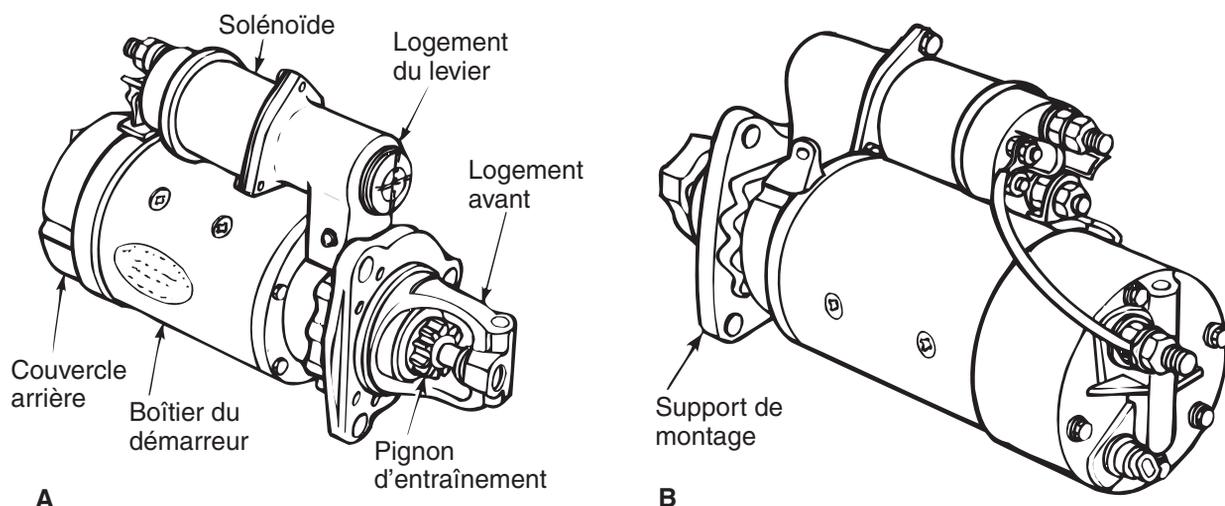
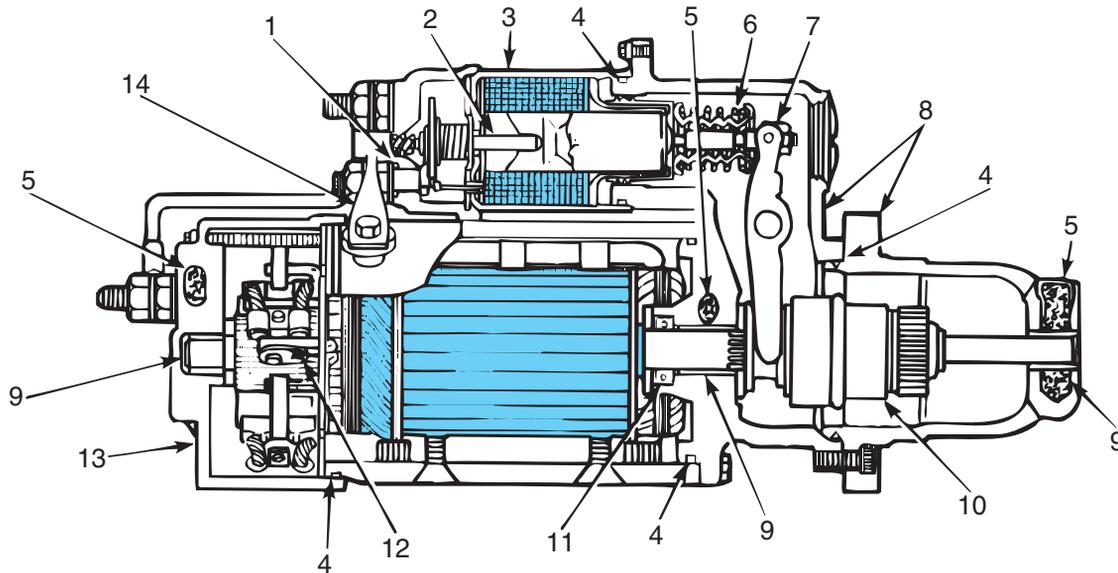


FIGURE 5-5 A) Vue avant et B) vue arrière d'un démarreur. *Camions International*



- | | | |
|------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1 Joint statique | 6 Sabot | 11 Joint d'étanchéité |
| 2 Coussinet | 7 Mécanisme du lanceur | 12 Balai |
| 3 Solénoïde | 8 Boîtier | 13 Couvercle arrière |
| 4 Joint torique | 9 Roulement | 14 Courroie de connexion |
| 5 Mèche d'huile | 10 Mécanisme d'entraînement | |

FIGURE 5-6 Vue en coupe d'un démarreur. *Remy International*

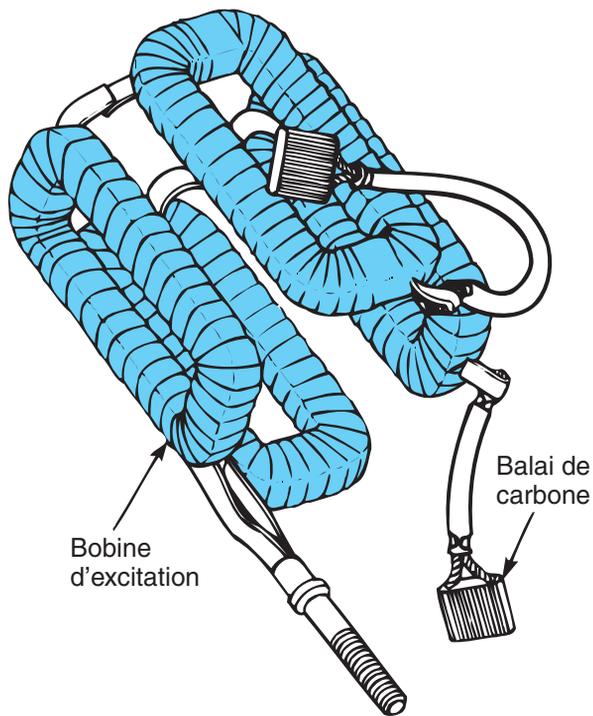


FIGURE 5-7 Quatre bobines d'excitation utilisées dans un démarreur. *Remy International*

Ces bobines inductrices et leurs masses polaires sont conçues pour produire d'importants champs électromagnétiques stationnaires à l'intérieur du corps du démarreur lorsque ce dernier est alimenté. Ces champs magnétiques se concentrent aux masses polaires. Les bobines adoptent une polarité magnétique nord ou sud tout dépendant du sens du courant. Elles sont enroulées autour de leurs pièces polaires respectives en des directions opposées afin de générer des champs magnétiques contraires. Les bobines sont connectées en série avec les enroulements de l'induit via les balais du démarreur. Cet arrangement permet à tout le courant alimentant le circuit des bobines d'excitation de traverser les enroulements de l'induit du démarreur.

Induit

L'induit est le composant rotatif du démarreur. Il se situe entre les bobines et les roulements côté commande et côté collecteur (**figure 5-8**). Quand le démarreur est sous tension, le courant qui traverse l'induit crée un champ magnétique dans chacun de ses conducteurs. La réaction entre le champ magnétique

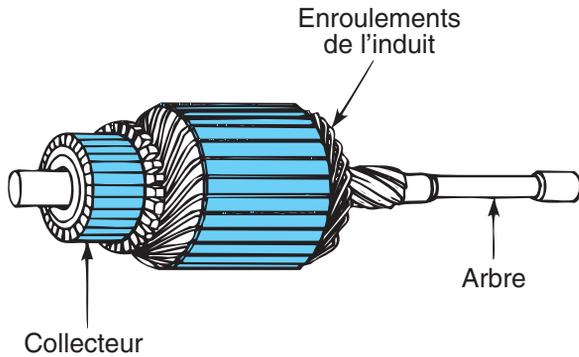


FIGURE 5-8 Induit et collecteur d'un démarreur.

de l'induit du démarreur et les champs magnétiques générés par les bobines inductrices entraîne la rotation de l'induit. Ce couple mécanique est ensuite utilisé pour faire tourner le moteur du véhicule.

Enroulements d'induit

L'induit comprend des enroulements et le collecteur du démarreur, qui sont montés sur l'arbre d'induit. Ces **enroulements** sont faits de multiples boucles de cuivre individuelles. Ces boucles forment de bien meilleurs conducteurs que du simple fil pour le courant élevé. Les bobines sont insérées par leurs flancs dans des rainures de l'arbre ou du noyau d'induit, mais demeurent électriquement isolées de ce dernier. Tous ces enroulements sont reliés entre eux et au collecteur du démarreur afin que le courant des bobines traverse d'un seul coup l'ensemble de l'induit. Le courant peut ainsi générer un champ magnétique autour de chaque enroulement d'induit et créer une force de répulsion autour des conducteurs. Obéissant à cette force de répulsion, l'induit du démarreur commence alors à tourner sur lui-même.

Collecteur

L'assemblage du collecteur (**figure 5-9**), appuyé contre l'arbre d'induit, se compose de segments de cuivre séparés les uns des autres et de l'arbre d'induit par un isolant. Les segments du collecteur sont électriquement reliés aux extrémités des enroulements de l'induit du démarreur. Les démarreurs peuvent regrouper de quatre à douze balais, qui demeurent en contact avec les segments du collecteur. Ces balais permettent d'acheminer le courant de forte intensité des bobines d'excitation stationnaires jusqu'aux enroulements de l'induit en rotation via les segments du collecteur. Ces balais sont maintenus en place par un support dédié.

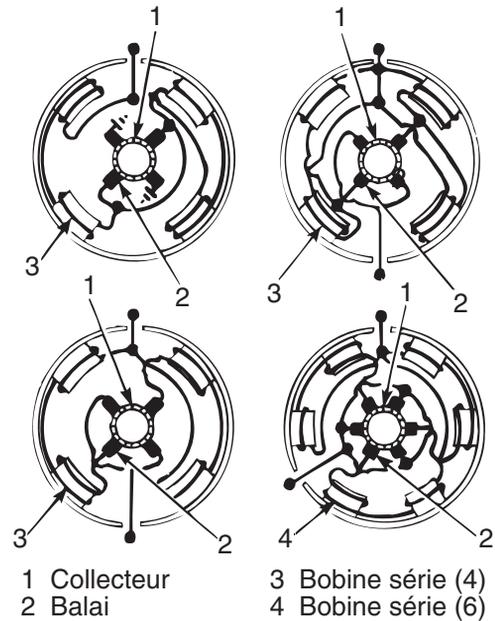


FIGURE 5-9 Configurations de démarreurs.
Camions International

FONCTIONNEMENT D'UN DÉMARREUR

Un démarreur convertit de l'électricité en un couple mécanique par l'interaction de champs magnétiques. Il comprend un champ magnétique stationnaire (créé en faisant circuler du courant dans les bobines d'excitation) et un conducteur qui transporte le courant (les enroulements de l'induit). Lorsque les enroulements de l'induit sont traversés par un courant et qu'ils sont soumis à ce champ magnétique stationnaire, un deuxième champ magnétique est généré. Toutefois, cet autre champ magnétique comporte des lignes de force qui tournent autour du fil (**figure 5-10**). Comme les lignes de force du champ magnétique stationnaire circulent en sens unique autour de l'enroulement, elles se combinent à celles de l'autre champ en augmentant la force magnétique d'un côté du fil, mais en diminuant l'intensité magnétique de l'autre côté du conducteur. Cette action crée un déséquilibre qui pousse le fil vers le champ magnétique le plus faible.

Sens du courant

Les enroulements d'un induit forment des boucles qui forcent le courant à entrer dans une direction et à sortir en sens inverse. En d'autres termes, les lignes de force magnétique suivent des directions opposées dans chacun des deux segments d'une boucle. Lorsque l'induit est soumis au champ magnétique

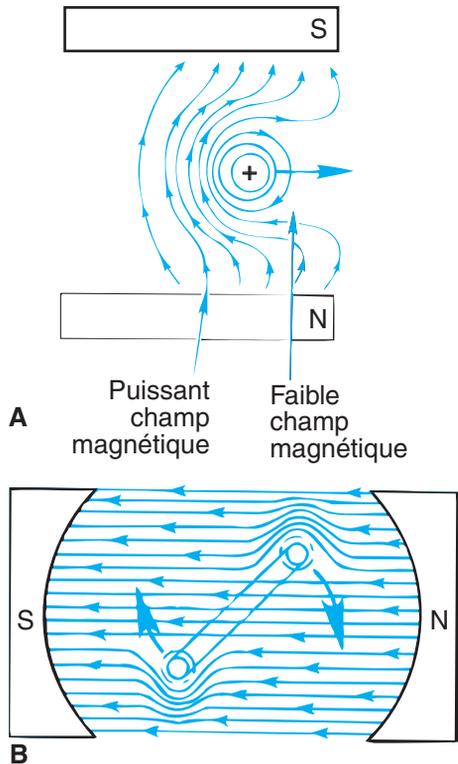


FIGURE 5-10 A) Quand un fil traversé par un courant se déplace à travers un champ magnétique, les lignes de force sont déviées vers un côté du conducteur. Cette action crée une pression d'un côté du fil et force le conducteur à s'éloigner du champ magnétique dominant. B) Lorsqu'une boucle de fil est placée entre deux aimants, l'intersection entre les deux champs magnétiques force la boucle à tourner autour de son axe.

stationnaire des bobines d'excitation, une partie de son enroulement est poussée dans une direction, tandis que l'autre est attirée en sens contraire. Ce phénomène amorce la rotation de l'induit. Par ailleurs, chacune des extrémités des enroulements de l'induit est reliée à un segment du collecteur. Deux balais de carbone, connectés à une borne d'alimentation, permettent de créer un contact électrique avec les segments du collecteur pour acheminer le courant vers les enroulements de l'induit (**figure 5-11**).

Lorsque l'induit complète un demi-tour, les contacts entre les balais et le collecteur forcent le courant à circuler en sens inverse dans l'enroulement. En d'autres termes, le segment de collecteur relié à chaque extrémité de bobine doit maintenant entrer en contact avec un autre balai suite à la rotation de l'induit. De cette façon, le courant circule toujours

dans le même sens, tandis que les segments des bobines de l'induit changent de polarité alors qu'ils tournent. Cette action force l'induit à poursuivre sa rotation dans la même direction.

Segments d'induit

En utilisant plusieurs segments d'induit dans un démarreur, on peut obtenir une rotation uniforme et un couple constant, puisqu'un nouveau segment prend la relève aussitôt que le segment précédent perd contact avec un balai. La plupart des démarreurs sont des moteurs à bobinages série, dans lesquels le courant circule d'abord dans les bobines d'excitation puis dans l'induit. Un démarreur à moteur série fournit sa puissance maximale au moment où il se met en marche ; sa force de couple diminue donc à mesure qu'il tourne plus vite.

Force contre-électromotrice

Il est intéressant de noter, dans notre explication sur le fonctionnement des démarreurs, que toutes les conditions requises pour générer une tension sont également présentes. En effet, une tension est induite dans tout conducteur qui se déplace à travers des lignes de force magnétique. Dans le cas d'un démarreur, la tension induite agit en s'opposant à celle des batteries du véhicule. Pour cette raison, cette tension induite est qualifiée de force contre-électromotrice ou FCEM. Dans un démarreur, la FCEM réduit donc la tension fournie par les batteries.

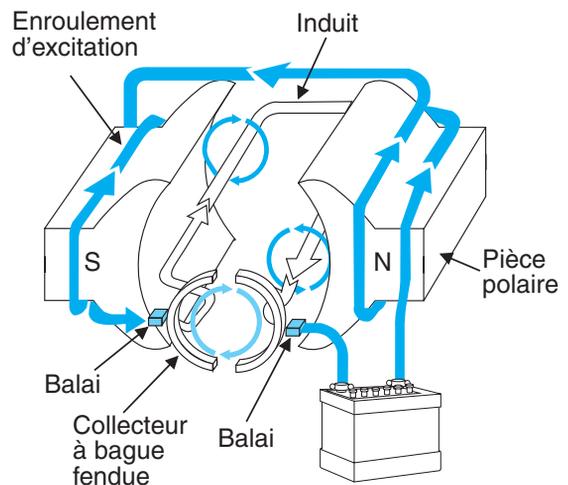


FIGURE 5-11 Le sens du courant dans le conducteur doit être inversé à tous les 180° de rotation pour que l'induit continue de tourner dans la même direction.

Comme la tension induite dans un conducteur est proportionnelle à la vitesse à laquelle ce dernier se déplace à travers le champ magnétique, la FCEM croît à mesure que la vitesse de rotation de l'induit augmente. Quand l'induit d'un démarreur tourne à pleine vitesse, sa FCEM se rapproche davantage de la tension des batteries, sans toutefois la dépasser. L'habileté d'un induit à produire un couple élevé dépend donc de l'intensité du courant qui le traverse. Comme la FCEM est presque nulle au moment où l'induit d'un démarreur commence à tourner, le composant peut alors générer son couple maximal. À mesure que la vitesse de rotation de l'induit augmente, la FCEM croît proportionnellement, ce qui réduit le couple de sortie du démarreur. La FCEM agit donc en quelque sorte comme un *frein magnétique* pour éviter que le démarreur ne tourne trop rapidement.

SOLENOÏDES DE DÉMARREUR

Le mécanisme de lanceur d'un démarreur (**figure 5-12**) est actionné par un solénoïde. Ces composants sont scellés dans un boîtier distinct qui les protège contre les éclaboussures d'huile et autres corps étrangers. Ce boîtier est fixé à celui du

démarreur. Le solénoïde regroupe un électroaimant et un plongeur sis dans un noyau creux. Le solénoïde accomplit deux tâches :

- Une fois sous tension, le plongeur du solénoïde pousse le pignon d'entraînement du démarreur pour l'engrener avec le volant moteur afin de lancer le moteur du véhicule.
- Le solénoïde ferme également des points de contact pour faire circuler le courant des batteries jusqu'au démarreur, ceci afin de s'assurer que le pignon soit déjà engrené au volant moteur avant que l'induit ne commence à tourner.

Enroulements de solénoïde

Un assemblage de solénoïde comprend un enroulement d'attraction et un enroulement de maintien (**figure 5-13**). Ces deux bobines comptent à peu près le même nombre de tours, mais utilisent des calibres de fil différents. Cet ensemble produit une force électromagnétique suffisante pour tirer le plongeur à l'intérieur de la bobine du solénoïde. Les enroulements d'attraction à fil plus gros servent à tirer le plongeur, tandis que les enroulements de

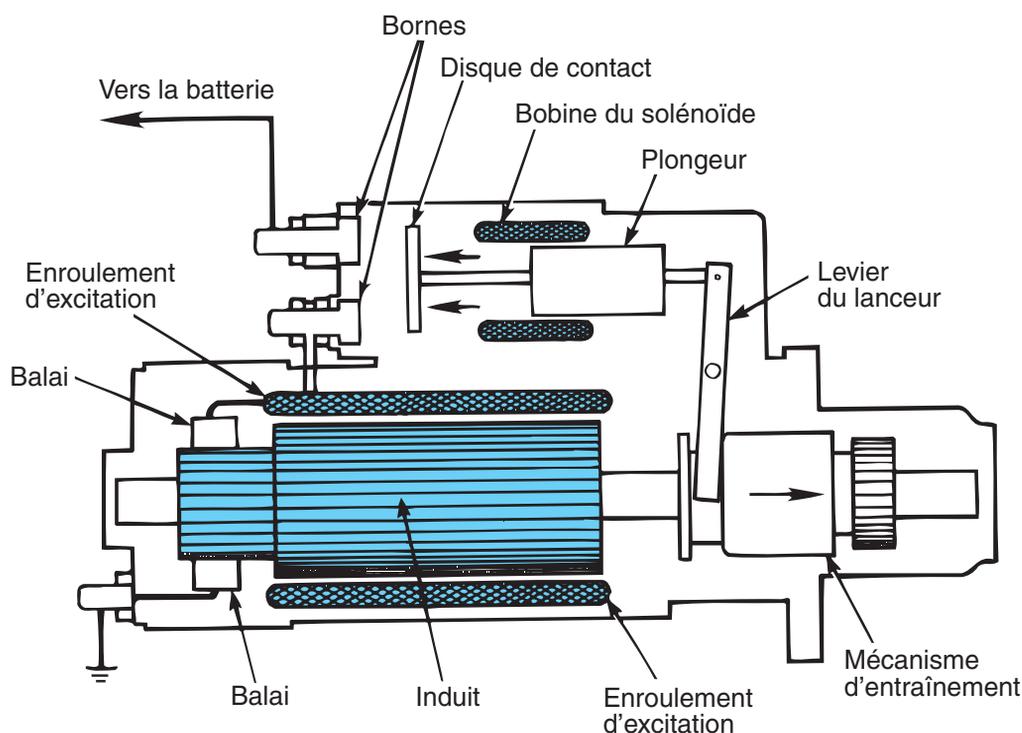


FIGURE 5-12 Le solénoïde déplace le mécanisme du lanceur lorsque le disque de contact ferme le circuit du démarreur.

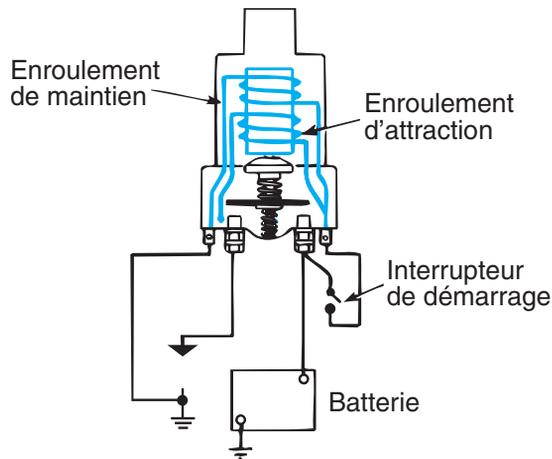


FIGURE 5-13 Un solénoïde de démarreur comprend un enroulement d'attraction et un enroulement de maintien.

maintien de plus petit calibre produisent assez de force magnétique pour garder le plongeur dans cette position.

Circulation du courant

Ces deux enroulements sont activés lorsqu'on place le commutateur d'allumage en position de démarrage. Si le système comprend un relais de démarrage, le courant des batteries circule d'abord entre le relais et une borne du solénoïde. Quand le disque du plongeur entre en contact avec cette borne du solénoïde, l'enroulement d'attraction est désactivé. Au même moment, le disque du plongeur crée une connexion en dirigeant le courant des batteries vers la bobine inductrice et l'induit du démarreur pour lancer le moteur du véhicule.



Conseil

Le solénoïde de presque tous les démarreurs de moteurs diesels joue le rôle d'un relais, puisque le circuit de commande du véhicule est branché aux enroulements du solénoïde. En d'autres termes, le courant des batteries est acheminé directement au démarreur par l'entremise du solénoïde.

Lancement du moteur

À mesure que le plongeur du solénoïde se déplace, la fourchette de commande pivote sur son axe et pousse sur le pignon d'entraînement du démarreur pour l'engrener à la couronne dentée du volant

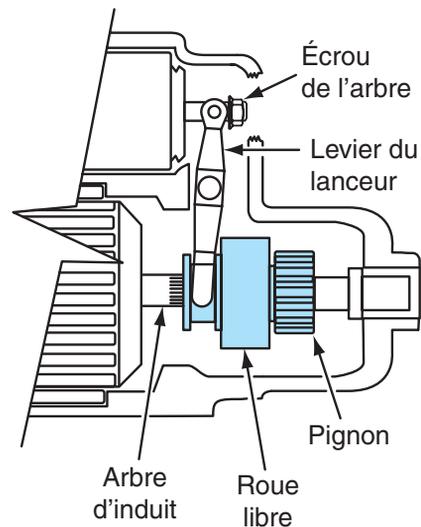


FIGURE 5-14 Mécanisme d'entraînement.

moteur (**figure 5-14**). Lorsque le démarreur reçoit du courant, son induit commence à tourner. Ce mouvement est transféré par le biais d'une roue libre et d'un engrenage à pignons jusqu'au volant moteur.

Avec ce type de système de démarrage à commande directe par solénoïde, il peut arriver que les dents de l'engrenage à pignons ne prennent pas prise immédiatement avec celles de la couronne dentée du volant moteur. Quand cela se produit, un ressort placé derrière le pignon entre en action pour permettre au plongeur du solénoïde de compléter son mouvement. Lorsque l'induit du démarreur commence à tourner, les dents du pignon s'alignent rapidement avec celles de la couronne du volant moteur et la pression exercée par le ressort les force à s'engrener.

Roue libre

La roue libre d'un démarreur joue un rôle de protection essentiel. Lorsque le moteur du véhicule se met en marche, sa vitesse augmente. Si le démarreur demeurait en contact avec le moteur par l'entremise du volant, il serait entraîné à des vitesses beaucoup trop élevées, ce qui détruirait l'induit. Pour éviter que cette situation ne se produise, l'induit doit se détacher du volant aussitôt que le moteur commence à tourner plus rapidement que le démarreur. Toutefois, sur la plupart des démarreurs, le pignon demeure en contact jusqu'à ce que l'alimentation vers le démarreur soit coupée. La roue libre permet donc

de rompre le contact mécanique entre le démarreur et le volant moteur. La **figure 5-15** illustre une roue libre de démarreur.

Le logement de la roue libre est cannelé à l'intérieur de l'arbre d'induit du démarreur. Le pignon d'entraînement tourne librement sur l'arbre d'induit à l'intérieur du logement de la roue libre. Quand la roue libre est entraînée par l'induit, les rouleaux à ressorts sont poussés dans les petites extrémités de leurs rainures fuselées et demeurent coincés contre le barillet du pignon. Cette action verrouille le pignon avec la roue libre, pour que cette dernière fasse tourner le volant et ainsi lancer le moteur du véhicule.

Lorsque le moteur se met en marche, le volant fait tourner le pignon plus rapidement que l'induit du démarreur. À ce moment, les rouleaux sont libérés de leur emprise et le pignon tourne librement avant de s'éloigner, afin de ne pas endommager le démarreur. La roue libre est donc engrenée et relâchée par l'action du lanceur.

Thermocontact

Certains démarreurs incluent un thermocontact (revoir au besoin la figure 5-2 b). Ce **thermocontact** surveille la température du démarreur. Si l'on tente de démarrer le moteur du véhicule à plusieurs reprises et que la température du démarreur excède un seuil prédéfini, le thermocontact ouvre le circuit pour couper le courant. Le démarreur ne pourra être remis en marche qu'après avoir refroidi et lorsque le thermocontact aura refermé ses contacts.

CIRCUIT DE COMMANDE

Le circuit de commande permet d'utiliser un faible courant pour contrôler le courant beaucoup plus élevé requis par le circuit du démarreur. Examinons maintenant les composants d'un circuit de commande.

Commutateur d'allumage

Le commutateur d'allumage est relié par des fils de petit calibre aux batteries et au démarreur. Quand le commutateur d'allumage est mis en position de démarrage, un faible courant atteint l'enroulement du relais de démarrage pour fermer ses contacts et faire circuler un courant élevé vers le démarreur. En général, un commutateur d'allumage comprend au

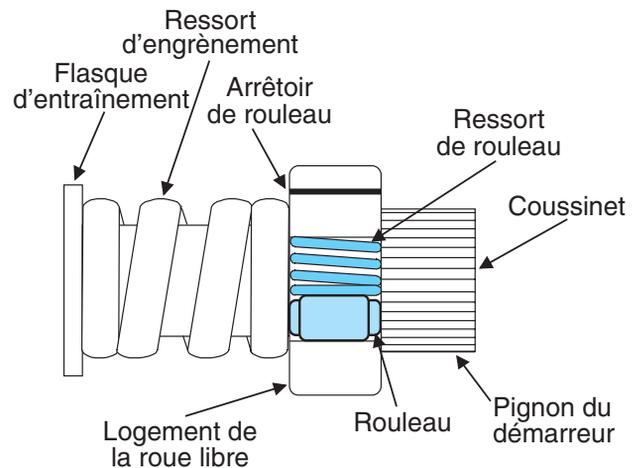


FIGURE 5-15 Fonctionnement d'une roue libre.

moins quatre positions : accessoires électriques (ACC), arrêt, marche (IGN) et démarrage (START).

Certains camions possèdent un bouton poussoir dédié pour le démarreur. La tension des batteries est dirigée vers ce bouton seulement si le commutateur d'allumage est en position de marche. Lorsqu'on appuie ensuite sur ce bouton, le courant du circuit de commande atteint la bobine du relais de démarrage. Sur certains camions munis d'un système électronique, il faut appuyer sur la pédale de frein et/ou la pédale de débrayage et attendre que le cycle d'éveil du bus de données soit complété avant que le circuit de commande n'achemine le courant pour amorcer le démarrage du moteur.

Contacteur de sécurité de démarrage

Un **contacteur de sécurité de démarrage** permet d'empêcher de démarrer un véhicule muni d'une transmission automatique lorsque le levier de vitesses est engagé sur une position embrayée. On peut retrouver le contacteur de sécurité de démarrage à deux endroits sur un circuit de commande. Ce contacteur peut être placé entre le commutateur d'allumage et de relais de démarrage. Le courant ne peut alors atteindre le relais de démarrage que si le levier de vitesses est en position de stationnement (P) ou de point mort (N) pour fermer le circuit. On peut également retrouver le contacteur de sécurité de démarrage entre le relais de démarrage et la masse. Ici, le composant ferme le circuit vers la masse pour que le courant circule du relais de démarrage vers la masse.

Relais de démarrage

Le relais de démarrage, que nous avons étudié un peu plus tôt dans ce chapitre, est un composant partagé à la fois par le circuit de commande et le circuit du démarreur. Le faible courant du circuit de commande traverse le commutateur d'allumage et le contacteur de sécurité de démarrage pour enclencher le relais et fermer le circuit du démarreur.

DÉMARREURS À ENGRENAGES RÉDUCTEURS

L'avènement de démarreurs à engrenages réducteurs capables de lancer des moteurs diesels d'une cylindrée jusqu'à 16 litres demeure encore aujourd'hui une innovation très appréciée dans l'industrie du camionnage. Ces composants apportent un grand soulagement aux techniciens habitués de manipuler des démarreurs très lourds comme le 42MT de Delco Remy. Cette nouvelle génération de démarreurs inclut entre autres les modèles 29MT, 38MT et 39MT de Delco Remy. Quoique les dimensions et le poids d'un démarreur 39MT donnent à ce composant une apparence similaire à un démarreur d'automobile type, il peut lancer sans effort un moteur Cummins ISX de 15 litres (figure 5-16).

Train planétaire

Le facteur clé qui permet à un démarreur de taille modeste comme le 39MT de lancer un moteur diesel de forte cylindrée est son train planétaire.

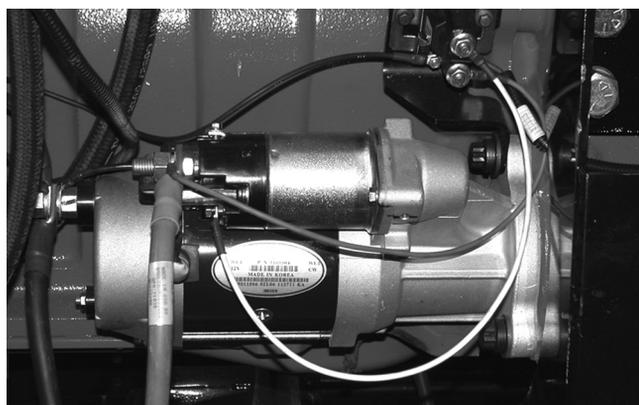


FIGURE 5-16 Démarreur 39MT de Delco Remy sur un moteur Cummins ISX de 15 litres.

La figure 5-17 illustre l'assemblage d'induit d'un démarreur 39MT de Delco Remy, dans lequel le pignon d'entraînement de l'arbre d'induit s'engrène avec quatre engrenages planétaires. Ici, le rôle du pignon de l'induit est similaire à celui du pignon central dans un train planétaire. Dans le cas d'un démarreur 39MT, le pignon central correspond à l'entrée, tandis que le porte-satellites agit comme engrenage de sortie. La grande couronne qui entoure les quatre engrenages planétaires est maintenue stationnaire. Cet arrangement produit un rapport de réduction d'environ 3,5:1, ce qui signifie que le pignon central doit effectuer plus de trois révolutions avant que le porte-satellites ne complète un tour complet. Ce type de train planétaire permet de créer une démultiplication optimale et un couple de sortie maximal.

Le pignon du démarreur 39MT s'engrène à la roue dentée du volant moteur par un levier actionné par solénoïde. La figure 5-18 illustre un démarreur 39MT de Delco Remy. Notez comment le pignon de l'induit du démarreur, illustré à la figure 5-17, entraîne le porte-satellites et les engrenages.

5.3 VÉRIFICATION D'UN CIRCUIT DE DÉMARREUR

Le circuit de démarreur d'un véhicule doit être vérifié lorsque le moteur refuse de se mettre en marche ou quand le démarreur tourne trop lentement ou pas du tout.

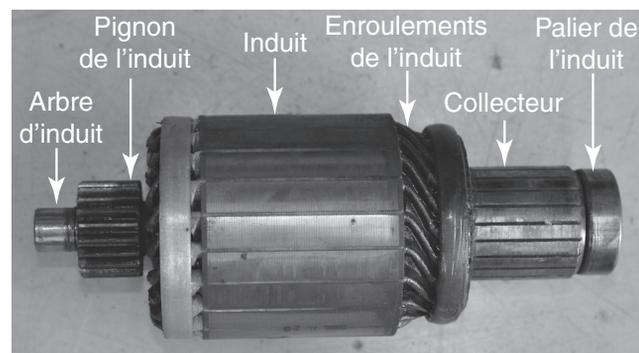


FIGURE 5-17 Assemblage d'induit sur un démarreur 39MT de Delco Remy. Le pignon de l'induit s'engrène avec le train planétaire illustré à la figure 5-18.

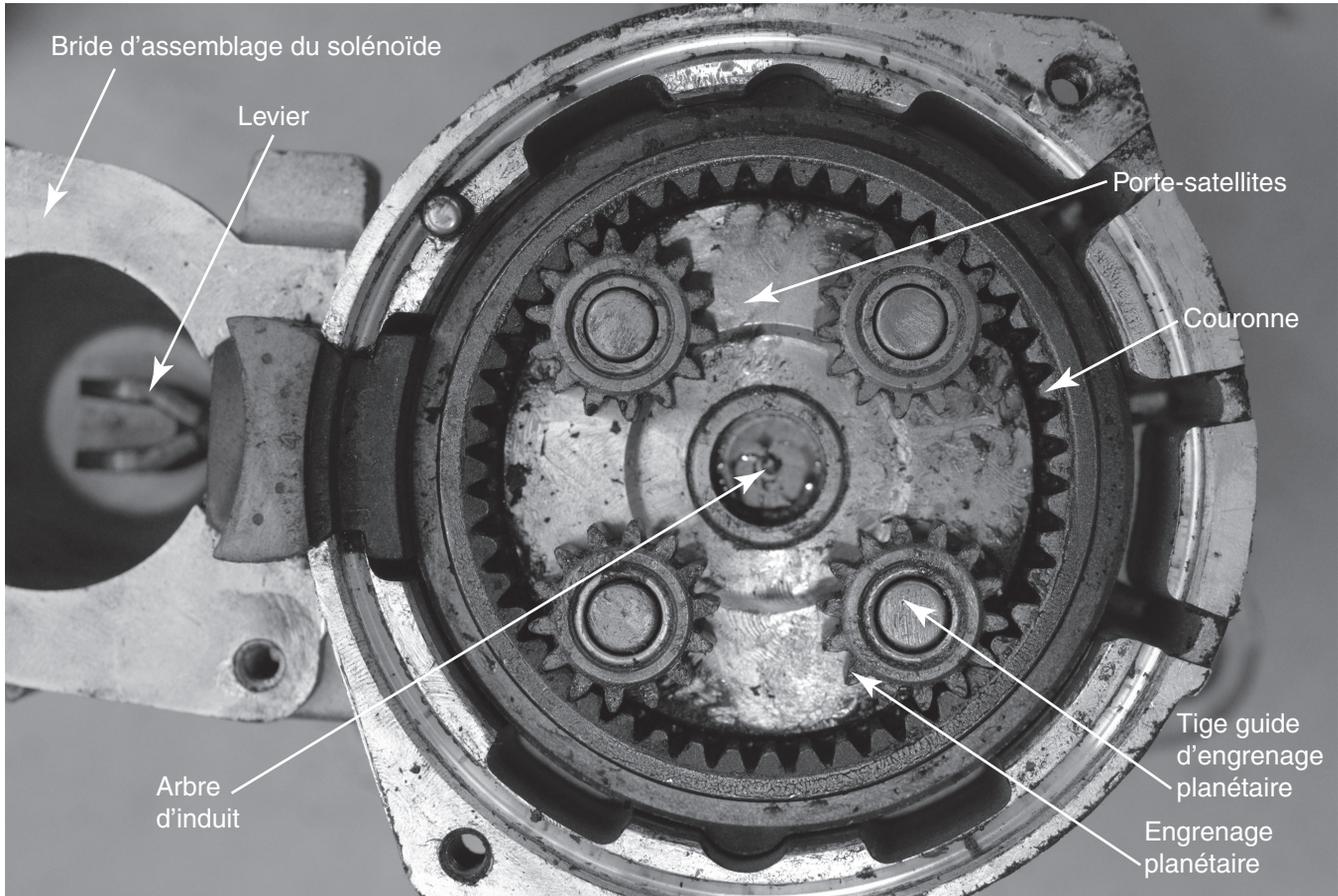


FIGURE 5-18 Train planétaire d'un démarreur 39MT de Delco Remy. Le pignon de l'induit entraîne le porte-satellites et les engrenages pour créer un couple d'entrée.

VÉRIFICATIONS PRÉLIMINAIRES

La puissance de sortie d'un démarreur dépend de l'état et de la charge des batteries, du câblage du circuit et des spécifications du moteur au démarrage. Vérifiez toujours les batteries et rechargez-les au besoin avant de vérifier le système de démarrage d'un véhicule. Assurez-vous que les spécifications des batteries sont conformes aux recommandations du fabricant du véhicule. La tension nominale des batteries doit satisfaire les besoins du démarreur.



Conseil

N'essayez pas de faire fonctionner un démarreur si la tension des batteries est inférieure à 9,6 V. Certaines entreprises de location installent des modules de détection de tension sur leurs véhicules pour empêcher toute tentative de démarrage si la tension disponible est inférieure à 9,6 V, ceci afin d'éviter de détruire le démarreur.

Assurez-vous que les connexions des câbles et des fils du circuit sont propres et bien serrées. Des connexions lâches ou trop sales risquent de causer des chutes de tension excessives qui nuiront au fonctionnement du système de démarrage.

Assurez-vous que l'huile à moteur utilisée correspond aux spécifications du fabricant du véhicule. L'usage d'une huile de viscosité trop élevée combiné à un démarrage par temps froid peut ralentir la vitesse de rotation du moteur au point de l'empêcher de se mettre en marche.

Vérifiez que le commutateur d'allumage et ses connexions sont bien serrés, que le câblage est en bon état et que ses contacts ne bloquent pas. Si le véhicule comprend un contacteur de sécurité de démarrage, vérifiez le câblage, l'assemblage et l'ajustement de ce composant. Inspectez également l'installation, le câblage et les connexions de l'interrupteur magnétique et du démarreur.

Dans le cas d'un véhicule muni d'un démarreur à thermocontact qui refuse de tourner, vérifiez également le circuit du thermocontact. La résistance entre les deux bornes du thermocontact sur le démarreur devrait être presque nulle. Dans le cas contraire, le thermocontact est ouvert. Toutefois, ne vérifiez pas le thermocontact lorsque le démarreur est chaud, puisqu'il est conçu pour ouvrir le circuit quand une certaine température est dépassée. Attendez que le démarreur refroidisse pour que le thermocontact referme les contacts du circuit.

DÉPANNAGE

Une méthode systématique de dépannage est essentielle pour réparer un système de démarrage. La moitié des démarreurs considérés défectueux et remplacés sous garantie fonctionnent conformément à leurs spécifications une fois vérifiés par le fabricant. Ces statistiques résultent d'un grand nombre de diagnostics erronés ou incomplets effectués sur des systèmes de démarrage. Le **tableau 5-2** fournit une méthode systématique de dépannage de circuits de démarreurs. La vérification d'un système de démarrage inclut ainsi différents tests ciblés sur des composants ou des parties de circuits, de même que la mesure de la tension et du courant dans le système.

TABLEAU 5-2: DÉPANNAGE D'UN CIRCUIT DE DÉMARREUR

Problème	Causes possibles	Vérifications et tests	Solutions
Le démarreur tourne lentement ou inégalement	1. Batterie faible	1. Mesurez la tension de la batterie en circuit ouvert et sous charge, puis effectuez un test de capacité de la batterie. Comparez les résultats des tests, de même que les valeurs de capacité et de tension de la batterie aux exigences du moteur.	1. Rechargez ou remplacez la batterie.
	2. Câbles endommagés ou de calibre insuffisant	2. Faites une inspection visuelle.	2. Remplacez les câbles au besoin.
	3. Mauvaises connexions dans le circuit du démarreur	3. Vérifiez si les connexions sont endommagées et/ou corrodées.	3. Nettoyez et resserrez les connexions. Remplacez les éléments trop usés.
	4. Démarreur défectueux dont la résistance interne est trop élevée	4. Mesurez le courant soutiré au démarrage et faites un essai sans charge.	4. Si le courant de démarrage est inférieur aux spécifications, retirez et vérifiez le démarreur sans charge.
	5. Huile à moteur de viscosité trop élevée	5. Vérifiez si le grade de viscosité de l'huile à moteur est conforme aux spécifications.	5. Remplacez l'huile à moteur.
	6. Grippage d'un piston ou d'un palier	6. Vérifiez la compression et le couple de démarrage.	6. Réparez les composants défectueux.
	7. Surchauffe du solénoïde ou du démarreur ou endommagés.	7. Vérifiez si des dissipateurs thermiques sont manquants défectueux.	7. Remplacez les dissipateurs thermiques défectueux.
	8. Résistance parasite dans le circuit du démarreur. et de masse pour localiser la résistance parasite.	8. Mesurez le courant de démarrage, puis vérifiez les circuits d'alimentation	8. Remplacez les composants défectueux.