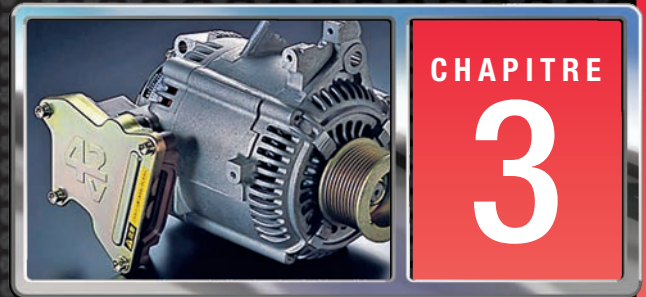


# SYSTÈMES DE CHARGE



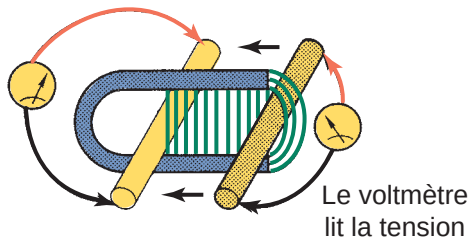
## OBJECTIFS

- Expliquer le rôle d'un système de charge.
- Identifier les principaux composants d'un système de charge.
- Expliquer le rôle des principaux composants d'un alternateur.
- Décrire les redressements à simple et double alternance et leurs rôles dans le fonctionnement d'un alternateur.
- Identifier différents types de régulateurs de tension.
- Décrire les deux types d'enroulements de stator.
- Expliquer les fonctionnalités additionnelles obtenues quand on utilise un générateur-démarrreur.
- Effectuer l'inspection et la procédure de vérification d'un système de charge à l'aide d'appareils de mesure.

La première fonction d'un système de charge consiste à recharger la batterie d'accumulateurs. Une fois que la batterie a fourni une importante quantité de courant lors du démarrage, sa charge devient faible, même si elle est en parfait état. Le système de charge applique ensuite une charge constante de faible intensité sur la batterie pour la recharger. Les systèmes de charge tirent avantage des principes du magnétisme pour transformer de l'énergie mécanique en énergie électrique. Cette action découle de l'induction de tension.

L'induction d'une tension se produit quand un fil se déplace dans un champ magnétique. Le conducteur devient alors une source d'électricité et chacune de ses extrémités acquiert une polarité distincte, positive ou négative. Toutefois, cette polarité peut changer, selon la direction dans laquelle le fil se

Mouvement du conducteur



**Figure 3-1** Le déplacement d'un conducteur à travers les lignes d'un flux magnétique induit une tension à l'intérieur du fil.



**Figure 3-2** Alternateur. Robert Bosch GmbH

déplace par rapport au champ magnétique (**figure 3-1**). Un alternateur exploite précisément ce concept pour produire du courant alternatif (c.a.), comme l'illustre la **figure 3-2**.

## SYSTÈMES DE CHARGE C.A.

Lors du démarrage, la batterie d'accumulateurs fournit toute la puissance électrique au véhicule. Toutefois, quand le moteur se met en marche, c'est le système de charge qui doit fournir l'énergie pour

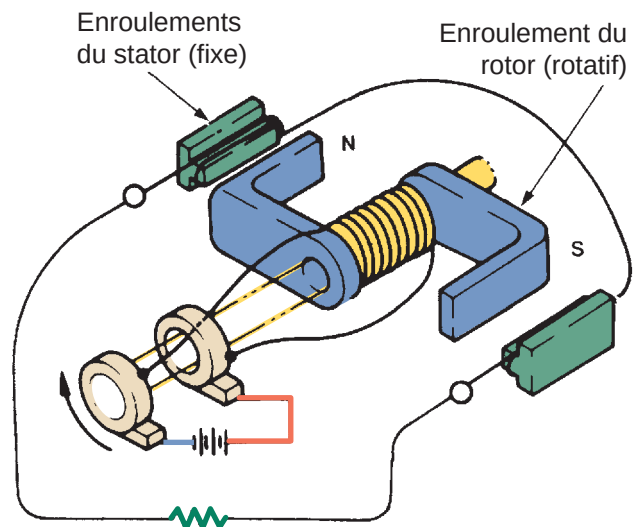
satisfaire les demandes de toutes les charges du système électrique, tout en rechargeant la batterie. La tâche du système de charge est donc difficile, compte tenu du nombre de composants et d'accessoires électriques et électroniques retrouvés sur les véhicules d'aujourd'hui.

Les automobiles d'il y a quelques décennies utilisaient plutôt un système de charge à dynamo. Une **dynamo** (*DC generator*) ressemble à un moteur électrique et fournit du courant continu (c.c.). La principale différence entre une dynamo et un moteur est le câblage de l'induit. Dans un moteur électrique, l'induit reçoit le courant de la batterie. Le champ magnétique ainsi créé s'oppose aux champs magnétiques des bobines du moteur pour entraîner la rotation de l'induit. Dans une dynamo, l'induit est plutôt mis en rotation par le moteur du véhicule. Comme ce composant n'est pas magnétisé, ses enroulements tournent simplement à travers le champ magnétique stationnaire des bobines inductrices pour induire une tension dans les conducteurs de l'induit. Un moteur peut toutefois servir de génératrice si l'on fait circuler le courant de l'induit vers l'extérieur plutôt que l'inverse. Dans une dynamo, l'emplacement des balais sur le collecteur transforme la tension c.a. induite en une tension c.c.

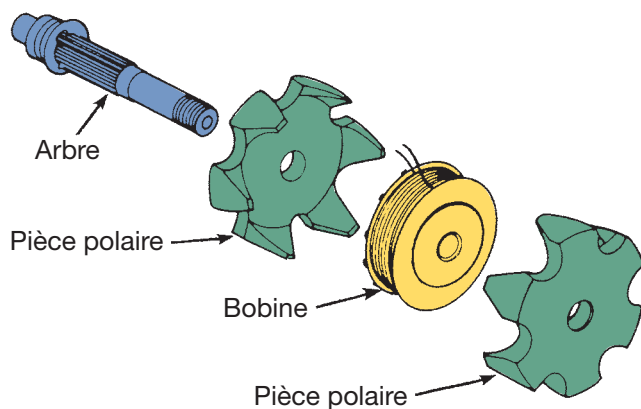
La capacité en courant de sortie des dynamos est cependant très limitée, surtout à de faibles vitesses. Comme ces composants ne pouvaient pas répondre aux besoins électriques des automobiles modernes, ils ont été remplacés par des alternateurs. Les alternateurs peuvent fournir un courant de sortie de forte intensité, même si le moteur du véhicule tourne lentement.

## CONSEIL

Avec l'avènement des systèmes de diagnostic embarqué OBD-II, la terminologie automobile a considérablement changé et de nombreux composants d'automobiles ont reçu de nouveaux noms. Par exemple, les **alternateurs** sont maintenant qualifiés de **générateurs de courant alternatif**, quoique le terme alternateur est toujours préféré par de nombreux fabricants. Pour éviter toute confusion, rappelez-vous simplement que les termes alternateur et générateur c.a. sont des synonymes.



**Figure 3-3** Vue simplifiée d'un alternateur.



**Figure 3-4** Le rotor comprend une bobine, des pièces polaires et un arbre.

Les alternateurs reposent sur un concept inverse à celui d'une dynamo ou génératrice c.c. Dans un alternateur (**figure 3-3**), un champ magnétique en rotation (le rotor) tourne à l'intérieur d'un assemblage de conducteurs fixes (le stator). L'action des pôles nord et sud du champ magnétique rotatif traversant les conducteurs induit une tension qui change constamment de direction (tension c.a.). Comme les automobiles requièrent des tensions c.c., il faut ensuite transformer le c.a. en c.c. en le redressant. Pour ce faire, il suffit de placer un arrangement de diodes entre la sortie des enroulements et la sortie de l'alternateur.

## Composants d'un alternateur

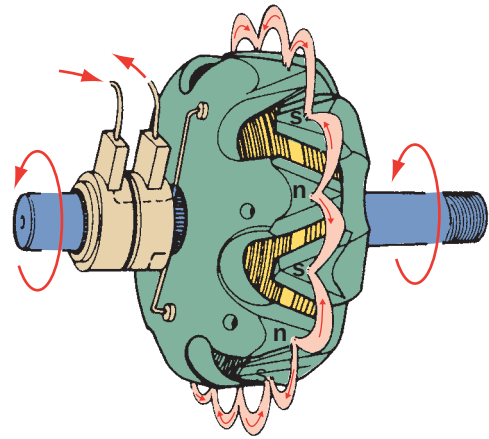
**Rotor** L'ensemble du rotor comprend un arbre d'entraînement, une bobine et deux pièces polaires (**figure 3-4**). Une poulie, fixée à l'une des extrémités de l'arbre, permet de faire tourner le rotor par le biais d'une courroie entraînée par la poulie du vilebrequin.

Le **rotor** crée donc un champ magnétique rotatif dans l'alternateur. La bobine se compose simplement d'un très long fil isolé, enroulé autour d'un noyau de fer. Ce noyau est placé entre deux **pièces polaires**. Le champ magnétique est formé par un courant de 4 à 6,5 A qui traverse les spires de la bobine. À mesure que le courant circule dans la bobine, le noyau se magnétise et chaque pièce polaire assume la polarité magnétique de l'extrémité du noyau qu'elle touche. En conséquence, l'une des pièces polaires acquiert une polarité nord (N) et l'autre une polarité sud (S). Les extensions des pièces polaires ou **doigts** forment les véritables pôles magnétiques. Un rotor type comprend quatorze pôles, soit sept pôles N et sept pôles S. Le champ magnétique entre les pièces polaires se déplace des pôles N aux pôles S adjacents (**figure 3-5**).

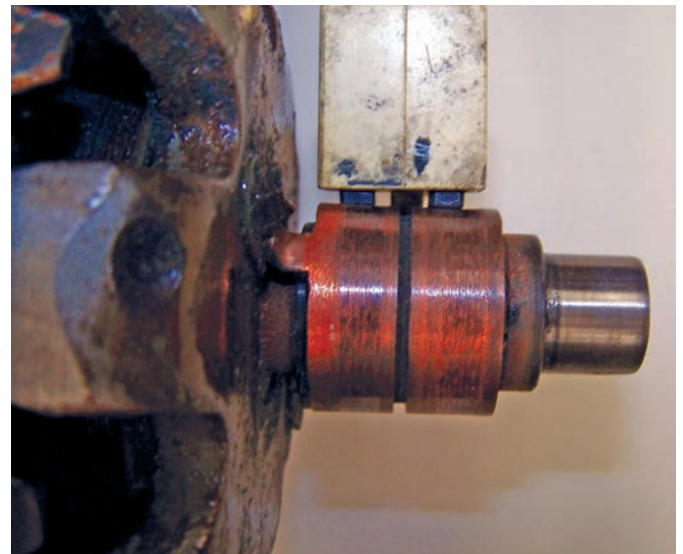
**Bagues collectrices et balais** Le courant requis pour créer le champ magnétique est transmis à la bobine du rotor par l'une ou l'autre de deux sources : la batterie d'accumulateurs ou l'alternateur lui-même. Dans chaque cas, le courant doit d'abord traverser le régulateur de tension de l'alternateur avant d'atteindre la bobine. Le régulateur de tension permet de varier la quantité de courant fournie. Une augmentation du courant dans la bobine augmente la force du champ magnétique, ce qui fait croître la tension de sortie de l'alternateur. De même, une diminution du courant dans la bobine produit l'effet inverse et réduit la tension de sortie.

Les **bagues collectrices** (*slip rings*) et les balais (**figure 3-6**) acheminent le courant au rotor. La plupart des alternateurs possèdent deux bagues collectrices montées directement sur l'arbre du rotor. Ces bagues sont électriquement isolées de l'arbre, de même que l'une par rapport à l'autre. Chaque extrémité de la **bobine inductrice** (*field coil*) est connectée à une bague collectrice. Un balai de carbone, appuyé sur chaque bague collectrice, assure l'entrée et la sortie du courant de la bobine. Ce courant, issu de la borne de sortie du régulateur de tension, traverse ensuite le premier balai et sa bague collectrice pour aboutir à la bobine inductrice. Après avoir traversé la bobine, le courant revient via l'autre bague collectrice, puis à travers le deuxième balai avant de retourner à la masse (**figure 3-7**).

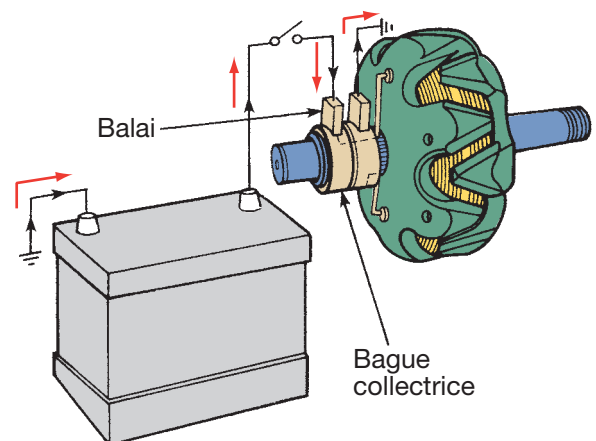
**Stator** Le **stator** désigne la partie stationnaire de l'alternateur. Il regroupe plusieurs conducteurs, dans lesquels une tension est induite par le champ magnétique en rotation. La majorité des alternateurs utilisent trois enroulements pour générer le courant



**Figure 3-5** Un champ magnétique se déplace des pôles N aux pôles S.

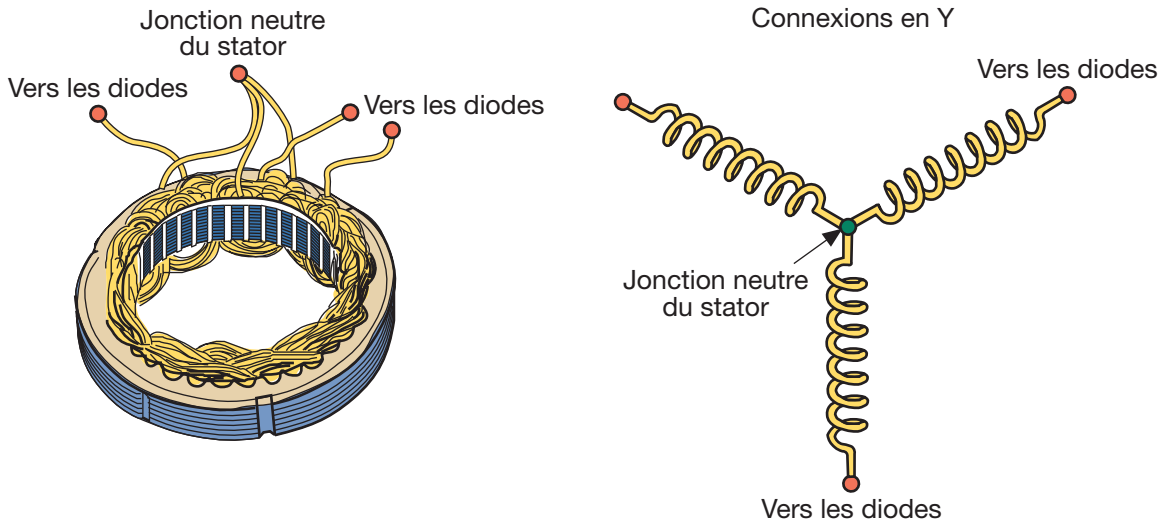


**Figure 3-6** Les balais d'un alternateur se déplacent le long des bagues collectrices.

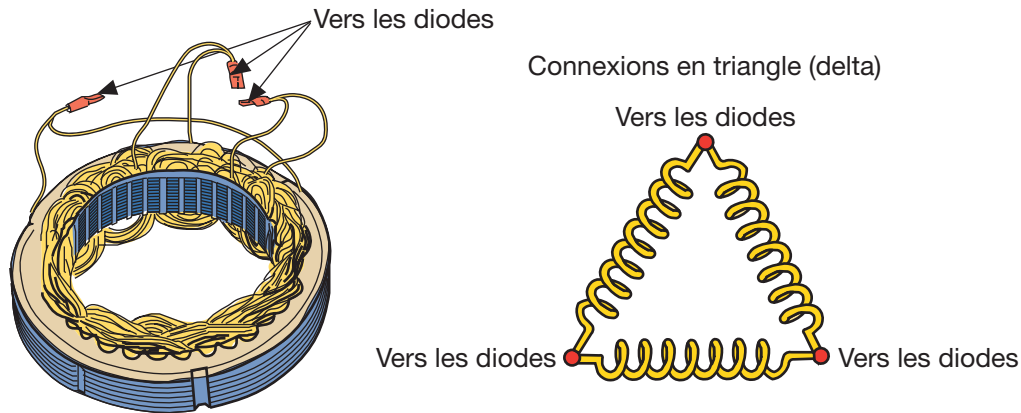


**Figure 3-7** Le courant est acheminé des balais jusqu'aux enroulements d'un rotor par le biais de bagues collectrices.





**Figure 3-8** Enroulements de stator connectés en Y.



**Figure 3-9** Enroulements de stator connectés en triangle (delta).

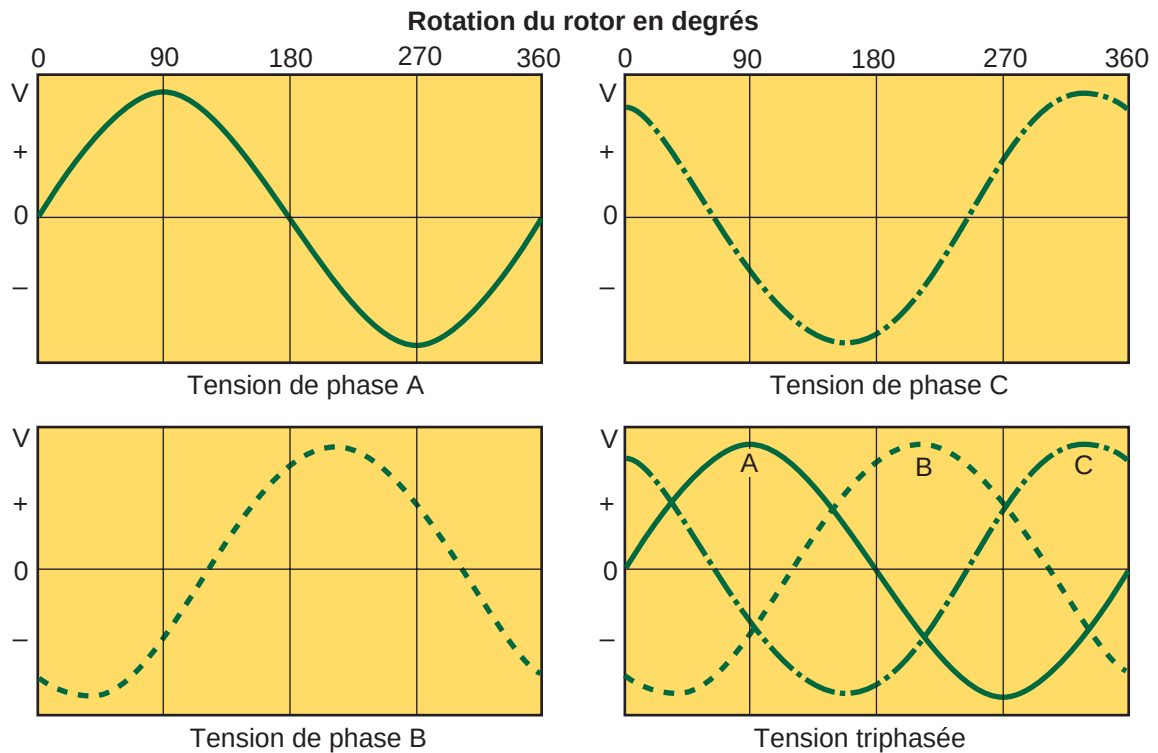
de sortie requis. Ces enroulements sont configurés **en triangle** (delta  $\Delta$ ) (**figure 3-9**) ou **en Y** (**figure 3-8**). Comme leur nom l'indique, des enroulements en triangle ont une disposition triangulaire, tandis qu'un arrangement d'enroulements en Y rappelle la forme de la lettre Y. En général, les alternateurs à configuration en Y servent dans des applications nécessitant une tension de charge élevée à de bas régimes du moteur. Les alternateurs à enroulements montés en triangle peuvent quant à eux fournir des courants plus élevés à de bas régimes du moteur.

Le rotor tourne à l'intérieur du stator. Un petit espacement d'air séparant les composants permet au rotor de tourner sans entrer en contact avec le stator.

Le c.a. d'un alternateur produit une impulsion positive, puis une impulsion négative. La forme d'onde résultante est une onde sinusoïdale, que l'on peut observer à l'aide d'un oscilloscope. Un cycle complet d'une telle forme d'onde débute à zéro pour atteindre un maximum positif, puis redescend à un

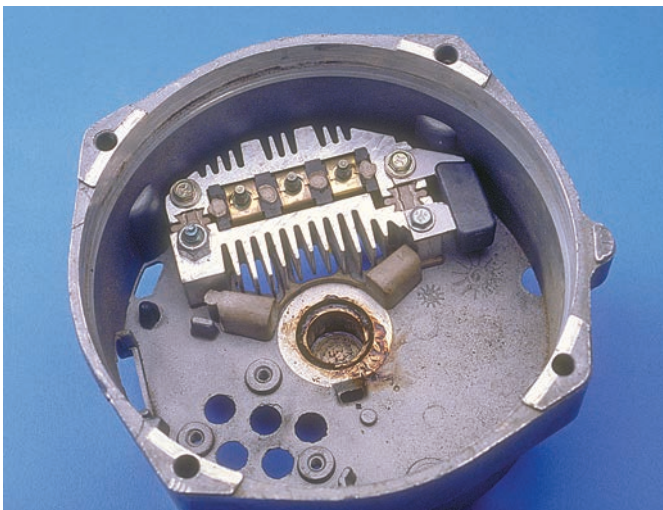
maximum négatif avant de revenir à zéro. Lorsque le champ magnétique du pôle nord coupe le conducteur du stator, il produit une tension positive dans le fil. De même, quand le champ magnétique du pôle sud coupe le conducteur du stator, il induit une tension négative dans le fil. Une seule boucle de fil induite tour à tour par un seul pôle nord et un seul pôle sud produit une tension monophasée. Toutefois, comme un alternateur regroupe trois enroulements dans son stator, il génère trois ondes sinusoïdales déphasées l'une par rapport à l'autre (**figure 3-10**). Cette sortie particulière des alternateurs à trois enroulements se nomme **tension triphasée**.

**Assemblage du boîtier** Le boîtier d'un alternateur comprend deux pièces en aluminium moulé. Ce boîtier renferme des roulements à l'extrémité de l'arbre du rotor qui reçoit la poulie d'entraînement. Chaque extrémité du boîtier intègre des conduites d'air afin que le ventilateur de l'arbre du rotor puisse faire circuler de l'air à travers tout l'alternateur pour le refroidir. En général, le dissipateur thermique



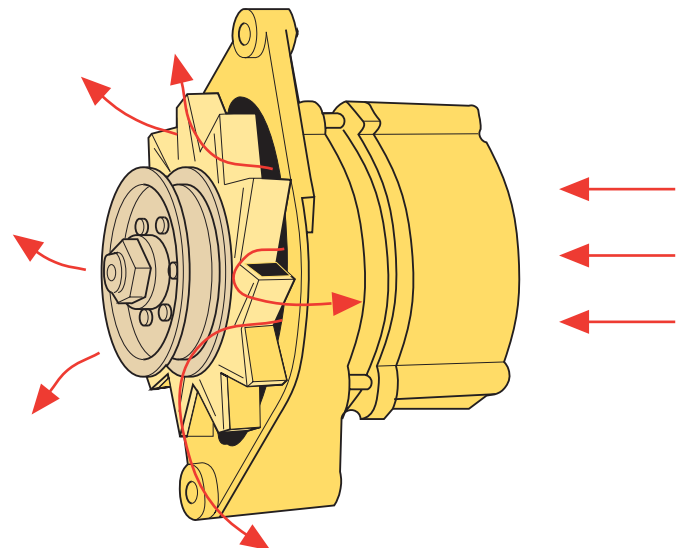
**Figure 3-10** Les tensions produites dans chacun des enroulements d'un stator sont combinées pour créer une tension triphasée.

attaché aux trois diodes du redressement positif est fixé à l'extrémité arrière du boîtier. Cet arrangement permet de pousser la chaleur produite par les diodes hors du composant (**figure 3-11**). Les trois autres diodes utilisées pour le redressement négatif sont fixées à même l'extrémité du boîtier. Comme l'alternateur est boulonné directement sur le moteur du véhicule, son boîtier sert de chemin de retour du courant vers la masse. En d'autres termes, tout ce qui est connecté au boîtier sans être isolé est mis à la masse.



**Figure 3-11** Pont redresseur monté dans le carter arrière.

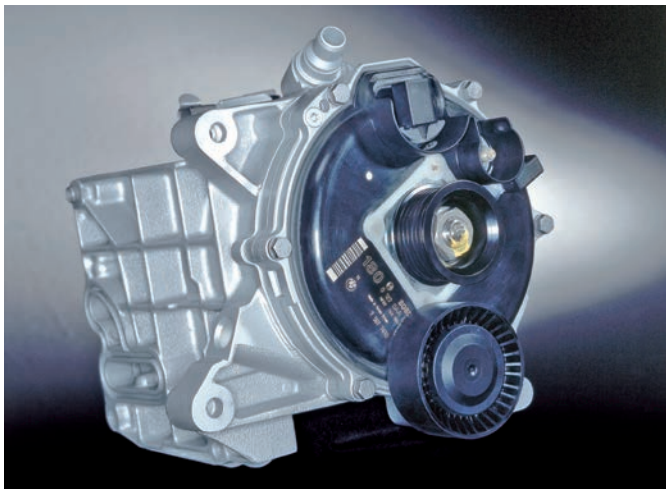
**Ventilateurs** Sur la plupart des alternateurs, on retrouve un ventilateur tournant avec le rotor derrière la poulie d'entraînement. Ce ventilateur soutire de l'air à travers le boîtier de l'alternateur via les ouvertures de son extrémité arrière. L'air chaud quitte l'alternateur par les ouvertures de sa façade et sort derrière le ventilateur du moteur (**figure 3-12**). Ce déplacement d'air dans le composant permet de refroidir les diodes.



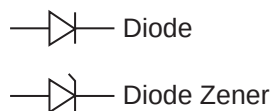
**Figure 3-12** Ce ventilateur d'alternateur soutire de l'air depuis l'arrière du boîtier pour refroidir les diodes.  
Robert Bosch GmbH

Le refroidissement des diodes est essentiel pour optimiser le rendement et la durée de vie de l'alternateur. Plusieurs nouveaux concepts d'alternateurs, comme les modèles AD de General Motors, permettent un meilleur refroidissement des composants. Au lieu d'utiliser un ventilateur externe, les alternateurs AD regroupent deux ventilateurs internes. Ils sont également moins lourds et génèrent un courant de sortie très élevé.

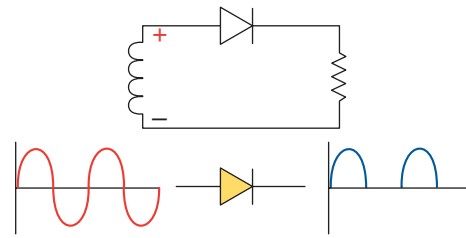
**Alternateurs refroidis à l'eau** Un autre concept récent consiste à utiliser un liquide pour refroidir l'alternateur (figure 3-13). L'usage d'eau ou d'un autre liquide pour refroidir un alternateur offre un moyen très efficace d'abaisser la température des diodes. Mais la véritable raison d'éliminer le ventilateur et d'utiliser un liquide de refroidissement demeure la réduction du bruit. Le ventilateur de l'alternateur représente une source de bruit sous le capot que certains constructeurs automobiles désirent éliminer. Les boîtiers de ces nouveaux alternateurs intègrent des chemises d'eau. Des tuyaux flexibles permettent de relier le boîtier de l'alternateur au système de refroidissement du véhicule. En plus de produire moins de bruit, ces alternateurs offrent plus de puissance de sortie et une durée de vie plus longue dans l'environnement haute température du compartiment moteur.



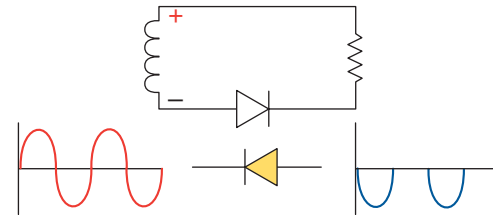
**Figure 3-13** Alternateur refroidi à l'eau. BMW



**Figure 3-14** Symboles schématiques d'une diode ordinaire et d'une diode Zener, deux composants couramment utilisés dans les alternateurs et les régulateurs de tension.



**Figure 3-15** Redressement simple alternance avec diodes en polarisation directe (+).



**Figure 3-16** Redressement simple alternance avec diodes en polarisation inverse (-).

## FONCTIONNEMENT D'UN ALTERNATEUR

Nous avons vu qu'un alternateur produit du courant alternatif et que ce c.a. doit être converti et redressé en c.c. Pour ce faire, il faut utiliser des diodes.

### Diodes

Une **diode** permet au courant de circuler dans une seule direction. Par conséquent, ce composant peut servir d'interrupteur en agissant comme un conducteur ou un isolant, selon le sens du courant qui la traverse. Dans un alternateur, le courant est redressé à l'aide de diodes, disposées de manière à ce que le c.a. généré par les enroulements du composant ne circule que dans une seule direction (comme du c.c.).

Les diodes Zener (figure 3-14) servent à réguler les tensions dans des circuits. Une diode Zener fonctionne comme une diode régulière jusqu'à ce qu'une tension spécifique soit atteinte. À ce moment, la diode Zener permet au courant de traverser en sens contraire. Ces composants sont souvent utilisés dans les régulateurs de tension électroniques.

### Redressement c.c.

La figure 3-15 démontre que lorsqu'on fait passer du c.a. à travers une diode, les impulsions négatives sont bloquées pour produire une forme d'onde caractéristique. Si l'on inverse la diode, celle-ci bloque alors le courant lors des impulsions positives et laisse plutôt passer les impulsions négatives (figure 3-16). On désigne cette action de **redressement simple alternance** parce qu'elle ne peut redresser que les impulsions c.a. positives ou négatives d'un signal électrique.

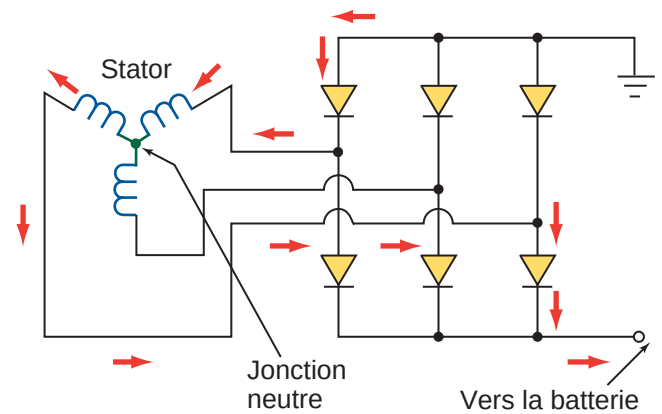
Quand on ajoute plus de diodes dans le circuit pour redresser à la fois les impulsions positives et négatives d'un signal c.a., on parle alors de **redressement double alternance**.

Pour accomplir le redressement double alternance créé par les enroulements d'un stator, il faut utiliser un circuit aux caractéristiques similaires. La **figure 3-17** illustre un stator à configuration en Y avec deux diodes reliées à chaque enroulement. L'une des diodes est isolée et donc positive, tandis que la diode négative est mise à la masse. Au centre du Y, on retrouve un point commun à tous les enroulements qui peut comporter une connexion. Ce point est la jonction neutre du stator. Tout au long du mouvement du rotor, on retrouve toujours deux enroulements en série et un enroulement neutre et inactif. À mesure qu'il tourne, le rotor alimente les divers groupes d'enroulements dans des directions distinctes.

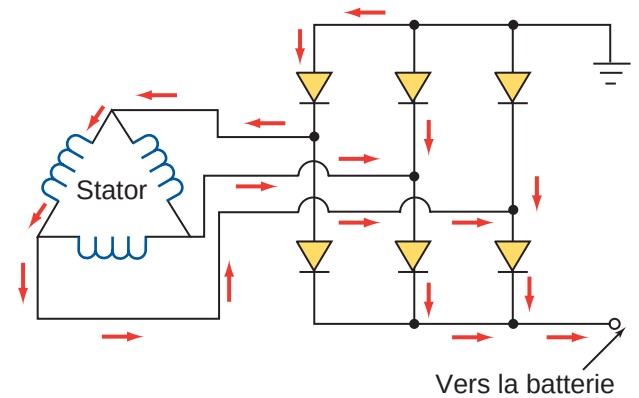
L'action des diodes est la même avec un stator à configuration en triangle. La **figure 3-18** illustre la différence au niveau du câblage. Ici, les enroulements sont mis en parallèle au lieu d'être placés en série. Un alternateur à configuration en triangle offre une plus grande puissance, car les chemins parallèles acheminent plus de courant à travers les diodes.

De nombreux alternateurs possèdent un ensemble de trois diodes supplémentaires appelé **trio de diodes**. Le trio de diodes redresse le courant du stator pour qu'il puisse créer le champ magnétique dans la bobine inductrice du rotor. L'utilisation d'un trio de diodes permet d'éliminer du câblage. Par

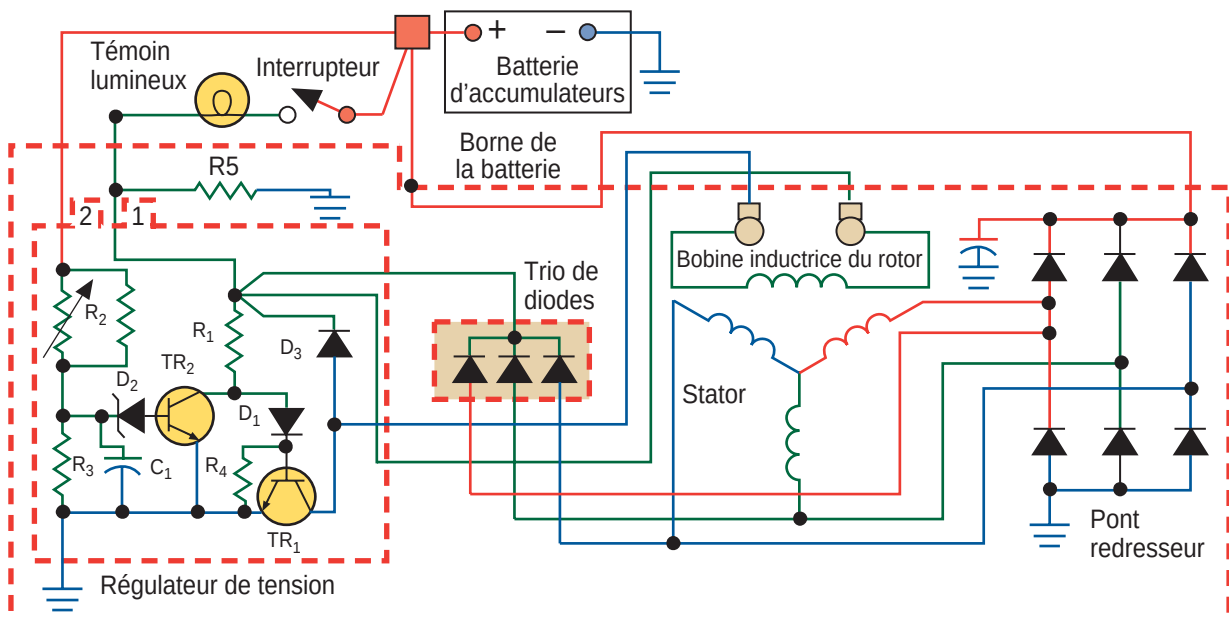
ailleurs, un régulateur de tension contrôle la sortie de l'alternateur en régulant le courant issu du trio de diodes et acheminé au rotor (**figure 3-19**).



**Figure 3-17** Câblage des six diodes dans un stator à enroulements en Y.



**Figure 3-18** Câblage des six diodes dans un stator à enroulements en triangle (delta).



**Figure 3-19** Schéma des connexions électriques d'un circuit de charge muni d'un trio de diodes.



## Facteurs déterminant la sortie d'un alternateur

Plusieurs facteurs jouent un rôle dans la puissance disponible à la sortie d'un alternateur. En plus du type d'enroulements utilisé dans le composant, on retrouve :

- *La vitesse de rotation du rotor.* Des vitesses plus rapides produisent une sortie plus élevée.
- *Le nombre d'enroulements dans le rotor.* Plus d'enroulements augmentent la sortie de l'alternateur.
- *L'intensité du courant traversant les bobinages du rotor.* Un courant plus élevé augmente la puissance de sortie.
- *Le nombre d'enroulements dans le stator.* Plus d'enroulements augmente la sortie du composant.



Plusieurs propriétaires de véhicules installent une poulie d'alternateur de taille différente

pour réduire la résistance mécanique appliquée au moteur et en augmenter la performance. Toutefois, un alternateur qui tourne moins vite entraîne une réduction de puissance à sa sortie. Comme le système de charge réagira à une sortie moins élevée de l'alternateur en dirigeant davantage de courant vers son rotor, le champ magnétique du composant augmentera, ce qui créera encore plus de résistance mécanique qu'initialement. Par conséquent, le remplacement de la poulie d'un alternateur est une décision qui doit être sagement réfléchie. En général, si la batterie du véhicule est à pleine charge, cette modification peut générer un gain de puissance. Si la batterie est faible, le remplacement de la poulie d'alternateur n'apportera aucune amélioration.

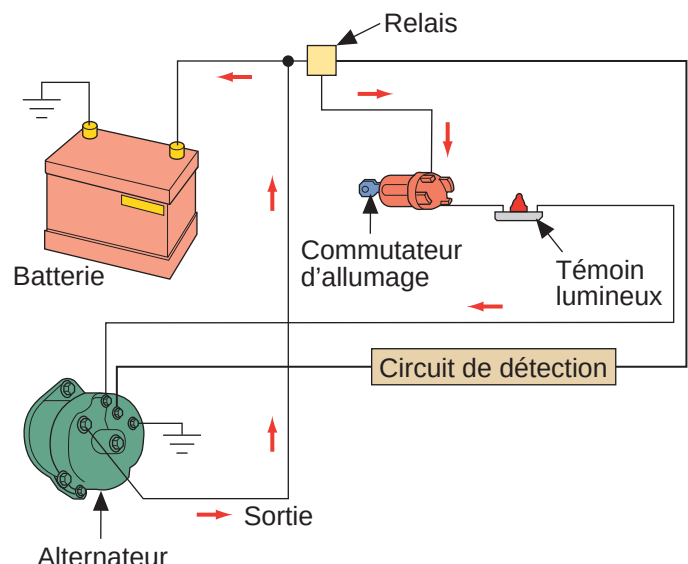
## RÉGULATION DE TENSION

Sans composant de contrôle, la tension de sortie d'un alternateur pourrait atteindre 250 V et gravement endommager la batterie et les systèmes électriques d'un véhicule. Par conséquent, la tension de sortie d'un alternateur est contrôlée par un **régulateur de tension** (*voltage regulator*). Ce composant règle la sortie d'un alternateur en faisant varier l'intensité du champ magnétique dans le rotor. Comme un alternateur limite son courant de sortie de façon naturelle, il n'est pas requis de le contrôler. Pour assurer une pleine charge de la batterie d'accumulateurs, la plupart des régulateurs sont calibrés pour une tension de système entre 14,5 et 15,5 V.

Le régulateur doit recevoir une tension d'entrée du système afin de réguler la tension de sortie. Ce signal d'entrée appliqué à un alternateur se nomme la **tension de vérification** (figure 3-20). Quand la tension de vérification (*sensing voltage*) est inférieure à la valeur prédéfinie sur le régulateur, le courant inducteur croît pour faire augmenter la tension de sortie du système de charge. De même, une tension de vérification trop élevée entraîne une diminution du courant inducteur et une réduction de la tension de sortie. Le régulateur réduit alors la tension du système de charge jusqu'à ce qu'elle atteigne un niveau suffisant pour faire fonctionner le système d'allumage tout en maintenant une faible charge (ou charge lente) sur la batterie d'accumulateurs.

Quand une charge lourde est ajoutée au système, par exemple lorsqu'on allume les phares du véhicule, la demande additionnelle de courant fait diminuer la tension de la batterie. Le régulateur capte cette baisse de tension du système et réagit en acheminant davantage de courant vers le rotor. Comme cette action fait croître la force du champ magnétique autour du rotor, la tension de sortie de l'alternateur augmente. De même, quand la charge des phares est enlevée, le régulateur détecte une augmentation de la tension dans le système et réduit le courant inducteur.

Un autre facteur qui affecte la régulation de tension est la température. Étant donné que la température influence le taux de charge qu'une batterie peut accepter, les régulateurs intègrent une compensation thermique. Comme une batterie d'accumulateurs



**Figure 3-20** Un régulateur de tension ajuste la sortie d'un alternateur en fonction de la tension du circuit de détection.



accepte plus difficilement les charges lorsqu'il fait plus froid, cette compensation de température est essentielle. Le régulateur augmentera ainsi la tension du système à un niveau plus élevé pour satisfaire au besoin de la batterie et lui fournir une charge maximale.

### Circuits inducteurs

Un régulateur de tension contrôle le courant transmis aux bobines inductrices et peut être connecté de trois façons avec le rotor d'un alternateur pour former un circuit inducteur. Le premier type, qualifié de circuit A, comporte un régulateur de tension du côté masse de la bobine inductrice. L'alimentation de la batterie (B+) pour la bobine inductrice est à l'intérieur de l'alternateur (**figure 3-21**). En plaçant le régulateur de tension du côté masse de la bobine inductrice, ce dernier peut contrôler le courant inducteur en variant le courant dirigé vers la masse.

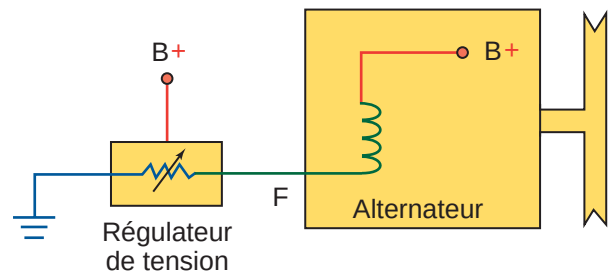
Le deuxième type de circuit inducteur, appelé circuit B, utilise un régulateur de tension du côté alimentation du circuit inducteur. La bobine inductrice est mise à la masse à l'intérieur de l'alternateur (**figure 3-22**). Normalement, un régulateur de circuit B est monté à l'extérieur de l'alternateur.

Dans le troisième type de circuit, appelé circuit inducteur isolé, les deux fils de la bobine (B+ et la masse) sont externes au boîtier d'alternateur. On peut donc retrouver le régulateur de tension du côté masse ou du côté alimentation (B+) du circuit.

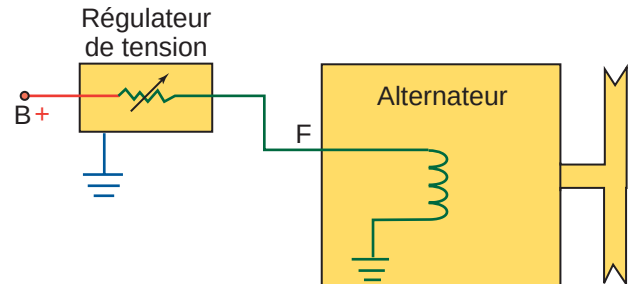
Par ailleurs, un régulateur peut être électronique ou électromécanique. Les véhicules plus anciens utilisent des régulateurs électromécaniques, tandis que les automobiles récentes emploient des régulateurs électroniques. De nombreux véhicules récents ne contiennent aucun régulateur de tension sous forme de composant. La sortie de leur système de charge est plutôt contrôlée par le module de commande du groupe motopulseur.

### Régulateurs de tension électroniques

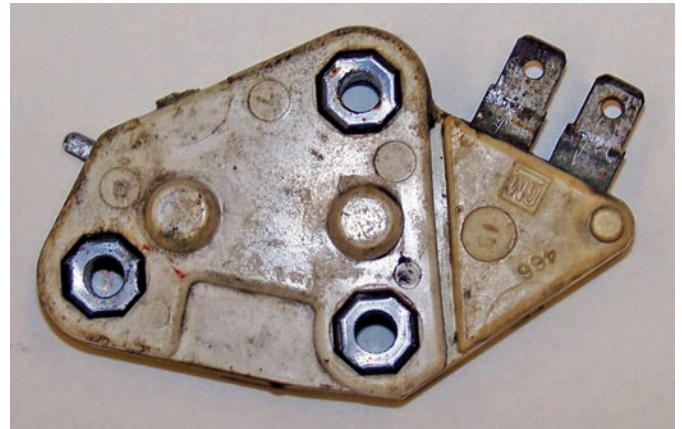
Les régulateurs électroniques peuvent être installés à l'intérieur ou à l'extérieur d'un alternateur (**figure 3-23**). Grâce à leurs composants électroniques, ces régulateurs offrent un contrôle rapide et précis du courant inducteur. La régulation électronique de la tension s'effectue du côté masse du circuit inducteur, comme dans un circuit de type A. La plupart des régulateurs électroniques utilisent une diode Zener qui bloque le courant jusqu'à ce qu'une tension spécifique soit atteinte, pour ensuite laisser circuler le courant. La **figure 3-24** illustre le schéma simplifié d'un régulateur de tension électronique à diode Zener.



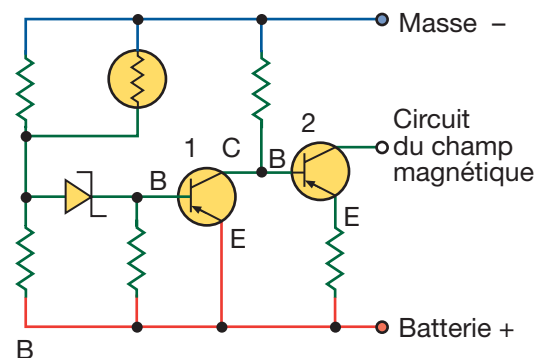
**Figure 3-21** Circuit de type A.



**Figure 3-22** Circuit de type B.



**Figure 3-23** Régulateur de tension à circuits intégrés.



**Figure 3-24** Schéma simplifié d'un circuit de régulation de tension électronique à diode Zener.

La sortie d'un alternateur est contrôlée par modulation de largeur d'impulsion. Cette méthode permet de varier le rapport cyclique, c'est-à-dire la durée de mise en marche des bobines inductrices en fonction des besoins en électricité. Prenons l'exemple d'un véhicule muni d'un alternateur de 100 A. Si la demande en courant placée sur le système de charge totalise 50 A, alors le régulateur utilise un rapport cyclique de 50 %. Si la demande en courant augmente ensuite à 75 A, le régulateur hausse la durée de mise en marche des bobines à 75 %.

La plupart des véhicules récents utilisent des **régulateurs de tension à circuits intégrés**. Plus compacts, ces composants sont installés à l'intérieur ou au dos de l'alternateur. Toutefois, les régulateurs à circuits intégrés ne sont pas réparables et doivent être remplacés en cas de défaillance.

La **figure 3-25** illustre un régulateur intégré à semi-conducteurs, fixé à une extrémité du boîtier de l'alternateur, près des bagues collectrices et du porte-balai. Ces régulateurs contrôlent le courant des bobines à l'aide d'un trio de diodes.

**Circuits de sécurité** Pour éviter que des problèmes électriques simples génèrent des surtensions de sortie susceptibles d'endommager des composants électroniques, de nombreux régulateurs de tension comportent des **circuits de sécurité**.

Une explication détaillée du fonctionnement interne de ces circuits peut facilement porter à confusion. Tout ce qui importe est de vous rappeler à quoi ils servent. Par exemple, quand les connexions et fils menant à l'alternateur deviennent corrodés ou sont débranchés par mégarde, les circuits de sécurité du régulateur limitent la tension de sortie pour éviter qu'elle n'augmente à un niveau dangereux. Dans d'autres situations, les circuits de sécurité peuvent carrément stopper la charge générée par l'alternateur. Un lien fusible ou un maxifusible intégré aux circuits de sécurité permet de limiter le courant maximal et de protéger les composants électroniques des autres circuits du véhicule.

### Régulation de tension par ordinateur

Sur de plus en plus de nouveaux véhicules, la régulation de la tension n'est plus confiée à des régulateurs de voltage mais à un module de commande, comme celui du groupe motopropulseur du véhicule. L'ordinateur du véhicule contrôle alors le courant acheminé aux enroulements inducteurs du rotor.

Toutefois, au lieu de varier la résistance du circuit, l'ordinateur agit comme un interrupteur ultra rapide



**Figure 3-25** Emplacements des composants d'un alternateur à régulateur de tension interne. Robert Bosch GmbH

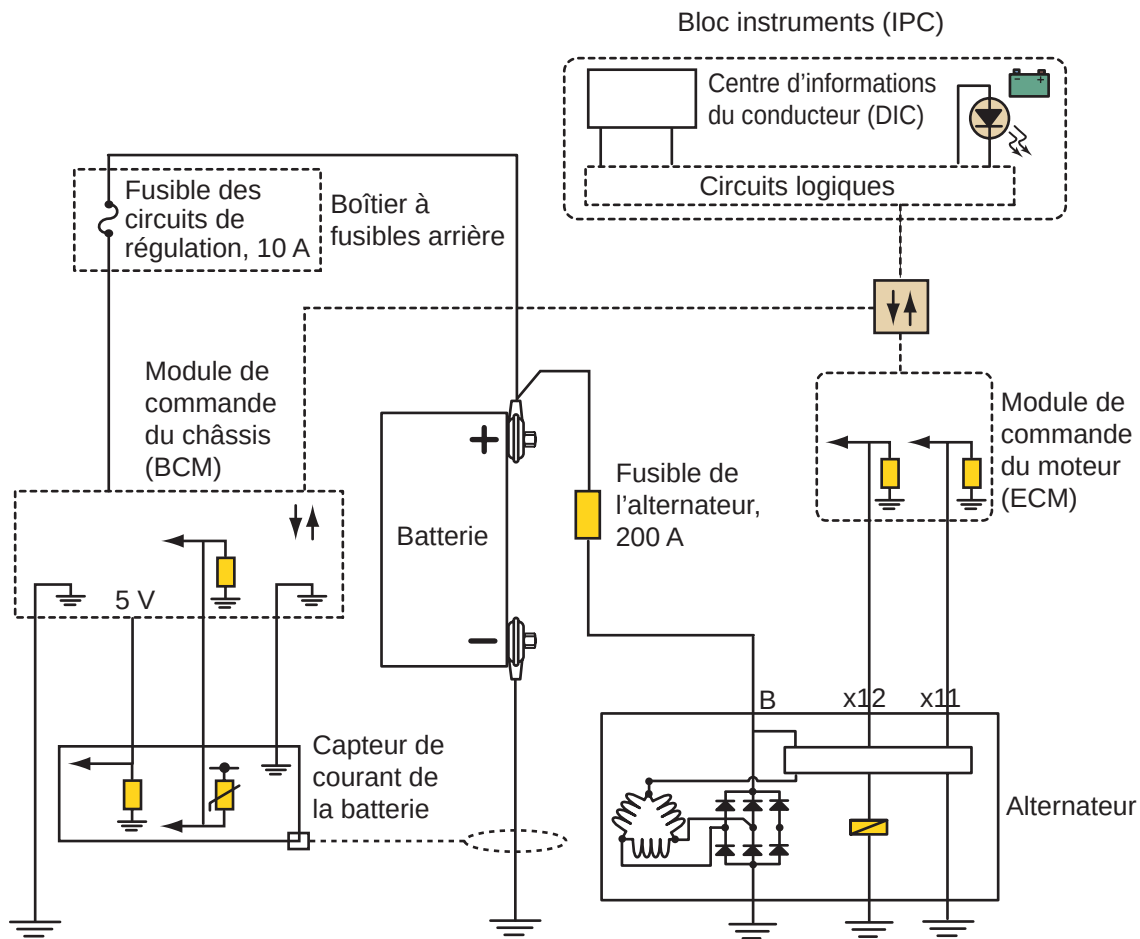
pour contrôler l'intensité du courant inducteur à une fréquence fixe d'environ 400 cycles par seconde. La régulation par ordinateur offre l'avantage de varier la tension en fonction des exigences du véhicule et de la température ambiante. Grâce à un contrôle plus précis, on peut souvent utiliser une batterie d'accumulateurs plus petite et moins lourde, réduire la traînée magnétique de l'alternateur et augmenter le rendement moteur de plusieurs chevaux-vapeur. Une gestion précise du taux de charge peut également réduire la consommation d'essence.

La partie de l'ordinateur qui contrôle la sortie du système de charge d'un véhicule est normalement qualifiée de système de gestion d'énergie (**figure 3-26**). En plus de contrôler le courant inducteur, ce système permet d'augmenter le ralenti du moteur quand la batterie est faible et d'alerter le conducteur quand un problème survient avec l'alternateur ou la batterie. L'état de la batterie peut être surveillé par l'ordinateur quand le contact est mis ou non.

Quand le commutateur d'allumage est en position d'arrêt, l'ordinateur détermine la charge de la batterie à partir de sa tension en circuit ouvert. Cette mesure permet de connaître l'état de charge de la batterie. Lorsque le moteur tourne, le système vérifie plutôt l'état de la batterie en fonction de sa capacité, de la température, de l'état de charge initial et de la sortie du système de charge.

## NOUVEAUX DÉVELOPPEMENTS

Dans le but d'améliorer la consommation d'essence, de réduire les gaz polluants et de créer des automobiles plus fiables, les ingénieurs proposent des concepts électroniques de plus en plus avancés pour les démarreurs et alternateurs.



**Figure 3-26** Circuit principal d'un système de charge commandé par ordinateur.

### Générateurs-démarrateurs

La principale différence entre un alternateur et un moteur est que ce dernier comprend deux champs magnétiques en opposition, tandis qu'un alternateur déplace des fils dans un champ magnétique unique. En utilisant des composants électroniques pour contrôler le courant entrant et sortant de la batterie, les ingénieurs ont développé des alternateurs pouvant également servir de démarrateurs. Ces composants se nomment des générateurs-démarrateurs. Un générateur-démarrateur peut comprendre deux ensembles d'enroulements et de balais, un système à aimants permanents sans balai ou un système à réluctance commutée (**figure 3-27**).

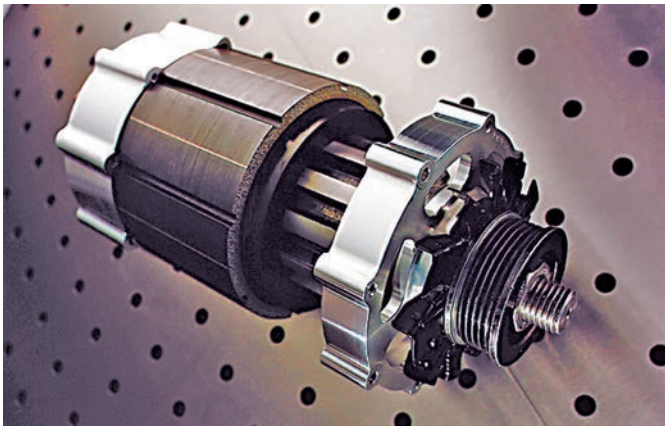
Un générateur-démarrateur peut désigner un composant externe au moteur relié au vilebrequin par le biais d'une courroie de transmission ou un composant interne au moteur monté directement sur le vilebrequin, entre le moteur et la transmission ou intégré au volant moteur (**figure 3-28**). Les générateurs-démarrateurs entraînés par courroie sont munis d'un tendeur contrôlé mécaniquement ou électriquement. Certains modèles utilisent un em-

brayage électromagnétique monté sur la poulie du vilebrequin. Cet embrayage permet de changer le mode de fonctionnement du composant (générateur ou démarrateur). Quand le contact est coupé, l'embrayage est retiré. Les véhicules hybrides les plus courants emploient deux moteurs de ce type : l'un d'eux sert à démarrer le moteur à combustion, tandis que l'autre est utilisé comme moteur de traction et pour générer du courant.

### CONSEIL

Quoiqu'ils ne soient pas encore populaire dans le domaine automobile, les moteurs électriques à réluctance commutée sont couramment utilisés dans d'autres industries. Au lieu d'utiliser des enroulements ou des aimants dans le rotor, ces composants comportent un stator et un rotor dentés. Sur ces moteurs, le stator comporte des rainures contenant une série d'enroulements qu'il contient, en fonction de la position du rotor. Quand une bobine est mise sous tension, elle génère un champ magnétique





**Figure 3-27** Générateur-démarrreur à réluctance commutée. Remarquez la conception du rotor. Dana

qui attire la dent du rotor la plus rapprochée. Ce mouvement provoque ensuite une commutation du courant vers l'enroulement suivant du stator, pour attirer la dent plus loin et continuer à faire tourner le rotor. Ce processus se poursuit pour maintenir le moteur en rotation.

Les générateurs-démarrreurs peuvent produire une grande puissance de charge et faire tourner le moteur à des vitesses élevées lors des démarrages. Ils offrent également des fonctionnalités additionnelles qui optimisent le rendement du véhicule (**figure 3-29**) :

- Mode d'arrêt et de démarrage automatique du moteur à combustion
- Freinage à récupération
- Assistance électrique

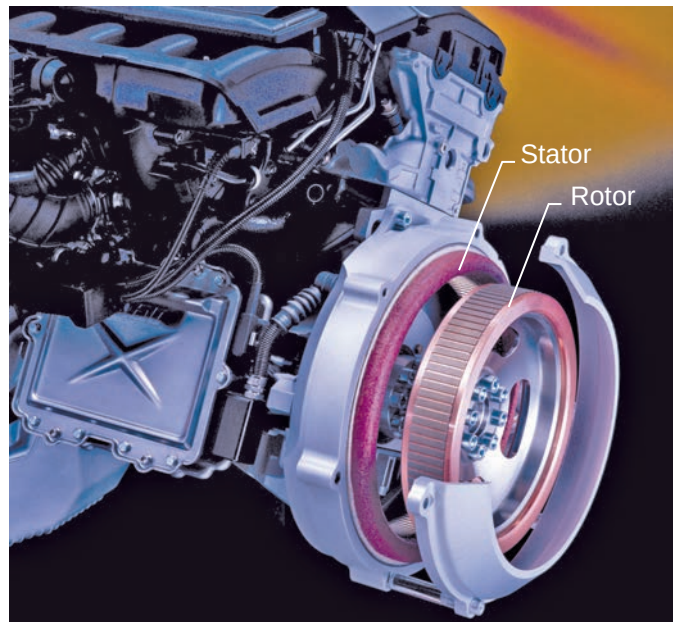


## ATTENTION!

*Suivez toujours les précautions spécifiées par le fabricant quand vous travaillez près ou sur des composants ou des systèmes électriques à haute tension. Toute négligence peut entraîner des blessures graves, voire la mort.*

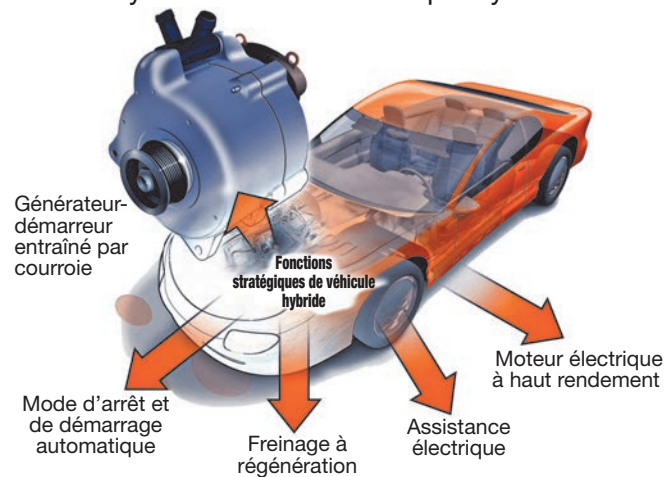
### Freinage à récupération

Quand on applique les freins sur un véhicule conventionnel, le système de freinage produit une friction sur les roues qui convertit l'énergie cinétique du véhicule en chaleur. Lors d'un freinage à récupération, cette énergie est plutôt transformée en électricité pour recharger les batteries d'accumulateurs, jusqu'à ce que le véhicule s'immobilise (**figure 3-30**).



**Figure 3-28** Générateur-démarrreur intégré au volant moteur. BMW

### Système électromécanique hybride



**Figure 3-29** Les générateurs-démarrreurs peuvent produire des charges élevées et lancer un moteur à combustion à haute vitesse. Ces moteurs électriques offrent également un mode d'arrêt et de démarrage automatique, le freinage à régénération et peuvent fournir une assistance électrique. Visteon

Une fois le véhicule immobile, l'énergie cinétique vaut zéro. Pendant un freinage à récupération, un système électronique dicte au moteur électrique du véhicule de passer en mode générateur. Son rotor est alors entraîné par le moteur à combustion, lequel est propulsé par les roues du véhicule pendant qu'il ralentit. La quantité d'énergie capturée lors d'un freinage à récupération dépend de différents facteurs, comme l'état de charge de la batterie et la vitesse de rotation du moteur électrique.