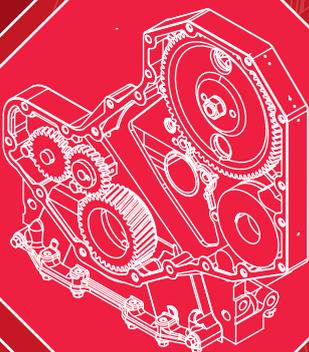
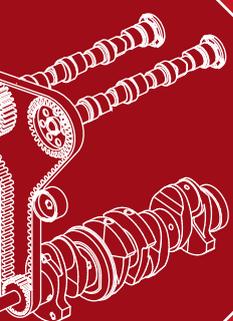
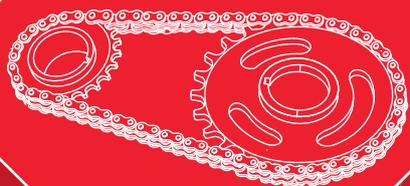


ÉLECTRICITÉ DE BASE



2

INTRODUCTION À LA MÉCANIQUE

Table des Matières

1. Electricité de base	1
1.1 Introduction.....	1
1.2 Le circuit de charge.....	2
1.2.1 La batterie.....	2
2. Les générateurs	13
2.1 Types de générateurs.....	13
2.2 Le générateur de courant continu (CC).....	13
3. Les alternateurs	15
3.1 La construction d'un alternateur.....	15
3.2 L'ensemble rotor.....	16
3.3 Les générateurs.....	16
3.3.1 Stator en Y.....	17
3.3.2 Stator en triangle.....	17
3.3.3 L'ensemble redresseur de courant.....	17
3.4 Le fonctionnement de l'alternateur.....	19
3.5 Le contrôle sur la puissance de sortie de l'alternateur.....	20
3.6 Le régulateur de tension électronique.....	21
3.7 L'entretien de l'alternateur.....	21
4. Le démarreur	23
4.1 La construction d'un démarreur.....	24
4.2 Les types de démarreurs.....	28
4.2.1 Les démarreurs à entraînement direct.....	28
4.2.2 Les démarreurs à démultiplication double.....	28
5. Le contacteur de sécurité de démarrage	29
6. Le circuit d'éclairage	30
7. Les ampoules (lampes)	31
8. Les systèmes de clignotants	31
9. Les disjoncteurs et fusibles	32
10. Fusibles	32
11. Disjoncteur	32
12. Le schéma de câblage électrique	33
13. Le symbole électrique d'un relais	34
14. Les bornes de raccordement	34

15. Le magnétisme.....	35
15.1 Les champs magnétiques.....	35
15.2 La théorie du magnétisme.....	37
15.3 La fabrication d'un aimant.....	37
15.4 Le principe d'un démarreur.....	41
15.5 Les électroaimants.....	42
15.6 La règle de la main droite appliquée aux bobines.....	43
15.7 L'induction électromagnétique.....	45
15.8 L'amplitude de la tension induite.....	47
15.9 Les méthodes d'induction de la tension.....	48
15.10 La tension générée.....	48
15.11 L'auto-induction.....	49
15.12 Le vérin à solénoïde proportionnel ou linéaire.....	52
16. Exercice pratique.....	53

Note : en conformité avec l'objectif de l'Académie d'enseigner à ses stagiaires des bases d'anglais technique, les textes de certaines des illustrations de ce manuel ont volontairement été laissés en anglais.

1. Electricité de base

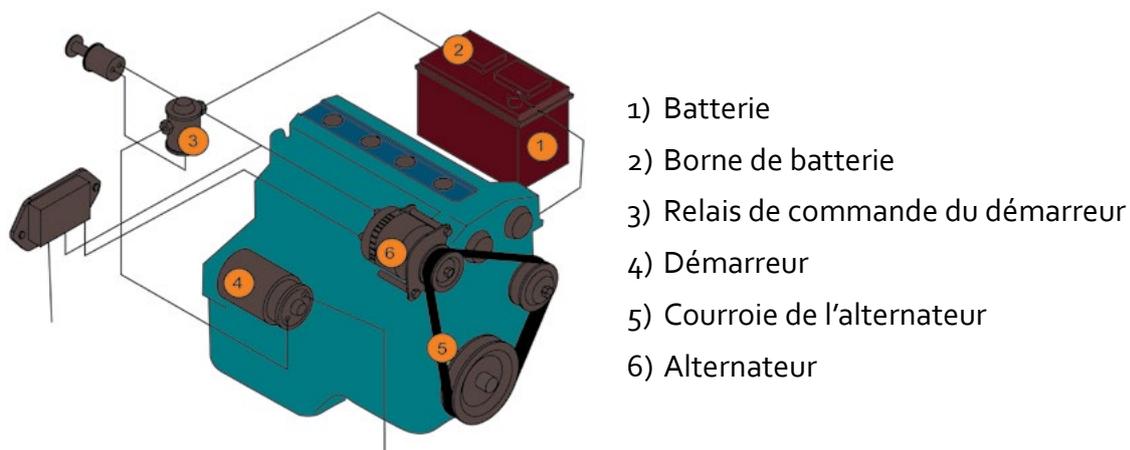
1.1. Introduction

Les systèmes électriques présents sur un véhicule industriel ou un engin sont conçus pour remplir diverses fonctions. Un système électrique automobile comprend quatre circuits électriques.

On les appelle :

- Circuit de charge
- Circuit de démarrage
- Circuit d'éclairage
- Circuit d'accessoires

Les appareils électriques doivent être alimentés en énergie électrique et doivent également recevoir les signaux de commande de façon fiable et sûre, afin d'éviter de dégrader le système électrique et de ne courir aucun danger. Pour atteindre cet objectif, il convient de concevoir soigneusement le plan du circuit, de choisir les composants avec prudence et de placer les équipements de manière fonctionnelle. L'étude minutieuse de ce module vous permettra de comprendre le fonctionnement de ces circuits, mais aussi d'apprendre les ajustements et réparations à effectuer pour maintenir les systèmes électriques en bon état.



1.2 Le circuit de charge

Le circuit de charge remplit plusieurs fonctions :

- 1) Il recharge la batterie lors du démarrage du moteur, ou après l'utilisation d'accessoires électriques
- 2) Il alimente tout le véhicule en électricité lorsque le moteur tourne. Il doit changer de puissance de sortie pour convenir à différentes charges électriques.
- 3) Il fournit une tension de sortie légèrement plus élevée que la tension de la batterie.

A) La batterie

Produit un courant pour alimenter ou chauffer l'alternateur et contribue à la stabilisation de la puissance de sortie initiale de l'alternateur.

B) Un alternateur ou générateur

Utilise l'énergie mécanique (moteur) pour produire de l'électricité.

C) La courroie de commande d'alternateur

Relie la poulie de vilebrequin du moteur à celle de l'alternateur (ou générateur) pour commander à ce dernier.

D) Le régulateur de tension

Fait office de voltmètre, d'ampèremètre ou de témoin d'alerte pour informer l'opérateur de l'état du système de charge.

1.2.1 La batterie

La batterie d'accumulateurs (ou accumulateur) est le cœur du circuit de charge. Il s'agit d'un dispositif électromécanique produisant et accumulant de l'électricité.

La batterie d'un véhicule a plusieurs fonctions importantes :

1. Elle doit faire fonctionner le démarreur, le système d'injection électronique et autres dispositifs électriques pour le moteur lorsque celui-ci démarre ;
2. Elle alimente tout le véhicule en électricité lorsque le moteur est éteint ; Elle doit aider le système de charge à produire de l'électricité lorsque la demande en intensité est supérieure à la limite de la puissance de sortie du système de charge ;
3. Elle doit faire office de condensateur (stabilisateur de tension) qui homogénéise la circulation du courant dans le système électrique ;
4. Elle doit accumuler de l'énergie (électricité) et pouvoir la restituer dans le temps.

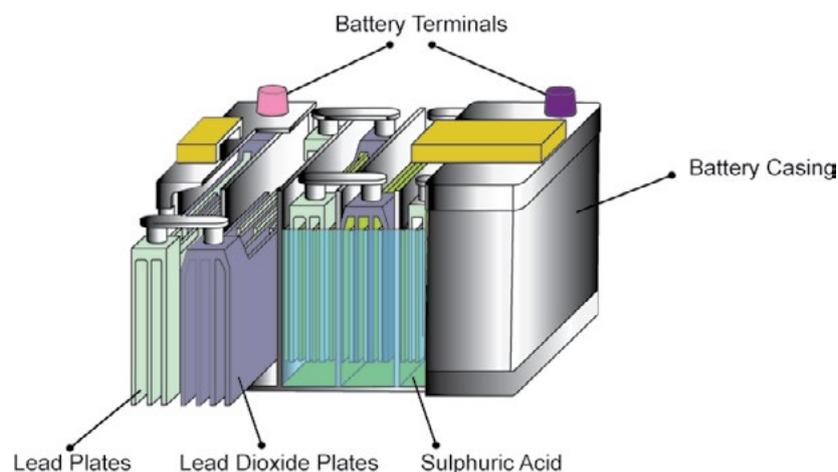
Dans les domaines de l'automobile, de la construction et de la manutention, les équipements sont dotés d'une batterie à pile au plomb-acide. Ce type de batterie produit un courant continu (CC) qui circule dans une seule direction.

Lorsque la batterie se décharge, (lorsque le courant sort de la batterie), elle transforme l'énergie chimique en énergie électrique, relâchant ainsi l'énergie accumulée. Durant la charge (lorsque le courant du système de charge entre dans la batterie), l'énergie électrique est convertie en énergie chimique. La batterie peut accumuler de l'énergie jusqu'à ce que le véhicule en ait besoin.

A) La construction d'une batterie

Un accumulateur à pile au plomb-acide est conçu pour résister à de fortes vibrations, au temps froid, à la chaleur du moteur, aux produits chimiques corrosifs, à une décharge de courant élevée et à des périodes d'inutilisation prolongées. Pour tester et entretenir une batterie correctement, vous devez en comprendre la construction.

La construction d'une batterie cellulaire au plomb-acide basique est la suivante;



B) Bornes de batterie

C'est ici que l'énergie quitte les piles galvaniques. Elles sont en plomb, qui est un bon conducteur résistant à la corrosion.

C) Boîtier de batterie

Les six piles galvaniques sont maintenues en position par ce boîtier en plastique composite non réactif.

D) Plaques de plomb

L'électrode négative réagit avec les ions sulfuriques pour créer des ions hydrogène et une quantité supplémentaire de sulfate de plomb.

E) Plaques de dioxyde de plomb I

Il s'agit de la matière active de la batterie, qui réagit avec l'acide pour produire des ions et du sulfate de plomb.

F) Acide sulfurique

Les plaques sont immergées dans de l'acide qui fait office de catalyseur chimique et d'électrolyte pour les ions.

Les éléments de batterie sont composés de plaques négatives, de plaques positives, de séparateurs et d'attaches. Ces éléments sont placés dans un compartiment à pile, dans le boîtier de batterie. La plupart des batteries automobiles ont six éléments.

Chaque compartiment à pile contient deux types de plaques de plomb chimiquement actives, que l'on appelle plaque positive et plaque négative. Les plaques sont composées d'une grille (en motif à mailles) recouverte de plomb poreux. Elles sont isolées l'une de l'autre par des séparateurs adaptés, et sont immergées dans une solution d'acide sulfurique (électrolyte).

Les plaques chargées négativement contiennent du plomb (Pb) spongieux (poreux), qui est de couleur grise. Les plaques chargées positivement contiennent du dioxyde de plomb (PbO_2), qui est de couleur chocolat. Ces substances sont ce que l'on appelle les matières actives des plaques. On ajoute généralement du calcium ou de l'antimoine au plomb pour augmenter les performances de la batterie et diminuer le dégagement gazeux (vapeurs d'acide formées durant la réaction chimique). Étant donné que le plomb des plaques est poreux comme une éponge, l'acide de la batterie pénètre facilement dans la matière. Cela améliore la réaction chimique et la production de l'électricité. Les attaches (ou connecteurs) de batterie au plomb longent la partie supérieure du boîtier pour raccorder les plaques. Les bornes de batterie (rondes ou latérales) sont fabriquées de façon à constituer l'extrémité de chaque attache.

Pour empêcher les plaques de se toucher, ce qui causerait un court-circuit, on insère entre elles des morceaux de matière isolante (caoutchouc microporeux, fibre de verre ou matière imprégnée de plastiques), que l'on appelle séparateurs. Ces séparateurs sont fins et poreux afin que l'électrolyte puisse circuler facilement entre les plaques. Le côté du séparateur placé contre la plaque positive est rainuré afin que le gaz se formant durant la charge remonte à la surface plus rapidement. Ces rainures permettent également de laisser assez d'espace à toute matière s'écaillant des plaques pour tomber dans la chambre de sédimentation en dessous.

Le boîtier de batterie est fait d'ébonite ou de plastique de qualité supérieure. Il doit pouvoir résister à de fortes vibrations, à des changements de température et à l'action corrosive de l'électrolyte. Les diviseurs situés dans le boîtier forment des conteneurs individuels pour chaque élément. Un conteneur et son élément forment une pile.

Dans le fond du boîtier, on a façonné des stries (ou nervures) rigides pour soutenir les plaques et faire office de chambre de sédimentation pour recevoir la matière active écaillée qui tombe des plaques durant l'utilisation de la batterie.

Ce dépôt est ainsi séparé des plaques pour empêcher tout court-circuit.

Le couvercle de batterie est fabriqué dans la même matière que le boîtier, auquel il est attaché et scellé. Il contient des ouvertures pour les deux bornes de batterie et pour le bouchon de chaque pile.

Ces bouchons se vissent ou s'attachent sur les ouvertures du couvercle de batterie. Les bouchons de batterie (bouchons d'aération) permettent au gaz de s'échapper tout en empêchant à l'électrolyte de sortir. Ils font également office de pare-étincelles (ils empêchent une éventuelle flamme ou étincelle d'enflammer les gaz contenus dans la batterie). La batterie se remplit par les ouvertures des bouchons d'aération.

Les batteries sans entretien sont dotées d'un grand couvercle qui n'est pas conçu pour être retiré durant un usage normal.

G) Attention

De l'hydrogène gazeux peut s'accumuler au sommet de la batterie.

Si ce gaz est exposé à une flamme ou une étincelle, il peut exploser.

Les bornes de batterie permettent de raccorder les plaques de batterie au système électrique du véhicule. On peut utiliser soit des bornes rondes, soit des bornes latérales. Les bornes de batteries rondes sont des éléments en métal qui passent par le sommet du couvercle de batterie. Elles servent de branchements pour les extrémités de câble de batterie. La borne positive est plus large que la borne négative. Elle peut être différenciée par une peinture rouge et un symbole positif (+). La borne négative est plus petite. Elle peut être différenciée par une peinture noire ou verte, et un symbole négatif (-) sur la borne ou à proximité.

Les bornes latérales sont des branchements électriques situés sur le côté de la batterie. Elles sont dotées d'un filetage intérieur qui peut recevoir le boulon de l'extrémité de câble de batterie. On identifie la polarité des bornes latérales par un symbole positif et négatif sur le boîtier.

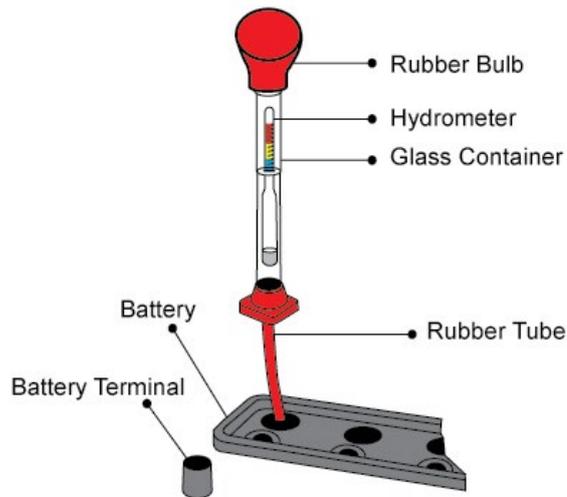
H) L'électrolyte

L'électrolyte d'une batterie complètement chargée est une solution d'acide sulfurique concentré dans de l'eau. Elle se compose d'environ 60 pour cents d'eau et 40 pour cents d'acide sulfurique. L'électrolyte d'une batterie à accumulateurs au plomb-acide a une densité de 1,28, ce qui signifie qu'elle est 1,28 fois plus dense que l'eau. La quantité d'acide sulfurique présente dans l'électrolyte ainsi que la densité de celle-ci changent en fonction de la quantité de charge électrique. Dans une batterie complètement chargée, elle a une densité spécifique de 1,28 à 26,6°C (80°F). La densité augmente lorsque la température diminue et inversement.

Lorsque la batterie se décharge, la quantité d'acide sulfurique se réduit et l'électrolyte se transforme graduellement en eau. Ceci permet de déterminer l'état de décharge de la pile au plomb-acide.

L'électrolyte placé dans une batterie au plomb-acide a une densité de 1,280.

Elle devient moins dense lorsque la température augmente, tandis qu'une température moins élevée en augmente la densité. Le densimètre à utiliser permet de mesurer la densité à une température de 26,6°C (80°F) seulement. En conditions normales, la température de l'électrolyte ne variera pas énormément. Cependant, de grands changements de température nécessitent une correction de la mesure.



I) La capacité de la batterie

La capacité d'une batterie se mesure en ampères/heure. Elle est égale au produit de l'intensité du courant (en ampères) et de la durée (en heures) pendant laquelle la batterie fournit un courant. La capacité en ampères/heure est inversement proportionnelle au courant de décharge. La taille d'une pile est généralement déterminée par sa capacité en ampères/heure.

J) La classification des batteries

La classification des batteries a été développée par la Society of Automotive Engineers (SAE) et le Battery Council International (BCI). Elle dépend des normes nationales concernant la performance de la batterie. Elle permet au mécanicien de comparer la puissance de démarrage de deux batteries. Les deux méthodes de classification des accumulateurs au plomb-acide se font en fonction du démarrage à froid et de la capacité de stockage.

K) Classification en fonction du démarrage à froid

La classification en fonction du démarrage à froid détermine l'intensité de courant (en ampères) que la batterie peut fournir pendant trente secondes à $-17,7^{\circ}\text{C}$ (0°F) tout en maintenant une tension de 7,2 volts aux bornes ou de 1,2 volts par pile. Elle permet de déterminer la capacité de la batterie à démarrer un certain type de moteur (en fonction de la consommation de courant du démarreur) à une certaine température.

Par exemple, un fabricant recommanderait une batterie de 305 A en démarrage à froid pour un moteur petit moteur à quatre cylindres, mais conseillerait plutôt une batterie de 450 A en démarrage à froid pour un plus grand moteur V8. Une batterie plus puissante est nécessaire pour supporter la plus grande consommation de courant du démarreur d'un grand moteur.

L) Classification en fonction de la capacité de stockage

La capacité de stockage correspond au temps nécessaire pour baisser la tension en dessous de 10,2 V aux bornes de batterie (ou 1,7 V par pile) à une intensité de décharge de 25 A. Ceci avec une batterie entièrement chargée et à $26,6^{\circ}\text{C}$ (80°F). La capacité de stockage est indiquée sur la batterie en minutes.

Par exemple, si une batterie a une capacité de stockage de 90 minutes et que le système

de charge tombe en panne, l'opérateur dispose d'environ 90 minutes (1h30) de temps de conduite sous une charge électrique minimale avant que la batterie ne soit complètement à plat.

M) La charge de la batterie

En conditions normales, un densimètre mesurant une densité inférieure à 1,240 à 26,6°C (80°F) est une indication que la batterie doit être retirée et chargée. Sauf en cas de climat extrêmement chaud, ne laissez jamais la densité passer en dessous de 1,225. Cette mesure indique une batterie complètement déchargée.

Lorsqu'on amène une batterie déchargée à l'atelier, vous devez la charger immédiatement. Il existe plusieurs méthodes pour charger une batterie, toutes en courant continu uniquement. Si seul un courant alternatif est disponible, il convient d'utiliser un redresseur de courant ou un moteur-générateur pour le convertir en courant continu.

Les deux principales méthodes de charge sont (1) à intensité constante et (2) à tension constante (potentiel constant). La charge à intensité constante doit être utilisée sur une batterie simple ou sur plusieurs batteries montées en série. La charge à tension constante doit être utilisée sur des batteries montées en parallèle (un circuit parallèle a plus d'un parcours entre deux bornes de source, un circuit en série n'a qu'un seul parcours). Il convient de connaître les deux méthodes, bien que la dernière soit la plus couramment utilisée.

N) La procédure de charge

Il est facile de brancher la batterie au chargeur, d'allumer le courant et, après une période de charge convenable, d'éteindre le courant et de retirer la batterie. Il est cependant nécessaire de prendre certaines précautions, aussi bien avant que pendant la période de charge.

Voici la procédure à suivre:

1. Nettoyez et inspectez soigneusement la batterie avant de la mettre en charge. Utilisez une solution d'eau et de bicarbonate de soude pour la nettoyer, puis vérifiez la présence éventuelle de fissures ou de casse dans le conteneur.

Attention: Ne laissez pas la solution d'eau et de bicarbonate de soude entrer dans les compartiments à pile. Cela risquerait de neutraliser l'acide de l'électrolyte.

2. Branchez la batterie au chargeur. Assurez-vous que les bornes de batterie sont branchées correctement. Raccordez les bornes positives (+) ensemble et les bornes négatives (-) ensemble. Les bornes positives de la batterie et du chargeur sont marquées, les bornes sans marquage sont donc négatives. Dans la plupart des cas, la borne positive de la batterie est légèrement plus large que la borne négative. Assurez-vous que tous les branchements sont bien serrés.
3. Vérifiez que les trous d'aération sont propres et ouverts. **NE RETIREZ JAMAIS UNE BATTERIE PENDANT SON CHARGEMENT.** Cela empêchera l'acide de sortir du haut de la batterie et protège les piles de la poussière.
4. Vérifiez le niveau de l'électrolyte avant et pendant la charge. Ajoutez de l'eau distillée si le niveau de l'électrolyte descend sous le haut des plaques.

5. Aérez convenablement la salle de charge. **NE FUMEZ JAMAIS À PROXIMITÉ DE BATTERIES EN TRAIN DE CHARGER.** En cours de charge, les batteries dégagent de l'hydrogène gazeux. Une petite étincelle pourrait causer une explosion.
6. Utilisez régulièrement le densimètre sur chaque pile et notez vos résultats. La densité augmente durant la charge. Si ce n'est pas le cas, retirez la batterie et jetez-la conformément aux instructions d'élimination des déchets contenant des produits dangereux.
7. Vérifiez soigneusement la présence excessive de dégagement gazeux, en particulier au tout début d'une charge à tension constante. Réduisez l'intensité de charge en cas de dégagement gazeux trop important. Il est cependant normal qu'un peu de gaz se dégage, cela contribue à remélanger l'électrolyte.
8. Ne retirez pas la batterie avant qu'elle soit complètement chargée.

O) La mise en service des batteries

Lorsqu'une batterie est neuve, elle doit être entièrement chargée et remplie d'électrolyte. Dans ce cas, il convient alors simplement d'installer correctement la batterie dans l'équipement. La plupart des batteries envoyées arrivent sèches et chargées.

Les batteries sèches et chargées le resteront indéfiniment tant qu'aucune oxydation n'entre dans les compartiments à pile. Ainsi, il convient d'entreposer les batteries dans un endroit sec. Si de l'air ou de la moisissure venait à entrer dans les compartiments à pile, les plaques négatives risquent de s'oxyder. Cette oxydation causera la décharge de la batterie.

Pour activer une batterie sèche, retirez les restricteurs des trous d'aération et retirez également les bouchons d'aération. Remplissez ensuite les compartiments à pile à un niveau d'électrolyte convenable. Les meilleurs résultats sont atteints lorsque la température de la batterie et de l'électrolyte est comprise entre 15,5°C (60°F) et 26,6°C (80°F).

Un dégagement gazeux risque de se produire durant le remplissage de la batterie, en raison du dégagement de dioxyde de carbone produit par le processus de séchage de l'acide sulfurique à cause de la présence de soufre libre. Il convient donc d'effectuer le remplissage dans une zone bien aérée.

Ces gaz et odeurs sont normaux et ne doivent pas vous alarmer.

Environ 5 minutes après avoir ajouté l'électrolyte, il convient de vérifier la tension de la batterie et la densité de l'électrolyte. Une tension supérieure à 12 volts (en fonction de la tension nominale de la batterie) indique que la batterie est prête à l'emploi.

P) Attention

Lorsque vous mélangez l'électrolyte, n'oubliez pas que vous manipulez de l'acide sulfurique pur, qui peut rapidement enflammer vos vêtements et brûler gravement votre visage et vos mains. Portez toujours des gants en caoutchouc, un tablier, des lunettes de protection et un écran facial pour vous protéger de toute éclaboussure ou de renversement accidentel.

Lorsque vous mélangez l'électrolyte, ne versez jamais l'eau dans l'acide.

Versez toujours l'acide dans l'eau.

Si vous ajoutez de l'eau à de l'acide sulfurique concentré, le mélange peut exploser ou vous éclabousser et vous causer de sévères brûlures. Verser doucement l'acide dans l'eau tout en mélangeant doucement mais en continu. Diluer en toute sécurité de grandes quantités d'acide peut vous prendre plusieurs heures.

Laissez l'électrolyte mélangé refroidir à la température de la pièce avant de l'ajouter aux piles de la batterie. Un électrolyte chaud risque de chauffer les plaques des piles trop rapidement. Pour plus de sécurité, n'ajoutez jamais l'électrolyte si sa température est supérieure à 32,2°C (90°F). Après avoir rempli les piles de la batterie, laissez à nouveau l'électrolyte refroidir, car elle aura généré de la chaleur au contact des plaques de la batterie. Ensuite, prenez des mesures avec le densimètre. Si l'eau et l'acide ont été mélangés correctement, la densité de l'électrolyte doit être assez proche des valeurs indiquées sur le tableau de mélange.

Q) L'entretien de la batterie

Si la batterie n'est pas entretenue correctement, sa durée de vie risque d'être grandement réduite. Il convient d'effectuer un entretien de la batterie à chaque cycle de gestion du rendement.

R) Un entretien complet de la batterie inclut:

- une vérification visuelle de la batterie;
- une vérification du niveau de l'électrolyte dans les différents compartiments des batteries avec bouchons;
- un ajout d'eau si le niveau de l'électrolyte est faible;
- un nettoyage de la corrosion autour de la batterie et des bornes de batterie.

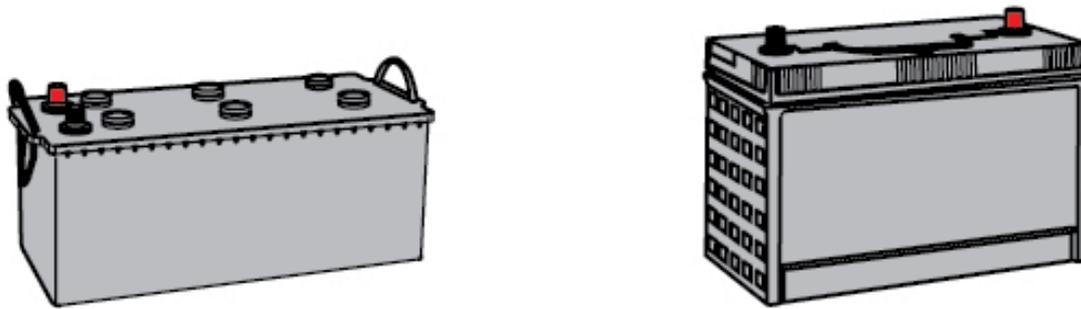
1. Inspection visuelle

L'entretien de la batterie doit toujours commencer par une inspection visuelle minutieuse. Vérifiez la présence éventuelle de signes de corrosion sur la batterie ou autour de celle-ci, de fuites, de fissures sur le boîtier ou le couvercle, de bouchons manquants et de fixations manquantes ou mal serrées.

2. La vérification du niveau de l'électrolyte et ajout d'eau

Sur les batteries avec bouchons d'aération, vous pouvez vérifier le niveau de l'électrolyte en retirant les bouchons. Certaines batteries sont dotées d'une bague de remplissage qui indique le niveau de l'électrolyte. Celle-ci doit être au niveau de la bague. En l'absence de bague de remplissage, le niveau d'électrolyte doit être assez haut pour recouvrir le haut des plaques. Certaines batteries disposent d'un indicateur du niveau d'électrolyte (Delco Eye). Il donne une indication visuelle par code couleur du niveau de l'électrolyte : noir signifie un bon niveau, blanc signifie un niveau trop bas.

Si le niveau d'électrolyte de la batterie est trop bas, remplissez les compartiments à pile au bon niveau avec de l'eau purifiée.



3. Eau distillée

Il convient d'utiliser de l'eau distillée car elle ne contient pas les impuretés que l'on peut trouver dans l'eau du robinet. Cette dernière peut être remplie de produits chimiques réduisant la durée de vie de la batterie. Les produits chimiques contaminent l'électrolyte et s'accumulent au fond du boîtier de batterie. Si une grande quantité de produits contaminés s'accumulent dans le fond, les plaques des piles risquent de court-circuiter, ce qui détruirait la batterie.

Si l'on ajoute de l'eau à intervalles réguliers, le système de charge risque de surcharger la batterie. Un système de charge défaillant peut en effet faire circuler trop de courant dans la batterie. Le dégagement gazeux de la batterie peut ensuite évacuer l'eau de la batterie.

4. Le nettoyage de la batterie et des bornes de batterie

Si le couvercle de la batterie est sale, utilisez une brosse à soies dures et nettoyez-le avec un mélange d'eau et de bicarbonate de soude. Cela permettra de neutraliser et d'éliminer le mélange acide-saletés.

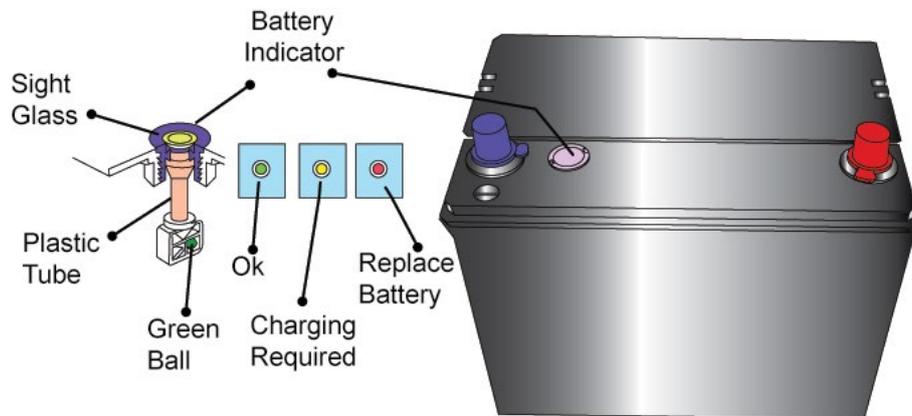
Veillez à ne pas faire pénétrer cette solution nettoyante dans la batterie.

Pour nettoyer les bornes, retirez les câbles et inspectez les bornes afin de vérifier qu'elles ne sont pas cassées ou déformées. Nettoyez les bornes de batterie ainsi que la surface intérieure des pince-câbles avec un outil de nettoyage avant de replacer ces derniers sur les bornes de batterie.

Attention: N'utilisez pas un couteau ou un grattoir pour nettoyer les bornes de batterie. Cela retirerait une trop grande quantité de métal et pourrait détruire la borne. Lorsque vous réinstallez les câbles, recouvrez les bornes de vaseline ou de graisse blanche. Les branchements seront ainsi isolés des vapeurs d'acide et mieux protégés contre une nouvelle corrosion.

Serrez les bornes suffisamment pour fixer les branchements. Veillez cependant à ne pas trop serrer, car cela dénuderait le filetage extérieur des câbles.

En conditions normales, il n'est pas nécessaire de vérifier régulièrement l'électrolyte des batteries sans entretien. Ces dernières sont en effet conçues pour fonctionner sur de longues périodes sans perte d'électrolyte.



5. La vérification de l'état de la batterie

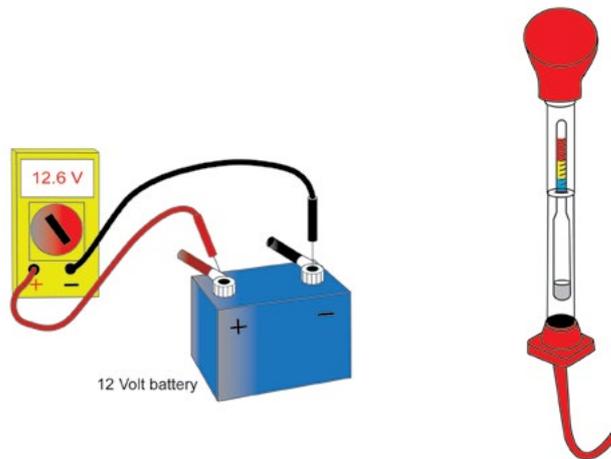
Lorsque vous mesurez la charge de la batterie, vous vérifiez l'état de l'électrolyte et des plaques de cette batterie. Lorsqu'une batterie se décharge, le pourcentage d'eau contenue dans son électrolyte augmente. Ainsi, l'électrolyte d'une batterie déchargée aura une densité plus basse que celle d'une batterie complètement chargée. Vous pouvez utiliser ce changement de densité pour vérifier l'état de charge de la batterie. Il existe plusieurs moyens de vérifier l'état de charge d'une batterie.

Vous pouvez tout d'abord effectuer cette vérification avec un densimètre, sauf pour les batteries sans entretien. Le densimètre mesure la densité de l'électrolyte. Il est rapide et facile à utiliser. Il existe trois types de densimètres : à flotteur, à bille et à aiguille.

Pour utiliser un densimètre à flotteur, pressez et maintenez le ballon. Immergez ensuite l'autre bout de l'appareil dans l'électrolyte. Puis, relâchez le ballon. Cela remplira le densimètre en électrolyte. Tenez le densimètre à hauteur de vos yeux et comparez les nombres qui s'affichent avec ceux qui figurent en haut de l'électrolyte.

La plupart des densimètres à flotteur ne permettent pas de se corriger en fonction de la température. Cependant, les derniers modèles sont équipés d'un thermomètre intégré et d'un tableau de conversion qui vous permet de calculer la température correcte.

Les densimètres à bille (disque) deviennent de plus en plus populaires, car il n'est pas nécessaire d'utiliser un tableau de conversion de température. Les billes tolèrent un changement de température lorsqu'elles sont plongées dans l'électrolyte. Cela vaut pour tout écart de température.



Mesurer la tension avec un multimètre ne vous donnera pas une bonne indication de l'état de la batterie. Pour cela, il est préférable d'utiliser le densimètre d'un testeur de batterie. Pour utiliser un densimètre à bille, pompez l'électrolyte dans le densimètre grâce au ballon en caoutchouc au sommet de l'appareil. Notez ensuite le nombre de billes flottant dans l'électrolyte. Les instructions figurant sur le densimètre ou fournies avec celui-ci vous indiqueront si la batterie est complètement chargée ou déchargée.

Une batterie entièrement chargée doit avoir une densité d'au moins 1,265. Si elle est en dessous de ce chiffre, elle peut être défectueuse ou doit être rechargée.

6. Testeur de charge de batterie



Avec un testeur de charge de batterie, vous pouvez simuler les conditions de départ de la batterie et enregistrer l'état de celle-ci.

2. Les générateurs

Un générateur envoie de l'énergie à la batterie utilisée dans le démarrage du moteur. Que l'énergie nécessaire pour le reste du système électrique soit alimentée directement par le générateur, par la batterie, ou par les deux, cela dépend des conditions de fonctionnement du générateur.

2.1 Types de générateurs

- Le générateur de CC (courant continu) fournit directement l'énergie électrique à la batterie et/ou au système électrique grâce à plusieurs dispositifs de régulation.
- Le générateur de CA (courant alternatif), ou alternateur, a la même fonction que le générateur de CC, mais puisqu'une batterie doit toujours être chargée avec un courant continu, il est nécessaire d'utiliser un composant (le redresseur de courant) pour convertir le courant alternatif en courant continu.

2.2 Le générateur de courant continu (CC)

Le générateur de CC se compose essentiellement d'un induit, d'une culasse, de bobines de champ et d'un collecteur à balais permettant d'établir le contact électrique avec le rotor. Le champ magnétique du générateur est généralement produit par les électroaimants ou pôles aimantés par le courant circulant dans les bobines de champ. Dans la culasse, on trouve des pièces (ou masses) polaires en fer doux qui forment le circuit magnétique entre les pôles.



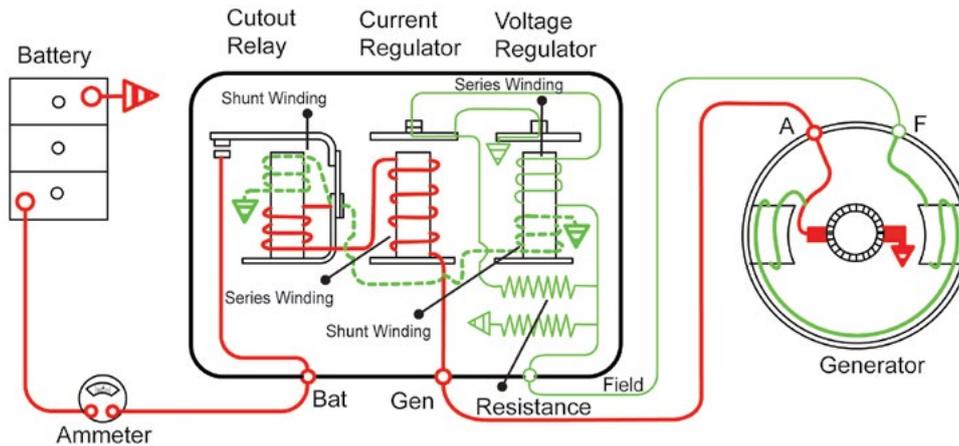
Generator



Alternator

Bien que les générateurs soient conçus pour avoir n'importe quel nombre pair de pôles, les générateurs les plus communs sont à deux et quatre pôles. Les bobines de champ sont montées en série. Dans la culasse d'un générateur à deux pôles, le circuit magnétique traverse seulement une partie du noyau d'induit. L'induit doit donc être fabriqué en fonction du nombre de pièces polaires, car le courant est produit lorsque la bobine (enroulement sur l'induit) se déplace dans chaque circuit magnétique.

Le courant est accumulé depuis les bobines de l'induit par les balais (généralement en carbone) qui établissent un contact frottant avec un collecteur. Ce collecteur se compose de plusieurs segments en cuivre isolés, montés sur une extrémité de l'induit. Chaque segment est relié à une ou plusieurs bobines de l'induit. Les bobines de l'induit sont reliées aux circuits externes (batteries, feux ou allumage) grâce au collecteur et à ses balais. Le courant généré dans les bobines de l'induit peut ainsi rejoindre ces circuits externes.



Il existe deux types de circuits inducteurs, que l'on détermine par leur point de mise à la terre. Un premier circuit (que l'on appellera le circuit «A»), déplace le courant inducteur des balais isolés vers la mise à la terre de l'enroulement de champ à l'extérieur, au niveau du régulateur.

Dans un second circuit (le circuit «B»), le courant inducteur se déplace de l'enroulement en série de l'induit dans le régulateur jusqu'à l'enroulement de champ du générateur, pour une mise à la terre interne dans le générateur.

Les trois facteurs de base de conception du circuit qui déterminent la puissance de sortie du générateur sont (1) la vitesse de rotation de l'induit (2), le nombre de conducteurs d'induit, et (3) la puissance du champ magnétique. On peut utiliser ces trois facteurs pour contrôler la tension et l'intensité du générateur. Cependant, la méthode la plus simple est de déterminer la puissance du champ magnétique pour limiter la tension et la puissance de sortie du courant du générateur.

Étant donné que la plupart des véhicules et engins construits actuellement sont équipés de générateurs de CA, nous ne parlerons plus des générateurs de CC.

Nous allons donc continuer ce module en parlant du fonctionnement des alternateurs.

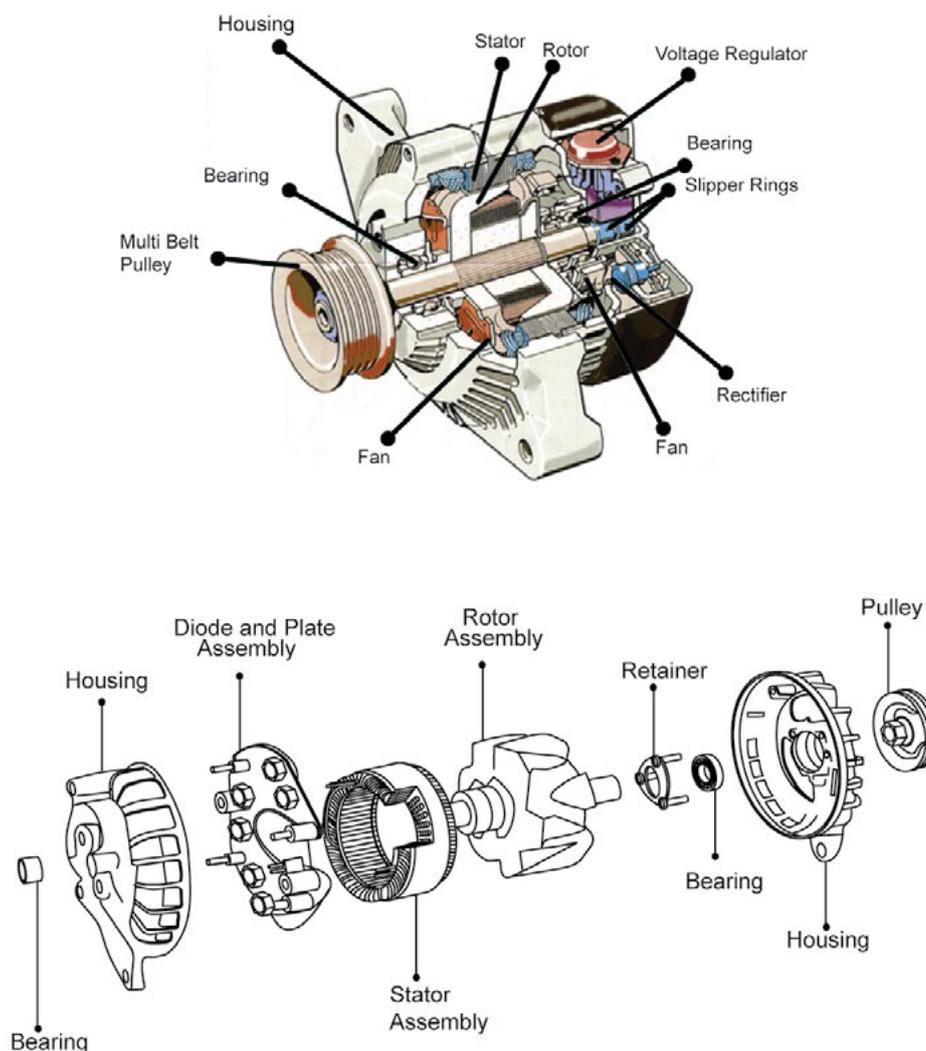
3. Les alternateurs

L'alternateur a remplacé le générateur de CC en raison de sa plus grande efficacité. Il est plus petit, plus léger et plus fiable que le générateur de CC. Il produit également davantage de puissance de sortie lorsque le moteur tourne au ralenti, ce qui le rend idéal pour les derniers modèles de véhicules.

L'alternateur est doté d'un champ magnétique tournant. Les enroulements de sortie (stator) sont stationnaires. Lorsque le champ magnétique tourne, il génère un courant dans les enroulements de sortie.

3.1 La construction d'un alternateur

Il convient de connaître la construction d'un alternateur avant de pouvoir en comprendre le bon fonctionnement, ainsi que les procédures de vérification et de réparation.



Les composants primaires d'un alternateur

Les composants primaires d'un alternateur sont les suivants :

L'ensemble rotor : Arbre rotor, bagues de frottement, pôle à griffes et enroulements de champ.

L'ensemble stator : Trois enroulements ou bobines de stator, câbles de sortie et noyau de stator.

L'ensemble redresseur de courant : Dissipateur thermique, diodes, porte-diodes et bornes électriques.

3.2 L'ensemble rotor

Le rotor se compose d'enroulements de champ (câble enroulé formant une bobine placée au-dessus d'un noyau de fer) montés sur l'arbre rotor. Deux pièces polaires à griffes entourent les enroulements de champ pour en augmenter le champ magnétique. Les branches de l'une des pièces polaires à griffes forment les pôles sud (S) et les autres forment les pôles nord (N). Lorsque le rotor tourne dans l'alternateur, il génère un CA et une polarité alternative NS-N-S.



Une source d'électricité extérieure est nécessaire pour exciter le champ magnétique de l'alternateur.

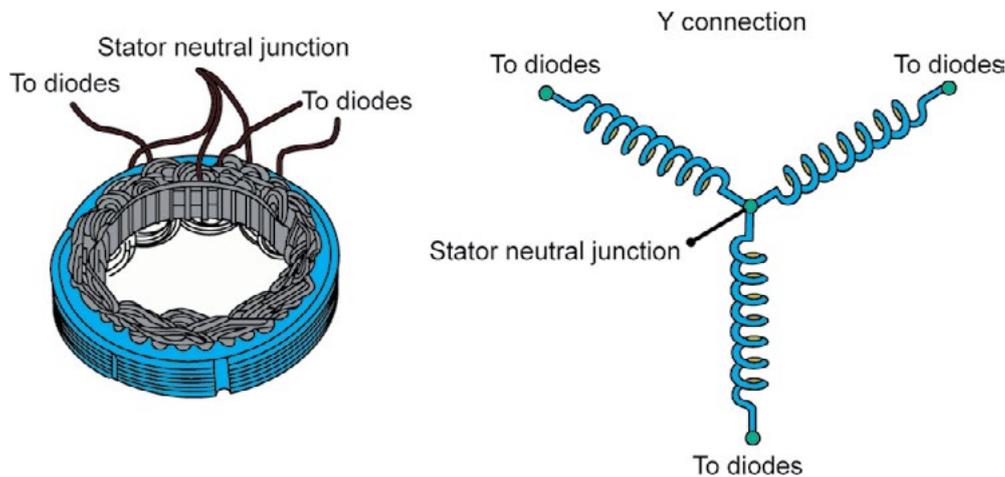
Des bagues de frottement sont montées sur l'arbre rotor pour alimenter les enroulements du rotor en courant. Chaque extrémité de bobine de champ est reliée aux bagues de frottement.

3.3 L'ensemble stator

Le stator produit la puissance électrique de sortie de l'alternateur. Le stator, qui fait partie de la culasse de l'alternateur lors de l'assemblage, se compose de trois enroulements ou bobines produisant trois CA séparés. C'est ce que l'on appelle la sortie triphasée. L'une des extrémités des enroulements est reliée à l'ensemble stator, et l'autre est reliée à l'ensemble redresseur de courant. Les enroulements sont placés autour d'un noyau de fer doux laminé, qui concentre et renforce le champ magnétique autour des enroulements du stator. Il existe deux types de stators : les stators en Y et les stators en triangle.

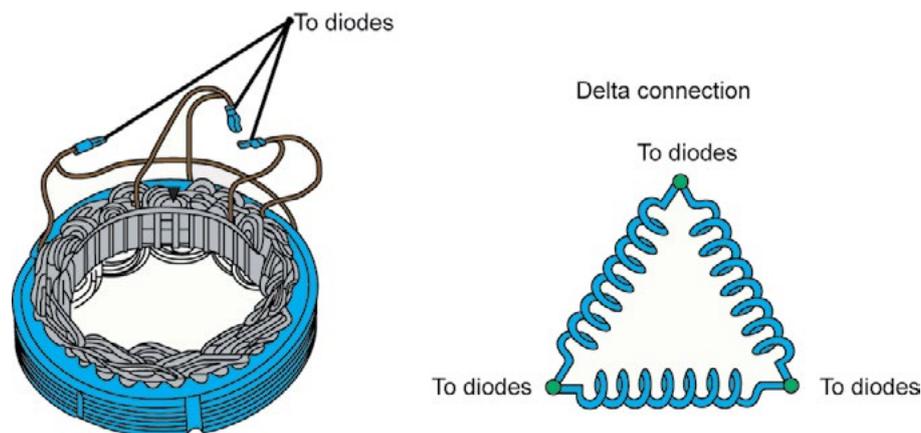
3.3.1 Stator en Y

Dans un stator en Y, les extrémités de câble des enroulements du stator sont branchées à un raccordement neutre. Le circuit ressemble à un Y. Ce type de stator fournit une bonne puissance de sortie à basse vitesse du moteur.



3.3.2 Stator en triangle

Dans un stator en triangle, les câbles sont branchés de bout en bout. En l'absence de raccordement neutre, deux parcours de circuit sont formés entre les diodes. On utilise ce type de stator dans des alternateurs à puissance de sortie élevée.

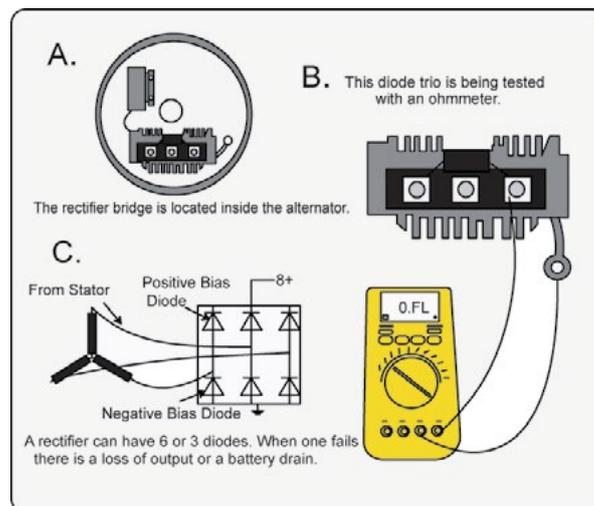
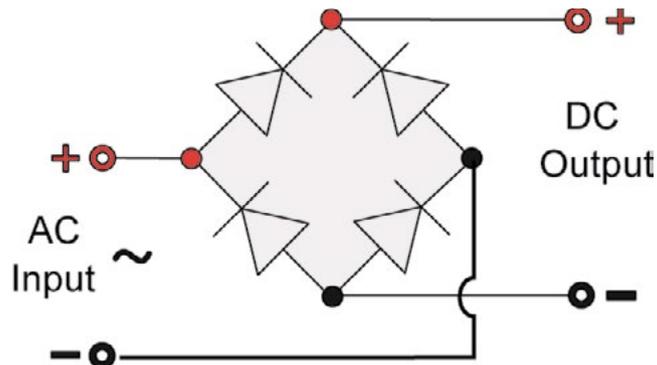


3.3.3 L'ensemble redresseur de courant

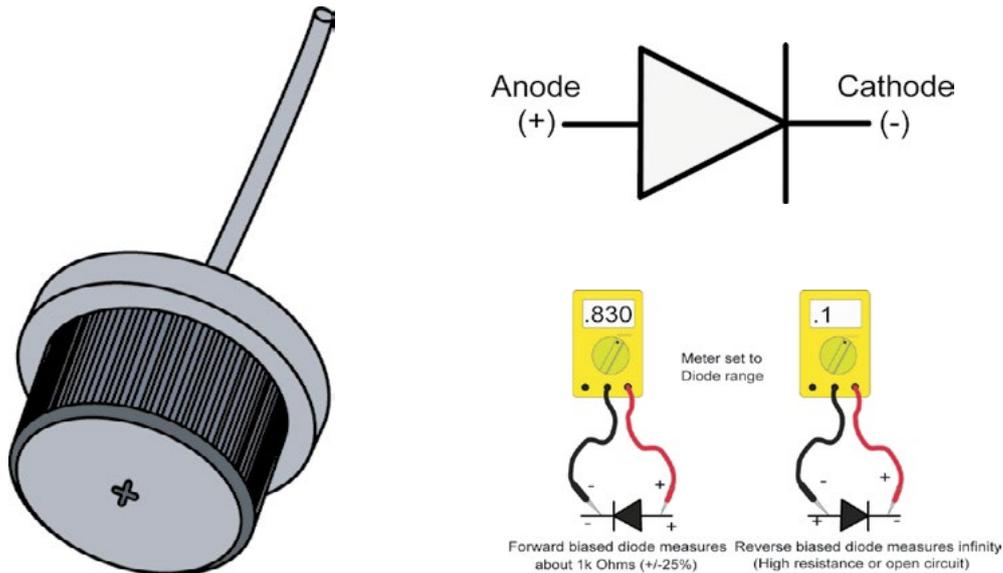
L'ensemble redresseur de courant (ou ensemble de diodes), se compose de six diodes utilisées pour convertir la sortie en CA du stator en CC. Le courant circulant depuis l'enroulement passe par une diode isolée. Lorsque le courant change de direction, il passe par une diode de mise à la terre. La diode isolée et la diode de mise à la terre préservent le reste du système

de charge de ce changement de direction. Grâce à cette action et au nombre d'impulsions générées par le mouvement entre les enroulements du stator et le rotor, la borne de batterie de l'alternateur est alimentée en courant relativement homogène.

Les diodes du redresseur de courant sont montées dans un dissipateur thermique (monture métallique permettant de dégager l'excès de chaleur des pièces électriques) ou un pont de diode. Trois diodes positives sont emmanchées dans une structure isolée. Trois diodes négatives sont montées dans une structure non isolée ou mise à la terre.



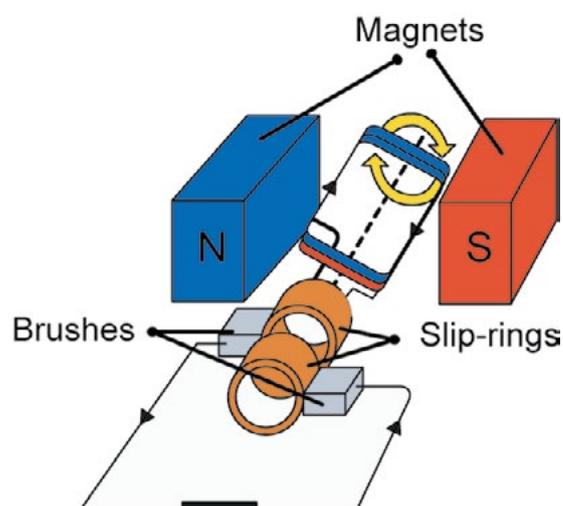
Lorsqu'un alternateur produit du courant, les diodes isolées font passer uniquement le courant sortant vers la batterie. Elles font office de blocage, empêchant ainsi un courant inverse de circuler depuis l'alternateur.

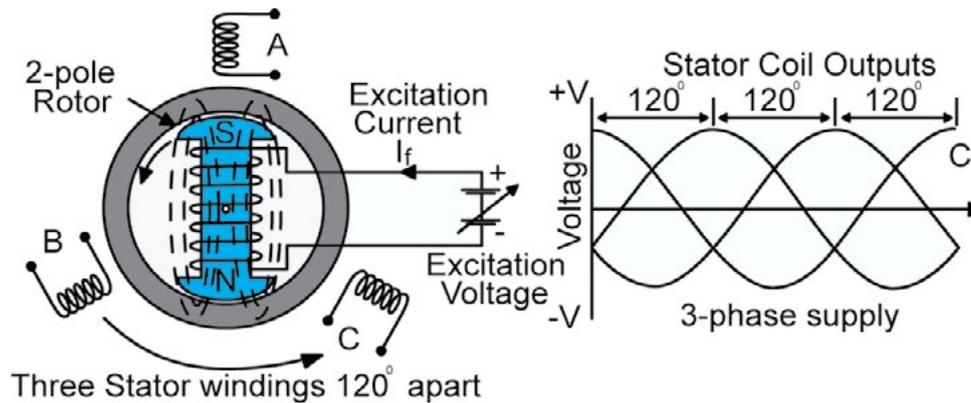


3.4 Le fonctionnement de l'alternateur

Le fonctionnement d'un alternateur est quelque peu différent de celui d'un générateur de CC. Un alternateur est doté d'un aimant tournant (rotor) qui entraîne les lignes de force magnétique dans son mouvement. Ces lignes de force magnétique sont coupées par les enroulements stationnaires (stator) situés dans la culasse de l'alternateur lorsque le rotor tourne avec son aimant alternant les pôles N et S pour changer continuellement de position.

Lorsque le pôle S est en haut et le pôle N en bas, le courant circule dans une direction donnée. Lorsque le pôle N est en haut et le pôle S en bas, le courant circule alors dans la direction opposée. C'est ce que l'on appelle le courant alternatif, car il change de direction deux fois à chaque révolution complète. Si l'on augmentait la vitesse du rotor à 60 révolutions par seconde, cela produirait un courant alternatif à 60 cycles.





Étant donné que la vitesse du moteur d'un véhicule varie, la fréquence de révolutions varie également en fonction du changement de vitesse. De la même manière, l'augmentation du nombre de paires de pôles magnétiques nord et sud augmentera la fréquence en fonction du nombre de paires de pôles. Un générateur à quatre pôles peut produire le double de la fréquence par révolution d'un rotor à deux pôles.

3.5 Le contrôle sur la puissance de sortie de l'alternateur

Un régulateur de tension contrôle la puissance de sortie de l'alternateur en changeant l'intensité du courant circulant dans les enroulements du rotor. Tout changement d'intensité dans les enroulements du rotor provoque un changement de puissance du champ magnétique agissant sur les enroulements du stator. Ainsi, le régulateur de tension peut maintenir une tension de charge pré réglée.

Les trois principaux types de régulateurs de tension

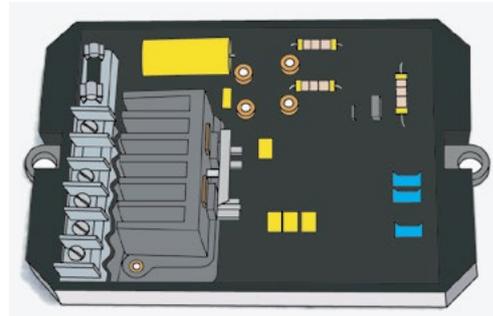
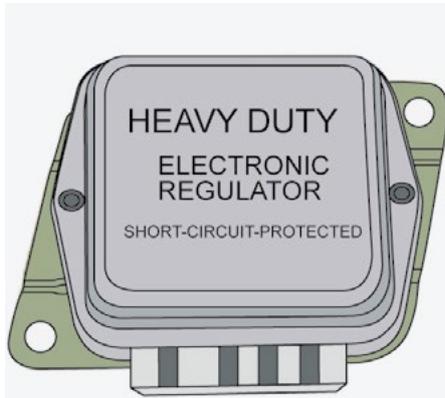
Les trois principaux types de régulateurs de tension sont les suivants :

1. Le régulateur de tension à pièces de contact, monté hors de l'alternateur dans le compartiment moteur ;
2. Le régulateur de tension électronique, monté hors de l'alternateur dans le compartiment moteur ;
3. Le régulateur de tension électronique, monté à l'arrière ou à l'intérieur de l'alternateur.

Le régulateur de tension à pièces de contact possède une bobine, un ensemble de pièces et des résistances limitant la tension du système. Les régulateurs électroniques ou à semi-conducteurs ont remplacé ce vieux modèle.

Le régulateur de tension électronique utilise un circuit électronique pour contrôler la puissance de champ du rotor et la puissance de sortie de l'alternateur. Il s'agit d'un dispositif scellé et non réparable. Il est nécessaire de sceller le circuit électronique afin d'empêcher tous dommages dus à l'oxydation, aux vibrations ou à une chaleur excessive.

3.6 Le régulateur de tension électronique



Le circuit est entouré d'un gel semblable à du caoutchouc pour le protéger.

Un régulateur de tension intégral est monté à l'intérieur ou à l'arrière de l'alternateur. Il s'agit du type de régulateur le plus couramment utilisé dans les véhicules modernes. Il est petit, efficace, fiable et composé de circuits intégrés.

Un régulateur de tension électronique a le même fonctionnement qu'un régulateur à pièces de contact, sauf qu'il utilise des transistors, des diodes, des résistances et des condensateurs pour réguler la tension du système. Pour augmenter la puissance de sortie de l'alternateur, le régulateur de tension électronique laisse passer une plus grande intensité de courant dans les enroulements du rotor, renforçant ainsi le champ magnétique autour du rotor. Une plus grande intensité de courant est ainsi acheminée dans les enroulements du stator et hors de l'alternateur.

Pour réduire la puissance de sortie de l'alternateur, le régulateur électronique augmente la résistance entre la batterie et les enroulements du rotor. Le champ magnétique diminue, et une plus faible intensité de courant est alors acheminée dans les enroulements du stator.

La vitesse et la charge de l'alternateur déterminent si le régulateur doit augmenter ou diminuer la puissance de sortie de charge. Si la charge est élevée ou que la vitesse du rotor est faible (moteur qui tourne au ralenti), le régulateur détecte une chute de la tension du système. Il augmente alors l'intensité du champ magnétique des rotors jusqu'à obtenir une tension de sortie prééglée. Si la charge diminue ou que la vitesse du rotor augmente, c'est l'action inverse qui s'effectue.

3.7 L'entretien de l'alternateur

La vérification et l'entretien de l'alternateur sont à effectuer avec précaution, car la borne de sortie de l'alternateur est branchée en permanence à la batterie. Veillez à ne pas inverser la polarité lorsque vous entretenez la batterie. Une surtension dans la direction opposée risquerait de brûler les diodes de l'alternateur.

Ne «court-circuitez» pas ou ne mettez pas «à la terre» le système, que ce soit volontairement ou non lorsque vous débranchez les câbles ou branchez les connexions d'essai aux bornes de l'alternateur ou du régulateur.

Par exemple, une mise à la terre de la borne de champ de l'alternateur ou du régulateur risque d'endommager le régulateur. La mise à la terre de la borne de sortie de l'alternateur risque d'endommager l'alternateur ainsi que d'autres parties du système de charge.

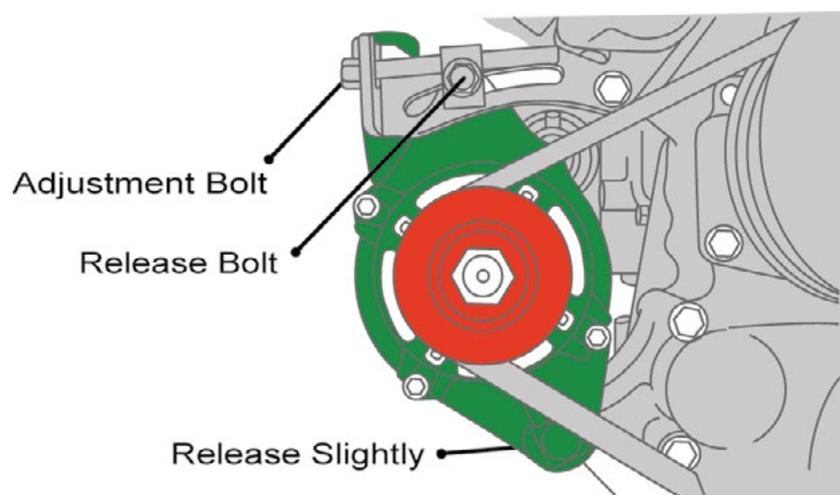
Ne faites jamais fonctionner un alternateur dans un circuit ouvert. En l'absence de batterie ou de charge électrique dans le circuit, les alternateurs sont capables de générer une haute tension (de 50 V à plus de 110 V), qui risque d'endommager les diodes et de mettre en danger toute personne qui toucherait la borne de sortie de l'alternateur.

Grâce à des paliers prélubrifiés et des balais durables, l'entretien de l'alternateur reste minime. Si un problème survient dans le circuit de charge, vérifiez l'intégrité du circuit inducteur en plaçant un gros tournevis sur le palier arrière de l'alternateur. Si le circuit inducteur est fonctionnel, vous sentirez une forte traction magnétique sur la lame du tournevis, ce qui indique que le champ est alimenté en énergie. En l'absence de courant inducteur, l'alternateur ne se chargera pas car il est stimulé par la tension de la batterie.

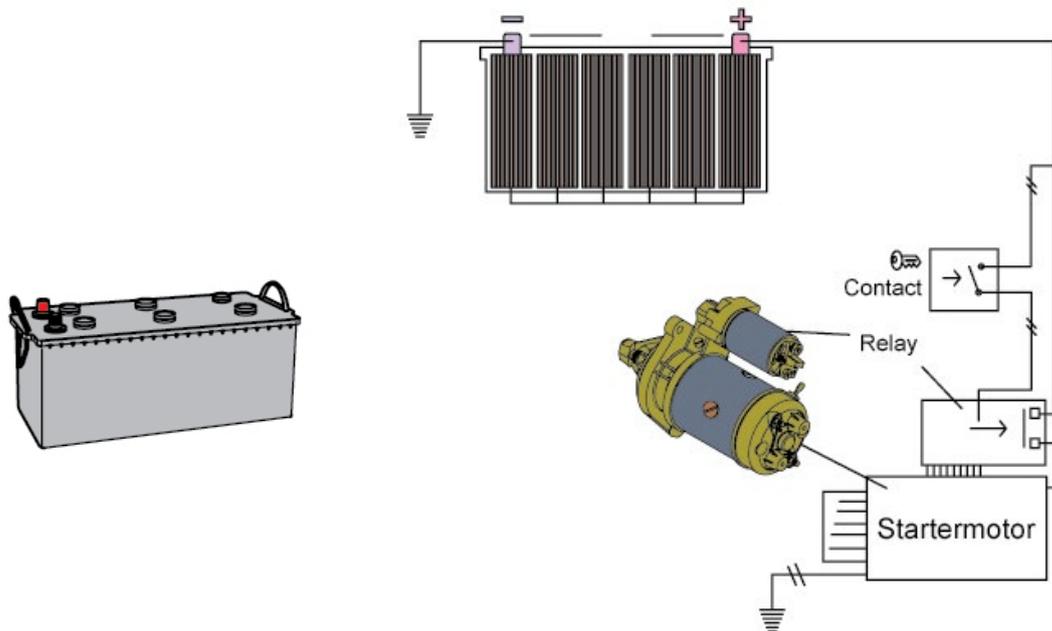
Si vous suspectez un problème dans le système de charge après avoir vérifié la batterie et les câbles de raccordement, branchez un voltmètre sur les bornes de la batterie. Si le chiffre de la tension mesurée est compris dans les recommandations du fabricant en augmentant la vitesse du moteur, cela signifie que le système de charge fonctionne correctement. Si après vérification l'alternateur se trouve être défaillant, il convient de le retirer pour le réparer ou le remplacer.

N'oubliez pas de toujours débrancher le câble relié à la masse de la batterie en premier.

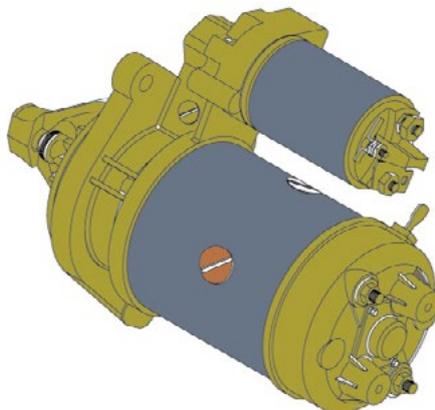
L'ajustement de la courroie trapézoïdale de l'alternateur



4. Le démarreur

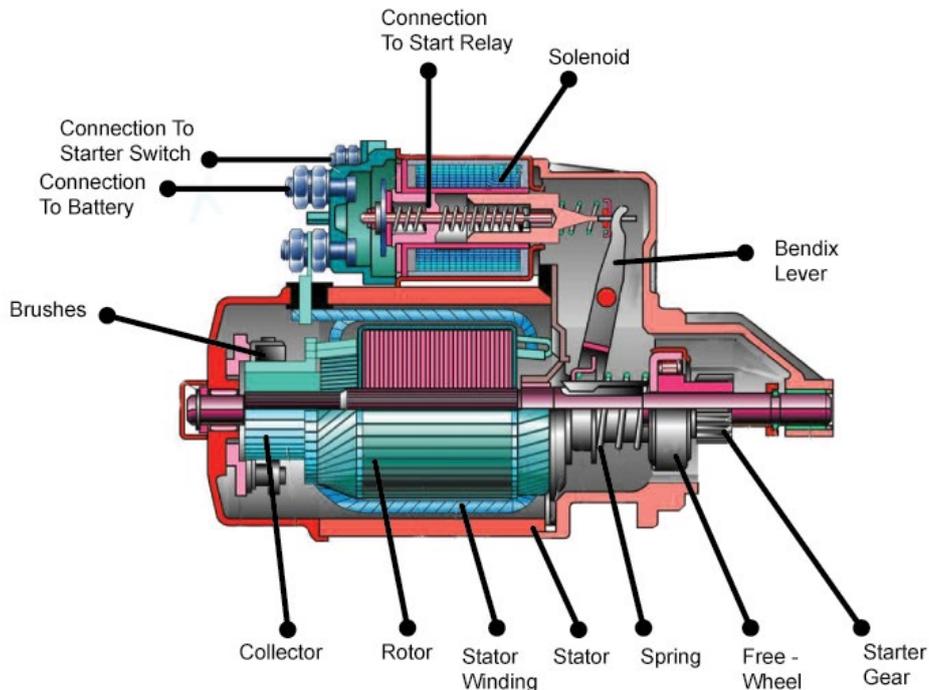


Le démarreur convertit l'énergie électrique de la batterie en énergie mécanique ou rotative pour démarrer le moteur. La principale différence entre un démarreur électrique et un générateur électrique est que dans un générateur, la rotation de l'induit dans un champ magnétique produit une tension. Dans un moteur, le courant est envoyé dans l'induit et le champ. L'attraction et la répulsion entre les pôles magnétiques des bobines de champ et d'induit repoussent et attirent alternativement l'induit. Cette rotation (énergie mécanique), lorsqu'elle est correctement engrenée à la couronne du volant moteur, permet au vilebrequin de tourner pour lancer le moteur.



4.1 La construction d'un démarreur

Tous les démarreurs ont une construction similaire.
Il peut cependant exister quelques petites variantes.



Les principaux composants d'un démarreur sont les suivants :

- L'ensemble induit : Enroulements, noyau, arbre et ensemble collecteur tournant dans un champ constant;
- Palier côté collecteur : Boîtiers aux extrémités pour les balais, ressorts de balai et coussinets ;
- Commande à pignon : Engrenage à pignon, mécanisme d'entraînement de pignon et solénoïde;
- Culasse : Boîtier central maintenant les bobines de champ et les masses polaires;
- Palier côté commande: Boîtier autour de l'engrenage à pignon, doté d'un coussinet pour l'arbre d'induit.

A) L'ensemble induit

L'ensemble induit se compose d'un arbre, d'un noyau, d'un collecteur et d'enroulements. L'arbre d'induit soutient l'ensemble en tournant à l'intérieur du boîtier du démarreur. Le noyau d'induit est en fer et maintient les enroulements de l'induit en place. Le fer augmente la force du champ magnétique des enroulements.

Le collecteur fait office de connexion électrique coulissante entre les enroulements du moteur et les balais. Il est monté sur une extrémité de l'arbre d'induit. Le collecteur se compose de nombreux segments, tous isolés les uns des autres. Lorsque les enroulements s'éloignent en tournant des masses (pièces) polaires, les segments du collecteur changent la connexion électrique entre les balais et les enroulements. Cela inverse le champ magnétique autour des enroulements. C'est le changement constant de cette connexion électrique au niveau des enroulements qui fait tourner le moteur en continu.

B) Le palier côté collecteur

Le palier côté collecteur abrite les balais, les ressorts de balai et le coussinet d'induit. Les balais sont placés en haut du collecteur. Ils coulissent sur le collecteur pour acheminer le courant de la batterie vers les enroulements tournants. Les ressorts forcent les balais à maintenir le contact avec le collecteur tout en tournant, afin qu'aucune coupure de courant ne survienne. Le coussinet d'induit soutient l'extrémité côté collecteur de l'arbre d'induit.

C) La commande à pignon

La commande à pignon se compose d'un engrenage à pignon, d'un mécanisme d'entraînement de pignon et d'un solénoïde. Le moteur de démarrage peut entraîner l'engrenage à pignon de deux façons : avec une masse polaire mobile ou avec un solénoïde et une fourchette.

L'engrenage à pignon est un petit engrenage situé sur l'arbre d'induit qui entraîne la couronne dentée du volant moteur. La plupart des engrenages à pignon de démarreur font partie du mécanisme d'entraînement de pignon. Ce mécanisme glisse sur une extrémité de l'arbre d'induit du démarreur. Il existe trois types de mécanismes d'entraînement de pignon que vous pourrez rencontrer sur la plupart des moteurs de démarrage : La commande de démarreur Bendix, la roue libre et la commande de démarreur Dyer.

La commande de démarreur Bendix repose sur le principe d'inertie pour engrener l'engrenage à pignon avec la couronne dentée du volant moteur. Lorsque le moteur de démarrage ne fonctionne pas, l'engrenage à pignon n'est pas engrené et est séparé de la couronne dentée. Lorsque le commutateur d'allumage est enclenché, l'intégralité de la tension de la batterie est envoyée au moteur de démarrage, et l'induit commence immédiatement à tourner à grande vitesse.

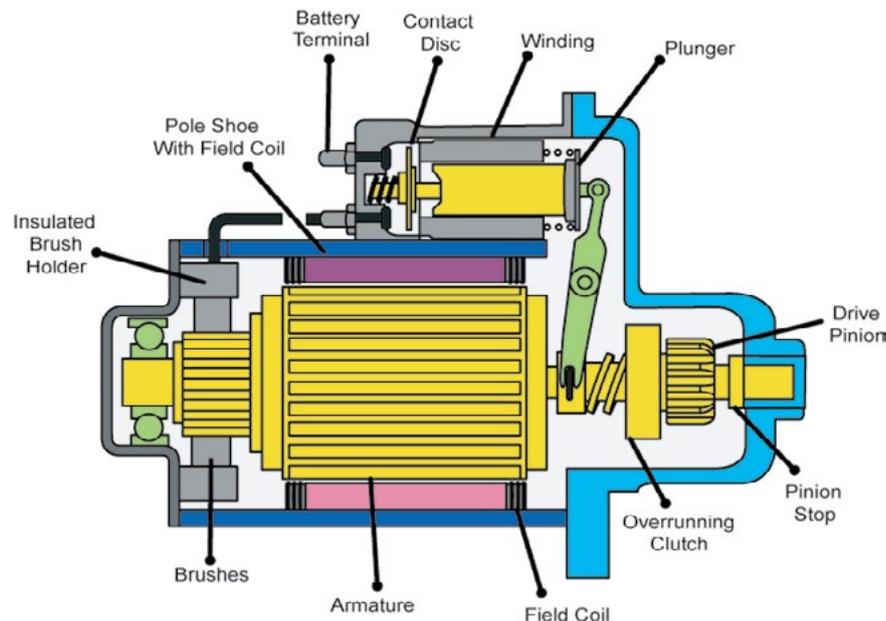
Le pignon, lesté d'un côté et doté de pas de vis internes, ne tourne pas immédiatement avec l'arbre à cause de l'inertie. Il s'avance d'abord dans le manchon fileté tournant jusqu'à s'engrener avec la couronne dentée. Si les dents du pignon et de la couronne dentée ne s'engrènent pas, le ressort moteur permet au pignon de tourner et le force à s'engrener avec la couronne dentée.

Lorsque l'engrenage à pignon et la couronne dentée sont entièrement engrenés, le pignon est alors entraîné par le démarreur contre le ressort moteur comprimé, ce qui démarre le moteur. Le ressort moteur fait office de coussinet lorsque le moteur démarre contre cette compression. Il amortit également le choc sur les dents lorsqu'elles s'engrènent et lorsque

le moteur a un mouvement de recul sous le coup de l'allumage. Lorsque le moteur démarre et tourne sur sa propre énergie, la couronne dentée entraîne le pignon plus rapidement que le démarreur. Le pignon tourne alors dans la direction opposée dans le manchon fileté, et se désengrène automatiquement de la couronne dentée. Cela empêche le moteur d'entraîner le démarreur.

D) La roue libre

La roue libre permet à l'engrenage à pignon du moteur de démarrage et à la couronne dentée du volant moteur de s'engrener et de se désengrener. L'arbre d'induit du moteur de démarrage entraîne l'ensemble virole et manchon de l'embrayage. L'ensemble rotor est raccordé à l'engrenage à pignon, qui s'engrène avec la couronne dentée du volant moteur. Des rouleaux en acier à ressort sont placés dans des encoches effilées entre la virole et le rotor. Les ressorts et plongeurs maintiennent les rouleaux en position dans les encoches effilées. Lorsque l'arbre d'induit tourne, les rouleaux sont coincés contre la surface des encoches, forçant ainsi les éléments intérieurs et extérieurs de l'ensemble à tourner ensemble pour démarrer le moteur.



Une fois que le moteur a démarré, la couronne dentée tourne plus rapidement que l'engrenage à pignon, ce qui ramène les rouleaux contre les plongeurs, causant ainsi l'effet de roue libre. Cette action empêche une vitesse excessive du moteur de démarrage. Lorsque le moteur de démarrage se relâche, l'ensemble collier et ressort force le pignon à se désengrener de la couronne dentée.

E) La culasse

La culasse est le boîtier central qui maintient les bobines de champ et les masses polaires. La bobine (ou l'enroulement) de champ est un ensemble stationnaire d'enroulements générant un puissant champ magnétique autour de l'induit du moteur. Lorsque le courant circule dans l'enroulement, le champ magnétique entre les masses polaires devient très large. En repoussant le champ magnétique généré par l'induit, cela permet au moteur de

tourner avec davantage de puissance. Les enroulements de champ varient en fonction de l'application du moteur de démarrage.

Les différents enroulements

Les configurations les plus courantes sont les suivantes :

- **Deux enroulements en parallèle :**

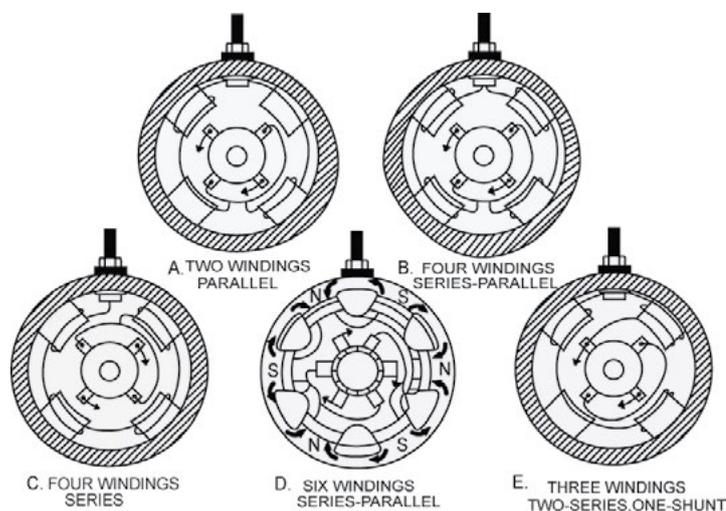
Les deux bobines de champ sont montées en parallèle, ce qui augmente leur force car elles reçoivent toute la tension. Remarquez que dans ce cas on utilise deux masses polaires supplémentaires. Bien que ces dernières ne soient pas équipées d'enroulements, leur présence renforcera davantage le champ magnétique ;

- **Quatre enroulements en série et en parallèle :**

Les quatre bobines de champ sont montées à la fois en série et en parallèle, ce qui génère un champ magnétique plus puissant que la configuration à deux enroulements.

- **Quatre enroulements en série :**

Les quatre bobines montées en série fournissent une grande puissance de couple à bas régime, ce qui est très intéressant dans un moteur de démarrage automobile. Cependant, les moteurs montés en série peuvent atteindre une trop grande vitesse si on les laisse faire, à tel point que cela peut les détruire.



- **Six enroulements en parallèle et en série :**

Les trois paires de bobines de champ montées en série peuvent générer un champ magnétique pour un moteur de démarrage puissant. Cette configuration est dotée de six balais.

- **Trois enroulements, deux en série, un en dérivation :**

L'utilisation d'une bobine en dérivation mise à la terre avec un moteur monté en série permet de contrôler la vitesse du moteur. Étant donné que la bobine en dérivation n'est pas affectée par la vitesse, elle entraînera un courant constant et de haute intensité, limitant ainsi efficacement la vitesse.

- **Le palier côté commande**

Le palier côté commande d'un démarreur est conçu pour empêcher le pignon de commande d'être endommagé et pour soutenir l'arbre d'induit. Il est doté d'un coussinet afin de prévenir l'usure entre l'arbre d'induit et le palier côté commande.

4.2 Les types de démarreurs

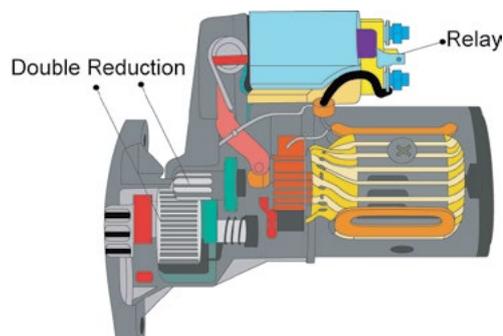
Il existe deux types de moteurs de démarrage que vous pourrez rencontrer dans vos équipements : Le démarreur à entraînement direct et le démarreur à démultiplication double. Tous les démarreurs utilisent la démultiplication pour fournir l'avantage mécanique nécessaire pour tourner le volant moteur et le vilebrequin.

4.2.1 Les démarreurs à entraînement direct

Les démarreurs à entraînement direct sont dotés d'un engrenage à pignon sur l'arbre d'induit du moteur de démarrage. Celui-ci s'engrène avec les dents de la couronne dentée du volant moteur. L'engrenage à pignon possède entre 10 et 16 dents. Ainsi, le moteur de démarrage tourne 10 à 16 fois à chaque révolution de la couronne dentée. En cours de fonctionnement, l'induit du moteur de démarrage tourne à une vitesse de 2 000 à 3 000 révolutions par minute, entraînant ainsi le vilebrequin à une vitesse pouvant aller jusqu'à 200 révolutions par minute.

4.2.2 Les démarreurs à démultiplication double

Le démarreur à démultiplication double utilise la démultiplication dans le démarreur, mais aussi entre le pignon de commande et la couronne dentée. On utilise une tête motrice de démultiplication sur un équipement lourd.



L'engrenage sur l'arbre d'induit ne s'engrène pas directement avec la couronne dentée, mais avec un engrenage intermédiaire qui entraîne le pignon de commande. Cette action provoque une rupture (ou un couple de démarrage) supplémentaire, ainsi qu'une plus grande puissance de démarrage. L'induit d'un moteur de démarrage équipé d'une tête motrice de démultiplication peut effectuer jusqu'à 40 révolutions pour chaque révolution du volant moteur.

5. Le contacteur de sécurité de démarrage

Les véhicules équipés d'une transmission automatique doivent posséder un contacteur de sécurité de démarrage. Ce contacteur empêche le moteur de démarrer si le levier de transmission n'est pas en position de stationnement ou au point mort. Les chariots élévateurs, les tracteurs, les chargeuses sur pneus et autres engins de terrassement lourds sont équipés d'un contacteur de sécurité de démarrage pour éviter tout démarrage accidentel de l'engin lorsque la boîte de transmission est embrayée. Le contacteur désactive le circuit de démarrage lorsque la boîte de transmission est embrayée. Ce dispositif de sécurité empêche le démarrage accidentel d'un véhicule dont la boîte de transmission est embrayée, ce qui pourrait blesser des personnes et endommager l'engin.

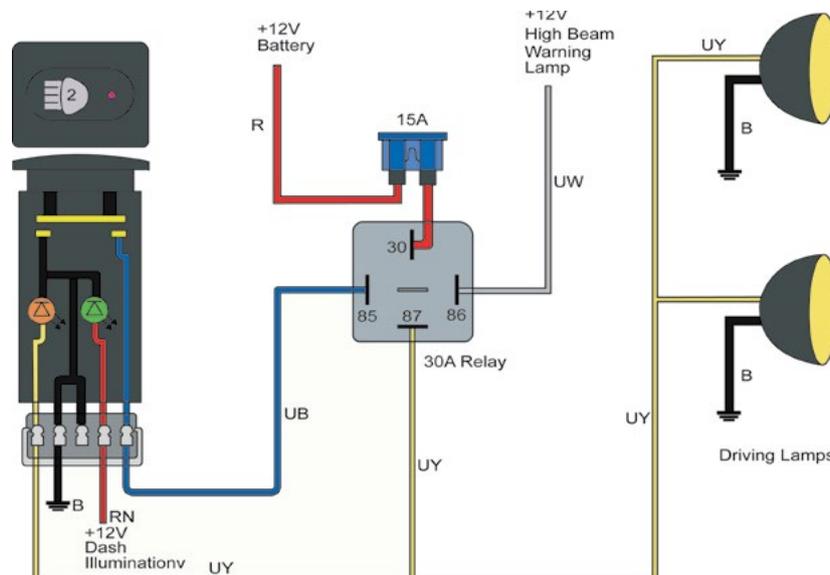
Le contacteur de sécurité de démarrage est branché au circuit allant en direction du solénoïde du démarreur. Lorsque la marche avant ou la marche arrière de la transmission est enclenchée, le contacteur est en position OUVERTE (déconnecté). Cette action empêche le courant d'activer le solénoïde et le démarreur lorsque le commutateur d'allumage est en position de démarrage. Lorsque la transmission est en position de stationnement ou au point mort, le contacteur est en position FERMÉE (connecté), permettant ainsi au courant de circuler vers le démarreur lorsque le commutateur d'allumage est enclenché.



Un contacteur de sécurité de démarrage défaillant ou mal ajusté peut empêcher le moteur de démarrer. Si le véhicule ne démarre pas, il convient de vérifier l'intégrité du contacteur de sécurité de démarrage en déplaçant le levier de vitesses dans diverses positions tout en essayant de démarrer le véhicule. Si le démarreur commence à fonctionner, vous devez réajuster le contacteur.

6. Le circuit d'éclairage

Le circuit d'éclairage se compose de la batterie, d'un châssis, de tous les feux et de divers interrupteurs contrôlant leur utilisation. Ce système est unifilaire car il utilise le châssis pour le retour.



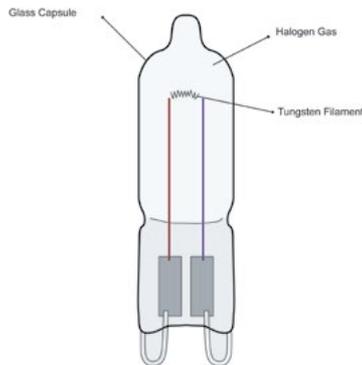
Le circuit d'éclairage complet d'un véhicule peut être divisé en plusieurs circuits individuels, chacun doté d'un ou plusieurs feux et interrupteurs. Dans chaque circuit séparé, les feux sont montés en parallèle et l'interrupteur est monté en série entre les feux et la batterie.

Par exemple, les feux de gabarit sont branchés en parallèle et contrôlés par un seul interrupteur. Dans certaines installations, un interrupteur contrôle les branchements vers la batterie, et un sélecteur détermine lequel des deux circuits est alimenté. Les phares, avec les feux de route et les feux de croisement, sont un exemple de ce type de circuit. Dans d'autres exemples, comme l'éclairage d'accueil, on peut brancher plusieurs interrupteurs en parallèle pour pouvoir utiliser n'importe lequel pour allumer la lumière.

Lorsqu'on étudie un schéma de câblage, on peut tracer tous les circuits d'éclairage depuis la batterie, passer par l'ampèremètre et aller jusqu'à (ou aux) interrupteur(s) de chaque feu.

7. Les ampoules (lampes)

Dans les équipements automobiles et engins de construction, on utilise de petites lampes à incandescence remplies de gaz avec des filaments de tungstène.

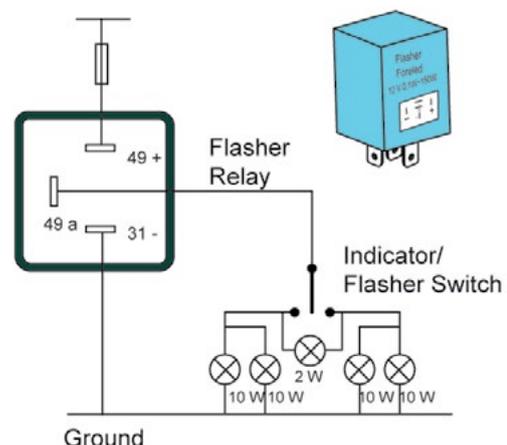


Les filaments produisent de la lumière lorsqu'un courant suffisant les parcourt. Ces lampes sont conçues pour fonctionner à basse tension de 12 à 24 volts. En fonction de la tension du véhicule, on peut opter pour de petites ampoules à intensité lumineuse d'une demi-candela à simple ou double contact, ou bien de grandes ampoules de plus de 50 candelas. Plus l'intensité lumineuse de la lampe est puissante, plus la lampe a besoin de courant pour s'allumer. On identifie les lampes par le nombre figurant sur leur base. Lorsque vous remplacez une lampe sur un véhicule, assurez-vous d'utiliser une nouvelle ampoule de même catégorie. Les lampes sont classées par taille en fonction des candelas (intensité lumineuse) qu'elles produisent. On compte notamment les ampoules à baïonnette, qui sont généralement plus blanches que les ampoules conventionnelles, ce qui augmente la capacité d'éclairage.

8. Les systèmes de clignotants

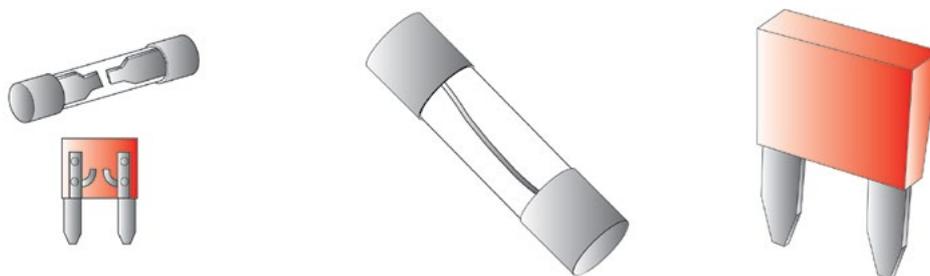
Tout véhicule circulant sur la voie publique doit être équipé de clignotants. Ces clignotants indiquent un changement de direction à droite ou à gauche en fournissant un signal lumineux clignotant à l'arrière et à l'avant du véhicule.

La manette de clignotant se trouve sur la Colonne de direction. Elle est conçue pour se couper automatiquement une fois le changement de direction effectué grâce à l'action de la came de repositionnement.

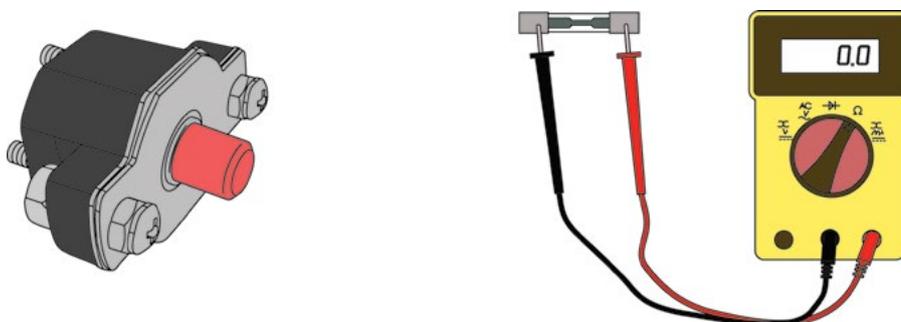


9. Les disjoncteurs et fusibles

Les fusibles sont des dispositifs de sécurité placés dans un circuit électrique pour protéger le câblage et les appareils électriques d'une circulation de courant trop intense. Chaque circuit, ou au moins chaque système électrique individuel est équipé d'un fusible dont l'intensité nominale correspond au courant maximum requis pour faire fonctionner les appareils du circuit. Le fusible est fabriqué dans un métal à point de fusion bas et constitue le point le plus faible du circuit électrique. En cas de court-circuit ou d'autre problème, le fusible sera brûlé en premier et ouvrira le circuit comme le ferait un interrupteur.



10. Fusibles



11. Disjoncteur

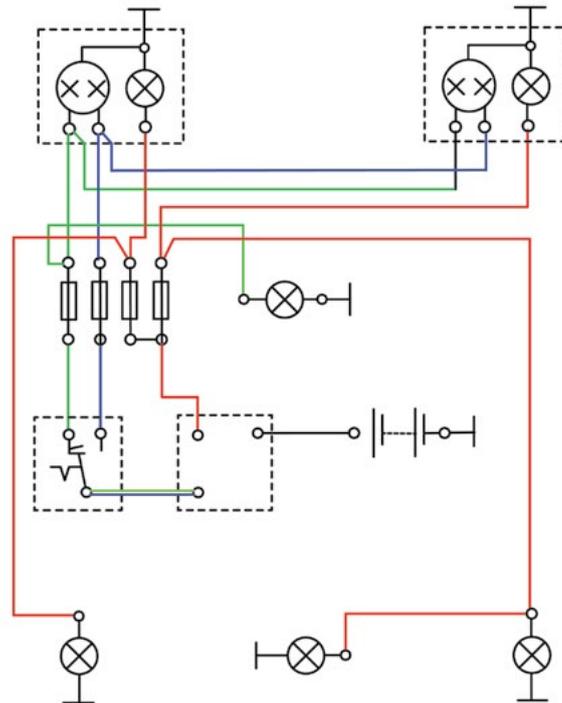
La vérification des fusibles

L'observation d'un fusible « grillé » donne généralement une indication du problème. Un voyant sans couleur indique un court-circuit dans le câblage ou dans un des composants. Si le voyant est clair, le problème vient d'une surcharge du circuit. Assurez-vous de remplacer le fusible grillé par un autre de même intensité nominale. Assurez-vous aussi d'avoir trouvé et réglé le problème ayant causé la défaillance.

Un disjoncteur remplit la même fonction d'un fusible. Il débranche la source d'alimentation du circuit lorsque l'intensité du courant devient trop élevée. Le disjoncteur restera ouvert tant que le problème n'est pas corrigé. Une fois le problème réglé, le disjoncteur redémarrera automatiquement lorsque le courant retournera à une intensité normale.

12. Le schéma de câblage électrique

Les fabricants utilisent un code couleur pour le câblage afin d'aider les mécaniciens à identifier les câbles utilisés dans de nombreux circuits et à effectuer des réparations dans un minimum de temps. Aucun code couleur n'est commun à tous les fabricants. Ainsi, le manuel de réparation du fabricant vous sera indispensable pour un dépannage et une réparation rapides.

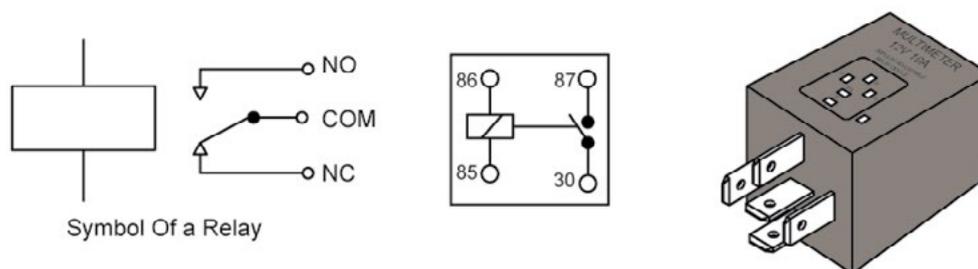


Component	Circuit Diagram Symbol
Câble	
Résistance	
Ampoule	
Pile	
Batterie	
Interrupteur	

Les schémas de câblage sont des dessins montrant la relation entre les différents composants et câbles électriques d'un circuit. Ils montrent rarement le routage des câbles au sein du système électrique d'un véhicule.

Vous trouverez souvent des symboles électriques dans des schémas de câblage pour représenter les différents composants.

13. Le symbole électrique d'un relais



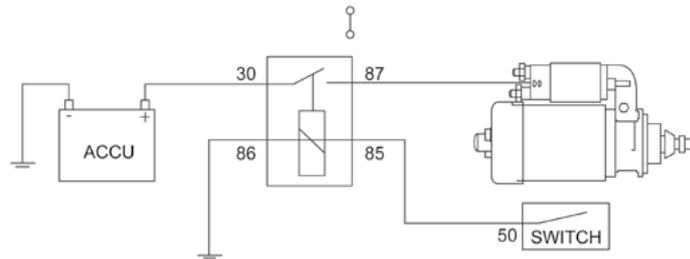
Vous pouvez demander d'autres symboles (liste complète) des circuits automobiles (normes de l'ISO) à votre intervenant.

14. Les bornes de raccordement

On divise les bornes de raccordement en deux grandes catégories : les modèles soudés et non soudés (que l'on appelle également les bornes à pression ou les cosses à sertir). Les bornes de raccordement soudées sont dotées d'une cuvette dans laquelle le câble est soudé de façon permanente. Le modèle non soudé est raccordé au câble par des outils spéciaux. Ces outils déforment le corps de la borne et exercent une pression sur le câble pour former un lien mécanique et un raccordement électrique forts. Les bornes non soudées remplacent petit à petit les bornes soudées dans les équipements militaires.

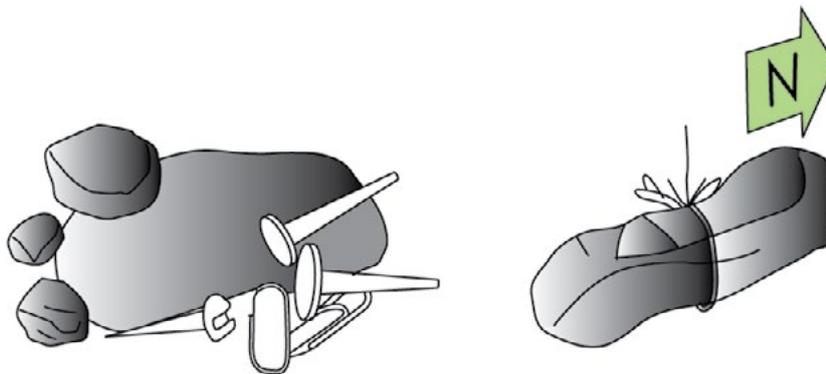
Les câbles passant par des trous dans les éléments en métal de la culasse ou de la carrosserie doivent être protégés par des rondelles en caoutchouc. Si vous n'avez pas de rondelles en caoutchouc, utiliser un morceau de tuyau en caoutchouc de la taille du trou pour éviter que le câblage ne se frotte ou se déchire sur une arête tranchante.

Les câbles d'un système électrique doivent être soutenus par des fixations ou attachés par des fils métalliques à divers points du véhicule. Lorsque vous installez un nouveau câblage, assurez-vous de l'éloigner de tout composant produisant de la chaleur qui pourrait brûler l'isolement.



15. Le magnétisme

Les effets du magnétisme ont été observés pour la première fois sur des fragments de minerai de fer (que l'on appela magnétite) trouvés dans la nature, qui semblaient attirer d'autres morceaux de métal.



On remarqua ensuite qu'un long morceau de ce minerai de fer suspendu en l'air s'alignait de telle façon qu'une de ses extrémités pointait toujours vers le pôle Nord. Cette extrémité fut donc appelée pôle nord, ou **pôle N**, et l'autre extrémité fut appelée pôle sud, ou **pôle S**. On appela ce morceau de minerai de fer un aimant droit. Ce principe est à la base des compas, que les navigateurs utilisent pour se guider depuis plus de 1 000 ans.

15.1 Les champs magnétiques

En étudiant plus en détail cet aimant droit, on découvrit qu'il exerçait une certaine force d'attraction sur des morceaux de fer ou de la limaille de fer lorsqu'on les plaçait à proximité. D'après ces observations, il était clair qu'il existait une force dans l'espace à proximité de l'aimant droit.

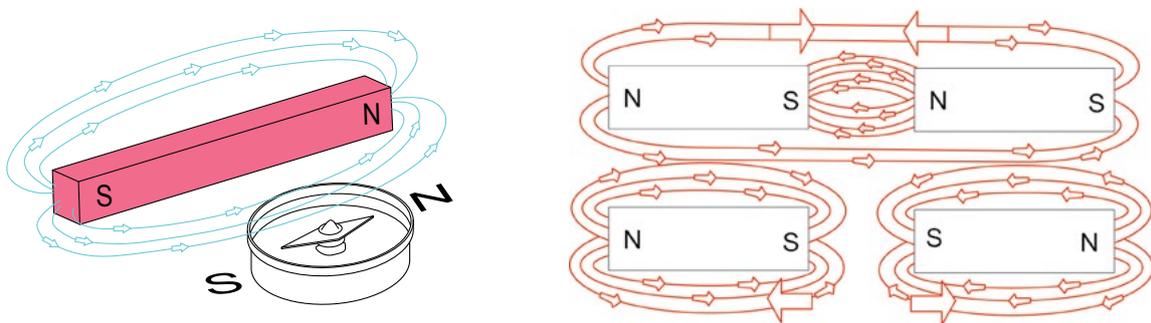
Cet espace autour de l'aimant, dans lequel la limaille de fer était attirée, fut appelé champ de force ou champ magnétique.

La théorie des lignes de force magnétique peut s'observer de façon spectaculaire en saupoudrant de la limaille de fer sur un morceau de papier posé sur un aimant droit. En tapotant légèrement le morceau de papier, la limaille de fer s'aligne pour former un motif évident autour de l'aimant droit.

Ce motif montre que les lignes de force sont fortement concentrées aux pôles N et S de l'aimant, puis se propagent dans l'espace entre les pôles. La concentration (ou le nombre) de lignes ainsi que la force d'attraction sur la limaille de fer sont les mêmes sur les deux pôles. Remarquez que la force d'attraction sur les morceaux de métal est plus grande à l'endroit où la concentration de lignes magnétiques est plus importante.

Dans le cas d'un aimant droit, cet endroit se situe à proximité des deux pôles.

Nous avons vu que les lignes de force quittaient toujours le pôle N pour aller vers le pôle S de l'aimant. Lorsqu'on place une petite aiguille de compas (qui est en fait un petit aimant droit) sur le champ magnétique d'un aimant droit puissant, l'aiguille du compas s'alignera de façon à être parallèle aux lignes de force de l'aimant droit.



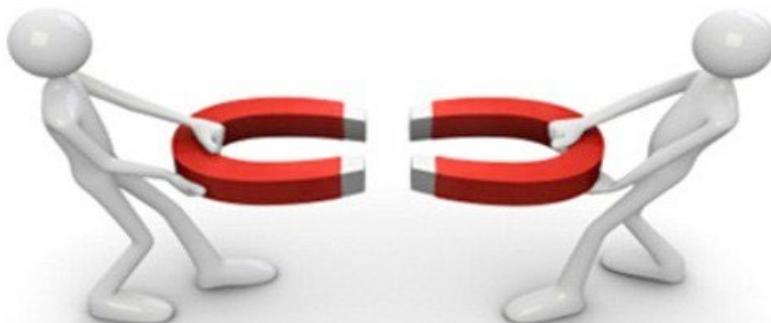
Cet alignement se produit parce que les puissantes lignes magnétiques de l'aimant droit doivent quitter le pôle N pour aller dans le pôle S de l'aiguille du compas.

On peut également observer que les pôles inverses de deux aimants s'attirent.

Pour démontrer la force d'attraction entre les pôles inverses de deux aimants, on peut observer une force d'attraction entre deux aimants droits posés côte à côte avec un pôle N face à un pôle S. Cette force d'attraction augmente à mesure que l'on rapproche ces deux aimants.

À l'inverse, si l'on place les aimants avec les pôles N ou les pôles S face à face, on observe une force de répulsion entre les deux aimants, et cette répulsion augmente à mesure que l'on rapproche ces deux aimants.

Les pôles inverses s'attirent et les pôles identiques se repoussent.



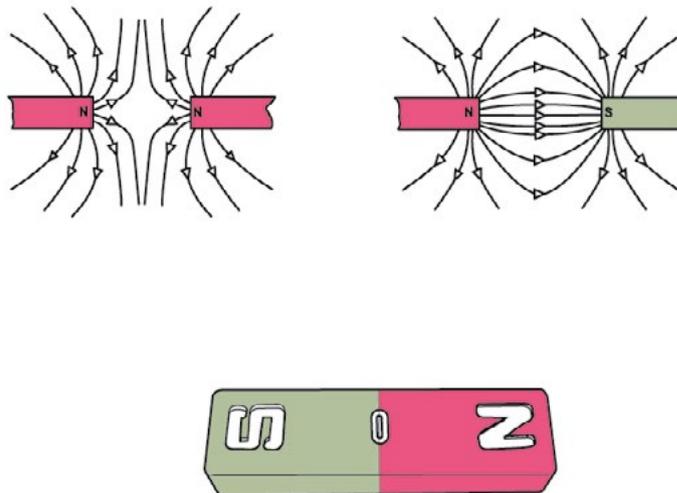
15.2 La théorie du magnétisme

La définition exacte du magnétisme et sa façon d'exercer un champ de force peuvent s'expliquer par l'une de ces deux théories.

La théorie N°1 stipule qu'un aimant est composé d'un très grand nombre de petites particules aimantées. Quand une barre de fer n'est pas aimantée, c'est parce que les petites particules aimantées sont arrangées de manière aléatoire. Mais lorsque cette barre de fer devient un aimant, c'est parce que ses particules aimantées se sont alignées de façon à ce que leurs effets individuels s'additionnent et forment un puissant aimant.

La théorie N°2 sur le magnétisme concerne les électrons. L'électron est entouré d'un champ de force, et lorsque les orbites des électrons s'alignent dans une barre de fer de façon à ce que leurs champs de force s'additionnent, la barre de fer devient aimantée.

Bien que le fer soit l'élément aimanté le mieux connu, rappelez-vous qu'il existe des éléments non aimantés car ils ne possèdent aucune des propriétés propres au magnétisme. Parmi ces éléments non aimantés, on peut citer le bois, le papier, le verre, le cuivre et le zinc.



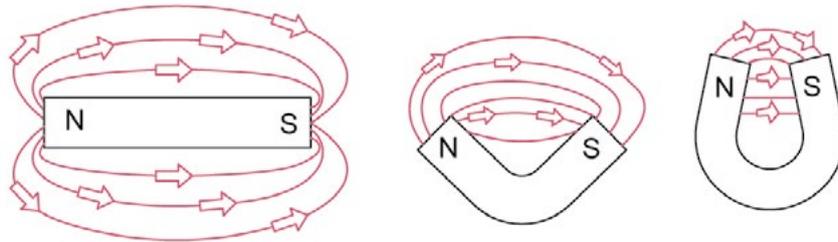
15.3 La fabrication d'un aimant

Il existe plusieurs façons de transformer une barre de fer ordinaire en aimant.

L'une de ces méthodes consiste à cogner la barre de fer avec un autre morceau de fer déjà aimanté.

L'action d'aimanter une barre de fer s'appelle l'**induction magnétique**.

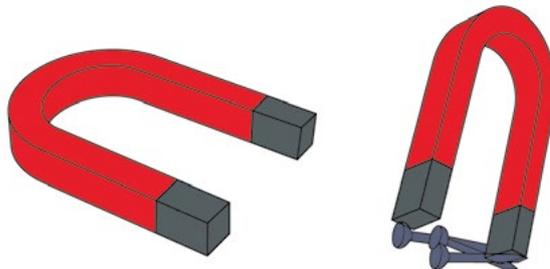
Une autre méthode d'induction magnétique consiste simplement à placer une barre de fer dans un puissant champ magnétique. Les lignes de force du champ magnétique traversant la barre de fer transformeront la barre en aimant, tant que la barre se situe dans le champ. Si l'on retire la barre du champ de force et que sa composition lui permet de retenir une certaine quantité de magnétisme induit, on peut alors dire que la barre est aimantée de façon permanente, et on l'appelle un **aimant permanent**.



La plupart des aimants permanents sont composés d'un alliage de métaux durs, car les métaux mous ne retiennent pas une grande quantité de magnétisme. Les alliages les plus courants sont en fer-nickel et en aluminium-nickel-cobalt.

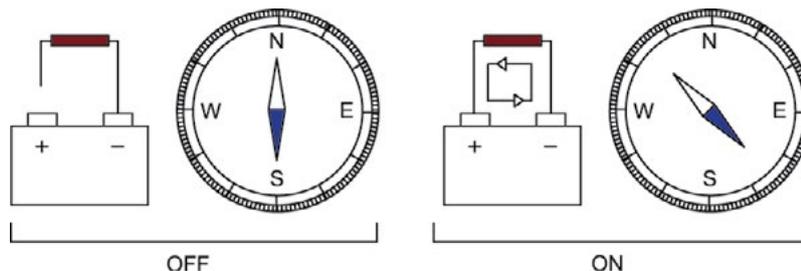
La fabrication d'un aimant en fer à cheval

Les aimants permanents peuvent avoir de nombreuses formes, notamment les aimants en fer à cheval, qui concentrent les lignes de force aux deux pôles sur une toute petite surface. On utilise beaucoup ce type d'aimant dans les voltmètres et les ampèremètres.



L'électromagnétisme

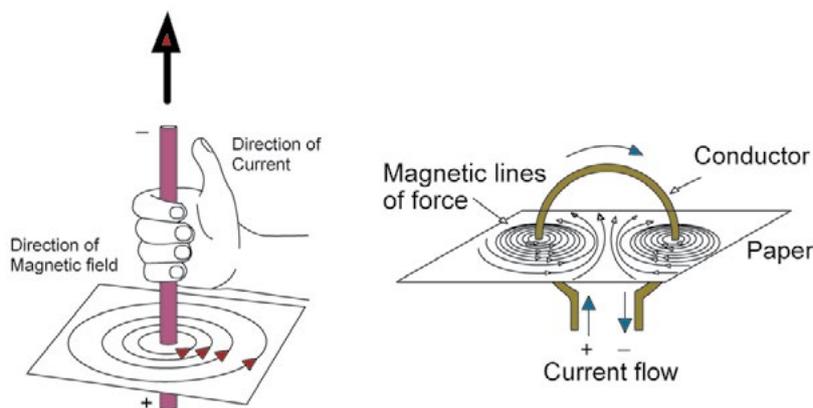
C'est en 1820 que l'on a découvert le lien entre électricité et magnétisme. Avant cette date, on pensait que le magnétisme existait uniquement dans la magnétite ou le minerai de fer que l'on trouvait dans la nature, et qu'il n'y avait absolument aucun lien entre électricité et magnétisme.



Lorsque le câble est branché à la batterie, le courant circule, ce qui génère un champ magnétique perturbant l'aiguille du compas.

Dans une expérience avec un compas et un câble transportant un courant, on découvre alors le lien entre électricité et magnétisme. Lorsqu'on tenait le compas au-dessus du câble, l'aiguille s'alignait en diagonale du câble.

Étant donné que la seule force connue pouvant attirer une aiguille de compas était le magnétisme, il devint évident que le courant générait un champ magnétique autour du câble.



On peut révéler la nature du champ magnétique autour du câble en faisant parcourir ce câble sur un morceau de carton parsemé de limaille de fer. La limaille de fer s'aligne alors pour former un motif évident de cercles concentriques autour du câble.

Ces cercles sont plus concentrés à proximité du câble. Bien que la limaille de fer placée sur le carton forme ce motif sur un seul plan, rappelez-vous que les cercles concentriques s'étendent sur toute la longueur du câble acheminant le courant.

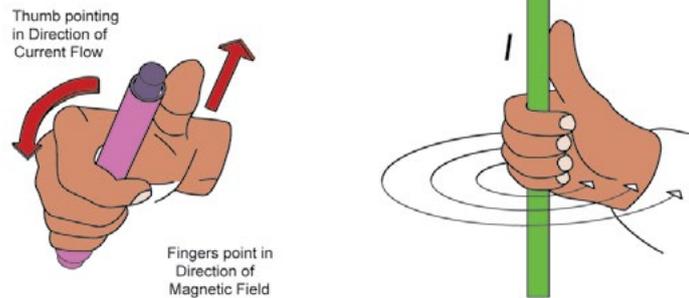
Lorsque le courant circule dans un câble dans la direction indiquée par la croix, le pôle N d'une aiguille de compas pointera toujours dans une direction donnée. Cependant, lorsque le courant circule dans le câble dans la direction opposée à celle indiquée par la croix, le pôle N de l'aiguille de compas s'inversera et pointera dans la direction opposée.

Étant donné que l'aiguille aura toujours tendance à s'aligner avec les lignes magnétiques (ou lignes de force), qui quittent le pôle N pour aller vers le pôle S, nous pouvons en conclure que :

Les lignes magnétiques ont une direction, qui change en même temps que la circulation du courant dans le câble.

On peut utiliser la règle de la main droite dans un conducteur rectiligne pour connaître la direction des lignes de force autour du câble.

Lines of force around the wire



Pour appliquer cette règle, attrapez le câble avec votre pouce dans la direction conventionnelle du courant (positif vers négatif). Vos doigts pointeront alors dans la direction des lignes de force entourant le conducteur. Ces lignes de force sont toujours en angle droit avec le conducteur, et l'aiguille du compas confirme ces directions déterminées par la règle de la main droite.

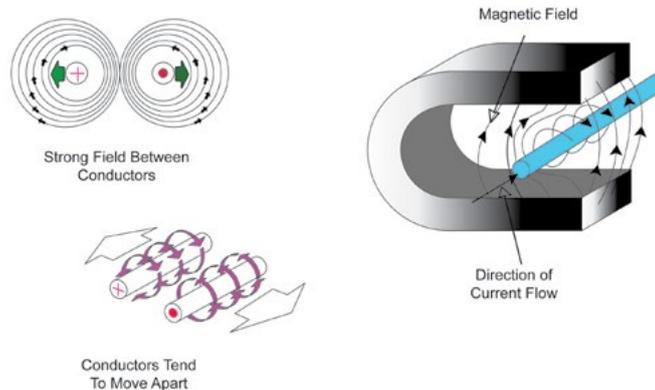
Contrairement à la circulation des électrons, qui bougent dans un conducteur, les lignes de force magnétique ne bougent pas ou ne circulent pas autour du câble. Elles ont simplement une direction indiquée par leur effet sur l'aiguille du compas.

Le nombre de lignes de force (ou force du magnétisme) augmente lorsque le courant circulant dans le conducteur est plus important.

Si l'on éloigne le compas du conducteur, on finit par atteindre un point où le compas n'est plus affecté par le champ.

Si l'on augmente alors le courant, l'aiguille du compas sera de nouveau affectée et indiquera la direction du champ magnétique.

Le nombre de lignes de force et l'espace qu'elles occupent autour du conducteur augmentent lorsque le courant circulant dans le conducteur est plus important.



En d'autres termes : Un courant plus important génère un champ magnétique plus puissant.

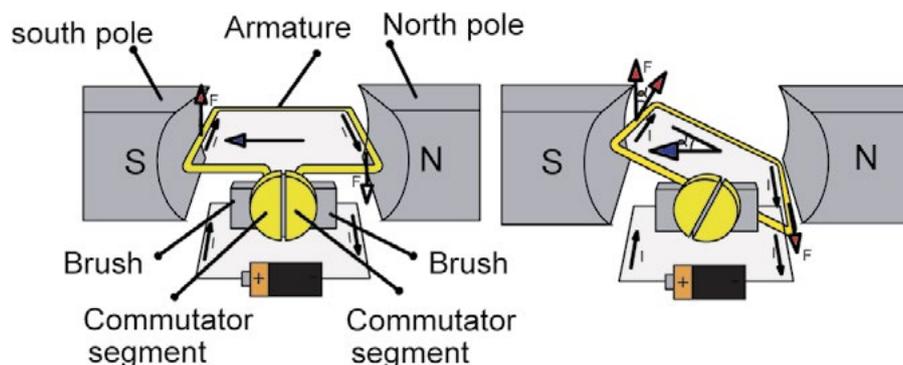
Si deux conducteurs placés en parallèle l'un de l'autre acheminent du courant dans des directions opposées, la direction du champ sera celle des aiguilles d'une montre autour d'un conducteur et inverse aux aiguilles d'une montre autour de l'autre.

Les lignes de force sont davantage concentrées entre les conducteurs que vers l'extérieur. Les lignes de force entre les deux câbles s'additionnent pour former un puissant champ magnétique. Dans ces conditions, les deux câbles auront tendance à s'éloigner l'un de l'autre, ce qui nous permet de conclure que:

Un conducteur acheminant un courant aura tendance à s'éloigner d'un champ puissant pour aller vers un champ plus faible.

15.4 Le principe d'un démarreur

Dans le schéma ci-dessous, deux conducteurs conçus pour acheminer le courant dans des directions opposées sont placés sur un induit situé entre de puissants pôles N et S. En conséquence, un champ fort et un champ faible se forment sur les côtés opposés de chaque conducteur.



Selon la règle de la main droite, le courant entrant dans le conducteur du dessus formera des lignes magnétiques du côté inférieur du conducteur, qui s'additionnera aux lignes des pôles N et S. Le conducteur aura alors tendance à se déplacer vers le haut ou dans le sens des aiguilles d'une montre vers le champ plus faible.

De la même manière, le courant sortant du conducteur du dessous formera un champ puissant du côté supérieur et un champ faible du côté inférieur. Le conducteur aura alors tendance à se déplacer vers le bas ou dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

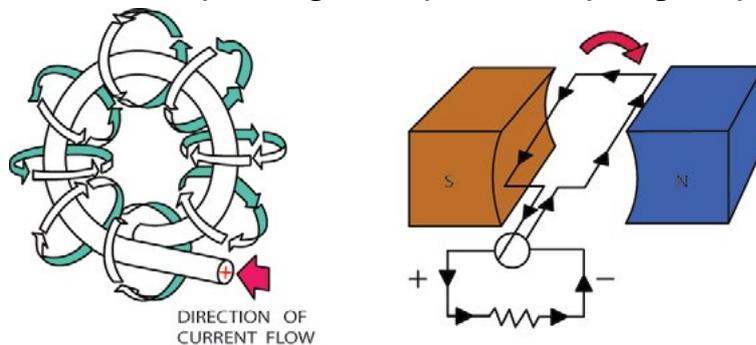
Un mouvement de rotation est ainsi créé par le courant circulant dans les conducteurs. C'est le principe même d'un moteur de démarrage. Le résultat change lorsque deux conducteurs en parallèle acheminent un courant de puissance égale dans la même direction.

Un champ magnétique allant dans le sens des aiguilles d'une montre se formera autour de chaque conducteur, et les lignes magnétiques entre les conducteurs iront dans la direction opposée. Le champ magnétique généré entre les conducteurs s'annule alors, ne laissant presque aucun champ dans cette zone.

Les deux conducteurs auront alors tendance à se rapprocher l'un de l'autre, transformant ainsi un champ puissant en champ faible. Deux conducteurs placés l'un à côté de l'autre et acheminant un courant de puissance égale dans la même direction généreront un champ magnétique équivalent à celui d'un conducteur acheminant deux fois plus de courant.

Lorsqu'on place davantage de conducteurs côte à côte, l'effet magnétique augmente car les lignes de chaque conducteur se rejoignent et entourent tous les conducteurs.

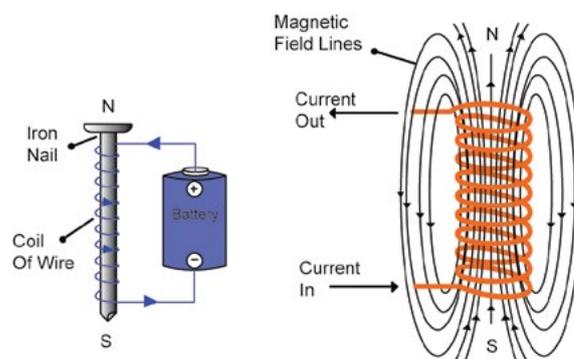
Un conducteur en boucle simple n'augmente pas le champ magnétique.



Dans le cas d'un câble rectiligne acheminant un courant en boucle simple, le champ magnétique généré entoure le câble comme lorsqu'il était rectiligne.

En appliquant la règle de la main droite, on peut voir que toutes les lignes de force entrent dans le cercle intérieur de la boucle d'un côté et partent de l'autre côté. Les lignes de force sont concentrées à l'intérieur de la boucle. Un câble à boucle simple acheminant un courant s'appelle un électroaimant simple.

15.5 Les électroaimants

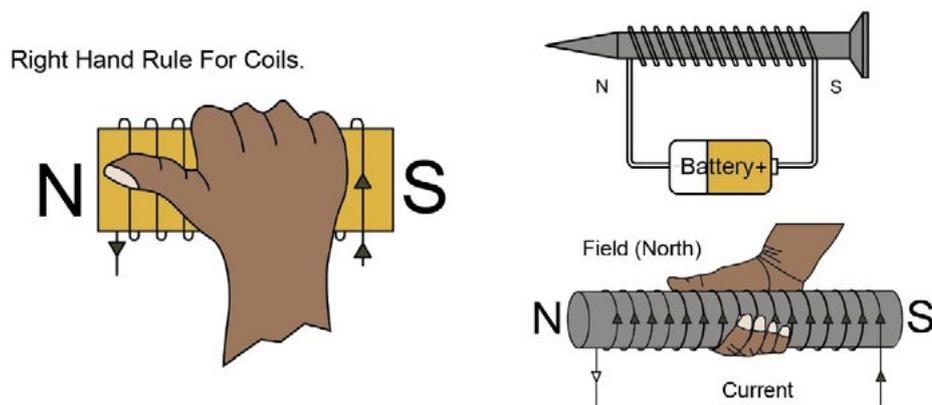


Que se passe-t-il lorsqu'un câble acheminant un courant est enroulé en plusieurs boucles pour former une bobine ? Le champ magnétique qui en résulte est alors la somme de tous

les champs magnétiques des boucles simples, puisqu'il s'agit de la même chose que plusieurs conducteurs placés côte à côte et acheminant le courant dans la même direction.

Puisque les lignes de force quittent la bobine d'un côté et entrent dans l'autre, un pôle nord et un pôle sud se forment aux extrémités de la bobine, comme dans un aimant droit.

15.6 La règle de la main droite appliquée aux bobines



Pour déterminer la polarité aux extrémités d'une bobine, vous pouvez appliquer la règle de la main droite en attrapant la bobine avec vos doigts pointant dans la direction du courant. Votre pouce pointera alors dans la direction du pôle N de la bobine, comme le montre le schéma. Si la direction du courant traversant la bobine s'inverse, la polarité des extrémités de la bobine s'inverse aussi.

Lorsqu'on enroule une bobine autour d'un noyau fabriqué dans un élément aimanté (comme du fer), l'ensemble devient un électroaimant utilisable.

La puissance du champ magnétique aux pôles N et S augmente grandement avec un noyau en fer. Cela s'explique par le fait que l'air est un très mauvais conducteur de lignes magnétiques, alors que le fer en est un très bon conducteur.

De façon relative, l'utilisation du fer pour les lignes de force peut augmenter la puissance magnétique de 2 500 fois celle de l'air.

La puissance des pôles magnétiques d'un électroaimant est directement proportionnelle au nombre de tours de câble et de l'intensité du courant (en ampères) circulant dans la bobine, comme le montre le schéma.



Un électroaimant avec un courant d'un ampère circulant dans 1 000 tours de câble et un autre électroaimant avec un courant de 10 ampères circulant dans 100 tours de câble généreront chacun 1 000 tours/ampère, qui est une mesure de la puissance du champ magnétique.

L'attraction d'éléments aimantés placés dans le champ magnétique de chacun de ces électroaimants sera la même. De la même manière que le courant électrique circule dans un circuit fermé, les lignes de force créées par un aimant occupent un circuit magnétique fermé. Étant donné que le nombre de lignes entrant dans le pôle S doit être le même que le nombre de lignes sortant du pôle N, un circuit complet doit être présent dans chaque champ magnétique.

On appelle alors réluctance la résistance qu'un circuit magnétique peut fournir aux lignes de force. Cette réluctance est comparable à la résistance d'un circuit électrique.

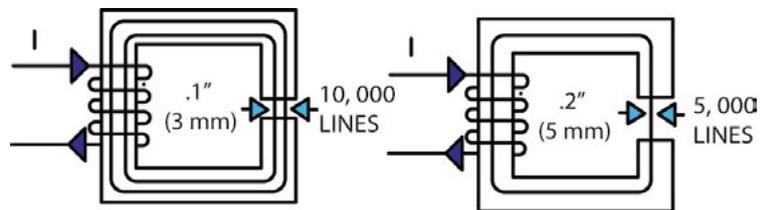
Dans un circuit électromagnétique, il existe une équation similaire à la loi d'Ohm dans un circuit électrique. Cette équation est la suivante :

$$\text{Le nombre de lignes magnétiques est proportionnel à :} \\ \frac{\text{Ampères/Tours}}{\text{Réluctance}}$$

Il est important pour nous de tirer deux conclusions à cette équation:

1. Le nombre de lignes magnétiques (ou la puissance du champ) est directement proportionnel aux ampères tours. Dans un électroaimant, plus le courant dans la bobine est important, plus le champ est puissant.
2. Le nombre de lignes (ou la puissance du champ) est inversement proportionnel à la réluctance. Cela signifie que lorsque la réluctance augmente, la puissance du champ diminue. Étant donné que la plupart des circuits magnétiques sont composés de fer et de petits intervalles d'air, la réluctance d'un tel circuit en série est égale à la somme de la réluctance du fer et de celle des intervalles d'air.

L'effet d'un intervalle d'air est très significatif dans la réluctance totale d'un circuit. Cela s'explique par le fait que l'air a une réluctance bien plus grande que le fer.



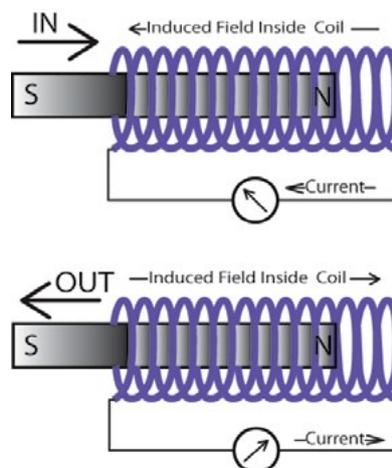
Pour illustrer ce fait, considérons un circuit magnétique avec un petit intervalle d'air dont le champ de force est composé de 10 000 lignes de force (Fig. 24). Si l'on doublait la longueur de l'intervalle d'air, la réluctance serait presque doublée, et la force du champ serait réduite d'environ 5 000 lignes de force. Bien que les intervalles d'air ne représentent qu'une toute petite partie de l'intégralité du circuit magnétique, l'augmentation d'un intervalle d'air de 3 mm à 5 mm pourrait réduire la force du champ quasiment de moitié.

15.7 L'induction électromagnétique

Lorsqu'on déplace un conducteur dans un champ magnétique, une certaine tension sera générée dans ce conducteur. C'est ce que l'on appelle l'induction électromagnétique, qui se définit par l'induction d'une certaine tension dans un conducteur se déplaçant dans un champ magnétique.

L'induction de la tension

Pour observer cette induction, déplacez un aimant rectiligne dans une bobine de câble. Branchez un voltmètre assez sensible aux extrémités du câble. L'aiguille enregistra alors une petite tension lorsque vous déplacez l'aimant dans le champ magnétique.



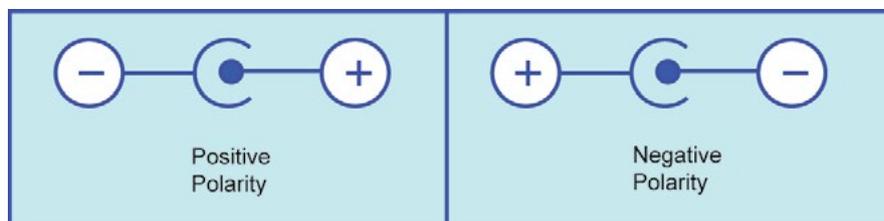
Nous avons vu que la tension a une polarité, c'est-à-dire des pôles positifs et négatifs. Nous avons également vu que le courant circule de la borne positive d'une source de tension,

passer dans le circuit extérieur et retourner dans la borne négative de la source.

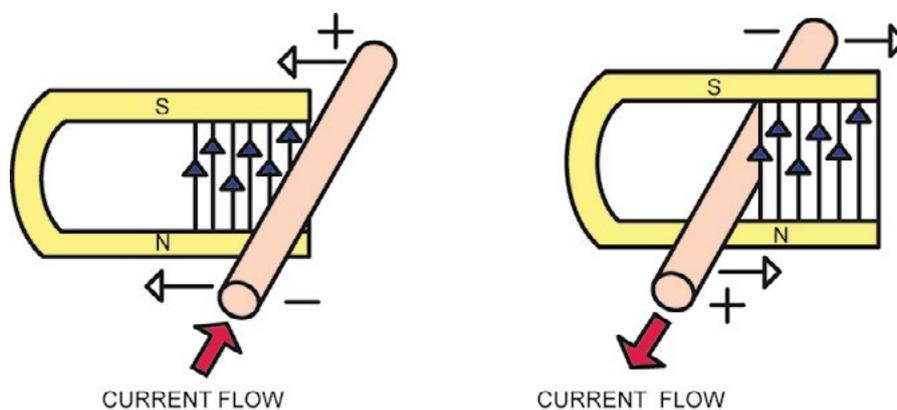
Nous pouvons à présent comprendre qu'un câble traversant un champ magnétique devient une source d'électricité. Il doit donc avoir une extrémité positive et une extrémité négative, tout comme une batterie.

Cependant, contrairement à une batterie, nous allons à présent voir que la polarité aux extrémités du câble peut changer. Cette polarité dépend de la direction relative du mouvement de câble et de la direction du champ magnétique.

Pour déterminer la polarité aux extrémités d'un conducteur et la direction du courant qui en résulte, considérons un câble rectiligne se déplaçant vers la gauche dans un champ magnétique.



Avec cette direction de mouvement, les lignes magnétiques atteignent le câble du côté gauche, que l'on appelle alors le côté avant. On utilise ici un aimant en fer à cheval pour montrer comment une barre en métal se déplace entre les pôles.



On observe que le courant s'éloigne du lecteur, comme indiqué par les polarités aux extrémités du câble destinées à remplir la condition qu'un courant circule du côté positif de la source, passe dans le circuit extérieur et retourne de l'autre côté de la source.

Lorsqu'on change la direction du mouvement du conducteur vers la droite, le côté droit du conducteur devient alors le côté avant. En appliquant la règle de la main droite, on peut observer que le courant change également de direction, et circule hors de la page (ou vers le

lecteur). Cela signifie que les polarités de la tension aux extrémités du câble se sont inversées.

Dans les exemples précédents, si, au lieu de déplacer le câble vers la gauche, on déplaçait le champ magnétique vers la droite sur un conducteur stationnaire, cela créerait la même tension et la même circulation de courant sur le câble. Cela est également vrai lorsque l'on déplace le champ vers la gauche sur le conducteur, car dans tous les cas le côté avant du conducteur et la direction du champ magnétique restent inchangés.

Nous pouvons donc conclure que :

Une tension sera induite dans un conducteur traversant un champ magnétique tant qu'il y a un mouvement relatif entre les deux. Soit c'est le conducteur qui bouge, soit c'est le champ magnétique.

15.8 L'amplitude de la tension induite

À présent que nous avons étudié les facteurs déterminant la polarité de la tension induite et la direction du courant, considérons maintenant les facteurs déterminant l'amplitude de la tension induite. Ces facteurs sont les suivants :

1. La force du champ magnétique;
2. La vitesse à laquelle les lignes de force traversent le conducteur;
3. Le nombre de conducteurs traversant les lignes de force.

Si le champ magnétique est plus puissant, par exemple en utilisant un plus grand aimant en fer à cheval, davantage de lignes de force seront traversées par le conducteur dans un intervalle de temps donné, et la tension induite sera donc plus élevée.

Si l'on augmente le mouvement relatif entre le conducteur et le champ magnétique, davantage de lignes de force seront traversées dans un intervalle de temps donné, et la tension sera donc plus élevée.

Si l'on enroule le câble conducteur rectiligne pour former une bobine que l'on déplace ensuite dans le champ, toutes les boucles du câble étant en série, les tensions induites sur chaque boucle s'additionneront, et la tension sera donc plus élevée.

Pour résumer :

- Champ magnétique plus puissant=Tension induite plus élevée
- Mouvement relatif plus rapide=Tension induite plus élevée
- Plus grand nombre de conducteurs en mouvement=Tension induite plus élevée

15.9 Les méthodes d'induction de la tension

Il existe trois manières de générer une tension par induction électromagnétique :

- La tension générée;
- L'auto-induction;
- L'induction mutuelle.

Parlons de chacune de ces formes d'induction.

15.10 La tension générée

Un générateur de courant continu fonctionne en déplaçant des conducteurs sur un champ magnétique stationnaire pour produire une tension et un courant.

Pour démontrer ce principe, prenons le plus basique des générateurs de CC, dont le câble à boucle simple tourne entre les pôles N et S d'un champ magnétique.

En utilisant la règle de la main droite appliquée à la tension induite des deux côtés de la boucle, on observe que le courant circule dans la direction indiquée, et que les tensions induites dans la boucle forment une tension de bobine qui peut être mesurée aux deux lames de collecteur fixées aux extrémités du câble. Le courant circule ensuite dans les balais situés sur le collecteur vers le circuit extérieur.

Une autre application du principe de tension générée est le générateur de courant alternatif (ou alternateur), dans lequel le champ magnétique est placé de telle manière qu'il traverse des conducteurs stationnaires afin de produire une tension et un courant.

En appliquant la règle de la main droite, avec une position de champ tournant, le courant circulera dans le conducteur dans la direction indiquée par les polarités de la tension.

La tension induite dans un conducteur en déplaçant physiquement ce dernier (ou le champ) s'appelle la tension générée. Ce principe est utilisé dans les générateurs de CC et dans les alternateurs.

15.11 L'auto-induction

L'auto-induction est une induction de tension dans un câble acheminant le courant lorsque le courant lui-même change.

Précédemment dans ce cours, nous avons utilisé un champ magnétique séparé produit par un aimant en fer à cheval pour générer une tension dans un conducteur. Dans le cas de l'auto-induction, on n'utilise aucun champ séparé. À la place, c'est le champ magnétique généré par un changement dans le courant qui induit une tension dans le câble. La tension est donc auto-induite.

La raison pour laquelle une tension est induite dans un câble acheminant un courant est la suivante : Étant donné que le courant génère un champ magnétique sous la forme de cercles concentriques autour du câble, qui s'étend et se contracte lorsque le courant augmente ou diminue, ces cercles concentriques traversent le conducteur et induisent donc une tension dans le conducteur. Puisqu'il y a un mouvement relatif entre le champ et le conducteur, la condition nécessaire pour induire une tension a bien été remplie.

Prenons une bobine de câble étroitement enroulée autour d'un noyau de fer.

Lorsque le courant augmente dans une boucle, le champ magnétique s'étend et traverse plusieurs boucles voisines (ou toutes), induisant ainsi une tension dans ces boucles.

Une bobine de câble enroulée autour d'un noyau de fer s'appelle généralement un inducteur. Cet inducteur a une propriété d'inductance, ce qui fait qu'une tension est induite dans la bobine lorsque le courant change.

Polarité d'une tension induite dans une bobine

Nous allons à présent étudier une affirmation qui détermine la polarité d'une tension auto-induite dans un conducteur ou une bobine, puis nous expliquerons cette phrase plus en détail.

La polarité d'une tension induite s'opposera au changement dans le courant qui l'a produite.

«Changement de courant» fait référence à une augmentation ou une diminution du courant.

Une fois l'interrupteur fermé, le courant passe de zéro à sa valeur maximale, par exemple quatre ampères. Durant cette période, une tension sera induite dans l'inducteur dans la direction opposée du courant devenu plus intense. L'inducteur lui-même devient alors une source de tension tentant d'empêcher l'augmentation d'intensité dans le circuit.

Pour s'opposer à ce courant plus intense, l'inducteur devra générer une tension dans la direction opposée à celle du courant de la batterie, c'est-à-dire que la polarité en A sera positive (+) et la polarité en B négative (-). La tension induite s'oppose au changement de courant. En d'autres termes, la tension induite essaie de maintenir un «statu quo» et de maintenir le courant de la batterie à zéro lorsque l'interrupteur est fermé.

Cependant, le courant de la batterie finit par surpasser l'effet inductif de la bobine et par atteindre sa valeur constante de quatre ampères.

Lorsque l'interrupteur est ouvert, l'intensité du courant passe de quatre ampères à zéro. Ce changement induit une tension dans la bobine, qui une fois encore va tenter de maintenir un « statu quo » ou de maintenir le courant à quatre ampères. La polarité de la tension induite de la bobine doit donc être comme indiqué, car la bobine tente de produire un courant dans la même direction que celui produit initialement par la batterie. Elle essaie de maintenir le courant à sa valeur de quatre ampères, et à cause de cela l'interrupteur peut s'arquer alors qu'il est ouvert.

Remarquez que la polarité de la tension induite pour toute direction de courant est déterminée par l'augmentation ou la diminution de l'intensité du courant.

Par exemple :

	Tension induite	
	A	B
Augmentation du courant :	+	-
Diminution du courant :	+	-

Bien que la tension de l'inducteur tente d'empêcher tout changement d'intensité du courant, les effets de la tension de la batterie et de l'interrupteur ouvert ou fermé finiront par générer un courant à valeur constante.

Cependant, la tension induite provoque un retard entre le moment où l'interrupteur est ouvert ou fermé et celui où le courant atteint sa valeur finale.

Considérons d'abord le cas où l'interrupteur est fermé. En raison de l'effet inductif de la bobine, l'intensité du courant augmente lentement pour atteindre sa valeur maximale de quatre ampères. Lorsque cette valeur finale de quatre ampères est atteinte, il n'y a aucun changement dans le champ magnétique, aucune tension induite, et la résistance agit seule pour établir la valeur finale du courant.

La loi d'Ohm appliquée à ce circuit nous donne une valeur finale de quatre ampères :

$$4 \text{ Ampères} = \frac{12 \text{ Volts}}{3 \text{ Ohms}}$$

Lorsque le courant circule dans une bobine inductive, une certaine quantité d'énergie s'accumule dans celle-ci. Cette énergie est directement proportionnelle à l'intensité du courant (I) et à l'inductance de la bobine, dont le symbole est (L). L'inductance d'une bobine est déterminée principalement par le nombre de tours de câble, leur espacement, et le type de matériau utilisé dans le noyau de la bobine. La quantité d'énergie accumulée dans une bobine peut se calculer avec l'équation suivante :

Cette équation démontre que plus l'inductance est élevée, plus l'intensité est élevée, et plus

l'énergie accumulée dans la bobine est importante.

$$\text{Énergie de la bobine} = \frac{\text{Inductance} \times \text{Intensité} \times \text{Intensité}}{2} = \frac{L \times I \times I}{2}$$

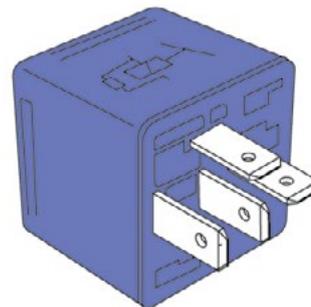
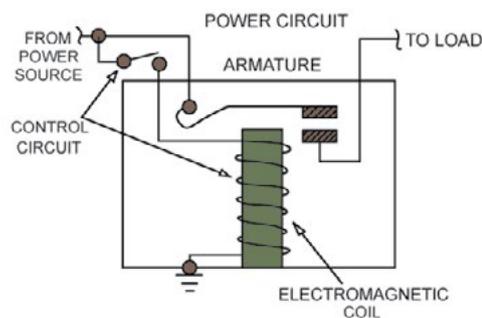
L'utilisation de l'auto-induction dans les bobines du circuit d'allumage

Un circuit d'allumage standard fonctionne sur le principe de l'énergie accumulée dans le premier enroulement d'une bobine d'allumage. Lorsque les contacts du distributeur s'ouvrent, l'intensité du courant tombe soudainement à zéro. Si l'on considère notre équation, l'énergie contenue dans la bobine tombe également à zéro. Une certaine quantité de cette énergie est transférée par induction mutuelle (voir section suivante) dans le second enroulement de la bobine d'allumage, puis l'énergie est dissipée sous la forme d'un arc autour de la bougie d'allumage. Dans un circuit d'allumage, le retard dans la constitution du courant dans le premier enroulement lorsque les contacts du distributeur se ferment est très important.

Si les contacts s'ouvrent avant que l'intensité finale maximale du courant ait été atteinte, l'énergie accumulée dans la bobine (voir l'équation) est réduite, ce qui entraîne une diminution de l'énergie disponible pour allumer la bougie. Bien que l'inductance de la bobine d'allumage puisse causer un retard d'une fraction de seconde seulement, cet intervalle de temps doit être étroitement lié au moment où les contacts du distributeur se ferment.

De nombreux composants d'engins utilisent le magnétisme pour fonctionner.

Un relais utilise le magnétisme pour fermer les principaux contacts.



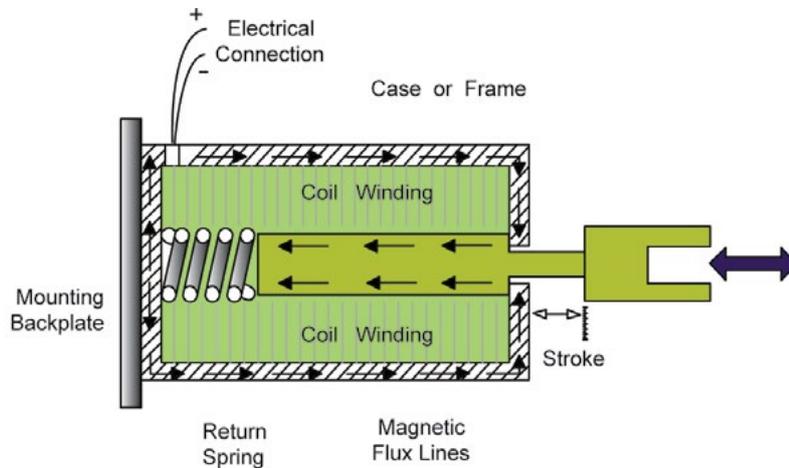
Le relais d'un démarreur utilise également le magnétisme.

Dans le module hydraulique, nous traiterons des aimants interrupteurs et des aimants proportionnels.

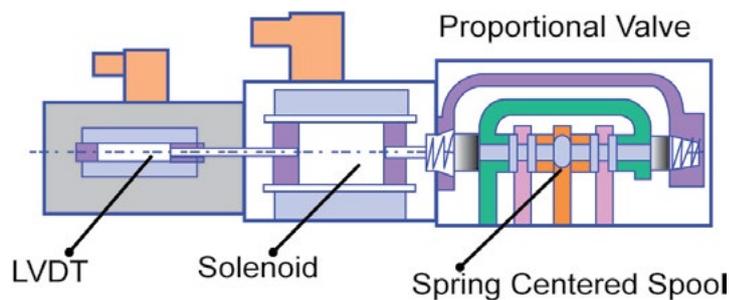
Normalement, un électroaimant est actif ou inactif.

Mais dans certains cas, l'électroaimant doit pouvoir faire varier sa puissance.

15.12 Le vérin à solénoïde proportionnel ou linéaire

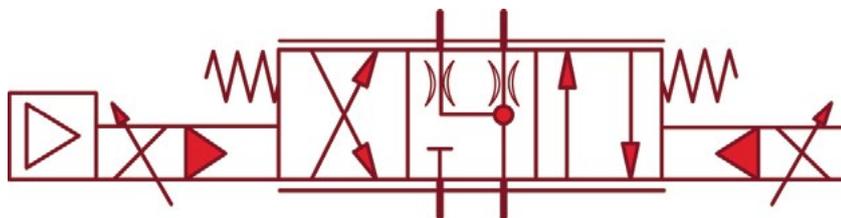


La puissance de cet aimant est ajustée en l'alimentant en milliampères.
Ce genre d'aimant est utilisé pour faire fonctionner un équipement de façon homogène.



Le transformateur différentiel à variation linéaire (que l'on appelle également capteur ou transformateur différentiel) est un type de transformateur électrique utilisé pour mesurer le déplacement (ou la position) linéaire. Il envoie des signaux à l'unité de commande pour s'assurer que la bobine restera toujours dans sa position, où le courant ne change pas.

Symbole d'une soupape proportionnelle à 4/3 entrées



La flèche traversant le symbole de l'aimant (solénoïde) montre qu'il est ajustable. La flèche noire représente l'alimentation en liquide (servomécanisme).

Dans le Module (Hydraulique) nous continuerons à parler de l'utilisation et de l'influence des aimants.

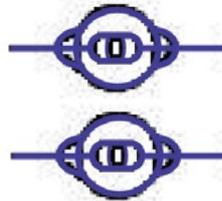
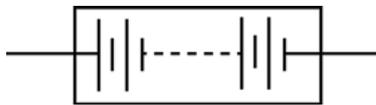
Nous parlerons également en détail du bloc de commande électronique, des détecteurs et des vérins.

Ce module a passé en revue les bases de l'électricité.

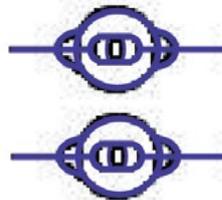
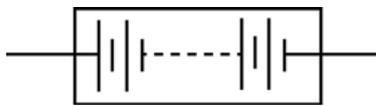
16. Exercice pratique

I) Circuits électriques

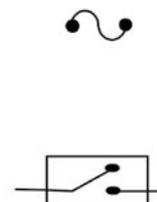
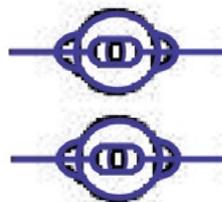
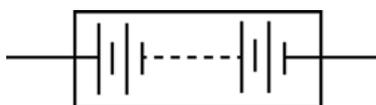
a) Effectuez les branchements en série



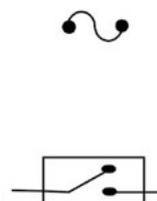
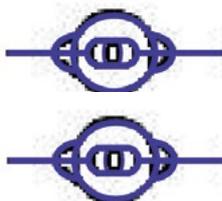
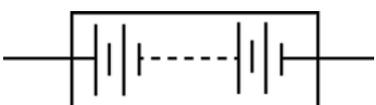
b) Effectuez les branchements en parallèle



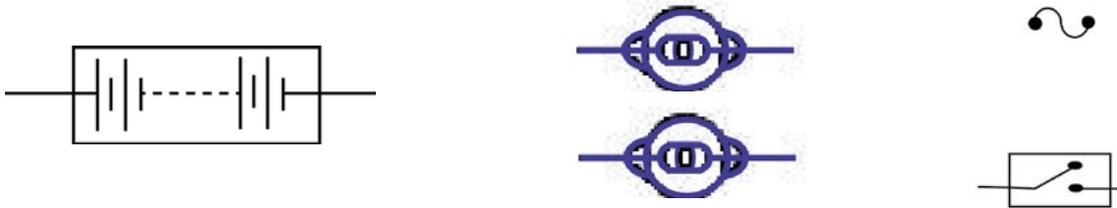
c) Effectuez les branchements en parallèle et ajoutez un interrupteur et un fusible dans le circuit.



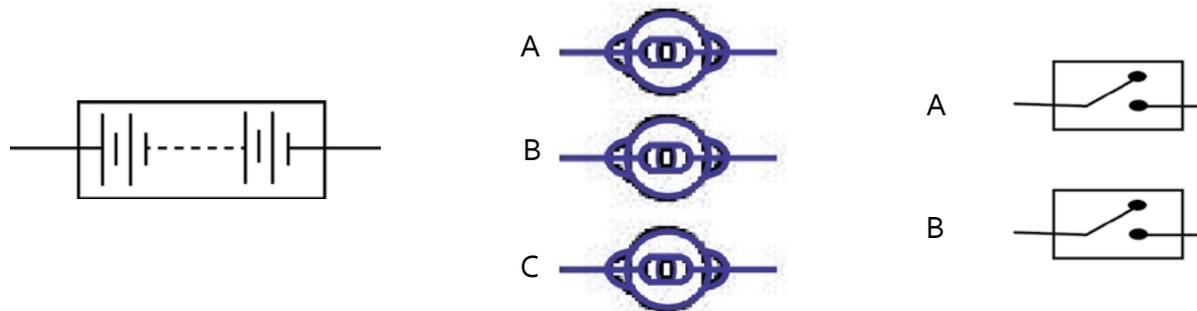
d) Effectuez les branchements en série et ajoutez un interrupteur et un fusible dans le circuit.



e) Effectuez les branchements pour former un circuit combiné avec un fusible et un interrupteur.



f) Effectuez les branchements pour former un circuit combiné avec l'interrupteur A contrôlant le circuit entier et les interrupteurs A et B devant être allumés pour que la diode B soit allumée.



II) Schéma de câblage électrique

Utilisez le manuel de schéma de câblage approprié afin d'identifier les éléments suivants :

a) Localisez la batterie et l'interrupteur de démarrage/d'allumage

Notes :

b) Localisez le fusible/relai/boîtier de raccordement principal dans l'équipement/véhicule donné

Notes :

c) Localisez les divers points de mise en terre

Notes :

d) Localisez le connecteur des feux de route et identifiez la couleur du câble électrique et le numéro de la borne

Notes :

e) Localisez le connecteur du klaxon et identifiez la couleur du câble de mise en terre ainsi que le numéro de la borne.

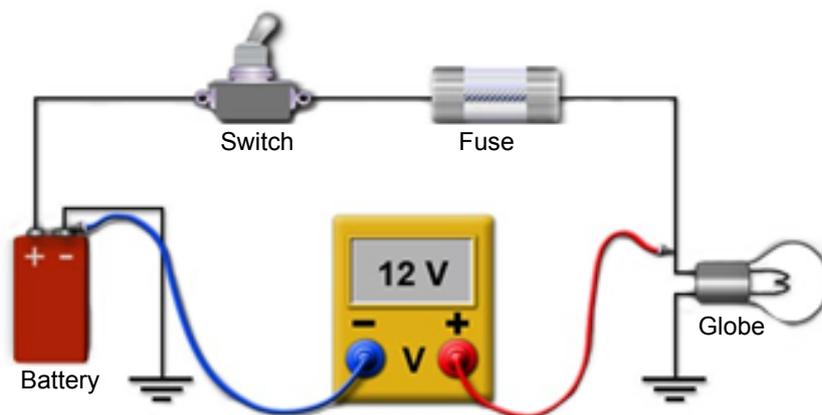
Notes :

f) Référez-vous à la page de l'essuie-glace/du lave-glace dans le manuel du schéma de câblage et notez le numéro du connecteur, le nombre de câbles dans le connecteur, le câble numéro 2 et les 4 codes couleur. Vérifiez dans l'équipement/véhicule.

Notes :

III) Tester les systèmes électriques avec un multimètre électronique

L'outil peut-être le plus important que vous utiliserez dans la maintenance des systèmes électriques des engins est le multimètre.



Avec un multimètre de base vous pouvez mesurer :

- la tension (AC & DC)
- le courant
- la résistance

Avec un multimètre plus avancé vous pouvez mesurer :

- la fréquence
- le cycle de fonctionnement
- le temps de maintien
- la température
- la pression et le vide

Selon des composantes électriques données, vous aurez à mesurer :

- le courant du starter
- des fuites dans l'alternateur
- le courant AC
- la tension de la batterie
- les pertes de courant
- une mauvaise mise en terre

MULTIMETRE ELECTRONIQUE



IV) Courant du démarreur

Il est fréquent de confondre des problèmes relatifs au système de démarrage avec des problèmes relatifs au système de charge.

Il n'est pas rare qu'une batterie morte soit remplacée alors que la cause réelle se situe au niveau d'un système de charge défectueux. Assurez-vous du bon fonctionnement du système de charge avant de remplacer la batterie.

Vérifiez que la batterie est chargée et passe un test de charge, puis cherchez la résistance dans le circuit de démarrage si le moteur continue de démarrer lentement. Recherchez des appels de courant excessifs, de l'isolation usée, un moteur grippé ou surchargé, un démarreur défectueux, etc.

Si le démarreur démarre le moteur lentement, que l'appel de courant n'est pas élevé, et que la batterie est en bon état de marche, vérifiez la résistance dans le circuit de démarrage.

Mesurer l'appel de courant du démarreur permet de déterminer la quantité de courant que le démarreur attire, en utilisant une pince ampèremétrique inductive sur le câble du démarreur. Cet accessoire permettra au multimètre de mesurer le courant du démarreur jusqu'à 1000 ampères.

Vérifiez le manuel du constructeur pour les spécifications exactes.

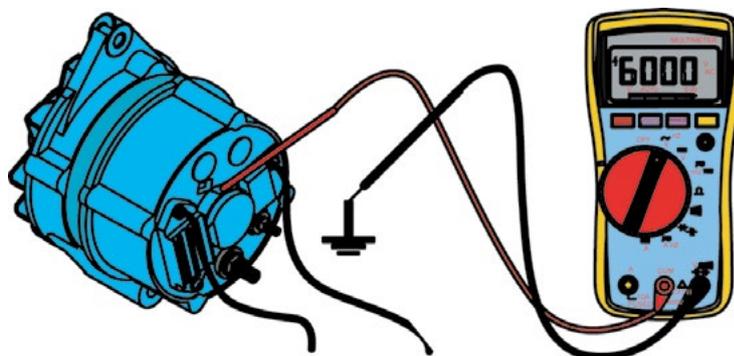


Notez vos résultats ci-dessous :

V) Fuite de courant dans l'alternateur

Un alternateur génère du courant et de la tension selon les principes de l'induction électromagnétique.

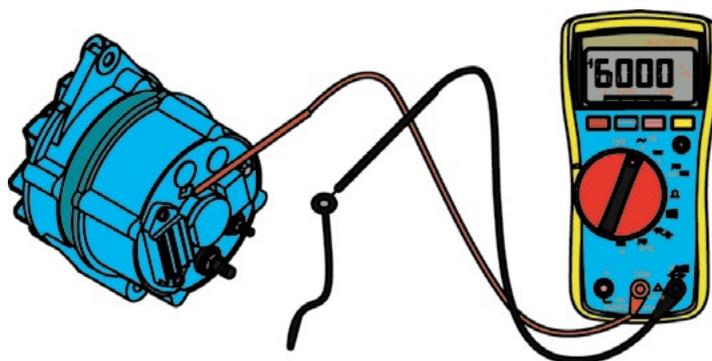
Les accessoires connectés au système de charge du véhicule nécessitent une entrée constante de courant direct à un niveau de tension relativement stable. Vous ne pouvez pas charger une batterie avec un courant alternatif, cela doit donc être rectifié avec un courant direct.



La tension en courant alternatif peut être mesurée en passant votre multimètre en courant alternatif et en connectant le fil noir à une bonne masse et le fil rouge à la borne « BAT » à l'arrière de l'alternateur (pas de la batterie). Un bon alternateur devrait mesurer moins de 5 volts AC avec le moteur en marche. La lecture d'un nombre supérieur indique que des diodes de l'alternateur sont endommagées.

Notez vos résultats ci-dessous :

VI) Fuite et courant dans l'alternateur



Pour vérifier une fuite au niveau des diodes de l'alternateur, branchez le multimètre en série avec la borne de sortie de l'alternateur, véhicule à l'arrêt. Une fuite de courant devrait représenter tout au plus 2 milliampères ; la plupart du temps, elle équivaudra à environ 0,5 milliampères.

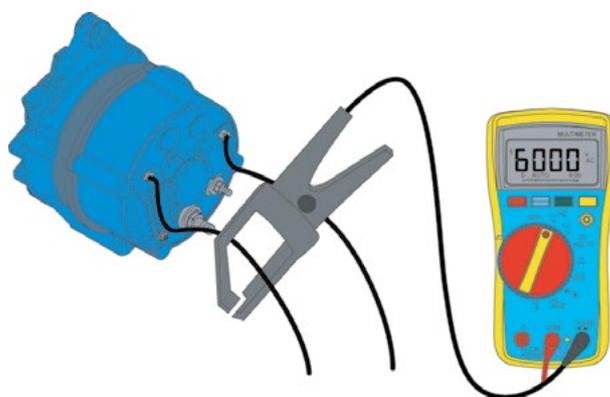
Faites attention en déconnectant le câble de sortie de l'alternateur ; assurez-vous d'abord que la batterie est déconnectée.

Notez vos résultats ci-dessous :

VII) Alternateurs

La précision d'un multimètre et son affichage électronique facilitent le diagnostic et l'ajustement du régulateur/alternateur. Déterminez tout d'abord si le système possède un régulateur intégral (interne), puis s'il s'agit d'un régulateur de type A ou B. Le type A a un balai connecté à la batterie + et l'autre balai mis en terre à travers le régulateur. Le type B a un balai directement mis en terre et l'autre connecté au régulateur.

Ensuite, isolez le problème à l'alternateur ou au régulateur en contournant le régulateur (full-fielding). Mettez en terre la borne de champ du type A. Connectez la borne de champ du type B avec la batterie +. Si le système charge désormais, le régulateur est défectueux. Utilisez un rhéostat si possible. Si ce n'est toujours pas le cas, stoppez le moteur (phares allumés) pour que la tension ne dépasse pas les 15V.



Vérifier un bon alternateur

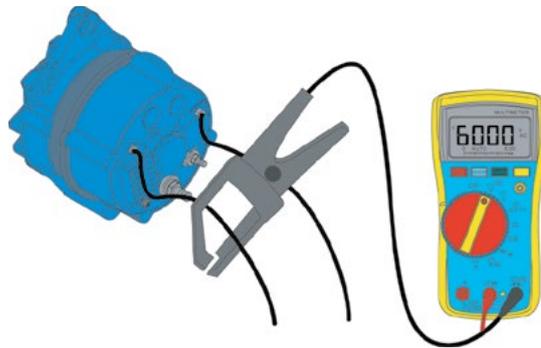
La batterie doit être entièrement chargée. Démarrez le moteur et vérifiez que la tension sans charge est de 13.8-15.3V. Ensuite, chargez l'alternateur au courant nominal de sortie avec une pile de carbone sur la batterie. Démarrez le moteur à 2000 tours/minute.

Vérifiez le courant avec une pince ampèremétrique.

L'unité doit maintenir au moins 12.6V au courant nominal de sortie.

Notez vos résultats ci-dessous :

VIII) Vérifier le courant inducteur



Des balais usés limitent le courant inducteur, entraînant une faible sortie de l'alternateur. Pour tester : chargez l'unité et mesurez le courant inducteur avec une pince ampèremétrique ou utilisez un jack 10A sur le multimètre

Le résultat doit être compris entre 3 et 7 ampères.

Le courant inducteur devrait être compris entre 2 et 5 ampères, un courant supérieur avec une plus faible tension de batterie.

Contrôlez la tension de la batterie en la chargeant avec une pile de carbone.

Notez vos résultats ci-dessous :

IX) Batteries

Les problèmes liés au système de charge sont généralement indiqués par un signal de « non-démarrage ». La batterie se sera déchargée et le démarreur ne lancera pas le moteur. La première étape est de tester la batterie et de la charger si nécessaire.

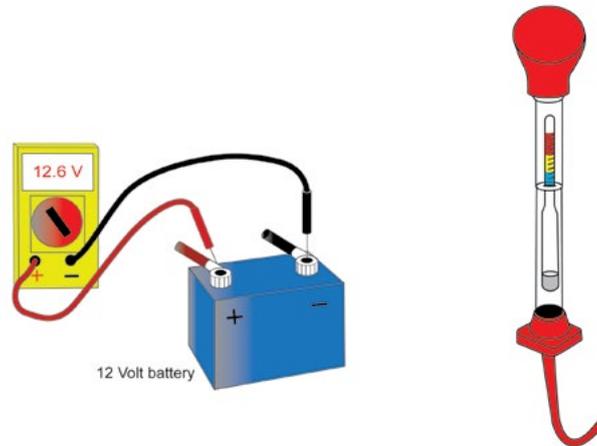
Voltage	Charge de pourcentage (%) de tension
12.60 to 12.72	100
12.45	75
12.30	50
12.15	25

Lectures obtenues à 27°C.

Mesurer la tension du système.

Purgez la charge de surface de la batterie en allumant les phares avant pendant une minute. Mesurez la tension à travers les bornes de batterie avec les feux éteints. Si possible, la

gravité spécifique des cellules individuelles devrait être mesurée avec un hydromètre. Un test de chargement devrait être effectué pour vérifier l'efficacité de la batterie pendant son chargement. Tests de tension.



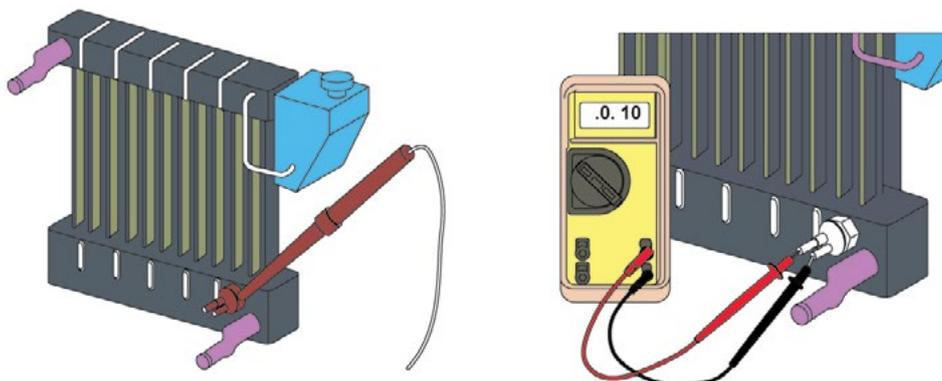
X) Systèmes de refroidissement / Mesure de températures

La fonction température intégrée du Fluke 78 facilite la vérification des systèmes de refroidissement moteur pour la bonne température, qui est critique aujourd'hui pour les moteurs contrôlés par ordinateur. Vous pouvez aussi vérifier l'éventuelle surchauffe des transmissions, et le bon fonctionnement des radiateurs et du système d'air conditionné. Avec la sonde thermocouple du Fluke 78, vous pouvez tester les thermostats et les interrupteurs de ventilateur sans avoir à les chauffer dans de l'eau chaude sur une plaque chauffante. Vous obtenez plus rapidement un diagnostic plus précis des systèmes de refroidissement contrôlés électriquement, et vous pouvez comparer les données de l'ordinateur avec les températures mesurées.

Sur un grand nombre de derniers modèles de voiture, le système de refroidissement est scellé ; la seule ouverture se situe dans le réservoir de dilatation. Puisque l'eau ne circule pas à travers celui-ci, vous ne pouvez pas y effectuer de mesure de température précise. Le seul test précis possible est de mesurer la température de surface du réservoir supérieur à l'entrée du radiateur. Avec le Fluke 78, il s'agit d'une opération simple.

Tester la température de l'interrupteur On-Off

Vérifiez le fonctionnement des ventilateurs de refroidissement électriques en touchant le radiateur à côté du commutateur de température avec le bout de la sonde à température. Notez la température lorsque le ventilateur s'allume, et lorsqu'il s'éteint. Comparez vos résultats avec les spécifications du fabricant.



Tester la continuité des interrupteurs

Vérifiez la température/continuité des interrupteurs avec la fonction Ohms, pendant que l'interrupteur est en place. Testez pour des chutes de tension dans l'interrupteur et du radiateur à la mise en terre, comme décrit plus haut.

Note : La température doit être supérieure à celle de l'interrupteur du ventilateur lorsque celui-ci s'allume.

XI) Localiser les pertes de courant

Les pertes de courant, les courts-circuits et les mauvaises mises en terre sont la source d'un grand nombre de problèmes. La cause d'un problème semble souvent n'avoir aucun lien avec le symptôme. Mais, en utilisant un multimètre électrique, vous pourrez identifier la source des pannes rapidement sans griller toute une boîte de fusibles. Les pertes de courant qui vident entièrement la batterie sont souvent appelées courts-circuits, bien qu'il ne s'agisse pas nécessairement des courts-circuits.

Les courts-circuits qui grillent des fusibles peuvent être identifiés avec les mêmes techniques utilisées pour l'identification de pertes de courant, même si les symptômes sont différents.

Attention : Chaque fabricant de véhicule possède une procédure différente pour la localisation de pertes de courant. Utiliser la mauvaise méthode de test peut vous donner des résultats erronés. Pour vous assurer de bons résultats, référez-vous à la procédure du fabricant.

Mauvaise mise en terre

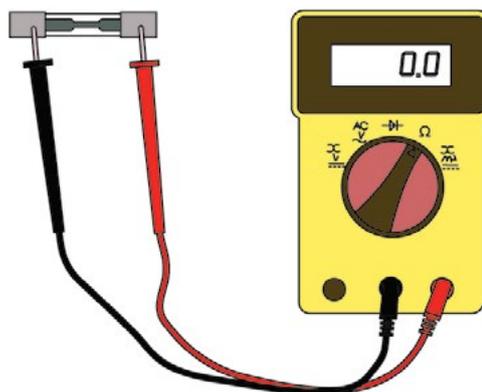
Une forte résistance au sein des mises en terre peut faire partie des problèmes électriques les plus frustrants. Ils peuvent produire des symptômes étranges, qui ne semblent avoir aucun lien avec la cause, jusqu'à ce que celle-ci soit identifiée. Parmi les symptômes, on peut signaler des phares éclairant faiblement, des phares s'allumant à la place d'autres, des jauges qui changent lorsque les phares AV sont allumés, ou des phares qui ne s'allument pas du tout.

Mesurer la continuité

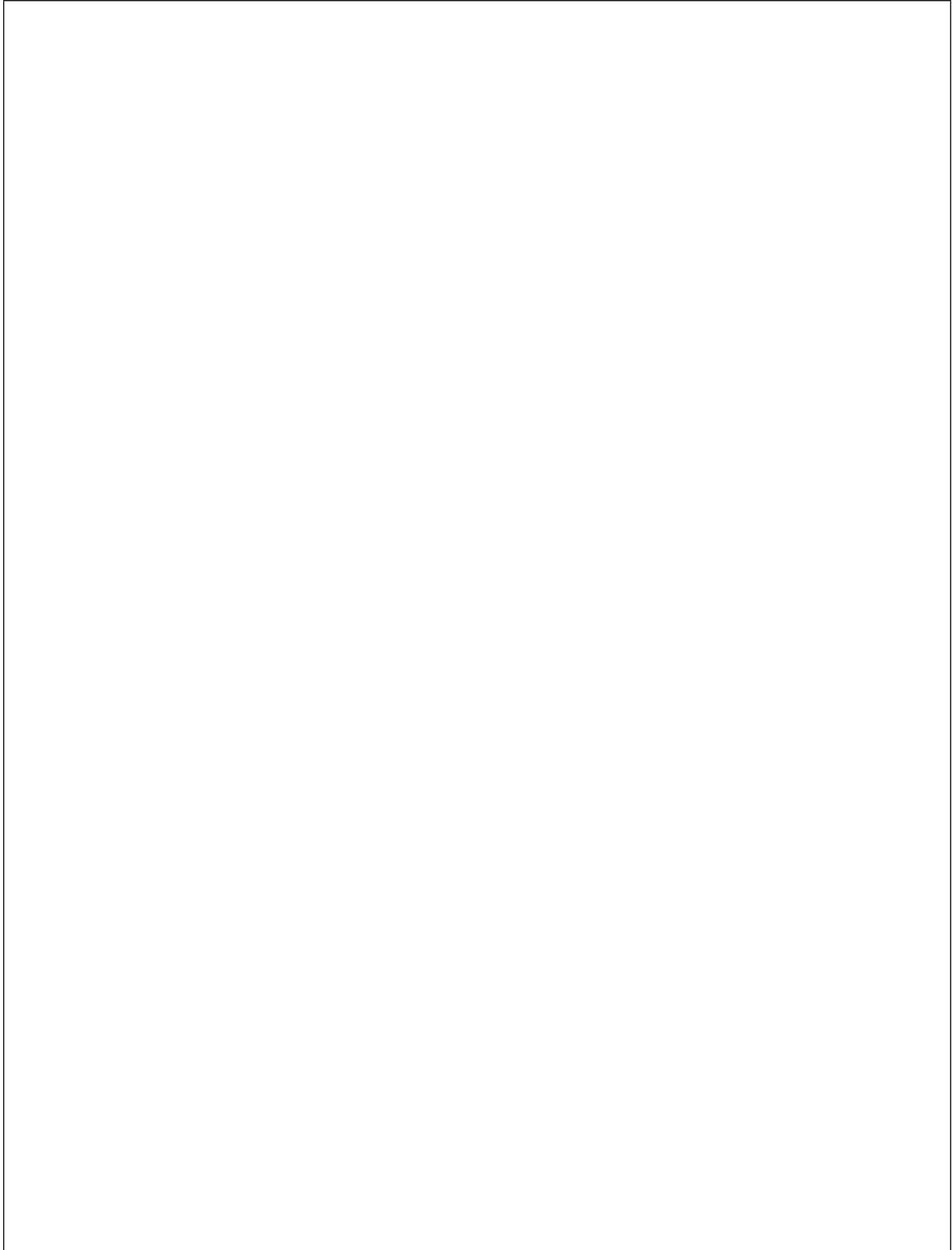
Un fusible grillé peut être identifié facilement avec un multimètre.

Une résistance de zéro (0,0 Ohm) signifie que le fusible fonctionne.

Un circuit « ouvert » (câble sectionné) peut également être identifié en utilisant la fonction ohmmètre.



Notes:



Ce module s'inscrit dans le cadre de la Learning and Knowledge Development Facility (Plateforme d'Apprentissage et de Développement des Connaissances - LKDF), mise au point par la Swedish International Development Cooperation Agency (Agence suédoise pour le développement international - Sida) et l'Organisation des Nations unies pour le développement industriel (ONUDI). Le but de la LKD Facility est de promouvoir les compétences industrielles des jeunes dans les économies émergentes. Opérant conjointement avec le secteur privé par le biais des Partenariats de développement public privé (PDPP), la LKD Facility soutient la création et l'amélioration des centres locaux de formation industrielle afin qu'ils puissent répondre aux demandes croissantes du marché de l'emploi en matière de main-d'oeuvre qualifiée, contribuant ainsi au développement industriel inclusif et durable.



ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL

Centre international de Vienne,
B.P. 300, 1400 Vienne, Autriche
Tél : +43 (1) 26026-3752
E-mail : lkd-facility@unido.org

www.lkdfacility.org