

ÉLECTRICITÉ DE BASE

Table des matières

CHAPITRE I ⚡ LA LOI D'OHM	6
CHAPITRE II ⚡ LE MULTIMÈTRE	12
CHAPITRE III ⚡ LES CIRCUITS ÉLECTRIQUES	28
CHAPITRE IV ⚡ LECTURE DE PLAN ÉLECTRIQUE	36
CHAPITRE V ⚡ LE MAGNÉTISME	56
CHAPITRE VI ⚡ LES RELAIS	64
CHAPITRE VII ⚡ LE DIAGNOSTIC DES SYSTÈMES ÉLECTRIQUES	70
CHAPITRE VIII ⚡ LE RAPPORT CYCLIQUE ET LA FRÉQUENCE	76
CHAPITRE IX ⚡ LES RÉSISTANCES ET LES SEMI-CONDUCTEURS	80

Manuel technique de formation

Cahier de l'élève

Note : Cet ouvrage a été produit à la demande de Nova Bus

Cette édition a été réalisée par le Service aux entreprises du Centre d'études professionnelles Saint-Jérôme.

CHAPITRE I • LA LOI D'OHM

Ce chapitre explique comment la valeur d'un courant (I) circulant dans un circuit dépend de la résistance (R) du circuit et de la tension (V) appliquée à ces broches. Il traite en particulier de la loi d'Ohm découverte en 1828 d'après les expériences de Georg Simon Ohm; si l'on connaît deux des trois facteurs V , I ou R , on peut calculer le troisième. La loi d'Ohm permet également de calculer la puissance électrique dissipée dans un circuit.

Figure 1.1



Pour comprendre le fonctionnement des circuits électriques et mettre au point une méthode de diagnostic logique, il faut acquérir une solide connaissance des rapports entre la tension, le courant et la résistance dans un circuit électrique et l'effet qu'ils ont entre eux.

LA LOI D'OHM

La loi d'Ohm stipule qu'un volt pousse un ampère à travers une résistance d'un ohm. À partir de l'équation de la loi d'Ohm, vous pouvez dégager les principes généraux suivants :

1. En supposant que la résistance ne change pas,
 - à mesure que la tension augmente, le flux de courant augmente;
 - à mesure que la tension diminue, le flux de courant diminue.

Figure 1.2

2. En supposant que la tension ne change pas,
 - à mesure que la résistance augmente, le flux de courant diminue;
 - à mesure que la résistance diminue, le flux de courant augmente.

Figure 1.3

FORMULE DE LA LOI D'OHM

La loi d'Ohm nous aide non seulement à comprendre les rapports entre la tension, le courant et la résistance, mais elle peut aussi nous aider à calculer une quantité électrique inconnue si les deux autres quantités électriques sont connues.

Dans la loi d'Ohm, «E» représente la force électromotrice en volts, «I» représente le flux de courant en ampères et «R» représente une résistance en ohms.

Pour trouver la valeur de E (volt), multipliez I (ampère) fois R (résistance). Lorsque I est la quantité inconnue, divisez E par R et lorsque R est la valeur manquante, divisez E par I. En vous servant de la figure illustrée ci-dessous, vous pouvez découvrir la valeur inconnue avec votre doigt et exécuter le problème mathématique indiqué.

Figure 1.4

Figure 1.5

En situation réelle de recherche de problème dans des circuits électriques automobiles, vous ne passerez pas beaucoup de temps à calculer les valeurs précises de la tension, du courant et de la résistance.

Il conviendra davantage d'examiner le problème de façon logique et de déterminer laquelle des trois variables fait défaut. Une résistance élevée, par exemple, produit un

courant faible à une tension donnée. Un courant élevé pourrait être causé par une tension excessive ou une résistance faible (comme un court-circuit). Une faible tension d'alimentation produit un courant faible à une résistance donnée.

LA PUISSANCE (WATT)

L'énergie est l'aptitude ou la capacité d'effectuer un travail. Le fait, par exemple, de tirer un canot à rames hors de l'eau pour l'amener sur le rivage requiert le déploiement d'une certaine énergie. Cette action a naturellement provoqué l'accomplissement d'un certain travail. Il faut, pour effectuer un travail, dépenser de l'énergie. Le symbole du travail et de l'énergie est W (Watt). Dans le cas du déplacement du canot sur la plage, l'énergie est corporelle. Le travail consiste à déplacer une force sur une certaine distance. La force sert à surmonter la friction et la gravitation.

De façon semblable, on peut mesurer un travail lorsqu'une pression électrique (tension) produit un passage d'électrons (courant) dans un dispositif qui absorbe une charge comme une lampe, un moteur ou un amplificateur stéréophonique.

La puissance électrique, qui produit le travail, se mesure en watts et est équivalente à la tension (en volts) multipliée par le courant (en ampères), d'où l'équation : $W = E \times I$. La puissance électrique se mesure à l'aide d'un wattmètre.

CHAPITRE II • LE MULTIMÈTRE

Il y a deux types de multimètres de base en usage aujourd'hui : le multimètre analogique (figure 2.1) qui utilise un cadran calibré et une aiguille mobile pour indiquer les valeurs numériques et le multimètre numérique (figure 2.2) qui est doté d'un affichage numérique électronique.

Figure 2.1

Étant donné que les multimètres analogiques ont une faible résistance interne (impédance), ils absorbent la puissance du circuit, tout comme si on ajoutait un autre dispositif de charge. En d'autres mots, un appareil de mesure analogique devient en réalité une partie du circuit mis à l'essai. Cela ne constitue pas un problème pour les essais électriques généraux, mais pour les mesures électroniques, la faible impédance peut engendrer des lectures imprécises et même endommager un dispositif à faible consommation mis à l'essai. C'est la raison pour laquelle on ne recommande pas de s'en servir sur les circuits électroniques de véhicules plus récents.

PRÉSENTATION DU MULTIMÈTRE NUMÉRIQUE manuelles) *Figure 2.2*

(pages

1. Affichage digital et analogique

Caractéristiques de l'affichage

- a) Affichage digital de 4 chiffres
- b) Symbole d'identification de fonctions
- c) Barographe analogique

L'affichage digital est efficace pour les valeurs stables.

Le barographe permet de suivre les fluctuations de valeurs.

2. Boutons pour fonctions secondaires

Appuyer sur le bouton pour sélectionner une fonction. Un symbole s'affichera pour valider votre choix.

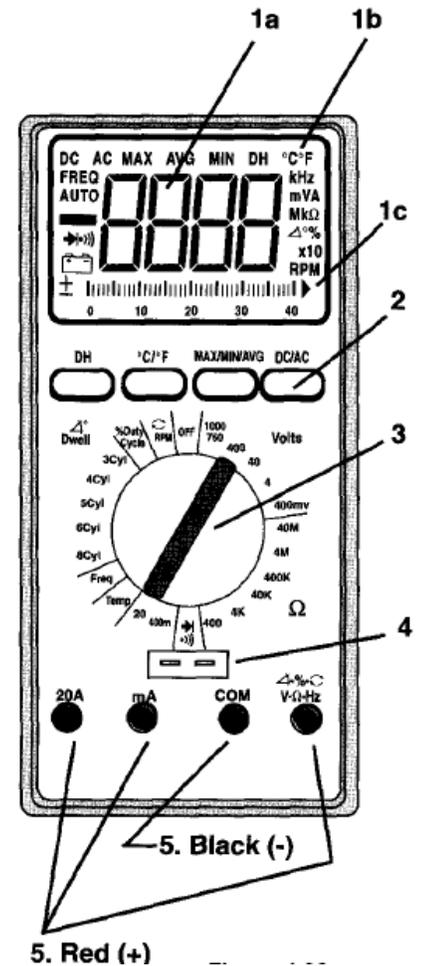
3. Commutateur rotatif

Tourner le commutateur pour sélectionner une fonction ou pour mettre le multimètre sur arrêt.

4. Branchement pour capteur de température

Insérer la sonde de température dans ces terminaux.

5. Branchement des cordons de mesure.



FONCTIONS ET SÉLECTION DE LA PLAGE OU DE L'ÉCHELLE

Tourner le commutateur rotatif dans une ou dans l'autre des directions afin de sélectionner une fonction.

Plusieurs fonctions possèdent des échelles différentes.

Toujours, sélectionnez l'échelle la plus élevée avant d'entreprendre une lecture.

Par la suite, diminuer l'échelle afin d'obtenir une lecture plus précise.

- Si l'échelle sélectionnée est trop élevée, l'affichage indiquera «0.00» dépendamment du type de multimètre utilisé.
- Si l'échelle sélectionnée est trop basse, l'affichage indiquera «OL».

Figure 2.3

AFFICHAGE DIGITAL ET ANALOGIQUE

Figure 2.5

FONCTION DES TOUCHES

Figure 2.6

SÉLECTEUR DE FONCTIONS

Pour mettre le multimètre en marche et choisir une fonction, faites tourner le commutateur rotatif à la position désirée (figure 2.7). L'affichage complet apparaît pendant une seconde lors de la routine d'autotest. Le multimètre est alors prêt à fonctionner.

Figure 2.7

<i>Sélection</i>	<i>Application</i>	<i>Sélection</i>	<i>Application</i>
<i>A</i>		<i>H</i>	
<i>B</i>		<i>I</i>	
<i>C</i>		<i>J</i>	
<i>D</i>		<i>K</i>	
<i>E</i>		<i>L</i>	
<i>F</i>		<i>M</i>	
<i>G</i>			

SÉLECTION D'UNE PLAGE DE MESURE

Le multimètre a les options de sélection de plages automatique ou manuelle. Lorsque vous choisissez une fonction, le multimètre se met automatiquement en plage *AUTO*. Lorsque vous appuyez sur le presse-bouton *RANGE*, le multimètre se positionne en mode manuel.

- En plage automatique (*AUTO*), le multimètre choisit la meilleure plage. Ceci vous permet d'aller d'un point de test à un autre sans avoir à choisir la plage.
- En plage manuelle (*RANGE*), vous choisissez la plage. Ceci vous permet d'avoir priorité sur la plage automatique. Le multimètre reste sur la plage que vous avez sélectionnée jusqu'à ce que vous changiez ou qu'il retourne sur la plage automatique.

Quand vous êtes dans la plage manuelle, appuyez sur *RANGE* pour monter d'une plage. Si vous êtes sur la plage la plus élevée, le multimètre se boucle sur la plage la plus basse. Pour passer de la plage manuelle à automatique (*AUTO*), appuyez sur le bouton *RANGE* et maintenez-le pendant deux secondes. Pour revenir sur la plage manuelle, appuyez sur *RANGE* et le multimètre entrera la sélection manuelle dans la plage où il se trouve.

Figure 2.8

FONCTION RÉSISTANCE

EXERCICES DES ÉCHELLES DE MESURE

Démarche : À partir des énoncés, dans la colonne *ÉNONCÉ*, inscrivez les chiffres au bon endroit dans la section *TRANSFORMATION*, puis en partant du principe d'un affichage du multimètre à 4 chiffres, inscrivez dans la colonne *RÉPONSE* la valeur correspondante. Voir l'exemple à la première ligne.

FONCTION OHMMÈTRE

La résistance s'oppose au passage du courant.
Pour mesurer la résistance :

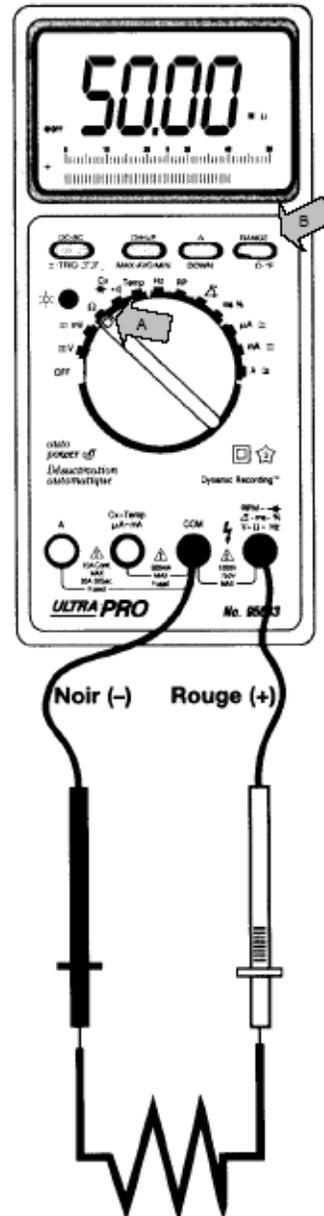
- A** → Sélectionner la fonction Résistance (Ω)
à l'aide du commutateur rotatif.
- B** → Sélectionner le calibre de mesure à l'aide
de la touche «RANGE», si une plus grande
précision est nécessaire.

Insérer:

- le cordon noir dans la borne COM;
- le cordon rouge dans la borne RPM, V et Ω .

Remarque : la résistance des cordons peut
affecter la précision dans le calibre 400.
Mettre en contact les pointes de touche et
appuyer sur la touche ZERO pour annuler la
résistance des cordons, lors de la mesure.

Placer les pointes de touche de chaque côté
de la résistance à mesurer.



FONCTION VOLTMÈTRE

La tension est la différence de potentiel électrique entre deux points. La mesure de la tension vous permet de répondre aux questions suivantes :

- Est-ce qu'il y a de la tension? La présence de tension vous indique que le circuit amène de la tension à l'organe à tester.
- Quel est le niveau de la tension? Le niveau de tension vous indique si la tension appropriée arrive à l'organe.
- Quelle est la baisse de tension? La baisse de tension vous indique quelle quantité de tension a été consommée par l'organe.

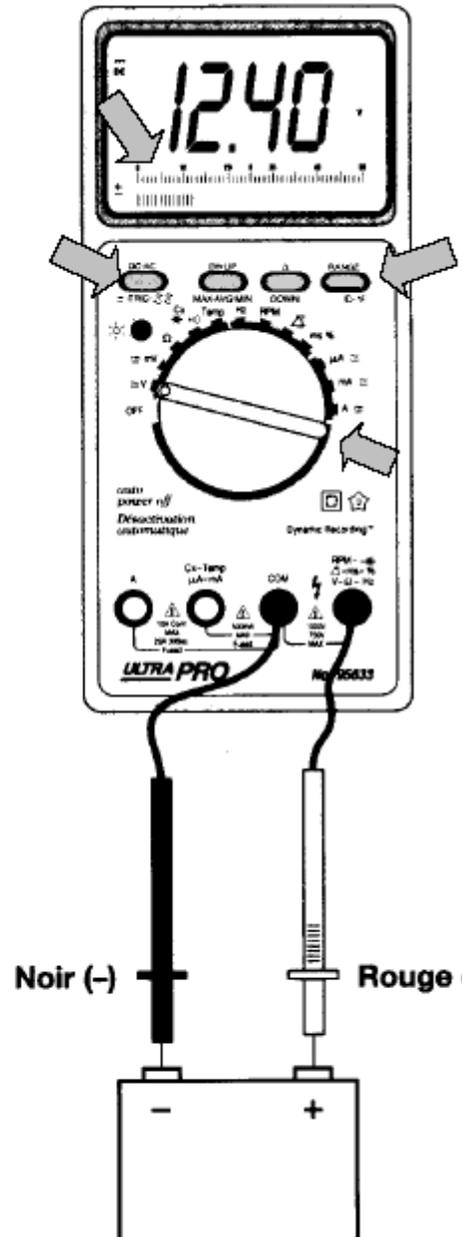
Par exemple pour mesurer le voltage :

- a) Le multimètre sélectionnera automatiquement la meilleure plage de fonctionnement.
- b) Appuyer sur la touche bleue pour sélectionner le type de courant Alternatif (AC) ou Continu (DC).

Insérer :

- le cordon noir dans la borne COM;
- le cordon rouge dans la borne RPM, V Ω .

Connecter la pointe de touche noire à la masse ou au négatif du circuit. Connecter la pointe de touche rouge à la source de courant du circuit à mesurer.



FONCTION AMPÈREMÈTRE

L'ampère est le débit du flux d'électrons qui circule dans un circuit.

Pour mesurer le flux d'électrons:

- A** → Sélectionner le calibre 20 A ou mA à l'aide du commutateur rotatif.
- B** → Appuyer sur la touche bleue pour sélectionner AC ou DC.

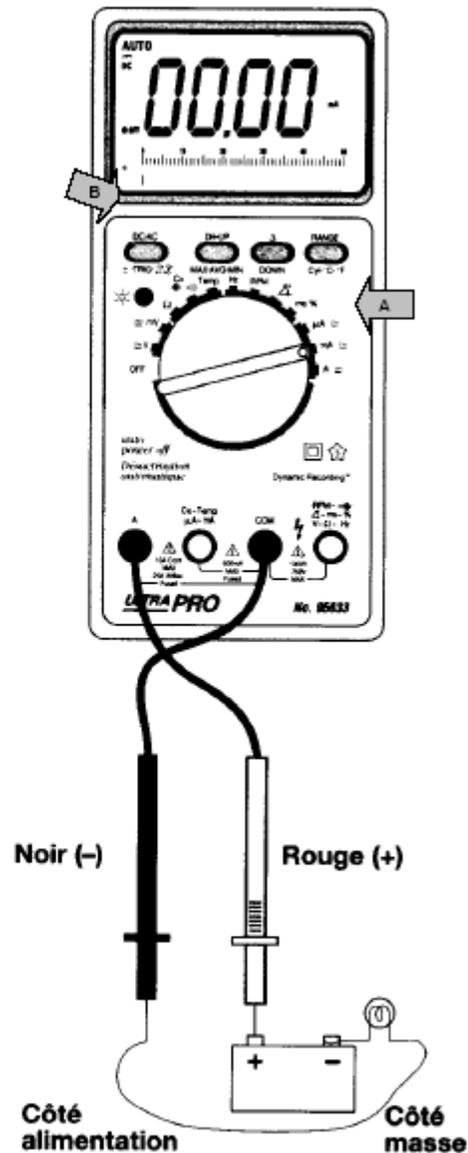
Insérer :

- le cordon noir dans la borne COM;
- le cordon rouge dans la borne 20A ou mA.
- choisir 20A en cas d'incertitude du courant mesuré.

Connecter :

- la pointe rouge au côté du circuit le plus proche de la source d'alimentation;
- la pointe noire au côté du circuit allant à la masse.
- Mettre le circuit sous tension et effectuer la mesure.

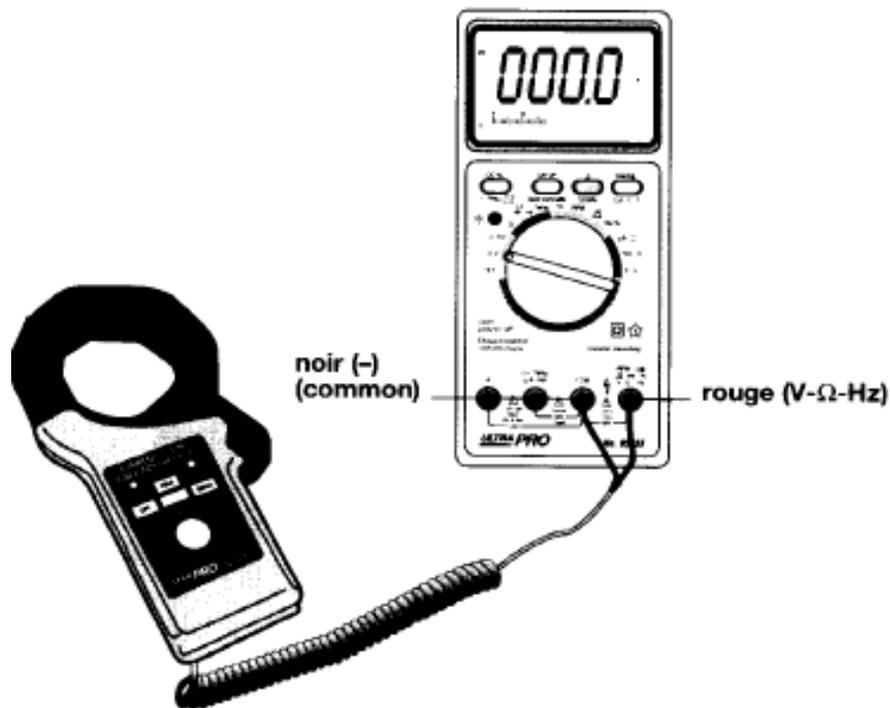
Remarque : les mesures d'intensité doivent impérativement s'effectuer avec le multimètre connecté en série dans le circuit à contrôler, comme indiqué dans le schéma.



LA PINCE AMPÈREMÈTRE PAR INDUCTION

La pince ampèremètre (figure 2.9) est un outil fort utile lors de la prise de mesures de courant supérieur à 5 ampères. Il permet une lecture précise et une protection accrue du multimètre. Cette pince utilise un système d'amplification qui permet, à l'aide d'un champ magnétique, d'évaluer la quantité de courant circulant dans un circuit. Le rapport d'amplification sortant de la pince ampèremètre vers le multimètre est de l'ordre de 1mV pour 1 ampère.

Figure 2.9



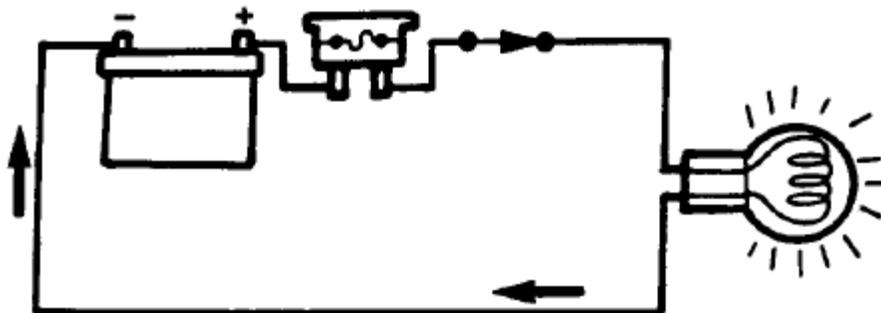
CHAPITRE III LES CIRCUITS ÉLECTRIQUES

CIRCUIT ÉLECTRIQUE SIMPLE

Trois types de circuits électriques sont plus couramment utilisés sur les véhicules : le circuit simple, le circuit série et le circuit parallèle. Ces types de circuits obéissent à des principes établis qui commandent le flux des électrons. Un circuit électrique simple (figure 3.1) est composé :

- d'une source de puissance (batterie/génératrice),
- d'un dispositif de protection (fusible, élément fusible, disjoncteur),
- d'un conducteur (habituellement un fil),
- d'un dispositif de charge qui exécute une certaine forme de travail utile, comme une lampe ou un moteur,
- d'un dispositif de commande (souvent un interrupteur ou un relai),
- d'un trajet de retour (habituellement la mise à la masse du châssis du véhicule).

Figure 3.1

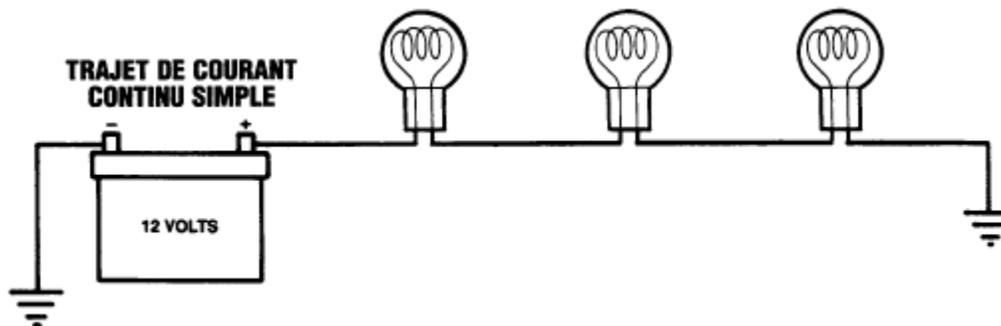


Dans un circuit simple, les électrons passent de la borne positive de la source d'alimentation par les conducteurs, le dispositif de protection du circuit, l'interrupteur, le dispositif de charge et retournent à la borne négative de la source d'alimentation en empruntant le trajet à la «masse» qui peut être un fil ou une partie métallique du véhicule. On considère qu'il s'agit ici d'un circuit fermé ou complet. La commande de circuit sur les véhicules plus récents se fait souvent du côté de la masse. Elle peut aussi se faire par relais du côté de l'alimentation.

CIRCUIT EN SÉRIE

Un circuit en série (figure 3.2) est un circuit dans lequel les éléments sont reliés successivement les uns à la suite des autres pour n'offrir qu'un passage possible au courant. Les consommateurs branchés de cette façon sont dits en série.

Figure 3.2



Dans un circuit en série, le flux de courant suit un trajet continu à partir de la source d'alimentation, passe dans les composants du circuit et revient à la source d'alimentation. Une ouverture n'importe où dans le circuit arrête le passage du courant dans le circuit en entier.

PRINCIPES DU FLUX DE COURANT DANS UN CIRCUIT EN SÉRIE

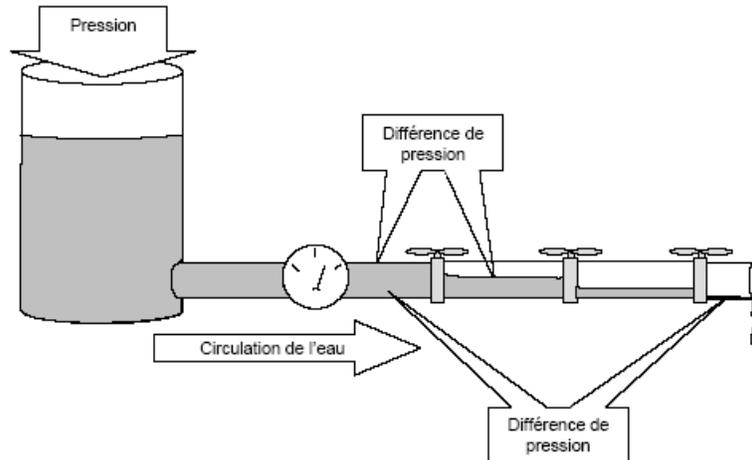
1. Le flux de courant (intensité) est le même partout dans le circuit, peu importe le nombre de dispositifs de charge.
2. Pour trouver la résistance totale, il suffit d'additionner toutes les résistances individuelles d'un circuit. ($R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$)
3. La chute de tension à travers chaque dispositif peut être calculée en suivant la loi d'Ohm. La somme de toutes les chutes de tension sera toujours égale à la tension de la source d'alimentation.

RAPPORT AVEC LA LOI D'OHM

Lorsqu'une tension constante est appliquée, une augmentation de la résistance entraîne une réduction dans le flux de courant et une diminution de la résistance entraîne une augmentation du flux de courant. Une tension basse entraîne une diminution du flux de courant et une tension plus élevée entraîne une augmentation du flux de courant. La chute (ou la perte) de tension est proportionnelle à la résistance du dispositif de charge. Plus la résistance du dispositif de charge est élevée, plus la chute de tension est élevée. On peut définir la chute de tension comme suit :

- Différence de voltage (pression) entre deux points dans un circuit.

Figure 3.3

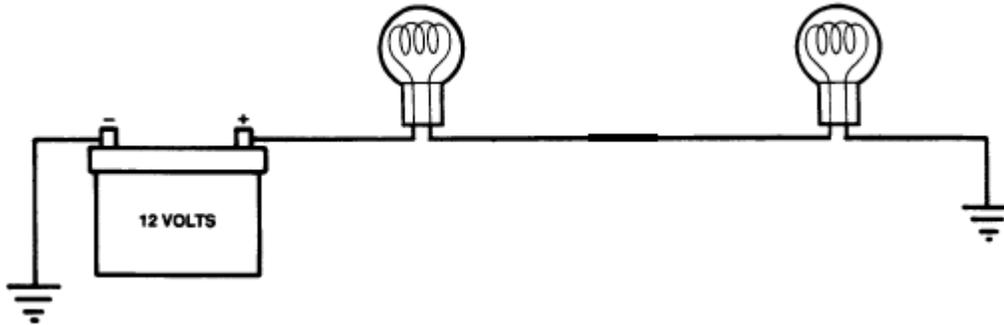


On peut appliquer la loi d'Ohm à tout un circuit électrique ou à l'une de ses parties. Lorsque le courant circule, la différence de voltage (pression) entre les bornes d'une résistance, d'un appareil électrique ou d'un fil sous tension s'appelle une « chute de tension ».

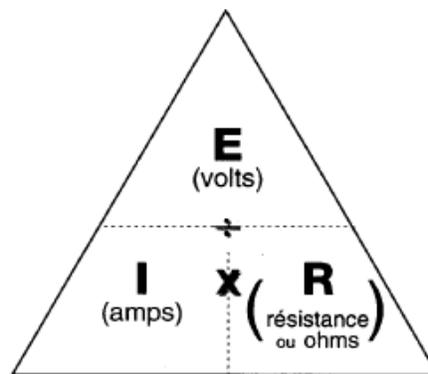
Il importe de bien retenir ces deux énoncés :

- La somme des chutes de tension d'un circuit égale toujours la tension de la source ($E_t = E_1 + E_2 + E_3$).
- La chute de tension dans chaque consommateur est égale à l'intensité multipliée par la résistance ($E_x = I \times R_x$).

Figure 3.4



Dans la figure 3.4, si chacune des lumières offre une résistance de 4 Ohms, quelle sera la chute de tension dans chacune des résistances ?



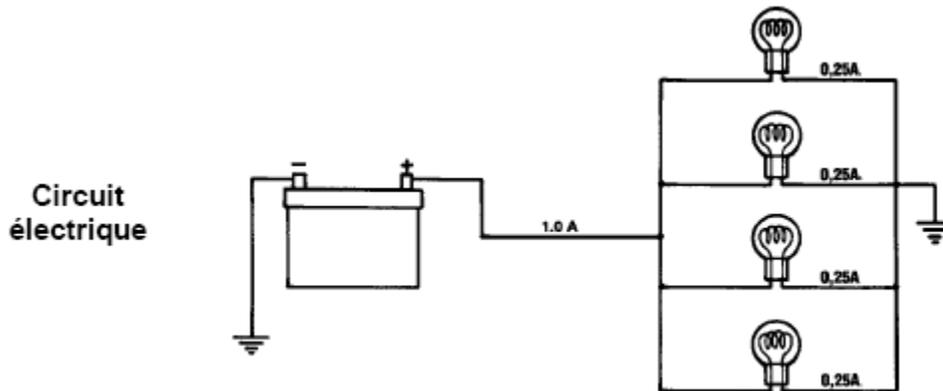
Il importe de comprendre les règles ci-dessus avant d'essayer de déceler des défauts dans les circuits électriques d'une automobile.

Une chute de tension excessive dans le circuit des phares entraîne une petite tension entre les ampoules et, donc, un éclairage faible. Une chute de tension excessive dans le circuit de charge donne un régime de charge faible et une batterie déchargée. Les causes habituelles d'une chute de tension sont : un fil de diamètre trop petit, des brins de câble cassés, des connexions corrodées ou lâches aux extrémités du fil. Toutes ces causes augmentent la résistance et diminuent donc le flux d'électrons libres (intensité).

LES CIRCUITS PARALLÈLES

Dans un circuit parallèle (figure 3.5), le courant peut passer dans deux ou plusieurs trajets ou branches. Les points où le flux de courant se divise en branches parallèles ou se rejoint à nouveau sont appelés jonctions. Une ouverture dans une branche n'arrête pas le flux de courant dans les autres branches. De façon semblable, une résistance élevée ou faible dans une branche ne touche que les composants de la branche.

Figure 3.5



PRINCIPES DU FLUX DE COURANT DANS UN CIRCUIT PARALLÈLE

1. La tension appliquée à chaque dispositif de charge est identique à la tension d'alimentation.
2. Le flux de courant dans chaque dispositif de charge est déterminé par la résistance de chaque circuit.

La résistance totale d'un circuit parallèle est toujours inférieure à la valeur de résistance la plus basse dans n'importe quelle branche.

Le calcul de la résistance totale est un peu plus compliqué que pour les résistances en série, qui sont simplement calculées en les additionnant. La formule pour calculer la résistance totale des charges parallèles ressemble à ce qui suit :

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots = \frac{1}{R_{eq}} = R_t$$

Cette formule s'appuie sur l'énoncé suivant ; I_t est la somme de tous les courants qui circulent dans les branches, d'où :

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

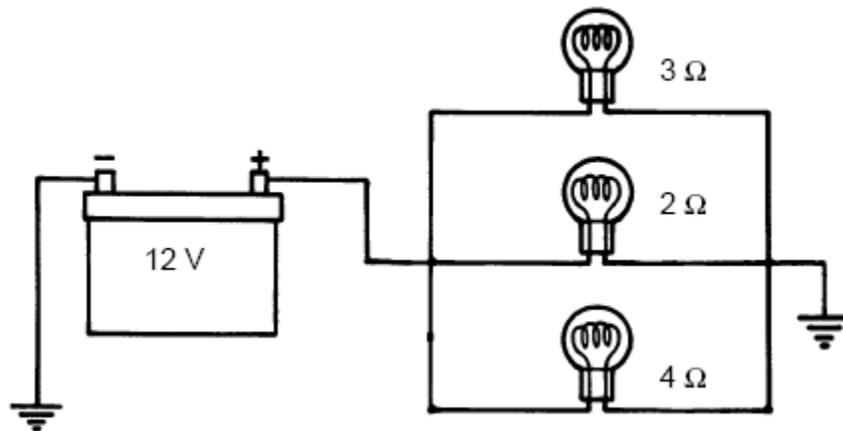
Or, l'intensité (I) de chaque branche est égale à V divisé par la résistance (R) de la branche. Remplaçons (I_t) par V/R_t , puis I_1 par V/R_1 , I_2 par V/R_2 et I_3 par V/R_3 , on obtient la formule suivante :

$$\frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = \frac{V}{R_t}$$

En divisant V qui est le même pour toutes les résistances, on obtient :

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_{eq}}$$

Figure 3.6



Calculer la résistance et l'intensité totale du circuit de la figure 3.6.

$R_T =$ _____ $I_T =$ _____

LES CIRCUITS MIXTES

Les circuits électriques mixtes sont une combinaison des deux types de circuits que nous venons d'étudier. Pour calculer les paramètres d'un circuit mixte, on doit se servir des notions précédentes et les appliquer à la partie du circuit qui est soit en série ou en parallèle.

Demandez au formateur de faire un exercice de calcul avec vous.

CHAPITRE IV **LECTURE DE PLAN ÉLECTRIQUE**

Représenté, un circuit électrique tel qu'il est, serait une entreprise particulièrement compliquée et le schéma ainsi réalisé serait difficile à comprendre. C'est la raison pour laquelle la représentation graphique des circuits électriques fait appel à divers symboles qui correspondent aux composants électriques et aux câbles électriques.

Dans la réalité, sur un véhicule, il y a de nombreux circuits électriques ainsi que de nombreux câbles et des connecteurs assurant la liaison entre les uns et les autres.

Lorsqu'on vérifie un circuit électrique, il est facile de localiser la batterie ainsi que les divers autres composants (c'est par exemple le cas des lumières, de l'avertisseur) mais il est plus difficile de localiser sur le véhicule; les fusibles, les boîtiers de raccordement, les relais, les connecteurs, les câbles, etc.

C'est la raison pour laquelle sont réalisés les schémas de câblage électrique sur lesquels sont représentés non seulement les principaux composants, mais également les fusibles, les boîtiers de raccordement, les relais, les connecteurs et les câbles électriques. Tous les schémas électriques d'un véhicule donné sont regroupés dans un même document appelé manuel des schémas de câblage électrique (wiring diagram).

Un schéma électrique est une représentation presque photographique de la réalité. À l'aide d'un tel schéma, le technicien peut, d'un seul d'œil, avoir un aperçu complet du circuit concerné.

Les systèmes électriques et électroniques sont tellement complexes qu'il existe plusieurs dizaines de schémas pour un seul et même véhicule. Il est donc primordial d'accéder au bon diagramme de câblage. Habituellement, les manufacturiers utilisent des légendes pour identifier :

- les composants;
- les connecteurs;
- les circuits;
- les fils électriques;
- les différents modules.

Il existe trois catégories de plan électriques :

1. le plan de montage;
2. le plan de filage;
3. le plan schématique.

Un plan de montage nous indique de quelle façon sont montés les circuits entre eux.
L'image suivante en est un exemple.

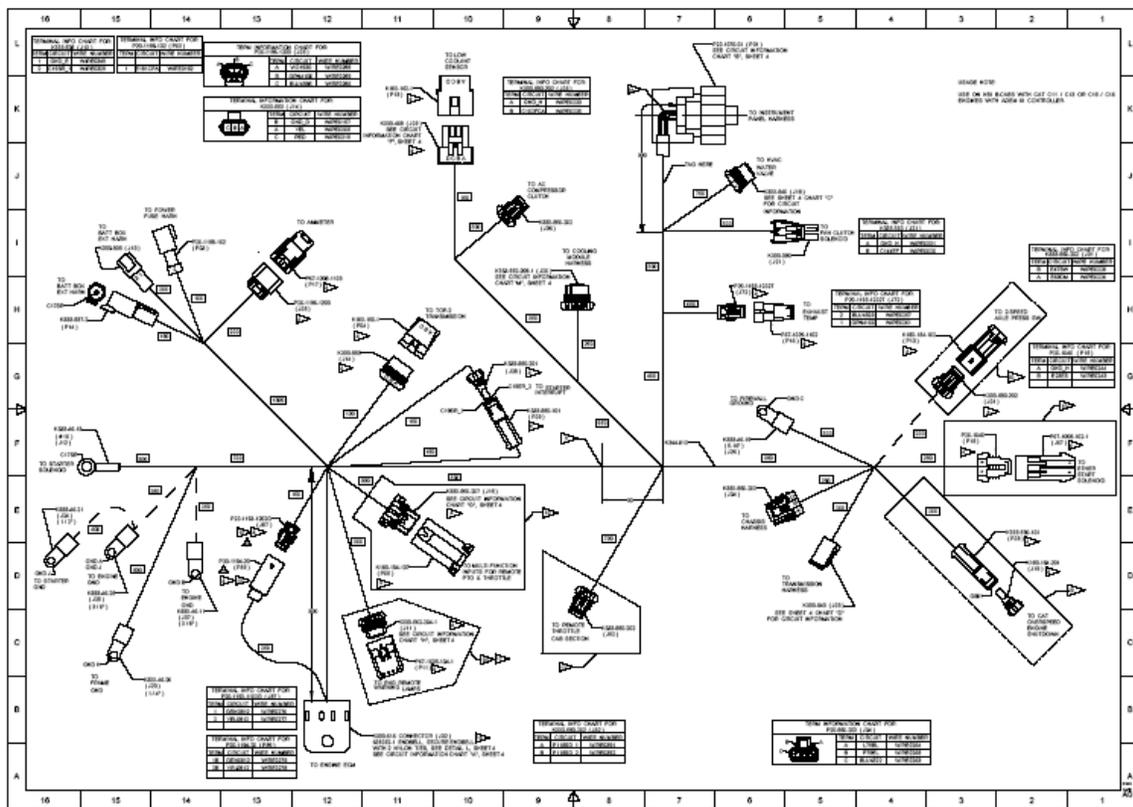


Figure 1 : Plan de montage

Pour sa part, le plan de filage ou plan de localisation, nous indique comment le circuit est assemblé sur le véhicule et à quel endroit sont les composants.

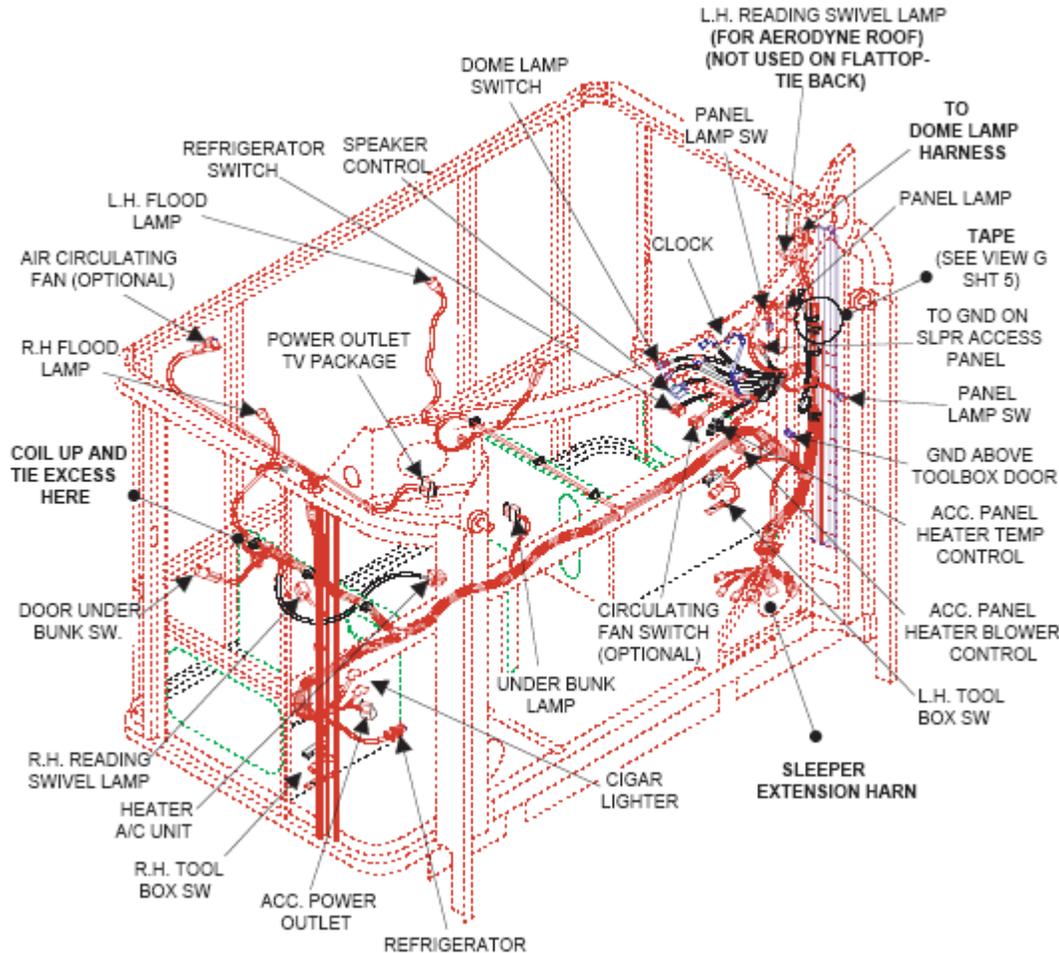


Figure 2 : Plan de localisation

Enfin, le plan schématique est celui que nous utilisons le plus dans un processus de diagnostic. Ce type de plan nous affiche de façon très détaillée, les liaisons des circuits électriques, la source de courant, la source de la masse. Pour pouvoir utiliser le plan correctement, il faut préalablement :

- connaître la marque du fabricant;
- l'année de fabrication;
- le modèle.

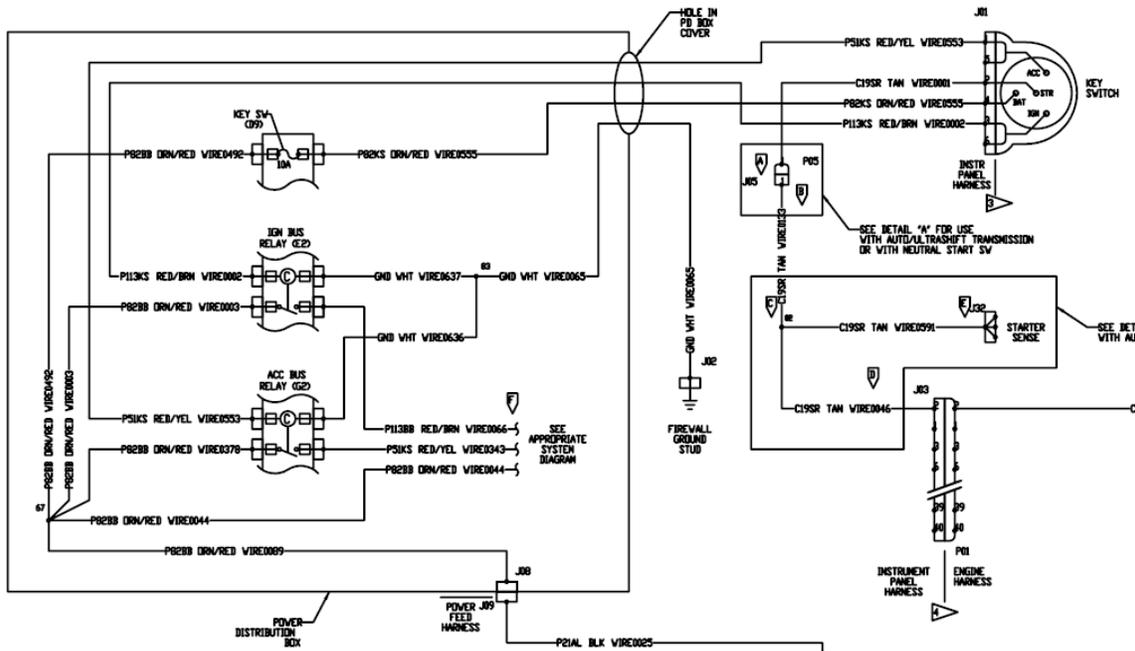


Figure 3 : Plan schématique

Une fois que nous avons sélectionné le bon diagramme, il reste à l'interpréter. Pour ce faire, il faut :

- localiser le circuit défectueux;
- localiser la source de courant;
- suivre très attentivement le cheminement du circuit;
- identifier les circuits dérivés;
- localiser la ou les mises à la masse.

La représentation graphique des schémas de câblage obéit à certaines règles. Il est nécessaire de connaître ces règles avant de pouvoir lire correctement les schémas de câblage.

LES SYMBOLES

Cependant, avant d'aborder cette question de symbolisme, nous allons essayer d'en savoir plus long sur le calibre des fils électriques.

Les fils électriques que l'on retrouve dans un camion sont généralement constitués de plusieurs brins torsadés, offrant ainsi la souplesse nécessaire pour supporter, sans rupture, les vibrations et les flexions auxquelles ils sont soumis lorsque la voiture roule. Ces brins sont en cuivre.

Ces fils électriques sont isolés grâce à une gaine de plastique souple qui résiste à l'humidité, aux vapeurs d'essence et d'huile, aux acides et aux variations considérables de température.

Le tableau suivant indique la correspondance unités métriques versus unités américaines AWG pour le calibre d'un fil (diamètre du fil).

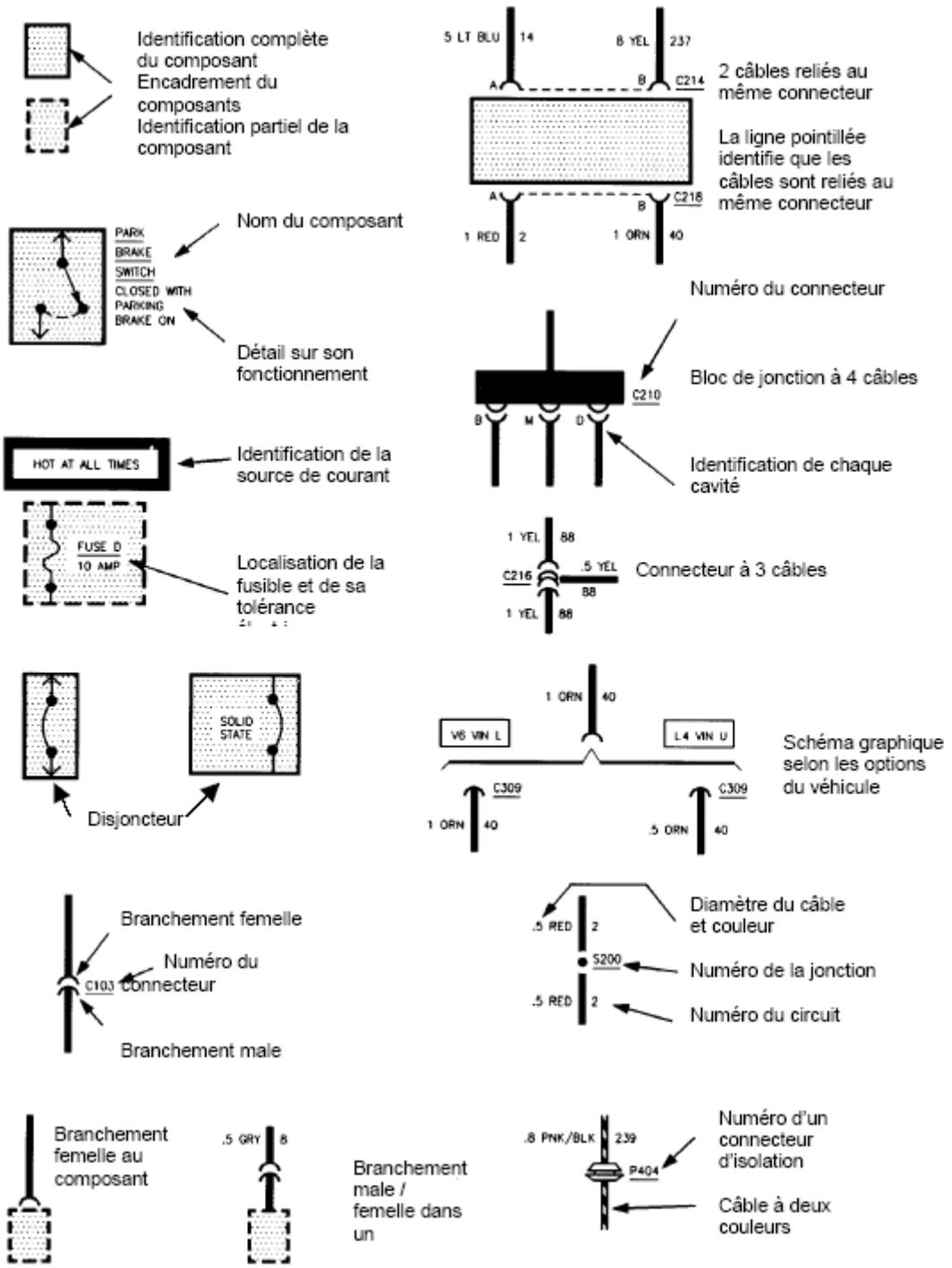
Quant au calibre utilisé pour un fil électrique particulier, il dépend de l'intensité du courant qui le traverse, mais aussi de la longueur du fil électrique.

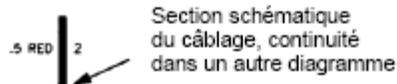
Diamètre métrique	Diamètre AWG
0,22	24 petit
0,35	22
0,5	20
0,8	18
1,0	16
2,0	14
3,0	12
5,0	10
8,0	8
13,0	6
19,0	4
32	2 gros

Ensuite, les manufacturiers utilisent des codes de couleurs pour faciliter le repérage des câbles sur le véhicule.

Code de couleur des câbles			
Code de couleur	Couleur	Code de couleur	Couleur
BK	Noir	PK	Rose
BR	Brun	RD	Rouge
DB	Bleu foncé	TN	Brun pâle
DG	Vert foncé	VT	Violet
GY	Gris	WT	Blanc
LB	Bleu pâle	YL	Jaune
LG	Vert pâle	OR	Orange

Les symboles suivants sont utilisés dans la représentation graphique des schémas de câblage électrique. Ils correspondent aux composants électriques montés sur les véhicules.





Section schématique
du câblage, continuité
dans un autre diagramme



Identification schématique
Du composant dans un
autre diagramme



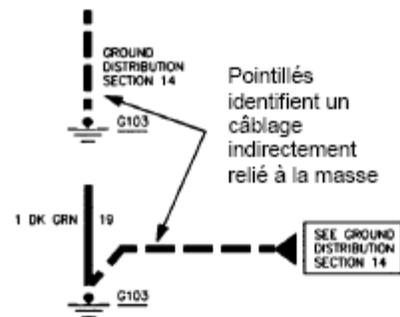
Flèche identifiant le sens du
courant vers le système utilisé



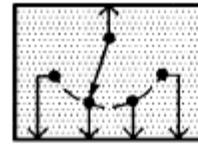
Composant relié à la masse
par son boîtier



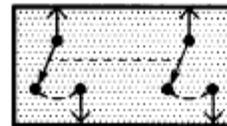
Numéro de branchement
D'une mise à la masse



Pointillés
identifient un
câblage
indirectement
relié à la masse

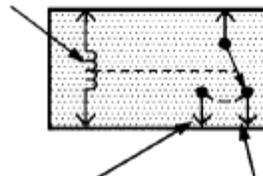


Interrupteur
À multiple
positions



Les pointillés
démontrent
des contacts
fonctionnant
ensemble

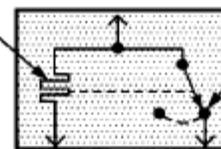
Bobine



Contact normalement
ouvert

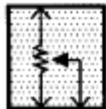
Contact normalement
fermer

Élément
chauffant



Contacteur
activé par la
chaleur

Potentiomètre
Haut parleur



Diode émettrice

Résistance

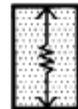
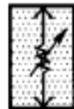


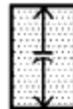
Photo transistor

Résistance variable



Diode

Condensateur

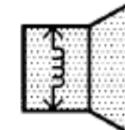


Piézoélectrique



Bobine

Moteur



Lumière

Avant d'effectuer un ou des tests quelconques il faut avant tout, en plus d'avoir le plan, connaître le fonctionnement du ou des circuits défectueux, car sinon on risque d'aggraver le problème au lieu de le résoudre. Dans le cas de problèmes électriques qui proviennent du système de gestion électronique du véhicule, il existe dans la plupart des cas des chartes de diagnostic, c'est-à-dire des genres d'organigrammes, qui nous guident dans les différentes étapes du diagnostic.

Ces chartes sont très utiles, car elles nous indiquent le processus à suivre dépendamment du résultat obtenu lors d'un test effectué sur le circuit défectueux. De plus, ces chartes contiennent généralement les spécifications ou les lectures que l'on devrait obtenir si le circuit est en bonne condition. En voici un exemple :

PC-35

Functional Test

TEST STEP	RESULT	DIAGNOSIS/ACTION
<p>Step 1: Connect an Electronic Service Tool and Note All Active Diagnostic Codes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Connect Electronic Service Tool to the Cab Data Link Connector. • Turn the ignition key ON, Engine OFF. Wait at least 15 seconds for Codes to become Active. • Check to see if one of the following diagnostic codes is Active. <ul style="list-style-type: none"> - 100-03 Oil Pressure Sensor Open Circuit (24) - 100-04 Oil Pressure Sensor Short Circuit (24) - 102-00 Boost Pressure Sensor Stuck High (25) - 102-03 Boost Pressure Sensor Open Circuit (25) - 102-04 Boost Pressure Sensor Short Circuit (25) - 105-03 Intake Manifold Air Temp. Open Circuit (38) - 105-04 Intake Manifold Air Temp. Short Circuit (38) - 108-03 Atmospheric Pressure Sensor Open Circuit (26) - 108-04 Atmospheric Pressure Sensor Short Circuit (26) - 110-03 Coolant Temp. Sensor Open Circuit (27) - 110-04 Coolant Temp. Sensor Short Circuit (27) - 171-03 Outside Air Temp. Sensor Open Circuit (00) - 171-04 Outside Air Temp. Sensor Short Circuit (00) - 174-03 Fuel Temperature Sensor Open Circuit (13) - 174-04 Fuel Temperature Sensor Short Circuit (13) • Code 232-03 +5V Supply Above Normal or 232-04 +5V Supply Below Normal (+5 V Sensor Supply Codes) should not be Active. <p>NOTE: Codes 171-03 and 171-04 apply to Personality Module Release Date NOV95 or later ONLY. Ensure an Outside Air Temperature Sensor is installed if Idle Shutdown is programmed to Outside Air Temp.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Is one of the Codes listed Active? 	<p>YES ⇒</p> <p>NO ⇒</p> <p>Active +5V Sensor Supply Code ⇒</p>	<p>Proceed to the next step.</p> <p>If the codes listed are Logged only and the engine is not currently running properly, refer to the section on troubleshooting by symptoms.</p> <p>If either of the +5V Supply Codes, 232-03 or 232-04, are Active, refer to Procedure "PC-34: +5V Sensor Voltage Supply Circuit Test" on page 256.</p> <p>DO NOT use this procedure until the +5V Supply procedure is completed.</p>

Figure 4 : Charte de diagnostic

Les constructeurs emploient différents types de connecteurs. Ces connecteurs permettent d'effectuer un branchement non permanent qui offre une bonne solidité, un bon contact et une excellente étanchéité.

Ces connecteurs sont identifiés selon leurs formes physiques et leurs nombres de branchements. Les connecteurs les plus populaires sont :

Type weather pack (embout rond dans un connecteur en plastique)



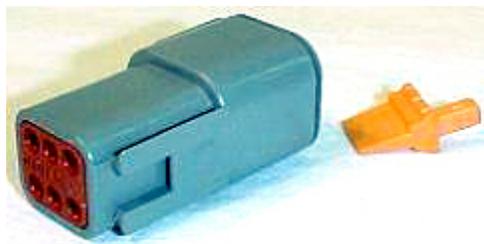
Type metri pack (embout rectangle dans un connecteur en plastique)



Type micro pack (micro embout rectangle dans un connecteur en plastique)



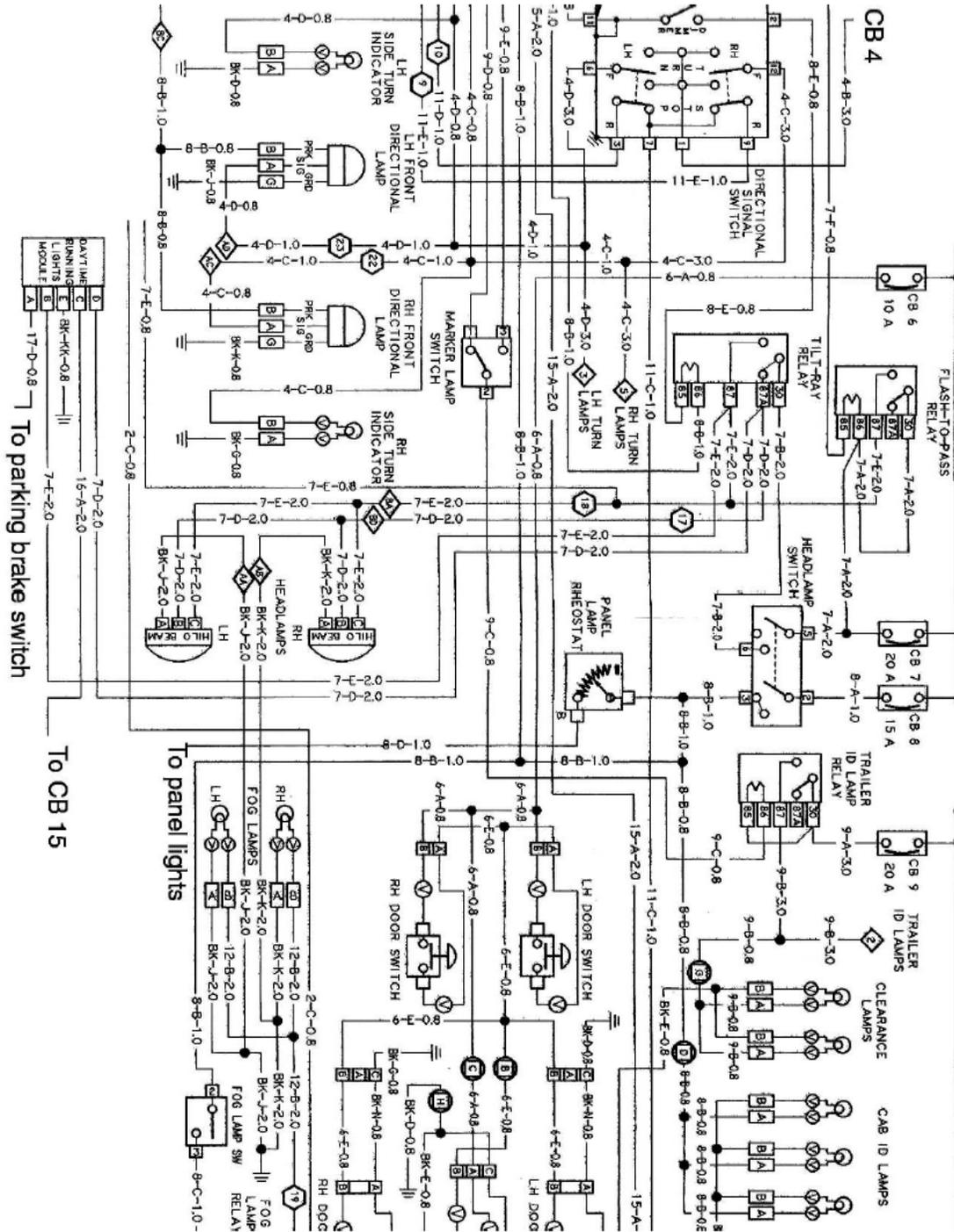
Type deutsch (embout rectangulaire ou rond dans un connecteur en plastique ou en métal retenu avec une insertion)



Type Amphenol (embout rond avec anneau de blocage dans un connecteur en plastique ou en métal)



DIAGRAMME DES PHARES AVANT



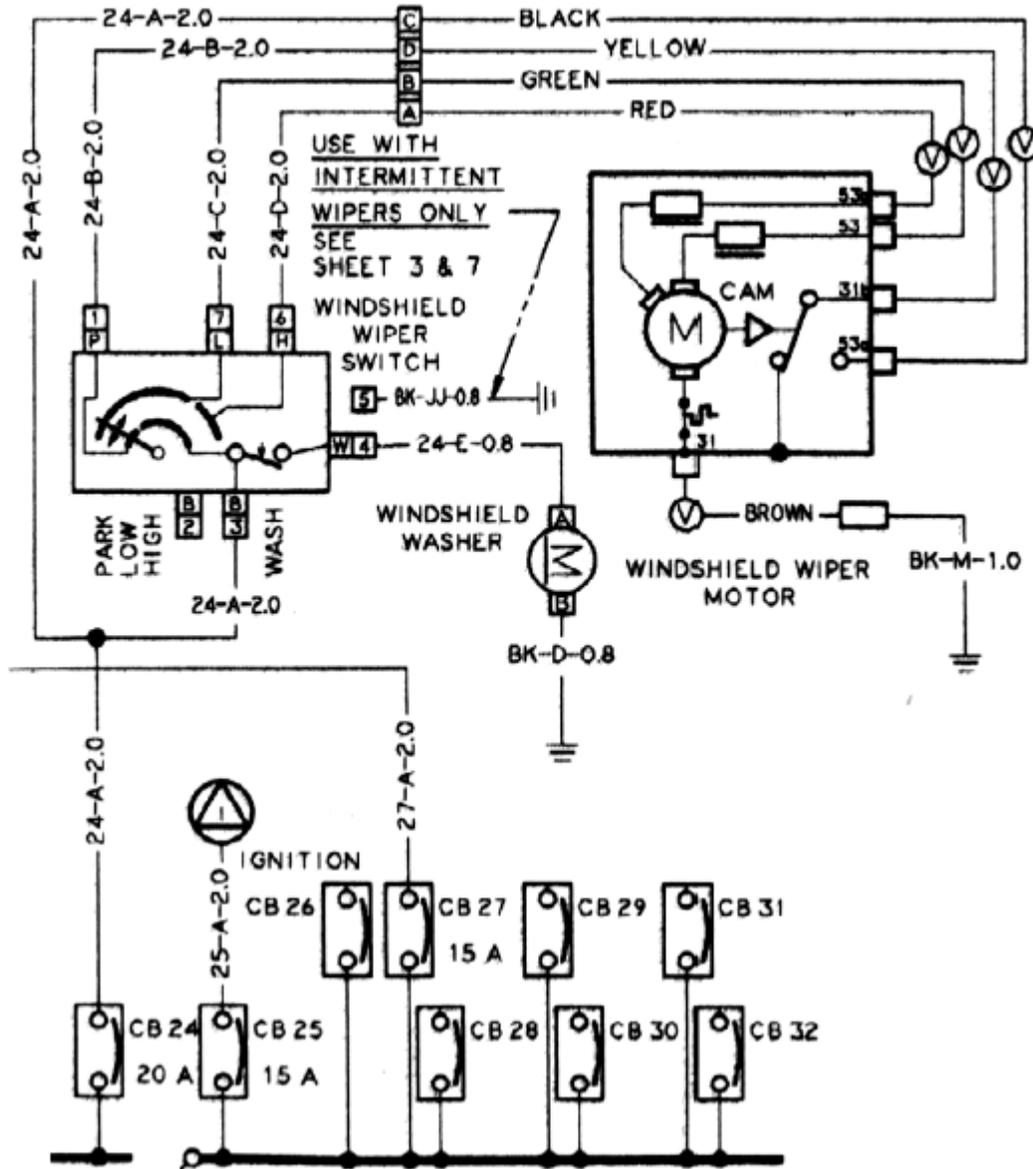
EXERCICE 1

1. À l'aide d'un crayon de couleur, tracer le cheminement du courant dans le circuit du phare avant droit.
2. Combien y a-t-il de mise à la masse dans ce diagramme ? _____
3. Combien y a-t-il de composants de protection dans le diagramme ? _____
4. Quels sont les composantes qui contrôlent le fonctionnement des phares avant ?

5. Quel est le diamètre du câble du circuit # 8A ? _____
6. Combien y a-t-il de connecteurs au module «Tilt-Ray Relay» ? _____
7. Quel est le numéro de la jonction reliant les phares de basse intensité des deux côtés ? _____
8. Localiser le disjoncteur des lumières de remorque ? _____

SCHEMA DES ESSUIE-GLACES

C 202

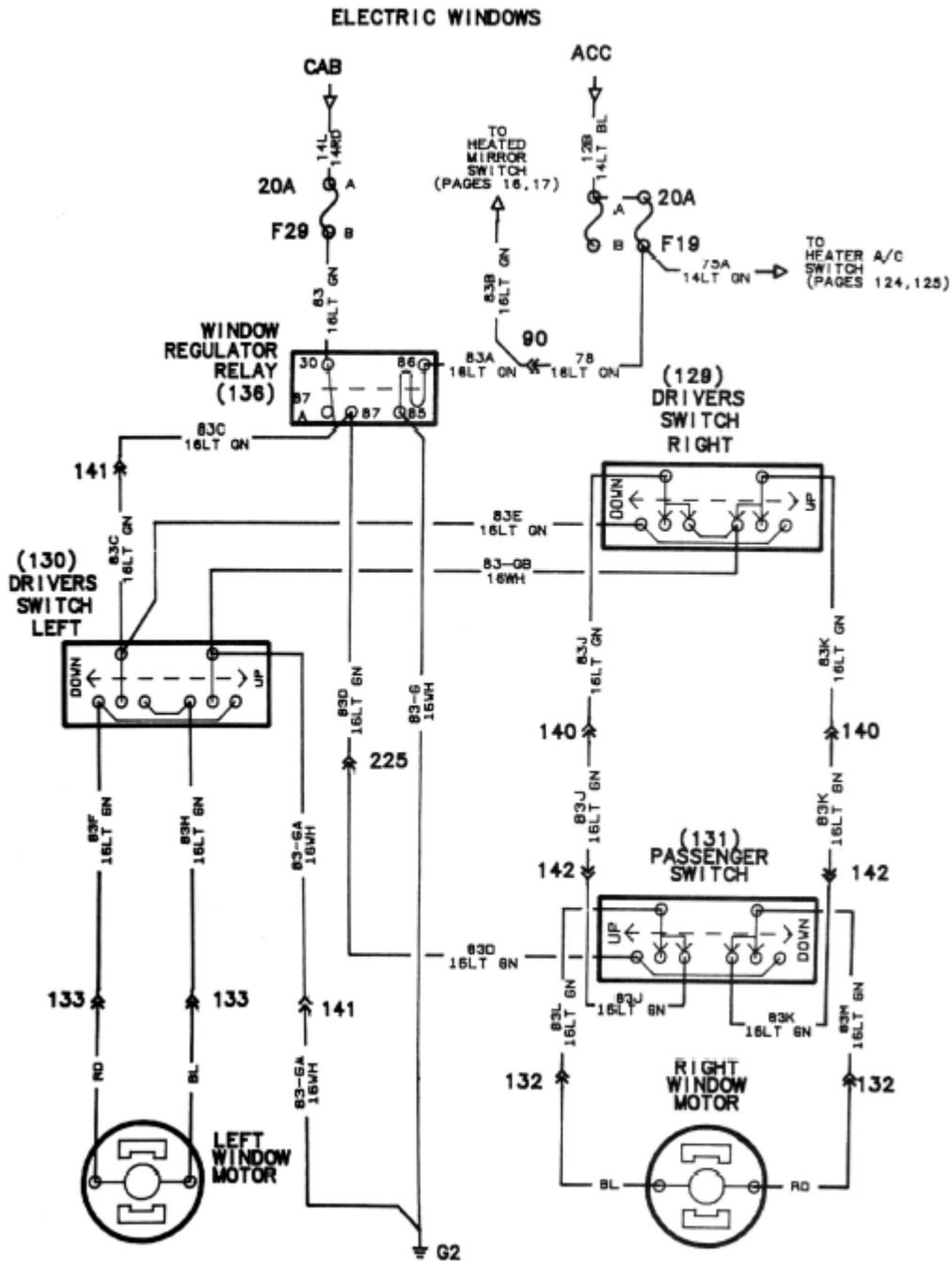


EXERCICE 2

1. Combien y a-t-il de vitesses de contrôle au moteur des essuie-glace ? _____
2. Tracer le circuit de la première vitesse des essuie-glace.
3. Quel composant contrôle le moteur de lave-vitre ? _____
4. Quelle est la couleur du circuit # 24C ? _____
5. Quel est le diamètre du fil du circuit # 24E ? _____
6. Quel est le numéro du connecteur du moteur de lave-vitre ? _____
7. Combien y a-t-il de composants de protection dans ce diagramme ? _____
8. Quels sont-ils ? _____
9. La première vitesse ne fonctionne pas mais toutes les autres vitesses fonctionnent. Quelle serait la cause la plus probable de ce mauvais fonctionnement ?

10. À l'aide d'un crayon de couleur différent, tracer le circuit du moteur de lave-glace.

SCHÉMA DES VITRES ÉLECTRIQUES

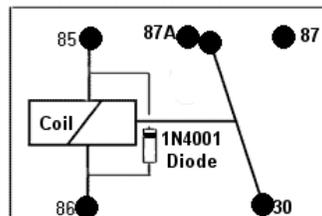


EXERCICE 3

1. Tracer le circuit du moteur de la porte côté droit.
2. Quel composant contrôle le moteur droit ? _____
3. Quelle est la couleur du circuit # 83C ? _____
4. Quel est le diamètre du circuit # 83GA ? _____
5. Quel est le numéro du connecteur du moteur gauche ? _____
6. Combien y a-t-il de composants de protection dans ce diagramme ? _____
7. Quels sont-ils ? _____
8. À l'aide d'un crayon de couleur différent, tracer le circuit du moteur droit en position de *down*.

EXERCICE 4

Effectuer le branchement du relai pour que celui-ci contrôle des phares antibrouillard.



CHAPITRE V • LE MAGNÉTISME

Le magnétisme, comme l'électricité, est difficile à définir. Il s'agit de la propriété de certains corps à se polariser, c'est-à-dire d'orienter leurs molécules selon une polarité nord-sud et d'attirer le fer ou l'acier. Le magnétisme est un phénomène naturel dans certains minéraux. Il peut être créé électriquement en faisant passer un courant dans un enroulement ou une bobine, ou même dans un conducteur rectiligne. Les implications les plus importantes du magnétisme dans le domaine de l'automobile sont les suivantes:

- Production d'électricité par un alternateur ou une génératrice.
- Création d'un mouvement linéaire ou rotatif (solénoïdes et moteurs électriques).
- Augmentation de la tension d'un courant comme dans la bobine d'allumage.
- Appareils de mesure et indicateurs.

PROPRIÉTÉ D'UN AIMANT

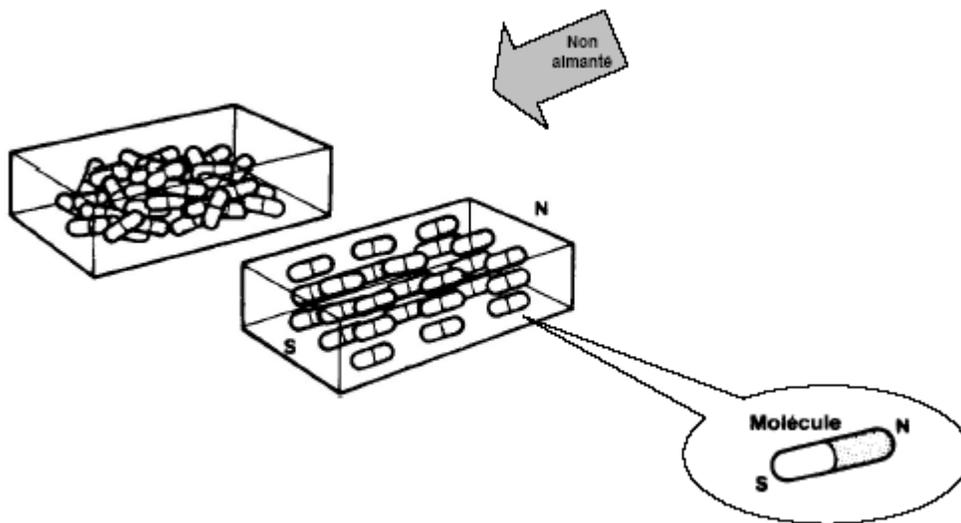
Un aimant naturel est un corps qui a la propriété d'attirer et de retenir les particules ferreuses. Un aimant peut également aimanter le fer et transférer le magnétisme à d'autres corps.

ORIENTATION DES MOLÉCULES

Les métaux les plus facilement attirés par un aimant sont le fer, l'acier, le nickel, le cobalt et différents alliages de ces métaux, qui sont appelés des métaux magnétiques. Les physiciens pensent que le magnétisme est une propriété de la particule la plus petite d'une substance ou d'un élément chimique.

- Cette particule élémentaire d'un élément composé porte le nom de molécule, comme une molécule d'oxyde de fer.
- Dans le cas d'un élément pur comme le fer, la particule élémentaire est l'atome. À l'état naturel, les molécules sont généralement disposées au hasard. Lorsque le corps ou la substance est aimantée, les molécules s'orientent selon une polarité nord-sud.
- Le fer doux peut être aimanté temporairement et perd rapidement ses propriétés magnétiques lorsque l'influence magnétique à laquelle il est soumis est supprimée.
- L'acier est utilisé dans la fabrication d'aimants permanents, car il conserve ses propriétés magnétiques pendant longtemps.

Figure 5.1

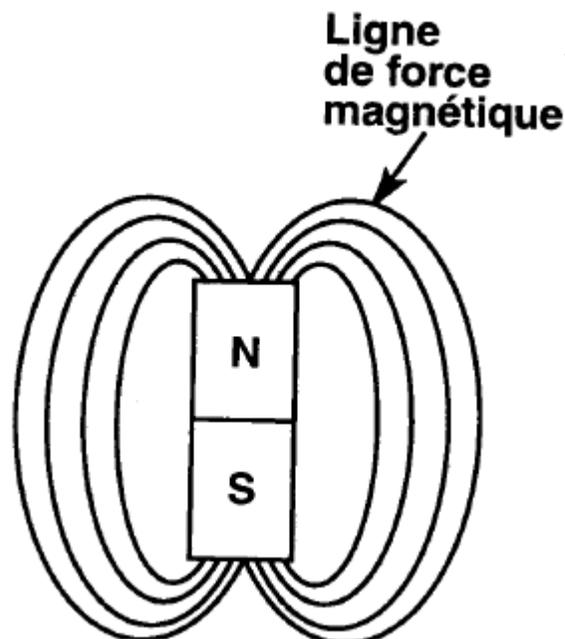


LIGNES DE FORCE

La manifestation du magnétisme est le résultat de lignes de force ou de flux magnétique autour et à l'intérieur d'un corps aimanté. Dans le cas d'un aimant droit :

- Les lignes de force sortent de l'aimant au pôle Nord et reviennent par le pôle Sud.
- À l'intérieur de l'aimant, les lignes de force se déplacent du sud au nord et ferment la boucle.
- Le champ magnétique est l'espace situé immédiatement autour de l'aimant et qui contient les lignes de force. C'est l'influence de ces lignes de force qui caractérise le magnétisme.

Figure 5.2



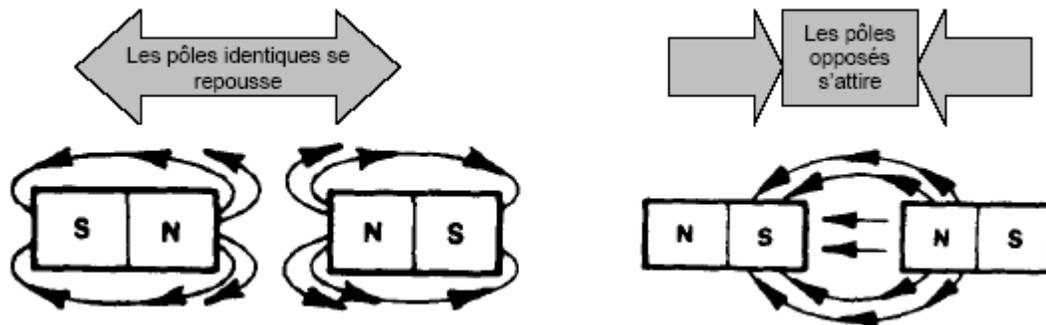
ATTRACTION ET RÉPULSION

Nous avons vu précédemment qu'en électricité deux éléments de polarité inverse s'attirent et deux éléments de polarité semblable se repoussent. Ces notions s'appliquent aussi au magnétisme.

Si deux aimants sont approchés l'un de l'autre:

- Les pôles semblables se repoussent, car les lignes de force se déplacent en sens inverse et ne peuvent pas se croiser.
- Les pôles différents s'attirent. Les champs magnétiques des deux aimants tendent à former la boucle la plus petite possible et attirent les deux aimants l'un vers l'autre.

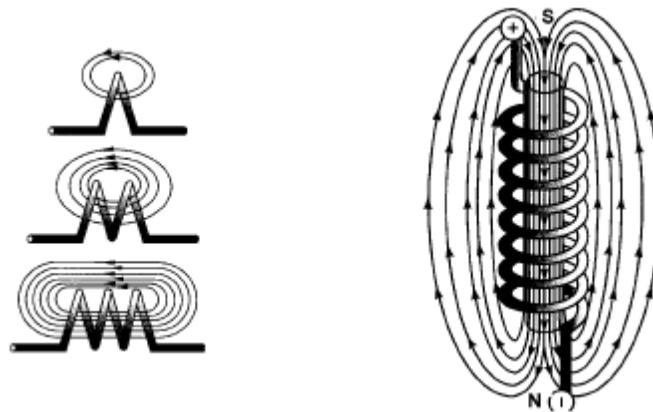
Figure 5.3



INTENSITÉ D'UN CHAMP MAGNÉTIQUE

Il est possible d'augmenter la puissance d'un électro-aimant en enroulant le fil conducteur en spirales. Les lignes de force sont alors concentrées au centre. Plus l'électro-aimant comporte de boucles ou de spirales, plus son champ électromagnétique est fort.

Figure 5.4



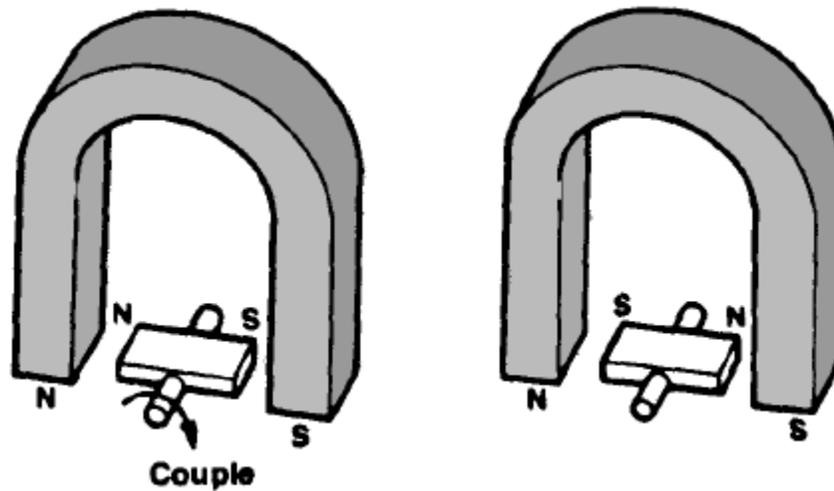
FORCE ÉLECTROMOTRICE

La force magnétomotrice ou F.M.M. est la force qui provoque le déplacement des lignes de force d'un champ magnétique, comme la force électromotrice F.E.M. est la force qui provoque le déplacement du courant électrique (électrons). Elle est égale au nombre de tours d'un enroulement multiplié par l'intensité du courant qui le traverse (ampères) et s'exprime en « ampères-tours ».

PRINCIPES DES MOTEURS ÉLECTRIQUES

Si un aimant, monté sur un axe pour pouvoir tourner, est placé à l'intérieur d'un aimant en fer à cheval, il tournera. Les pôles semblables se repousseront et l'aimant tournera de 180 degrés jusqu'à ce que les pôles différents soient face à face. La force du champ magnétique produit un couple ou une force de rotation. C'est le principe d'un moteur électrique.

Figure 5.5



La rotation peut être rendue continue en inversant la polarité de l'aimant intérieur ou induit chaque fois qu'il fait un demi-tour. Pour ce faire, l'induit doit être un électro-aimant relié à une bague en deux parties qui porte le nom de collecteur ou bague collectrice.

- Le collecteur inverse le sens du courant et provoque l'inversion de la polarité de l'induit.
- Les bagues du collecteur tournent sur des balais en carbone (charbon) qui transmettent le courant de la source à l'induit.
- La polarité des aimants fixes ou aimants d'excitation reste constante.
- Dans un moteur électrique réel, l'induit comporte plusieurs enroulements et le collecteur a plusieurs bagues pour permettre un fonctionnement uniforme et un couple plus élevé. Il existe généralement quatre pôles d'excitation (inducteurs) ou plus.

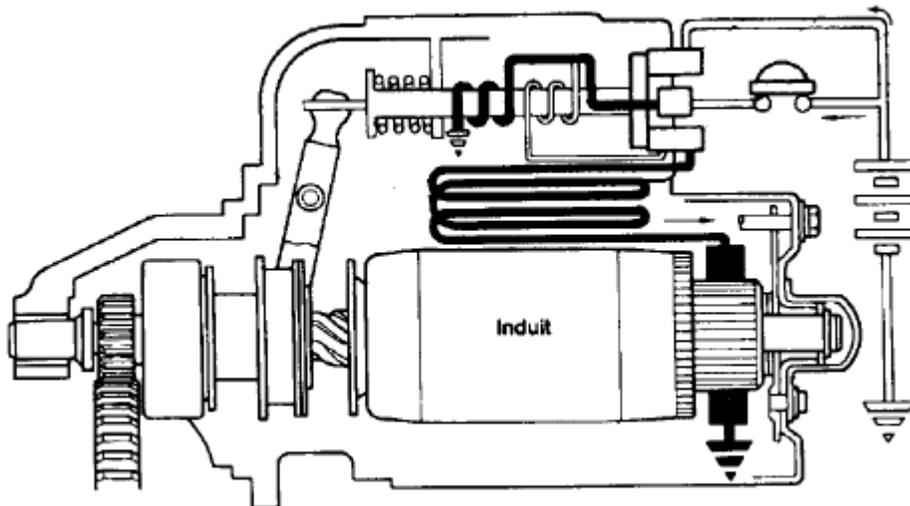
CLASSIFICATION DES MOTEURS

Un moteur électrique dont les pôles d'excitation (inducteurs) sont des aimants permanents porte le nom de « moteur électrique à aimants permanents ».

La plupart des moteurs électriques dont les pôles d'excitation (inducteurs) sont constitués d'électro-aimants sont désignés sous le nom de moteurs en série ou de moteurs shunt (moteurs en parallèle).

Un moteur en série est un moteur dans lequel les enroulements des électro-aimants d'excitation sont reliés en série avec l'induit. Un tel moteur produit un haut couple au moment de la mise en marche. Le démarreur est un exemple de moteur en série.

Figure 5.6



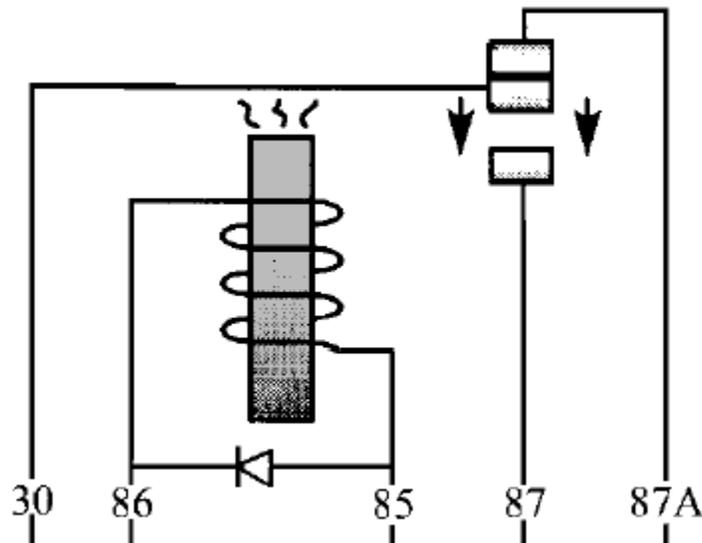
Un moteur shunt ou moteur en parallèle est un moteur dans lequel les enroulements d'excitation sont reliés en parallèle avec l'induit. De tels moteurs ont une vitesse constante pour une tension donnée. Le moteur du ventilateur de chauffage est un exemple de moteur shunt.

Chapitre VI • Les relais

Les relais sont effectivement des contacteurs électriques qui ferment ou ouvrent un circuit.

Le relais est un dispositif de commutation électromécanique qui est composé d'une bobine, d'une résistance (ou diode) et d'un jeu de contacts électriques. Les contacts électriques sont tenus en position hors tension par la pression d'un ressort. Lorsque la tension et la masse sont appliquées à la bobine, la bobine devient un électro-aimant et attire les contacts en position de sous-tension. En enlevant la tension ou la masse de la bobine, le champ magnétique s'effondre et la pression du ressort ramène le contact en position hors tension.

Figure 6.1



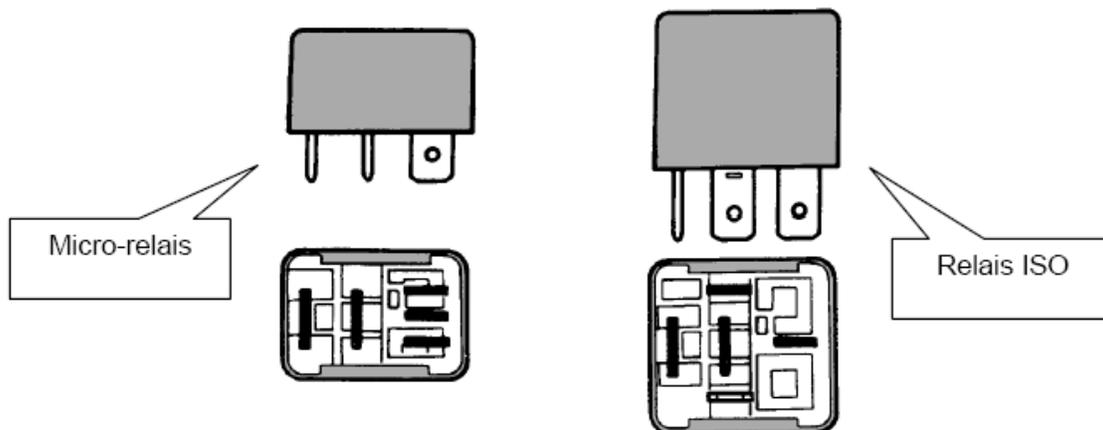
Les contacts d'interrupteur sur un relais sont décrits comme normalement ouverts (NO) ou normalement fermés (NC). Les contacts normalement ouverts complètent un circuit électrique permettant ainsi au courant de circuler lorsque la bobine est mise sous tension et ouvre le circuit lorsque la bobine du relais est mise hors tension. Inversement, les contacts normalement fermés ouvrent le circuit lorsque la bobine du relais est mise sous tension et ferme le circuit lorsque la bobine est mise hors tension.

Étant donné que la bobine du relais peut être contrôlée à distance, un relais peut être considéré comme un interrupteur électromagnétique. Étant donné qu'il n'a pas besoin de beaucoup de courant pour alimenter la bobine, le relais permet aussi à un circuit à faible courant de commander un dispositif à courant élevé.

Il y a plusieurs sortes de relais. Nous en étudierons 2 types dans ce chapitre :

- Relais ISO
- Micro-relais

Figure 6.2

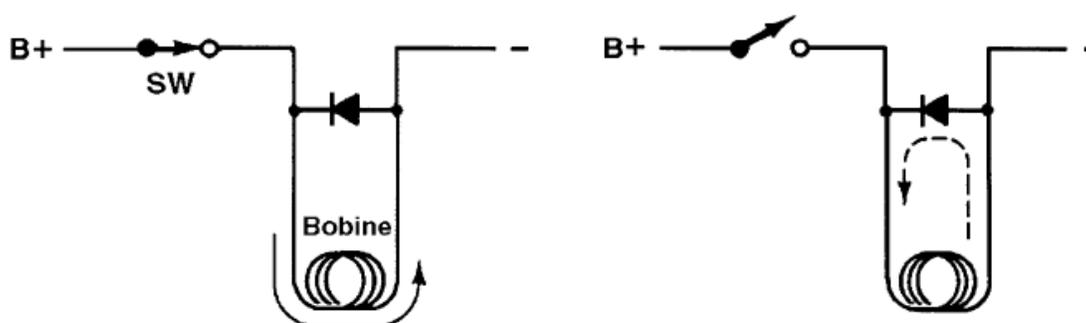


Les calibres et les formes de bornes des relais ISO répondent aux exigences des normes de l'Organisation internationale de normalisation. Les relais ISO établissent la circulation du courant dans les circuits : le contact de l'allumage, du klaxon, du ventilateur électrique, de l'embrayage de climatisation, du dispositif coupe-moteur de sécurité, de la pompe à carburant et des circuits sous le capot. On les trouve habituellement dans la centrale de servitudes (convenience center).

Un relais ISO est constitué d'une bobine, d'une résistance (ou diode) et de contacts électriques. Les contacts électriques sont tenus en position hors tension par pression de ressort. Lorsque la tension et la masse sont alimentées à la bobine, la bobine devient un électro-aimant et attire les contacts en position sous tension. En enlevant la source de tension ou la masse de la bobine, le champ magnétique s'effondre et la pression du ressort ramène les contacts à leur position hors tension.

La résistance ou la diode dans un relais aident à dissiper les crêtes de tension produites par une bobine hors tension. La figure qui suit démontre le fonctionnement de la diode dans le relais ISO.

Figure 6.3



BRANCHEMENT DU RELAIS ISO

La borne 30 est habituellement connectée à la tension de la batterie. Cette source de tension de la batterie peut être commutée (à ON ou à OFF par le contact d'allumage) ou contourner le contact (connectée directement à la batterie).

La borne 87A est connectée à la borne 30 en position hors tension.

La borne 87 est connectée à la borne 30 dans la position sous tension. Une fois sous tension, le relais alimente par la tension de la batterie la borne 87, afin d'alimenter un dispositif de manœuvre connecté à cette borne.

Connectée à l'électro-aimant, la borne 86 est habituellement aussi connectée à une source de tension commutée de la batterie.

Connectée à l'électro-aimant, la borne 85 est habituellement aussi connectée à une masse par l'entremise d'un module de commande ou d'un interrupteur.

MICRO RELAIS

Les micros relais ont la même fonction que les relais ISO, mais leur taille physique est plus petite et la forme de la borne est différente.

VÉRIFICATION DE LA DIODE DE BOUCLAGE

L'utilisation d'une diode de bouclage dans le relais ISO permet une protection accrue du circuit de commande électronique. Une diode défectueuse peut endommager un module de commande ou causer des problèmes intermittents reliés au fonctionnement du contrôleur.

Figure 6.4

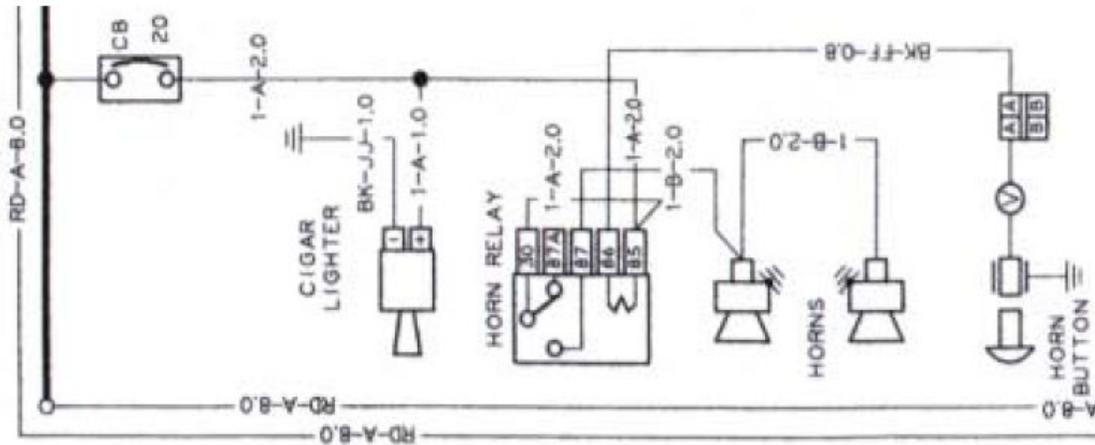
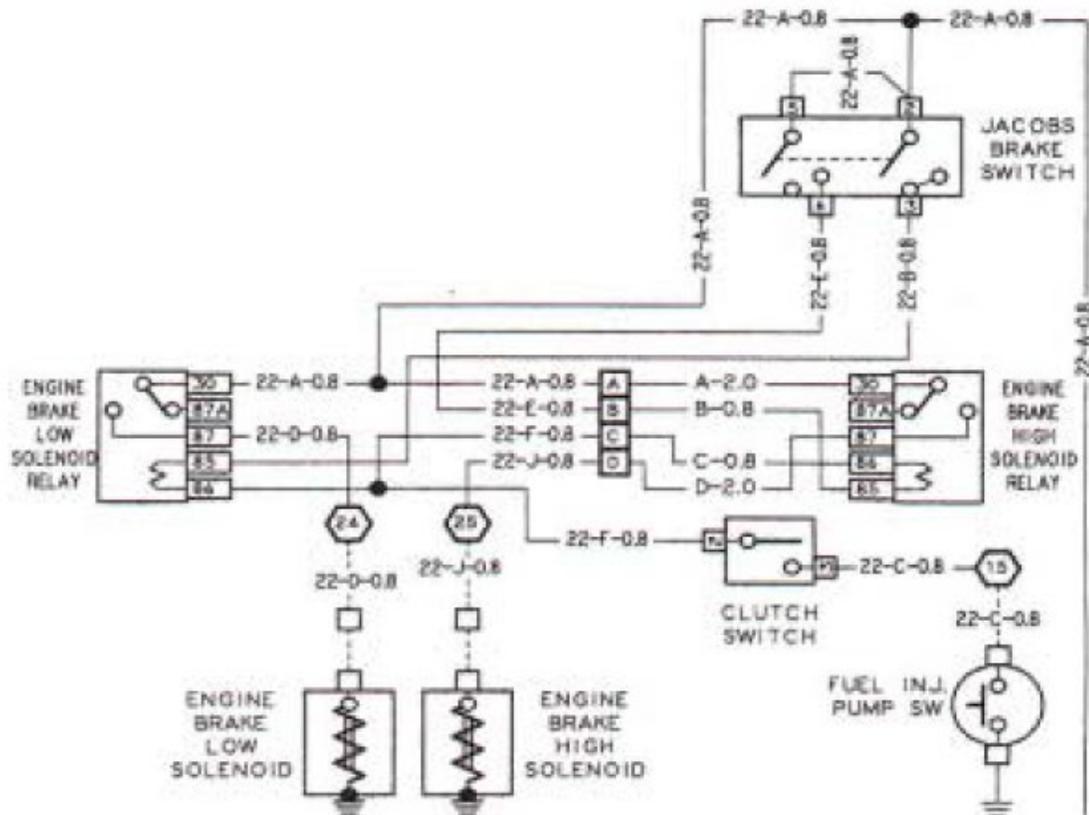
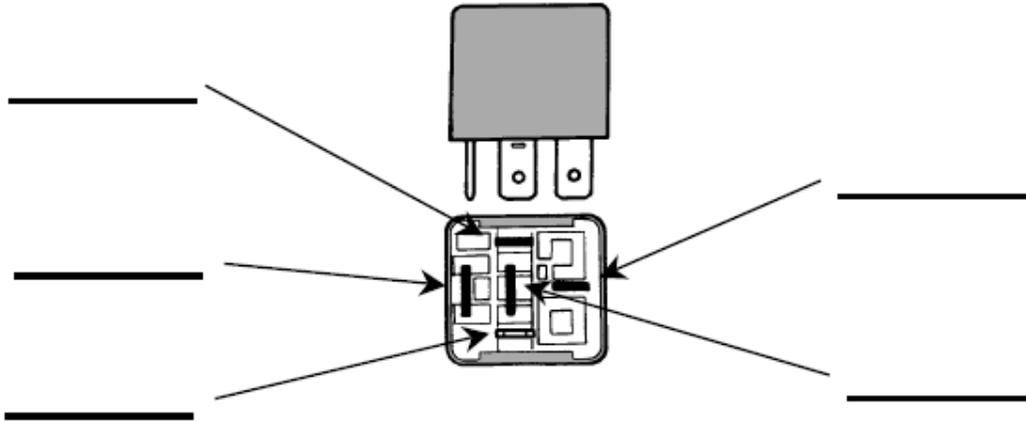


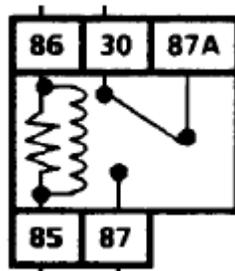
Figure 6.5



EXERCICE POUR IDENTIFIER LES BORNES DU RELAIS



**EXERCICE POUR BRANCHER LE RELAIS POUR LES PHARES
ANTIBROUILLARDS**



CHAPITRE VII LE DIAGNOSTIC DES SYSTÈMES ÉLECTRIQUES

Si ce n'est déjà fait, vous allez bientôt découvrir que le « multimètre numérique » est un des outils les plus importants que vous utiliserez pour le diagnostic des systèmes électriques automobiles. Un multimètre numérique peut mesurer la tension, le courant et la résistance. De plus, il peut mesurer la fréquence, le pourcentage d'utilisation (duty cycle), l'angle de came, le régime, la température, etc.

Le multimètre numérique a été conçu il y a plus de vingt ans pour résoudre les problèmes posés par les appareils de mesure analogiques. L'impédance d'entrée des multimètres numériques est beaucoup plus élevée que celle des appareils de mesure analogiques. Elle est généralement de 10 M Ω (millions d'ohms).

Un des inconvénients d'un afficheur numérique est que la mise à jour de l'affichage n'est pas toujours aussi rapide que l'on voudrait. Pour surmonter ce problème, la plupart des multimètres d'aujourd'hui possèdent un afficheur à barres graphiques (dit analogique) qui simule un appareil de mesure analogique. Cette combinaison d'afficheurs procure la précision de l'affichage numérique et la facilité de lecture d'un appareil de mesure analogique.

TYPES DE MESURES ÉLECTRIQUES

Lors du diagnostic des systèmes électriques d'une automobile, plusieurs paramètres peuvent être mesurés : tension, courant, résistance, fréquence (Hz), pourcentage d'utilisation (duty cycle) et beaucoup d'autres. Les mesures les plus importantes, lors d'un diagnostic d'un circuit électrique, sont celles de l'intensité et de la tension.

Une lecture de la tension répond aux questions les plus communes :

- Est-ce qu'il y a une tension ?
- Quelle est la valeur de la tension ?
- Quelle est la chute de tension aux bornes d'une composante, d'un câble ou d'un connecteur particulier ?

Une lecture de débit du courant permet de déterminer :

- Est-ce que le courant circule dans le circuit ?
- Quelle est la quantité de courant utilisé ?

TECHNIQUES DE DIAGNOSTIC DES CIRCUITS ÉLECTRIQUES

Avant de commencer un diagnostic, il faut décider quel équipement utiliser, quelle vérification effectuer et où l'effectuer.

CONTRÔLES PRÉLIMINAIRES

Très souvent, la cause d'une anomalie peut être localisée sans recherche compliquée. C'est pourquoi il est préférable de commencer par les contrôles les plus courts et les plus simples:

- Essayer d'abord par une inspection visuelle des composants.
- S'assurer que tous les connecteurs sont solidement branchés. Il est plus facile de brancher correctement un connecteur que de procéder au diagnostic d'un circuit complet.
- Vérifier les fusibles. S'ils sont brûlés, c'est l'indication d'un court-circuit à la masse ou d'une surconsommation de courant.
- Il est possible qu'un connecteur soit corrodé. La corrosion peut avoir de nombreuses causes et, si le connecteur est remplacé sans en rechercher la cause, la panne peut se reproduire.

PANNES ÉLECTRIQUES LES PLUS COURANTES

Le genre de déféctuosité que l'on observe dicte souvent la marche à suivre pour la réparation. Les pannes se situent en général dans une des catégories suivantes:

RUPTURE (CIRCUIT OUVERT)

Par rupture, il faut s'entendre sur une interruption de circulation du courant dans le circuit. Dans un circuit série l'interruption est totale. Dans un circuit parallèle, par contre, seule la branche affectée cessera de fonctionner.

RÉSISTANCE EXCESSIVE

Ces problèmes, qu'on localise de la même façon qu'une rupture du circuit, présupposent l'exécution méthodique d'un certain nombre de mesures de chute tension tout au long du parcours du courant pour détecter des chutes de tension anormales. Une résistance excessive peut être causée par des connexions desserrées, sales ou corrodées. La chute d'intensité qui en résulte a pour effet de réduire la tension et le courant disponible à la charge.

CONSOMMATION EXCESSIVE DE COURANT

Il existe deux types de consommation excessive de courant :

- Court-circuit à la masse
 - Surconsommation de courant par un accessoire relié au circuit court-circuit inter fil
- Une cassure ou usure de l'isolant peut également être responsable d'un court-circuit inter fil par contact avec un autre conducteur, mettant en panne un des circuits ou les deux. Des situations bizarres peuvent ainsi être créées, comme un interrupteur qui affecterait un dispositif normalement indépendant. Pour repérer ces pannes, il faut bien examiner les symptômes afin de repérer les circuits en cause. L'enlèvement des fusibles un à la fois, permettra généralement d'identifier les branches fautives: en trouvant une tension sur un circuit qui ne devrait pas être alimenté, par exemple.

MÉTHODE DE VÉRIFICATION

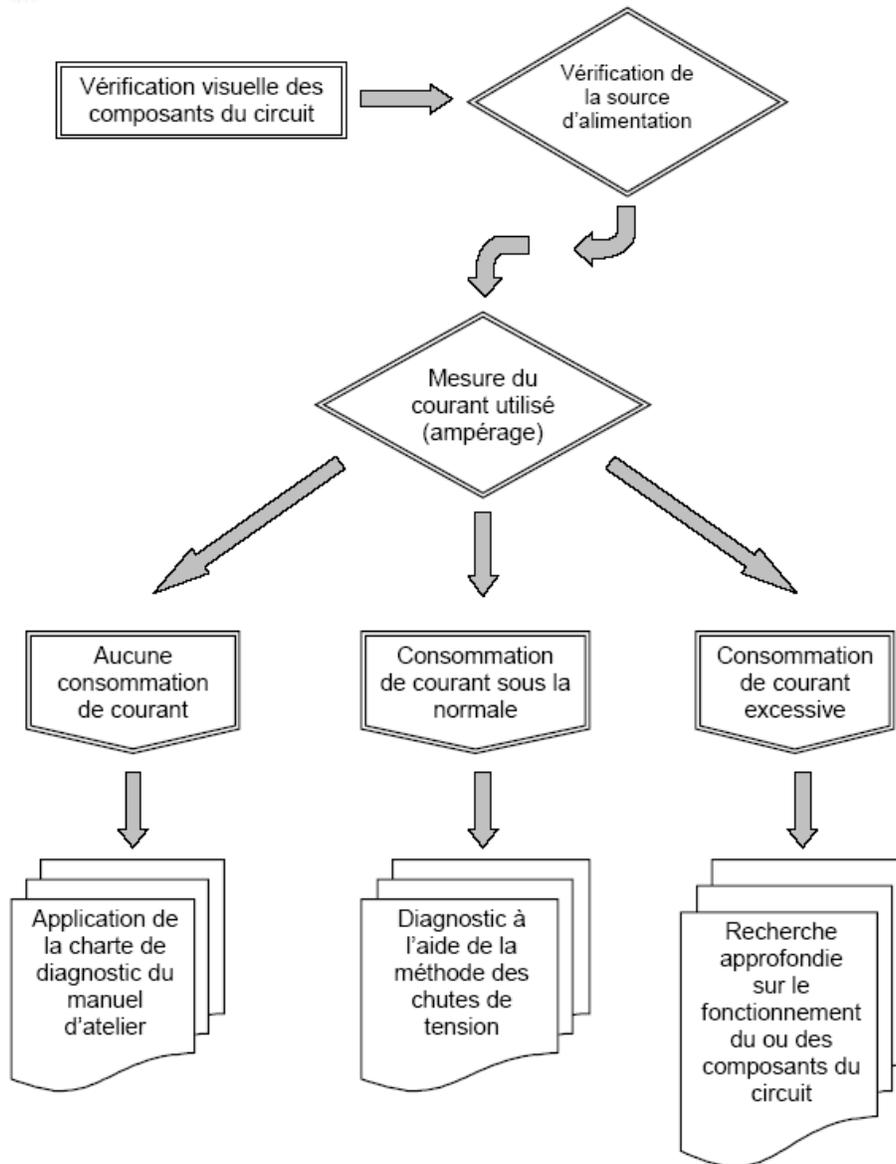
Il s'agit de vérifier, à partir de la source de tension, dont l'alimentation traverse chacun des éléments du circuit l'un après l'autre pour parvenir à l'élément consommateur. Idéalement, toute la tension de la batterie se retrouve aux bornes de la charge; dans les faits, il y a une légère chute de tension (quelques dixièmes de volt) dans chaque élément du circuit. Cette perte est due au passage du courant dans la résistance non négligeable des fils, contacts, connecteurs, etc..

Exemple: Dans ce circuit, le démarreur ne fonctionne pas adéquatement. Il peut y avoir plusieurs raisons à la panne du moteur.

1. Débuter par une vérification visuelle des composants du circuit en cause. La vérification des composants de protection du circuit fait partie de cette étape.
 2. Mesurer la tension de la batterie ainsi que sa capacité à fournir la quantité de courant nécessaire au bon fonctionnement des accessoires du circuit. Si on n'obtient pas une lecture entre 12,4 V et 12,6 V, recharger la batterie et vérifier à nouveau.
 3. Puis mesurer la consommation de courant (intensité) dans le circuit du démarreur ou du circuit en cause.
- Une circulation de courant inexistante indique une coupure dans le circuit que l'on vérifie. Une recherche à l'aide du manuel d'atelier et des schémas de branchements est sans aucun doute la méthode idéale. L'utilisation du multimètre (chute de tension) ou l'aide d'une lampe témoin est souvent préconisée par le manuel d'atelier.
 - Une circulation de courant sous la normale indique qu'il existe une résistance excessive dans le circuit. La méthode utilisée sera un diagnostic méthodique par chute de tension pour déterminer l'endroit où s'est insérée la résistance indésirable.
 - Une consommation excessive peut indiquer un composant défectueux, dans le cas qui nous intéresse, un démarreur ou une pièce connexe défectueuse (comme le moteur) peuvent être endommagés. Une recherche approfondie sur le fonctionnement des composants du circuit est préconisée.

Le tableau suivant se veut un résumé de la méthode d'approche que nous avons examinée précédemment.

Figure 7.1



CHAPITRE VIII ✎ LE RAPPORT CYCLIQUE ET LA FRÉQUENCE

Plusieurs systèmes automobiles exigent que certains composants électriques soient contrôlés avec précision. Pour ce faire, les modules de commandes doivent utiliser un moyen de faire varier les signaux qu'ils utilisent. Puisque le processeur de l'ordinateur ne peut émettre qu'un signal numérique, la commande de sortie est soit marche ou arrêt (On ou Off). Le module de commande peut toutefois faire varier le temps pendant lequel la commande de sortie demeurera en marche ou à l'arrêt. Cette méthode se nomme rapport cyclique (duty cycle). L'ordinateur peut également modifier la vitesse à laquelle un actionneur est mis en marche et arrêté, il s'agit alors de la modulation de fréquence.

RAPPORT CYCLIQUE

L'ordinateur utilise deux méthodes de base pour activer un actionneur :

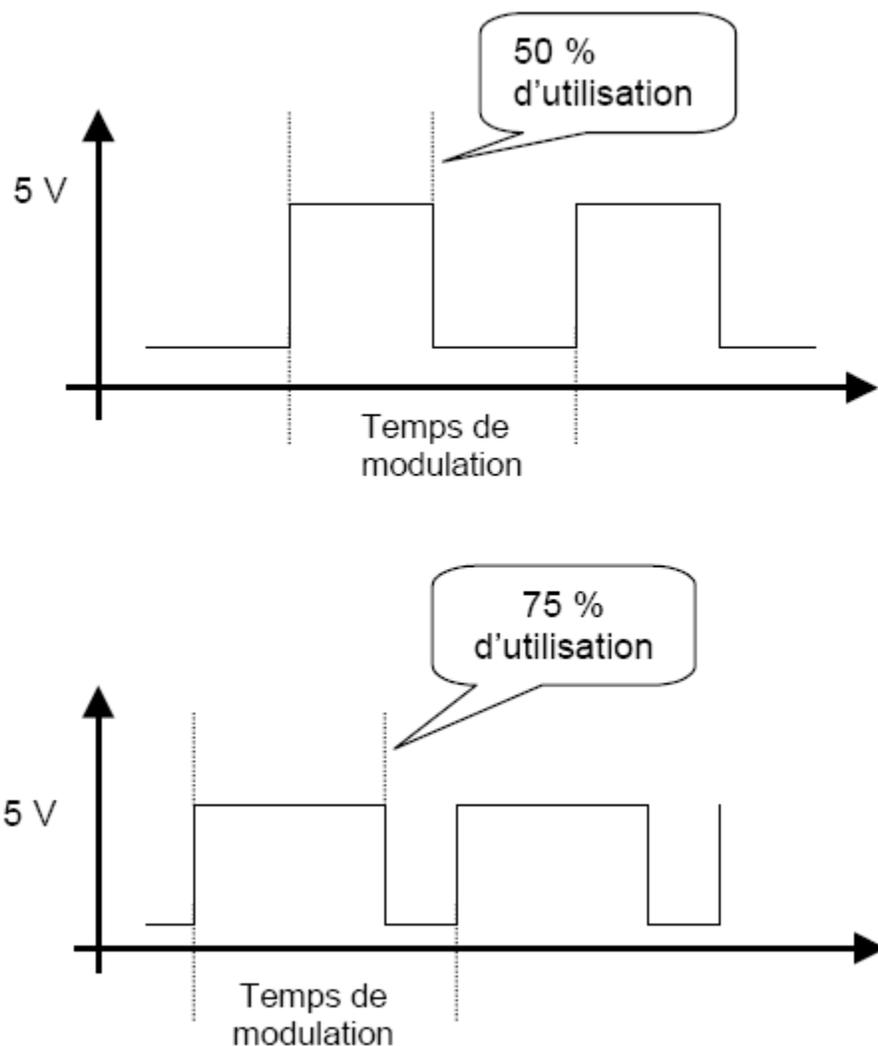
- soit en lui fournissant une tension,
- soit en le reliant à la masse.

En commutant la mise sous tension ou la mise à la masse, le module de commande peut augmenter son rayon d'action. Il peut également faire varier la durée de la mise sous tension ou de la mise à la masse ; il s'agira alors du temps d'utilisation.

Un terme fréquemment utilisé en association avec le temps d'utilisation est le rapport cyclique. Le temps d'utilisation d'un signal est activé comparativement au temps total pendant lequel le signal fluctue entre marche et arrêt. L'ordinateur module le temps d'utilisation d'un signal pour régler avec précision la commande de sortie. Par exemple, examinons un signal carré de 5 volts. Ce signal carré en particulier a un temps d'utilisation de 50 %. Ce qui signifie que le module de commande émet un signal de 5 volts 50 pour 100 du temps pendant lesquels le signal est utilisé. Un autre signal carré de 5 volts a un temps d'utilisation de 75 %. Le signal est maintenu à 5 volts pendant 75 pour 100 du temps que le signal est utilisé.

Supposons que cette sortie est branchée à une lampe. Avec un signal dont le temps de mise sous tension est de 75 %, la lampe paraît plus brillante qu'une lampe dont le temps de mise sous tension est de 50 %. En effet, la lampe demeure allumée pendant des intervalles plus longs.

Figure 8.1

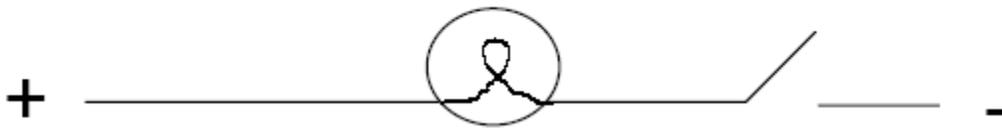


Lors du branchement du multimètre, il est important de définir si la commande de l'actionneur est du type négatif ou positif. C'est-à-dire que les composants électriques

qui sont mis sous et hors tension sont commandés soit par le côté masse, soit par le côté alimentation.

Si la commande se fait à partir du côté masse du composant, on dit qu'il est commandé par le côté masse (-). Donc, le rapport cyclique sera calculé en fonction d'une basse tension du signal observé (trigger négatif).

Figure 8.2



Par contre, si la commande se fait à partir du côté alimentation du composant, on dit qu'il est commandé par le côté alimentation (+). Donc le rapport cyclique sera calculé en fonction d'une tension élevée du signal observé (trigger positif).

Figure 8.3



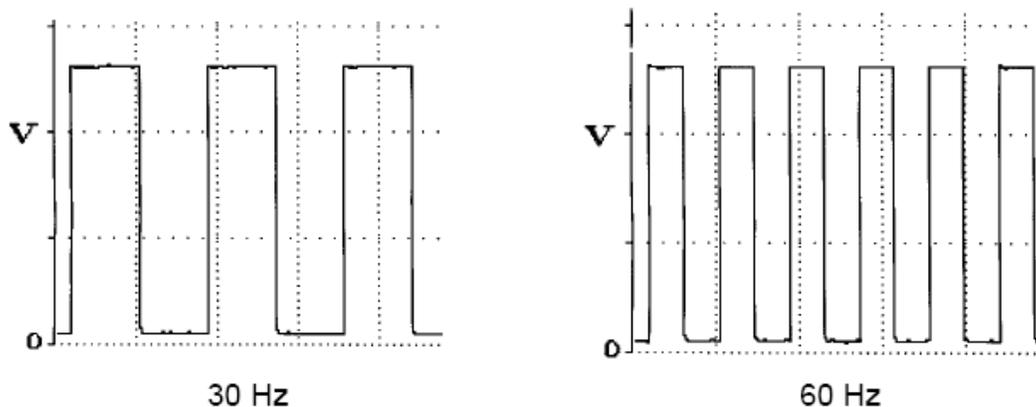
Si l'on ne connaît pas le mode de commande de l'appareil, il suffit de vérifier si une tension est présente du côté alimentation lorsque l'appareil n'est pas mis en service. Si tel est le cas, il s'agit d'un appareil commandé par le côté masse. Dans le cas contraire, il s'agit d'un appareil commandé par le côté alimentation.

LA FRÉQUENCE (HZ)

La fréquence d'un signal n'est pas le temps de mise sous tension. Alors que le temps de mise sous tension, ou rapport cyclique, est une durée pendant laquelle un signal est actif comparativement à la durée totale de la modulation du signal, la fréquence est le nombre de fois qu'un signal est activé pendant le temps que dure la modulation du signal. La fréquence se mesure en Hertz (Hz), ce qui représente le nombre de fois que le signal fluctue entre deux points en une seconde.

En examinant un signal carré avec un temps d'utilisation de 50 %, nous voyons que la fréquence de ce signal est de 30 Hz. Si la fréquence était changée à 60 Hz, le temps d'utilisation demeurerait à 50 % parce que le signal demeure actif pendant la moitié du temps de sa modulation; par contre, la fréquence a doublé. La fréquence est importante lorsque la vitesse de commutation d'un signal de sortie (alimentation et masse) doit coïncider avec le fonctionnement d'autres composants, comme celui d'injecteurs ou de signaux de paramètres de l'allumage.

Figure 8.4



CHAPITRE IX • LES RÉSISTANCES ET LES SEMI- CONDUCTEURS

Dans de nombreuses applications, une résistance doit être insérée dans un circuit, soit pour ramener le courant à la valeur souhaitée, soit pour provoquer une chute de tension prédéterminée. Les composants destinés à cette utilisation sont fabriqués avec une valeur donnée de résistance et sont appelés des résistances. Les principaux types de résistances sont les résistances au carbone et les résistances bobinées. Les sections suivantes décrivent les principales caractéristiques des résistances.

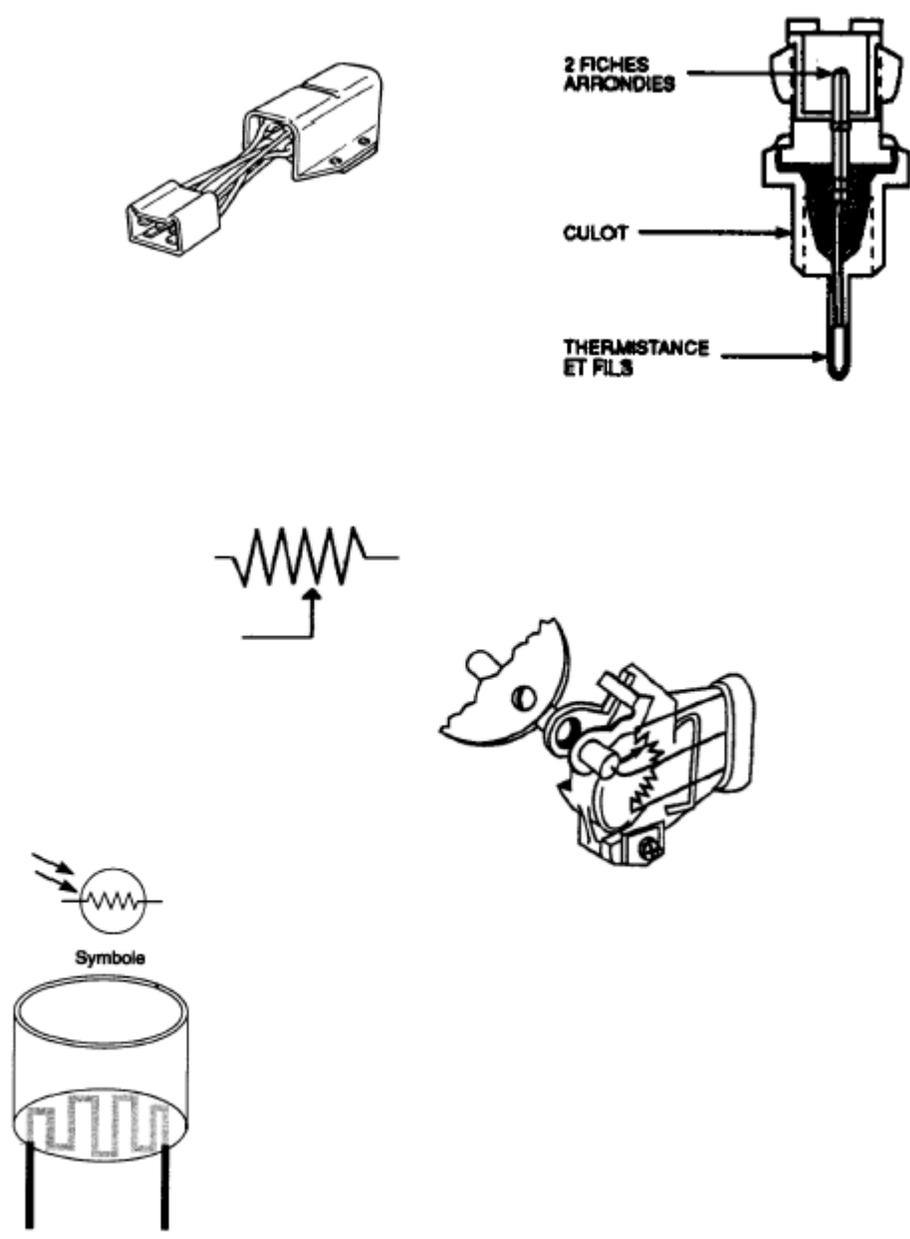
TYPES DE RÉSISTANCES

Les deux principales caractéristiques d'un composant résistif sont sa résistance R exprimée en ohms et sa puissance nominale exprimée en watts. Il existe des résistances dans une gamme de valeurs très étendues, depuis une fraction d'ohm à plusieurs méga ohms, et dont la puissance s'étale de plusieurs centaines de watts à une valeur aussi réduite que 0,1 W.

La puissance nominale indique la quantité maximale de watts que la résistance est susceptible de dissiper sans produire une chaleur excessive. La dissipation signifie que la puissance est perdue comme une perte, car la chaleur qui en résulte n'est pas utilisée. Un trop grand échauffement pourrait brûler la résistance et donc produire une coupure.

Les résistances peuvent être soit fixes, soit variables. Les résistances fixes comportent une valeur de résistance R définie qui ne se règle pas. Une résistance variable peut se régler pour une valeur donnée située entre 0Ω et sa résistance maximale. Les résistances variables au carbone sont couramment utilisées pour la jauge de niveau d'essence ou pour indiquer une température (thermistance) à un microprocesseur.

Figure 9.1

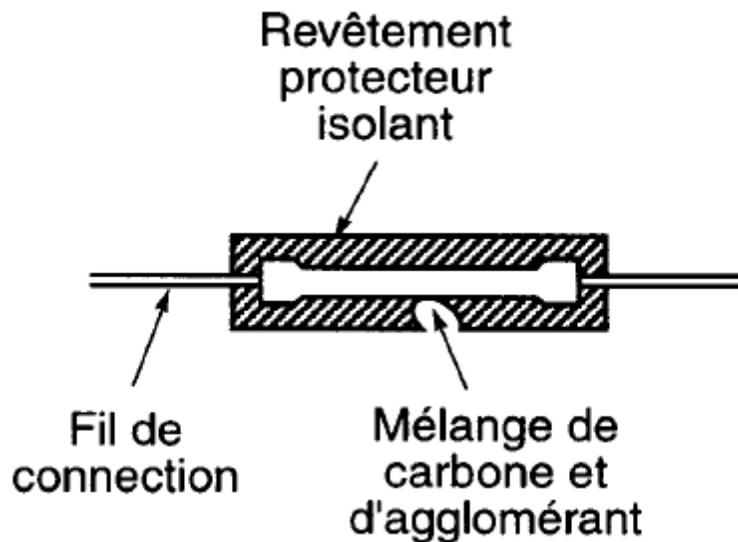


RÉSISTANCES AU CARBONE

Ce type est composé de carbone finement divisé ou de graphite mélangé à un matériau isolant en poudre dans la proportion exigée pour atteindre la valeur de résistance voulue.

Les résistances de ce type comportent une couche de carbone disposée autour d'un isolateur, comme l'aluminium par exemple. Leur prix est moins élevé que celui des résistances au carbone moulées à chaud.

Figure 9.2



CODE DE COULEUR DES RÉSISTANCES

Comme les résistances au carbone ont de petites dimensions, on utilise un code des couleurs pour donner leur valeur de résistance exprimée en ohms. Ce système est basé sur l'utilisation de couleurs pour indiquer les valeurs numériques.

BANDES DE COULEUR POUR LA RÉSISTANCE

Ce code est le système le plus couramment employé pour le code des couleurs des résistances isolées au carbone et munies de connexions axiales. Les bandes de couleur sont imprimées sur une extrémité du boîtier isolant qui est généralement de couleur havane. En lisant de gauche à droite, la première bande de couleur près du bord indique le premier chiffre de la valeur de la résistance. La seconde bande donne le deuxième chiffre. La troisième bande est le multiplicateur décimal qui donne le nombre de zéros après les deux chiffres. Le quatrième indique la tolérance acceptable de la résistance. Le chiffre obtenu est la résistance en ohms.

Couleur	Valeur numérique ou multiplicateur	
Noir	0	1 ^{ère} bande = 1 ^{er} chiffre 2 ^e bande = 2 ^e chiffre 3 ^e bande = multiplicateur (or = X .1 / argent = X .01) 4 ^e bande = la précision
Brun	1	
Rouge	2	
Orange	3	
Jaune	4	
Vert	5	Précision
Bleu	6	Or ± 5%
Violet	7	Argent ± 10%
Gris	8	Rouge ± 2%
Blanc	9	Brun ± 1%

Remarquer que les couleurs sombres, le noir et le brun, correspondent aux chiffres les plus petits, zéro et un, et que l'on parvient au blanc représentant le neuf, en passant par des couleurs de plus en plus claires. Le code des couleurs est normalisé par l'Electronics Industries Association (EIA).

Couleur	Valeur numérique ou multiplicateur	
Noir	0	1 ^{ère} bande = 1 ^{er} chiffre 2 ^e bande = 2 ^e chiffre 3 ^e bande = 3 ^e chiffre 4 ^e bande = multiplicateur (or = X .1 / argent = X .01) 5 ^e bande = la précision
Brun	1	
Rouge	2	
Orange	3	
Jaune	4	
Vert	5	Précision
Bleu	6	Rouge ± 2%
Violet	7	Brun ± 1%
Gris	8	Vert ± 0.5%
Blanc	9	Bleu ± 0.25%
		Violet ± 0.1%
		Gris ± 0.05%

PUISSANCE NOMINALE DES RÉSISTANCES

Outre la valeur requise en ohms, une résistance doit avoir une puissance nominale (W) assez élevée pour dissiper la chaleur engendrée par le courant qui passe à travers la résistance, sans trop chauffer. Les résistances au carbone en fonctionnement normal sont souvent chauffées jusqu'à une température maximale de 85⁰ C, voisine des 100⁰ C du point d'ébullition de l'eau. Cependant, il faut éviter que les résistances au carbone chauffent au point de laisser « suinter » des gouttes de liquide sur le boîtier isolateur. Si une résistance chauffe trop en raison d'une dissipation excessive de puissance (chaleur), sa valeur ohmique peut se modifier sensiblement ; elle peut aussi se détruire.

La puissance nominale (W) est une propriété physique en fonction de la construction de la résistance, et plus particulièrement de sa dimension. Tenir compte des remarques suivantes :

1. plus la dimension est importante, plus élevée sera la puissance nominale ;
2. des résistances de puissance élevée peuvent fonctionner à des températures plus élevées.

La résistance au carbone de 2 W courante, par exemple, a une longueur de 25 mm et un diamètre de 6,5 mm, environ.

RÉSISTANCES CÉRAMIQUES MÉTAUX

Les résistances de ce type comportent une couche de carbone déposée à chaud sur une substance de céramique solide. Cette technologie donne des valeurs de R plus précises et une plus grande stabilité à la chaleur. Elles ont souvent la forme d'un petit carré ; leurs connexions sont prévues pour un montage sur plaquette à câblage imprimé. On peut loger un module à plusieurs résistances de ce type dans un boîtier plat comprenant plusieurs connexions.

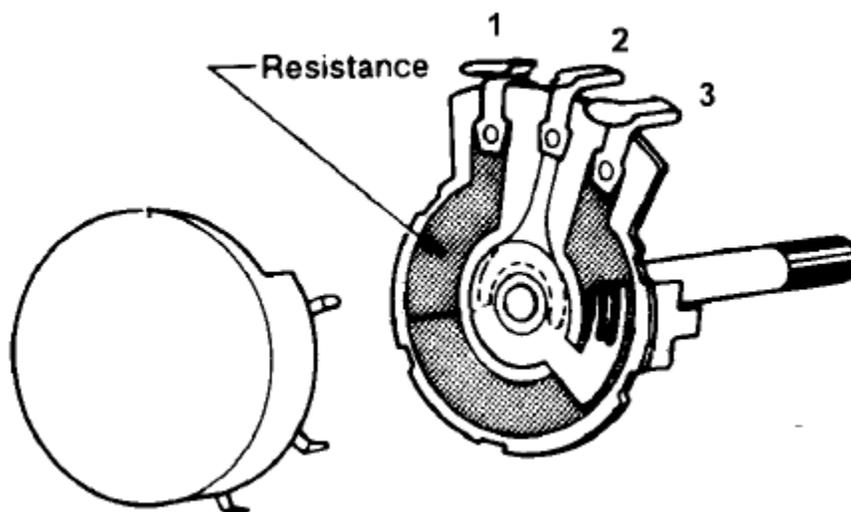
Figure 9.3



RÉSISTANCES VARIABLES

Elles peuvent être bobinées ou être du type carbone. À l'intérieur du boîtier métallique, la commande comporte un disque circulaire qui est l'élément de résistance au carbone. Les broches 1 et 3 à cosses à souder extérieures sont reliées aux deux extrémités. La broche centrale 2 est connectée au bras mobile entrant en contact avec l'élément résistance au moyen d'un curseur à ressort métallique. Pendant la rotation de la tige de commande, le bras mobile fait bouger le curseur pour permettre des contacts à différents points.

Figure 9.4



Lorsque le contact se rapproche d'une extrémité, la résistance diminue entre cette extrémité et le bras mobile. La résistance variable est égale à zéro lorsque le curseur entre en contact avec cette extrémité, mais est maximale lorsque le bras mobile se trouve à l'extrémité opposée.

RHÉOSTAT

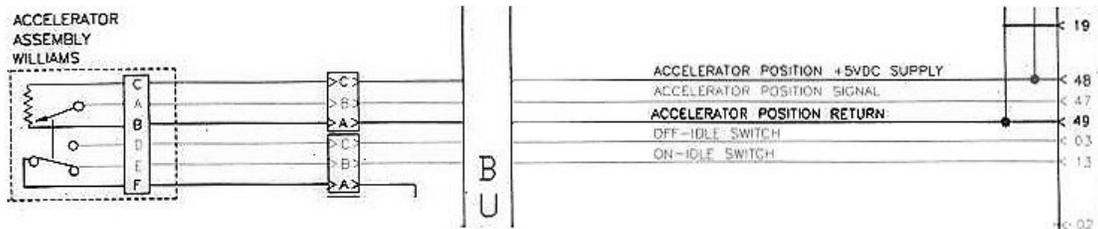
Ce sont des résistances variables au carbone ou bobinées, utilisées pour commander la tension et le courant d'un circuit. Ces commandes sont utilisées pour les applications en courant continu (CC) et alternatif (CA). Un potentiomètre, un pot en jargon professionnel, est muni de trois broches. La valeur maximale de la résistance R , entre les bornes extrêmes, est appliquée à une source de tension. Le curseur mobile permet de faire varier la division de tension entre la broche médiane et les broches extrêmes.

Un rhéostat est une résistance variable R à deux bornes, connectées en série dans un circuit. Il permet de régler l'intensité circulant dans un circuit. La puissance nominale doit être compatible avec le plus fort courant traversant le rhéostat.

CIRCUIT À POTENTIOMÈTRE

Un potentiomètre est un diviseur de tension variable servant à mesurer la position d'un composant mécanique. Une tension de référence est appliquée à une extrémité du potentiomètre. Le mouvement mécanique transmis au balai provoque son déplacement le long du matériau résistant. La tension dans le balai change au fur et à mesure que celui-ci se déplace. Cette tension est proportionnelle à l'importance du mouvement mécanique.

Figure 9.5



La tension de référence alimente le potentiomètre par la borne C. La tension de signal, qui est déterminée par la position du balai, est envoyée au ECM par la borne A. La mise à la masse du capteur est assurée par la borne B. Cette borne permet de renvoyer la tension résiduelle à la masse.

Figure 9.6



Le capteur de position de l'accélérateur (APS) indique à l'ECM la demande de puissance voulue par l'opérateur. Un capteur de ce type sur plusieurs modèles de

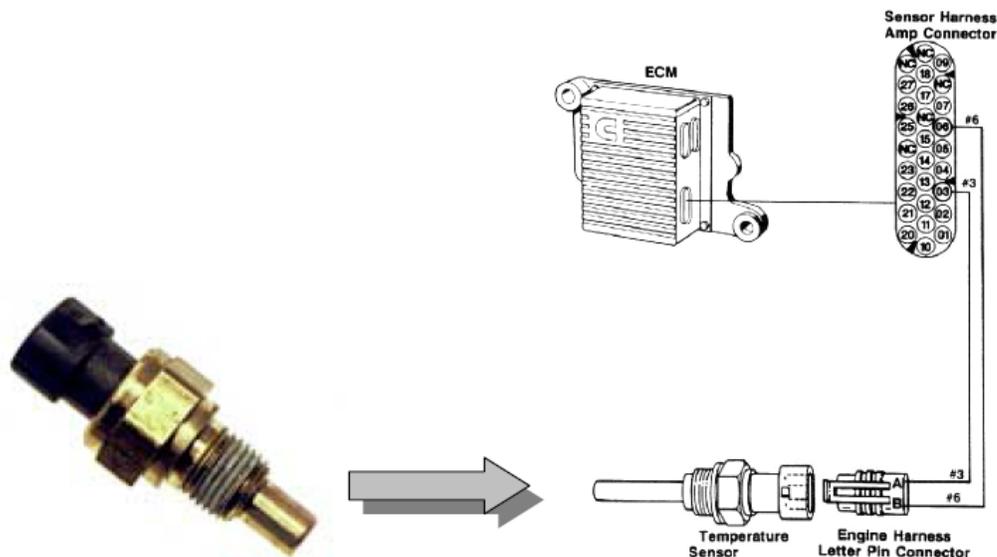
moteurs diesel inclut généralement un deuxième capteur que l'on nomme IVS pour Idle Validation Switch.

L'APS est un capteur à potentiomètre qui, lorsqu'il est alimenté par une tension de référence émise par l'ECM, fournit généralement un signal de tension analogique linéaire. L'IVS est un commutateur de 0/12 Volts qui fournit un signal redondant à l'ECM pour vérifier le moment où la pédale se trouve à la position ralenti. L'APS et l'IVS sont situés dans l'ensemble de la pédale d'accélérateur.

THERMISTANCE

Un capteur de température est un type de résistance variable nommé thermistance. La résistance interne de ce capteur change en fonction de la température. Lorsqu'il est relié à l'ECM, ce type de capteur produit un signal analogique de 0 à 5 V qui mesure la température. Il existe deux principaux types de thermistance. Le premier est à coefficient de température positif (CTP) tandis que le deuxième est à coefficient de température négatif (CTN). L'appellation CTN signifie que plus la température de la thermistance diminue, plus la résistance de celle-ci est élevée. Généralement, les manufacturiers emploient des thermistances à coefficient de température négatif.

Figure 9.7



Sur un moteur diesel équipé d'un système d'injection électronique, il y a plusieurs thermistances qui sont utilisées. Entre autres, il y a le capteur de température du liquide de refroidissement, le capteur de température de l'huile moteur, le capteur de température de l'air à l'admission et enfin le capteur de température de l'air ambiant. Il y a d'autres applications possibles, mais nous nous limiterons à ceux-là pour l'instant.

PHOTO RÉSISTANCE

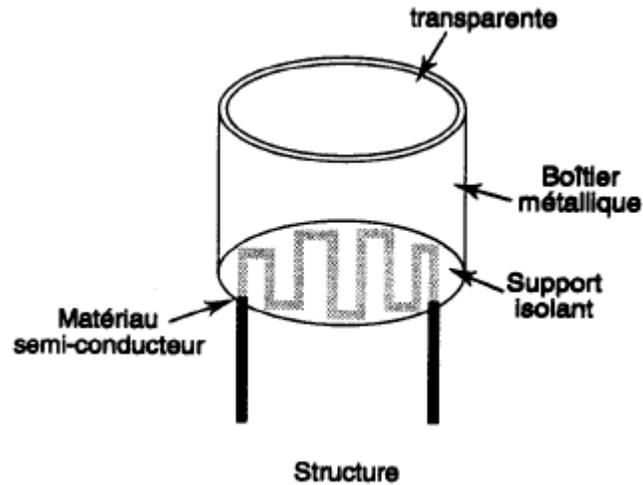
La photo résistance constitue le dispositif photoconducteur le plus simple. Dans l'obscurité totale, la résistance peut atteindre plus de 1 MΩ. On l'appelle souvent la « résistance d'obscurité ». À l'inverse, soumise à un éclairage intense, la résistance peut descendre jusqu'à 100 MΩ.

Les propriétés des photorésistances dépendent du matériau semi-conducteur. Une mince couche de ce matériau est déposée sur une plaquette isolante en forme d'un long ruban serpentant à travers une surface circulaire. Les deux extrémités du ruban sont reliées à des tiges métalliques et le tout est placé dans un boîtier muni d'une fenêtre transparente

Le sulfure de cadmium (CdS), le séléniure de cadmium (CdSe) et le sulfure de plomb (PbS) constituent les matériaux photoconducteurs le plus employés habituellement. Ils réagissent lentement aux variations de l'intensité lumineuse. De plus, chacun de ces matériaux possède une sensibilité variable selon différentes longueurs d'onde des radiations lumineuses.

Les photorésistances possèdent des applications variées. Citons, à titre d'exemple, la commande automatique de l'éclairage des voitures, des rues, la détection de flamme du brûleur d'une chaudière à mazout ou encore, un photomètre pour mesurer les intensités lumineuses.

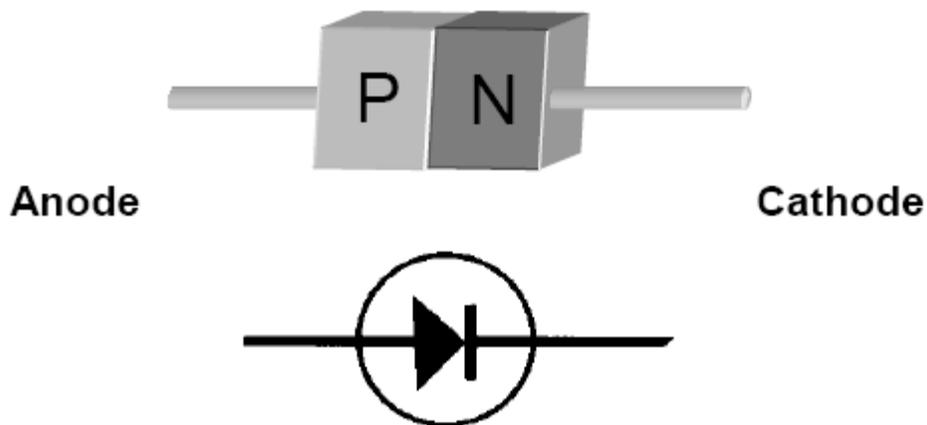
Figure 9.8



LES DIODES

On utilise rarement un matériau N seul ni un matériau P seul. On les utilise plutôt par paires pour former des diodes à semi-conducteurs, où l'on dispose trois ou quatre éléments bout à bout pour former un transistor.

Figure 9.9



Il est très important que les bornes positives et négatives d'une diode soient bien identifiées et, pour ce faire, elles portent des noms différents :

- Anode pour la matière type P
- Cathode pour la matière de type N

Un phénomène électrique a lieu aux surfaces de contact des deux substances d'une jonction PN. Aux surfaces de jonction de la substance P et de la substance N, les électrons non liés de la substance N se répandent ou diffusent dans la substance P proche de la jonction.

Comme ces électrons ont quitté la substance N, cette région est chargée positivement. Le résultat de cette diffusion d'électrons est la génération d'une tension (f. é. m.) dans la jonction.

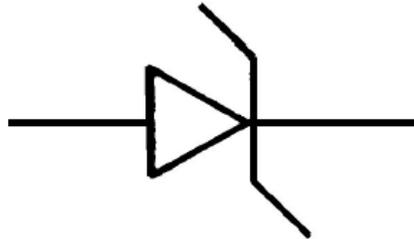
DIODE DE ZENER

Une diode de Zener est une diode spéciale qui ne laisse passer un courant dans un sens qu'au-delà d'une certaine tension. Une fois cette tension atteinte, la diode Zener polarisée en inverse laisse passer le courant.

Les diodes Zener servent à protéger les circuits transistorisés contre une tension excessive. Avant que la tension aux bornes du transistor n'atteigne un niveau dangereux, la diode Zener entre en zone d'avalanche et dérive le courant du circuit transistorisé et cela en raison même de la caractéristique de fonctionnement propre à la diode Zener. Cette diode ne conduit pas le courant en sens inverse au-dessous d'une certaine valeur prédéterminée de la tension de polarisation inverse.

Par exemple, elle ne conduit pas si la tension de polarisation inverse est inférieure à 9 V, mais elle conduit le courant inverse lorsque la tension de polarisation inverse est égale ou supérieure à 9 V.

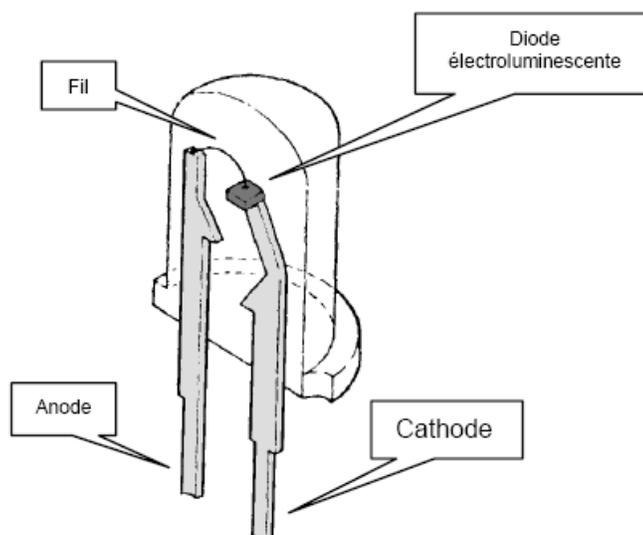
Figure 9.10



DIODE ÉLECTROLUMINESCENTE (DEL)

Une diode électroluminescente est fabriquée en matériau semi-conducteur spécial, partiellement translucide. Le silicium des diodes ordinaires est opaque. Lorsque le courant traverse une diode électroluminescente, une lumière est produite au niveau de la jonction. La diode proprement dite n'est qu'un élément de l'ensemble luminescent. Il faut également des fils et une lentille en matière plastique pour diffuser la lumière. Dans le cas des circuits automobiles, la diode électroluminescente a un inconvénient, car elle est difficile à voir sous la lumière directe du soleil.

Figure 9.11



LES TRANSISTORS

Le transistor est un dispositif électronique semi-conducteur qui a remplacé avantageusement l'utilisation de la lampe à vide. À la fin des années 60, les compagnies de produits audiovisuels axaient leur publicité sur les télévisions à transistors et les radios transistors. La lampe à vide, encombrante, consommant beaucoup d'énergie, avec un coût de production élevé et un délai de réaction trop long, devenait du même coup reléguée aux oubliettes.

L'invention du transistor en 1947 a provoqué une révolution dans l'histoire de l'électronique. On n'a qu'à penser aux appareils audio et vidéo, aux électroménagers, à l'informatique, au domaine de l'automobile, aux appareils médicaux, aux télécommunications, à l'aérospatiale, sans compter tout le secteur de l'industrie. On tentera ici d'expliquer le fonctionnement du transistor à travers diverses applications.

Le qualificatif bipolaire provient du fait que deux types de porteurs de charge (électrons et trous) sont nécessaires au fonctionnement de ces transistors. Si un seul élément était employé, soit électron ou trou, on parlerait alors de dispositif mono polaire.

STRUCTURE PHYSIQUE

Le transistor ressemble énormément à une diode à laquelle on aurait ajouté un étage. En effet, le transistor est constitué de trois (3) sections de semi-conducteurs. Il existe deux types de transistors bipolaires : le transistor bipolaire de type PNP et celui de type NPN. La figure suivante représente schématiquement les deux types de transistors bipolaires. Dans le cas du transistor NPN, la région commune de type P est prise en sandwich entre deux couches de type N. En ce qui a trait au transistor PNP une région N est commune à deux couches de type P. Les trois éléments qui correspondent à chacune des bornes d'un transistor bipolaire à jonctions s'appellent l'émetteur, base et le collecteur.

Figure 9.12

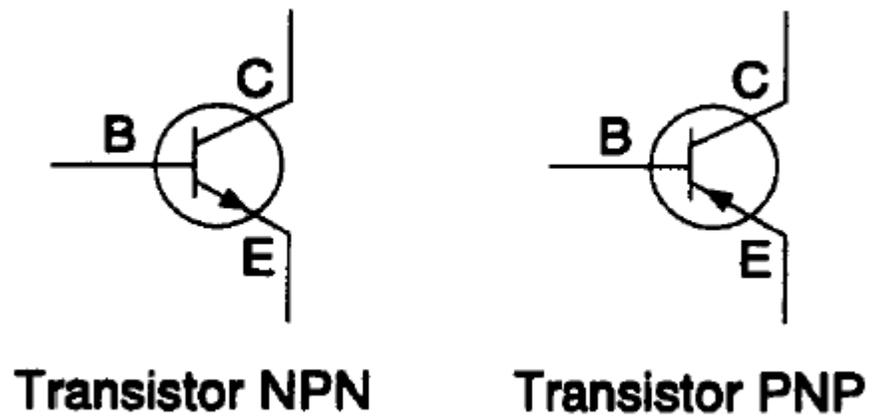
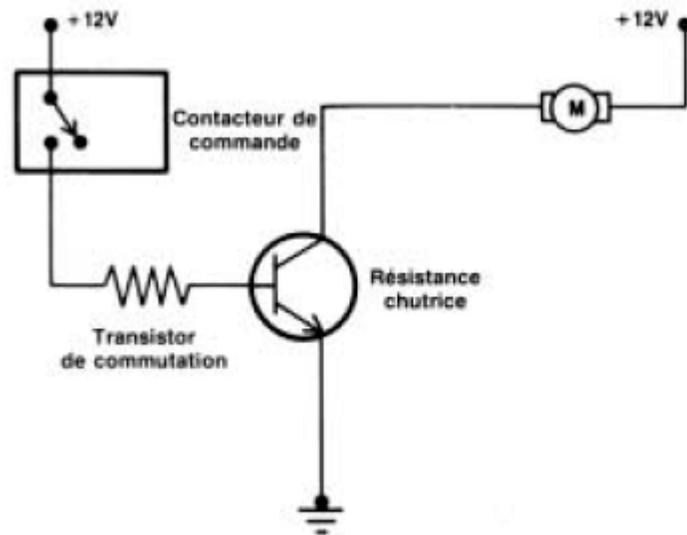


Figure 9.13



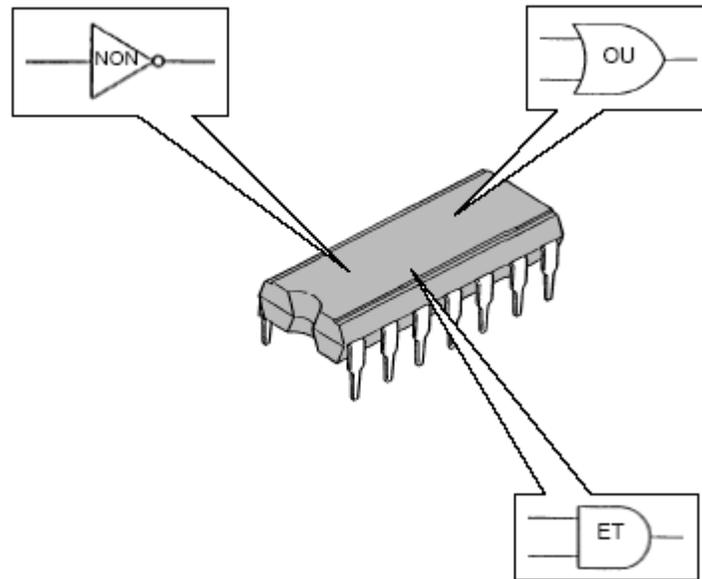
CIRCUIT LOGIQUE

Avec la technologie de pointe que l'on retrouve aujourd'hui dans les camions, les capacités et les performances de ces dernières ont atteint de nouveaux sommets. Parmi les technologies de pointe, « l'électronique » est certainement celle qui a fait le plus de progrès, car elle a permis de révolutionner l'industrie automobile.

Dans la partie précédente, nous avons traité des matériaux semi-conducteurs de type P et de type N utilisés dans la fabrication des diodes et des transistors. Nous avons également expliqué comment ces éléments de base sont utilisés en tant que blocs de construction des circuits électroniques.

Les circuits intégrés numériques se composent de nombreux éléments, dont les plus importants sont des transistors. Ces circuits sont appelés « circuits logiques » ou « circuits numériques » et se composent d'une combinaison de types différents de ce qu'on appelle des « portes » (gates) ; les trois types de portes de base sont : la porte NON ou inverseur, la porte ET et la porte OU.

Figure 9.14



Généralement, ces portes ont la capacité de traiter logiquement deux ou plusieurs signaux ; c'est la raison pour laquelle on les appelle des « PORTES LOGIQUES ».

Les portes logiques sont, en fait, une méthode rapide de représenter un circuit électronique beaucoup plus compliqué se composant de transistors, de diodes et de résistances.

Figure 9.15

