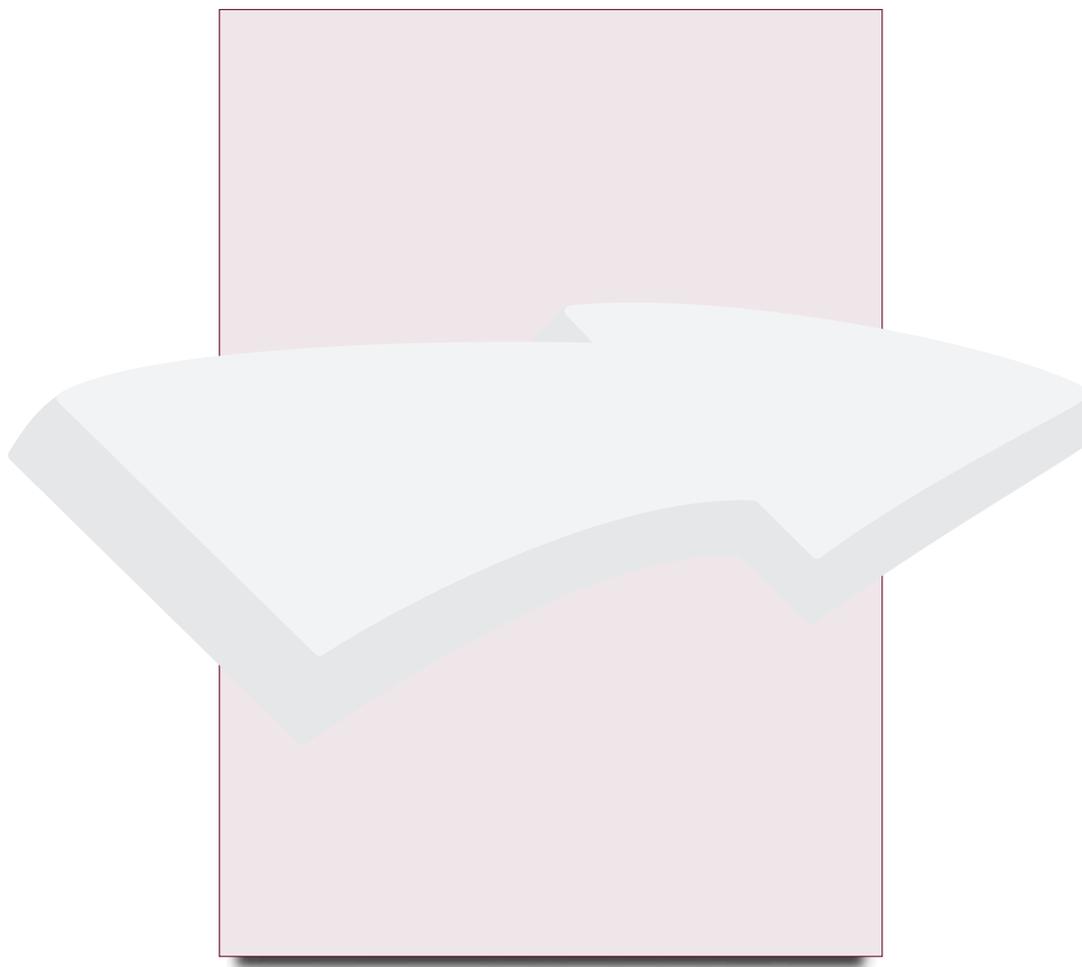


3 COMPOSANTES DE BASE D' ELECTRONIQUE



La reproduction totale ou partielle de ce cahier est interdit, ainsi que son enregistrement dans un système informatique ou sa transmission, sous toute forme ou à travers n'importe quel moyen, que ce soit électronique, mécanique, par photocopie, par enregistrement ou par d'autres méthodes, sans la permission préalable et par écrit des titulaires du *copyright*.

TITRE : Composantes de Base d'Electronique CB n° 3 - AUTEUR : Organisation de Service - SEAT, S.A. Zona Franca, Calle 2
Reg. du commerce Barcelone. Tome 23.662, Folio 1, Page 56855

1ère édition - DATE DE PUBLICATION : Avril 97 - DEPOT LEGAL : B. 4506-98
Préimpression et impression : TECFOTO, S.L. - Ciutat de Granada, 55 - 08005 Barcelone - Design et Mise en page : WIN&KEN

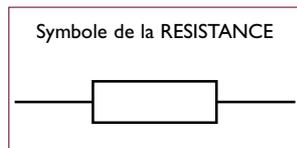
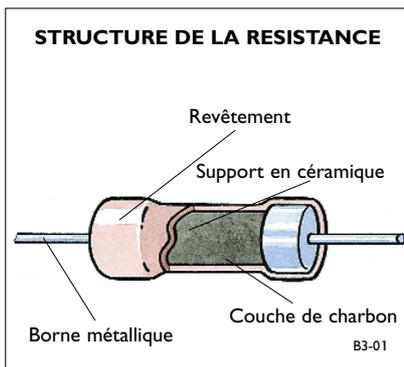
I	N	D	E	X
COMPOSANTES PASSIVES :				
RÉSISTANCES FIXES				4-5
COMPOSANTES PASSIVES :				
RÉSISTANCES VARIABLES				6-9
COMPOSANTES PASSIVES :				
LE CONDENSATEUR				10-13
COMPOSANTES ACTIVES				14-15
COMPOSANTES ACTIVES :				
LA DIODE				16-19
COMPOSANTES ACTIVES :				
DIODE ZENER, LED ET PHOTODIODE				20-21
COMPOSANTES ACTIVES :				
LE TRANSISTOR				22-23
APPLICATION DES TRANSISTORS				24-25
COMPOSANTES ACTIVES :				
LE TIRISTOR, LE PHOTOTRANSISTOR, LE TRIAC ET LE DIAC				26-27
CIRCUITS INTÉGRÉS				28-29
EXERCICES D'AUTO-ÉVALUATION				30-33

Cher ami, afin de mieux comprendre ce cahier, nous vous recommandons de réviser le numéro 1 de cette collection sous le titre de : CONCEPTS DE BASE D'ELECTRICITE.



“Nous trouvons dans tous les circuits électroniques, en plus des semi-conducteurs, toute une série de composants auxiliaires indispensables au fonctionnement de tout circuit : ce sont les nommées composants passives : résistances, potentiomètres et condensateurs”.

COMPOSANTES PASSIVES : RÉSISTANCES FIXES



Construction et fonctionnement

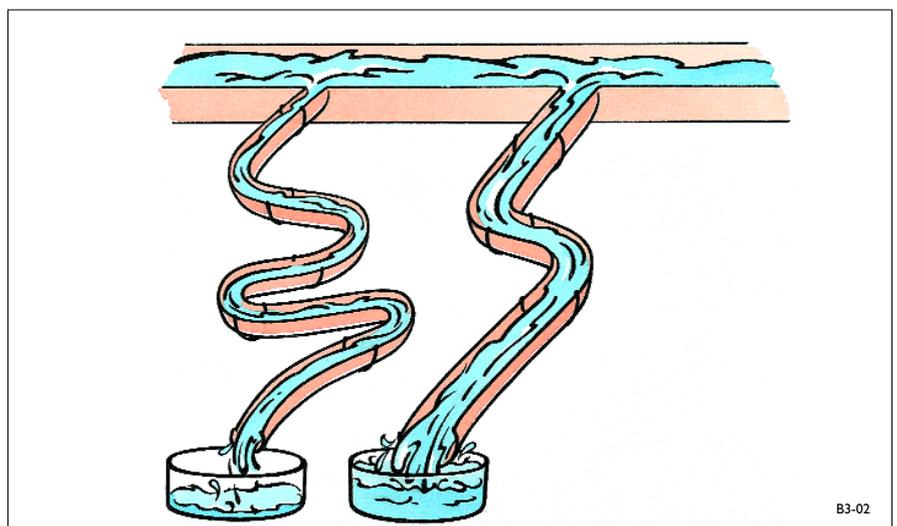
Les résistances sont des composants passifs qui servent à réduire le courant qui circule dans un circuit ou de former des diviseurs de tension qui permettent de régler le voltage dans un point à une valeur concrète. Dans une figuration hydraulique, la résistance peut être comparée à la longueur, section et forme des tuyauteries dans lesquelles circule l'eau; d'après ces caractéristiques le débit est plus ou moins réduit, ce qui lui fait perdre une partie de son énergie.

Les résistances, intercalées dans un circuit, provoquent aux extrémités traversées par le courant une “chute” ou perte de tension dont la valeur est proportionnelle à la valeur de la résistance.

Elles sont fabriquées avec des matériaux ayant un coefficient de résistivité spécifique très élevé (par exemple du fil en bobine, du charbon ou de la pellicule métallique); ainsi nous obtenons les valeurs en ohm souhaitées dans un petit espace.

Les résistances les plus communes sont celles construites à base de charbon. Elles comprennent un corps cylindrique en céramique recouvert d'une couche de charbon; la valeur en ohm est fixée par un processus de spiralisation du charbon ou en faisant varier sa grosseur.

Les résistances à pellicule métalliques sont construites à partir d'un substrat en céramique sur lequel on dépose une fine couche, à base d'un mélange de métaux et résines; le type de composition et la quantité



Figuration hydraulique.

Plus la valeur de la résistance est grande, plus le courant qui passe est petit.

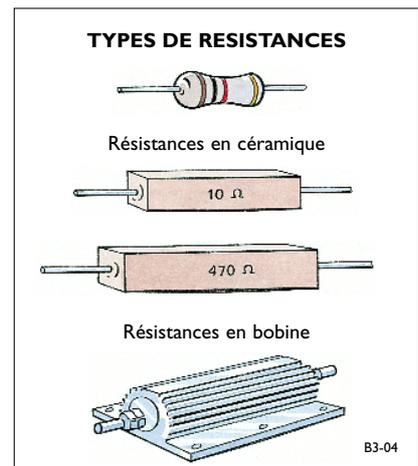
détermineront la valeur de la résistance souhaitée. Habituellement, ce type de résistance est très stable quand il se produit une variation de température et plus précis que celles à charbon. Le corps de la résistance est généralement peint avec des bandes ou des anneaux de couleurs qui correspondent au code international d'identification. Le code permet de connaître la valeur en ohm et la tolérance de fabrication, car face à l'impossibilité d'obtenir une valeur en ohm absolument exacte, elles sont fabriquées avec des tolérances minimum, qui sont indiquées par une couleur déterminée. La taille des résistances est en rapport avec la puissance maximum qu'elles peuvent dissiper. Les valeurs de puissance normalisées vont de 1/8 de watt jusqu'à plusieurs watts.

Quand il faut dissiper de plus grandes valeurs de puissance, les résistances en bobine et céramique sont utilisées.

Code de couleurs

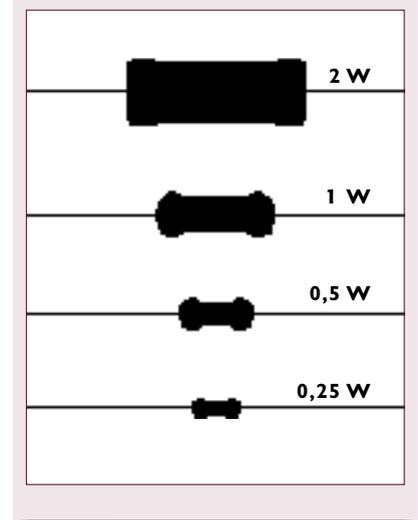
Pour interpréter le code international de couleurs, il faut situer la résistance de façon à ce que la couleur "dorée" ou "argentée" (bande qui indique la tolérance) soient à droite. Les bandes de couleurs sont lues de gauche à droite.

La première bande correspond au premier chiffre, le second anneau au deuxième chiffre et le troisième anneau indique le facteur de multiplication ou nombre de zéros. La série de tolérance standard est : 20 %, 10 %, 5 %, 2 % et 1 %. Pour des tolérances inférieures à 5 %, des résistances à pellicule métallique sont utilisées.



EN PROFONDEUR

La taille des résistances est en rapport avec la puissance maximum qu'elles peuvent dissiper. L'illustration montre la silhouette de certaines résistances pour lesquelles on peut déterminer la puissance d'après la taille.



1^{er} chiffre 2^e chiffre

(N° de zéros) Tolérance

1 ^{er} chiffre	Marron	(1)...1
2 ^e chiffre	Noir	(0)..... 0
N° de zéros	Rouge	(2)..... 00

1.000 Ω

CODE DE COULEURS DE RESISTANCES

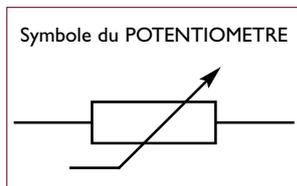
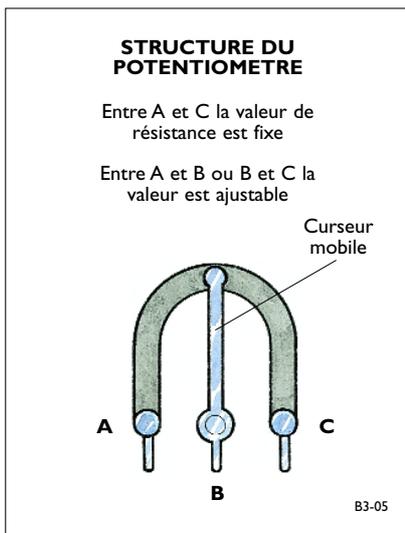
NOIR	0	X1
MARRON	1	X10
ROUGE	2	X100
ORANGE	3	X1.000
JAUNE	4	X10.000
VERT	5	X100.000
BLEU	6	X1.000.000
VIOLET	7	
GRIS	8	
BLANC	9	

TOLERANCE

ARGENT	10 %
OR	5 %

“Les résistances variables sont celles dont la valeur peut être altérée ou modifiée. En outre, certaines peuvent varier en fonction d'un phénomène physique, comme la température, la lumière, le magnétisme, etc. et on peut donc les utiliser comme capteurs”.

COMPOSANTES PASSIVES : RÉSISTANCES VARIABLES

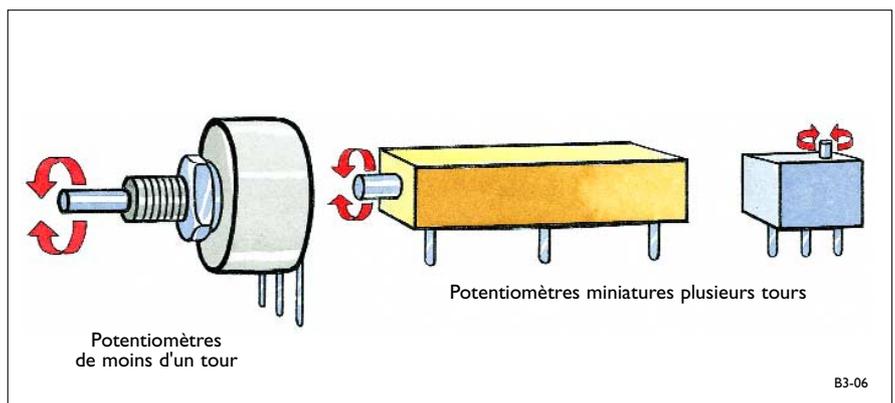
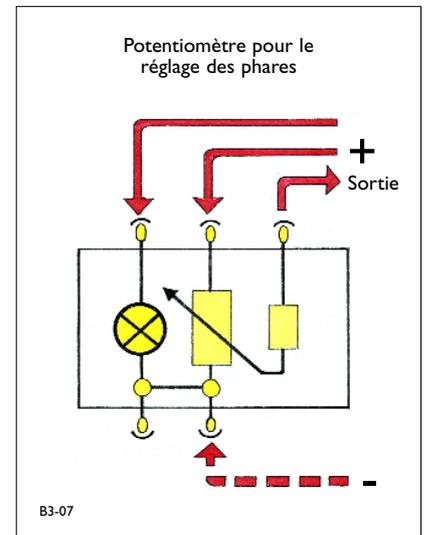


Résistances ajustables ou potentiomètres

Le potentiomètre est une résistance sur laquelle on fait glisser un curseur afin de la diviser en deux résistances dont la somme des valeurs est constante. La résistance est formée d'une pellicule de charbon ou par un fil résistif enroulé, ceci dépendra de la valeur et de la puissance qu'elle permet. Il existe aussi des potentiomètres qui utilisent une pellicule de plastique conductrice ou de céramique conductrice. Sur la résistance, on déplace le curseur qui établit un contact, la valeur de résistance pourra être ajustée entre la patte correspondant au curseur et l'une des extrémités. Le déplacement du curseur peut être de moins d'un tour ou de plusieurs, ce dernier offrant la possibilité d'obtenir des ajustages plus fins.

• Applications du potentiomètre

Les potentiomètres sont surtout utilisés comme diviseurs de tension ou réducteurs d'intensité. Une application très courante dans l'automobile est dans la jauge de carburant, ou comme régulateur de l'illumination du tableau de bord ou intégré dans le système de hauteur des phares.



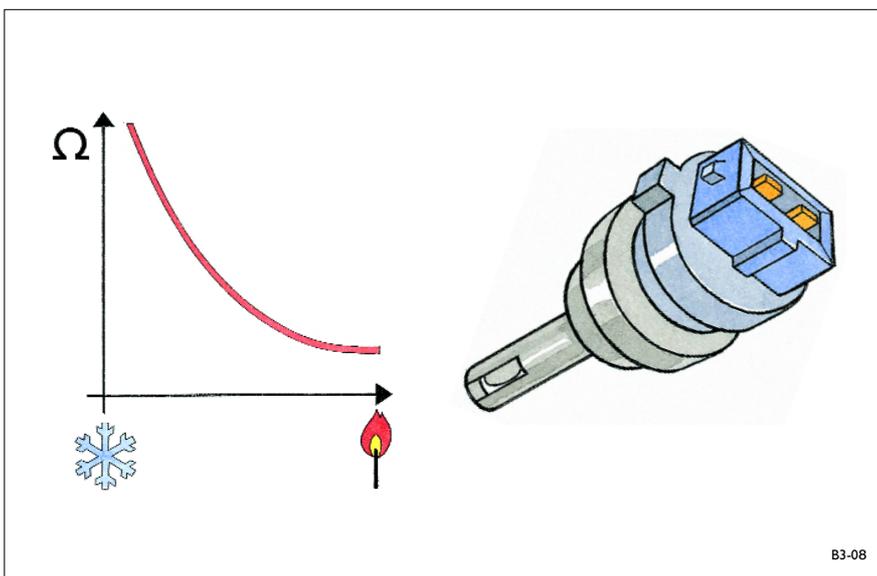
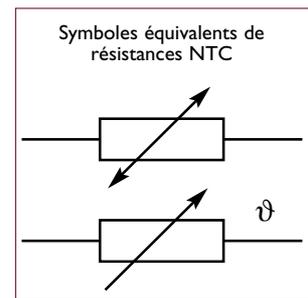
Différents types de potentiomètres.

Résistances spéciales

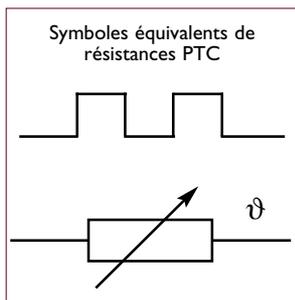
En plus des résistances à valeur fixe et les potentiomètres, il existe aussi des résistances spéciales dont la valeur connaît des variations quand elles sont soumises à certaines phénomènes physiques. Ces caractéristiques spéciales sont utilisées dans des applications pour lesquelles il est utile de disposer d'éléments capables de détecter et mesurer la température, la tension, la pression, la traction, etc. Les applications dans l'automobile sont nombreuses étant donné qu'elles font partie de ce que l'on appelle capteurs : des composants capables de transformer une variation physique en une variation électrique.

• Résistance NTC (Negative Temperature Coefficient)

Les résistances NTC ont la propriété de diminuer leur valeur de résistance à mesure que la température augmente. Elles sont construites à base d'oxydes ferriques semi-conducteurs et leur profil peut adopter différentes formes : en forme de goutte, pastille, sphériques, plates, etc. La variation de leur résistance oscille entre -3 % et -5 % par degré centigrade et leur valeur nominale est définie pour 25 °C. Leur application fondamentale est trouvée dans les circuits de mesure de température du moteur et dans celui de température de l'air (aspiration, chauffage, air conditionné, etc.).



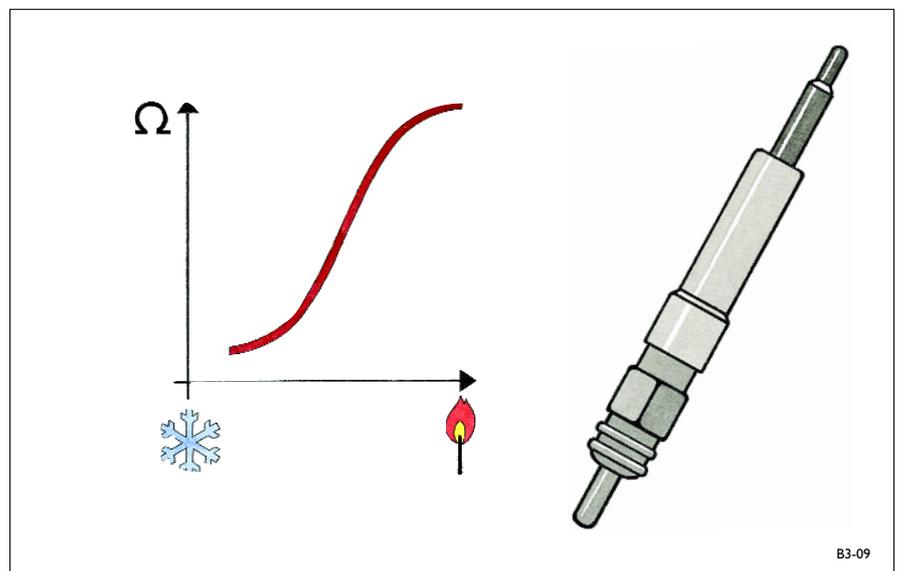
Transmetteur de température avec une résistance type NTC et courbe de réponse.



• Résistances PTC (Positive Temperature Coefficient)

Les résistances PTC augmentent leur valeur avec la température, bien que ceci n'a lieu qu'à certaines températures hors desquelles le coefficient peut être zéro ou même négatif. Une lampe incandescente agit comme une résistance PTC, à froid sa valeur résistive est approximativement le dixième de sa résistance en fonctionnement. Une application importante de la résistance PTC sont les bougies de préchauffage autorégulées pour des moteurs Diesel. Leur fonctionnement consiste à augmenter la valeur de leur résistance quand la

température augmente, de cette façon, quand la bougie est froide sa résistance est très basse et le courant qui passe très élevé; on atteint ainsi un chauffage rapide de l'avant-chambre de combustion. A mesure qu'elle chauffe, la valeur de la résistance croît, ce qui provoque une réduction du passage du courant. Cette propriété de la résistance PTC, grâce à un chauffage rapide et une consommation autorégulée, constitue un excellent système de chauffage utilisé pour chauffer la sonde lambda, les gâches des serrures, les éjecteurs d'eau du lave-glaces afin d'éviter la congélation, etc.



Bougies de préchauffage et courbe de réponse de la résistance PTC.

• **Résistances LDR (Light Dependent Resistor)**

Les résistances LDR, appelées aussi **photorésistances**, sont un disque de matériau semi-conducteur (généralement sulfure de cadmium) sur lequel sont imprimées des pistes de matériau conducteur.

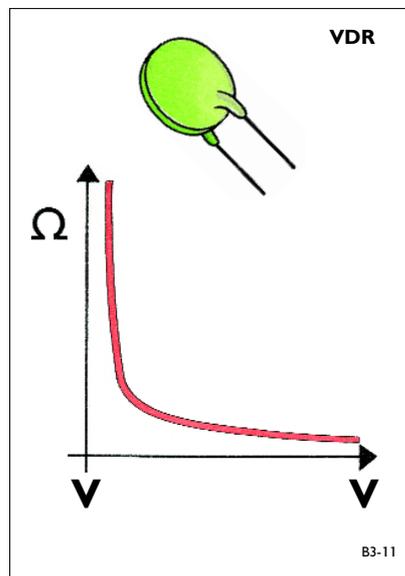
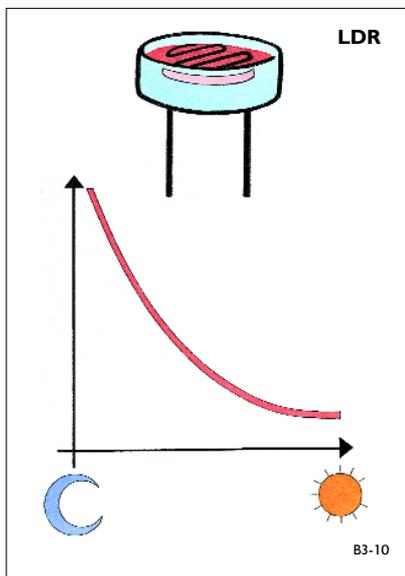
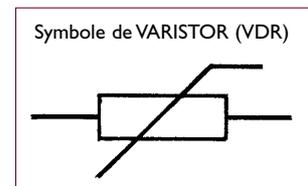
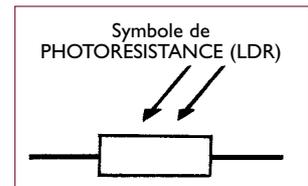
La valeur de leur résistance dépend de la lumière qui agit sur elles, car, dans l'obscurité, elle présente une résistance élevée, tandis que sa valeur diminue à mesure que la lumière augmente.

Les photorésistances sont employées dans des circuits qui automatisent l'allumage des phares quand le véhicule traverse des endroits peu illuminés, comme par exemple des tunnels, et sont aussi utilisées comme capteur de la

radiation solaire dans des systèmes de climatisation.

• **Résistances VDR (Voltage Dependent Resistor)**

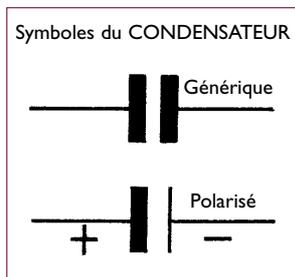
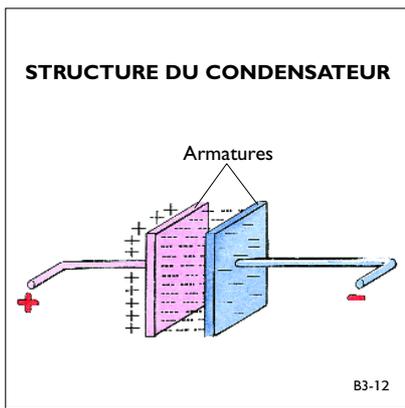
Les résistances VDR, appelées aussi **varistor**, sont des résistances dont la valeur dépend de la tension appliquée à leur extrémités. Elles présentent une résistance électrique élevée qui diminue quand on lui applique une tension déterminée. Cette caractéristique est due au type de matériau avec lequel elles sont fabriquées (carbure de silice et oxyde de titanium). Elles peuvent être employées pour stabiliser la tension, protéger un circuit ou supprimer des interférences provoquées par les étincelles produites par les petits moteurs des balais.



Aspect et courbes de réponses des résistances LRD et VDR.

“Le condensateur est un élément qui a la propriété de stocker et céder une charge électrique et cette caractéristique en fait une composante très utile pour des circuits où l'on a besoin de “filtrer” le courant ou construire des dispositifs temporisés”.

COMPOSANTES PASSIVES : LE CONDENSATEUR



Construction et fonctionnement

Le condensateur est une composante qui a la propriété de stocker une charge électrique. Il est surtout composé de deux plaques ou armatures séparées et isolées par une substance appelée diélectrique; lorsqu'on les armatures reçoivent une charge continue, il se produit un effet d'accumulation de charge électrique, de façon que l'une d'entre elles, celle qui est connectée au pôle négatif, se remplit d'électrons tandis qu'il se produira dans l'autre (celle qui est connectée au pôle positif) un vidage d'électrons (vides).

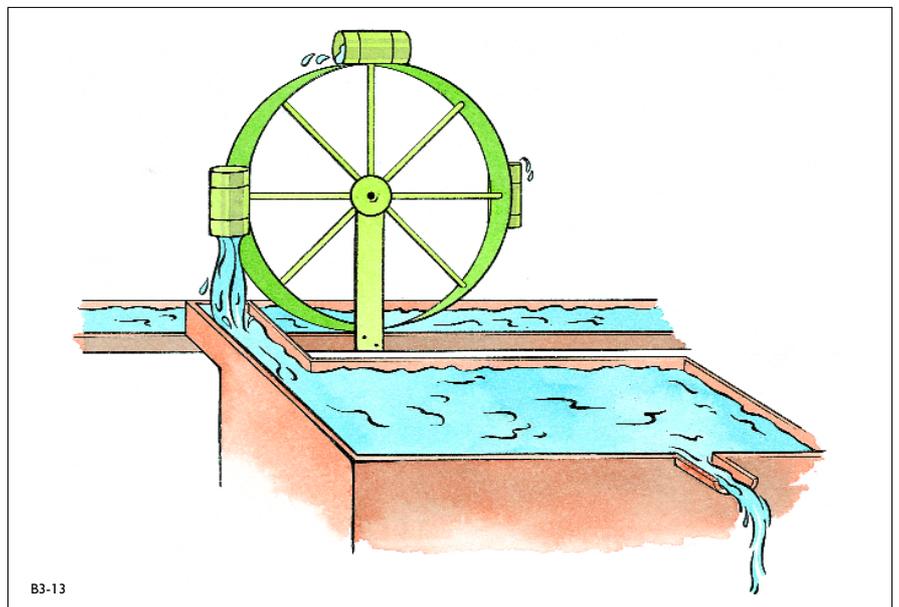
Si la tension de la source décroît, le condensateur cède sa charge jusqu'à

atteindre à nouveau la tension de la source.

Cette propriété de pouvoir se décharger est utilisée pour “filtrer” le courant. Nous pouvons la comparer avec un “réservoir” qui amortit et aplatit les oscillations du courant qui passe.

Le condensateur fait aussi partie des circuits oscillateurs et temporisateurs, ainsi que des systèmes d'allumage qui se fondent sur la décharge d'un condensateur sur le primaire de la bobine. Le matériau employé pour sa fabrication est très important car il détermine des facteurs comme la tension maximum de fonctionnement mais surtout sa capacité. Le symbole du condensateur représente les deux

Analogie hydraulique.
Le condensateur agit comme un réservoir qui amortit les oscillations du courant.



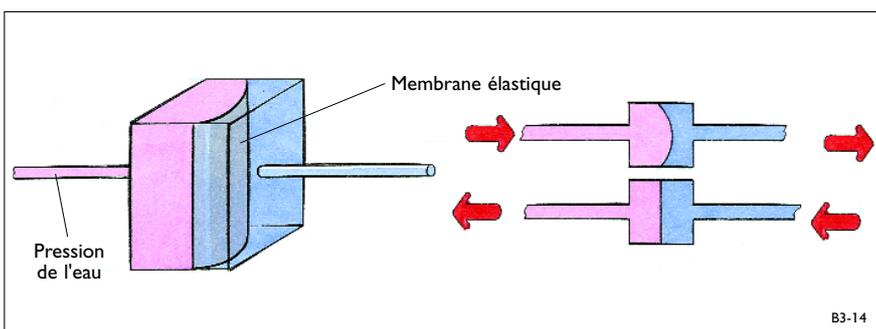
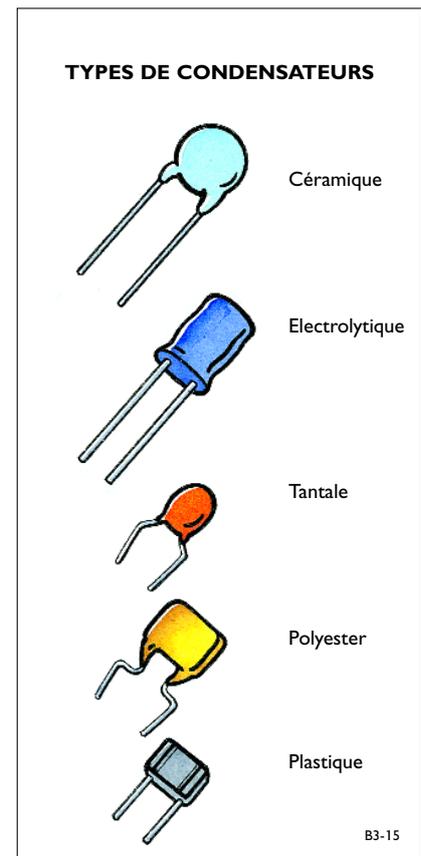
“plaques” qui séparent le circuit : les armatures. Selon le type de condensateur, celui peut être polarisé, ce qui oblige à respecter la disposition des bornes dans le montage, par exemple, ceux de type électrolytique dont le symbole montre la polarité de chaque borne. Le condensateur se comporte de façon différente si l'on applique du courant continu ou du courant alternatif. Si l'on alimente avec du courant continu, les armatures sont chargées à la tension de la source mais il ne laisse pas passer le courant. Au contraire, si l'on applique du courant alternatif, il se charge et décharge selon les alternances et permet le passage du courant. En faisant une analogie hydraulique, le condensateur peut être comparé à un réservoir séparé par une membrane élastique. Le courant de l'eau ne circule pas s'il est continu étant donné que la membrane l'en empêche. L'eau est stockée sous une pression déterminée, celle qui existe

dans le circuit. Par contre, s'il se produit un flux par impulsions, la membrane réagit à chaque impulsion de pression et transmet à l'autre chambre les variations de pression; l'eau circule alors. Cette caractéristique face au courant alternatif est utilisée pour filtrer un courant continu superposé à un courant alternatif, qui retient et laisse passer celui-ci, ainsi que pour éliminer la tension éventuelle qui apparaît dans des circuits de commutation où il y a des charges inductives (relais, bobines, etc.).

• Types de condensateurs

Nous pouvons faire une classification en reliant le matériau employé dans leur construction à la capacité :

- **Céramique et plastique**, pour de petites capacités.
- **Polyester et tantale**, pour des capacités moyennes
- **Electrolytique**, pour de grandes capacités.



Analogie hydraulique du comportement du condensateur face au courant alternatif.

EN PROFONDEUR

Unités de capacité

La capacité (C) d'un condensateur est directement proportionnelle à la quantité d'électricité accumulée dans chaque armature (Q) et inversement proportionnelle à la tension appliquée entre les deux armatures (U).

La formule qui l'exprime est :

$$C=Q/U$$

1 farad (C) = 1 coulomb (Q) / 1 volt (V)

C = capacité du condensateur en farad (F)

Q = quantité d'électricité en coulomb (C)

U = tension entre les armatures en volts (V)

L'unité de capacité, le **farad**, est défini comme le rapport entre quantité d'électricité (Q) en ampères par seconde que peut stocker un condensateur et la tension entre ses armatures.

La quantité d'électricité (Q) est le **coulomb**, qui est défini comme la quantité d'électricité transmise par un ampère (A) en une seconde (s) entre deux points d'un circuit. Un coulomb est donc équivalent à un ampère par seconde ($C = A/s$).

Dans la pratique, le farad est une valeur très grande, ce qui oblige à utiliser des sous-multiples comme :

MICROFARAD	mF =	0,000001 F
NANOFARAD	nF =	0,001 mF
PICOFARAD	pF =	0,001 nF

Applications du condensateur

•Filtres et circuits résonnants

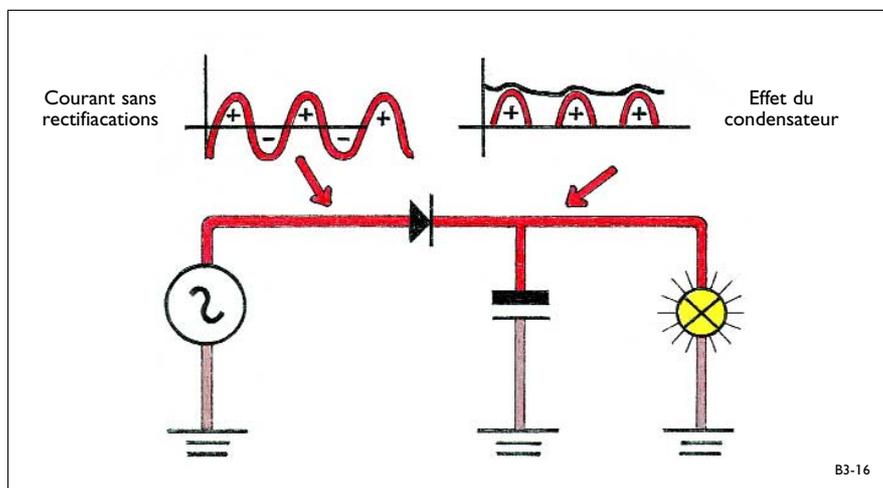
Afin d'éviter les bruits parasites de l'autoradio, on utilise des condensateurs comme filtres de courant grâce aux propriétés qu'il possède face au courant alternatif et continu. Monté parallèlement aux inductances (bobines, relais, etc.) ou aux sources de bruit parasite (interrupteurs, moteurs, etc.), le condensateur dérive à la masse (fait un court-circuit) toute pointe de tension susceptible de créer des interférences.

Placé à la sortie du rectificateur, comme le montre l'illustration, le condensateur "aplatit" les pointes de tension étant donné qu'il se charge pendant la montée de l'onde positive et se décharge lors de la descente, raison pour laquelle

les zones vides sont remplies avec la charge accumulée par le condensateur. Ceci produit un courant filtré et une plus grande tension efficace.

Quand il faut extraire un signal alternatif d'un courant continu ayant des pulsations alternatives (par exemple pour le compte-tours), le condensateur est monté en série et la composante alternative du signal passera seulement. Le condensateur monté en série avec un bobinage (inductance) constitue un circuit résonnant qui agit comme un filtre pour une certaine fréquence d'oscillation; on l'utilise donc comme unité de lecture de l'immobilisateur électronique car le circuit est capable de "reconnaître" le signal émis par la clé.

Schéma d'un rectificateur d'onde moyenne avec un condensateur comme filtre.



• **Temporisateurs**

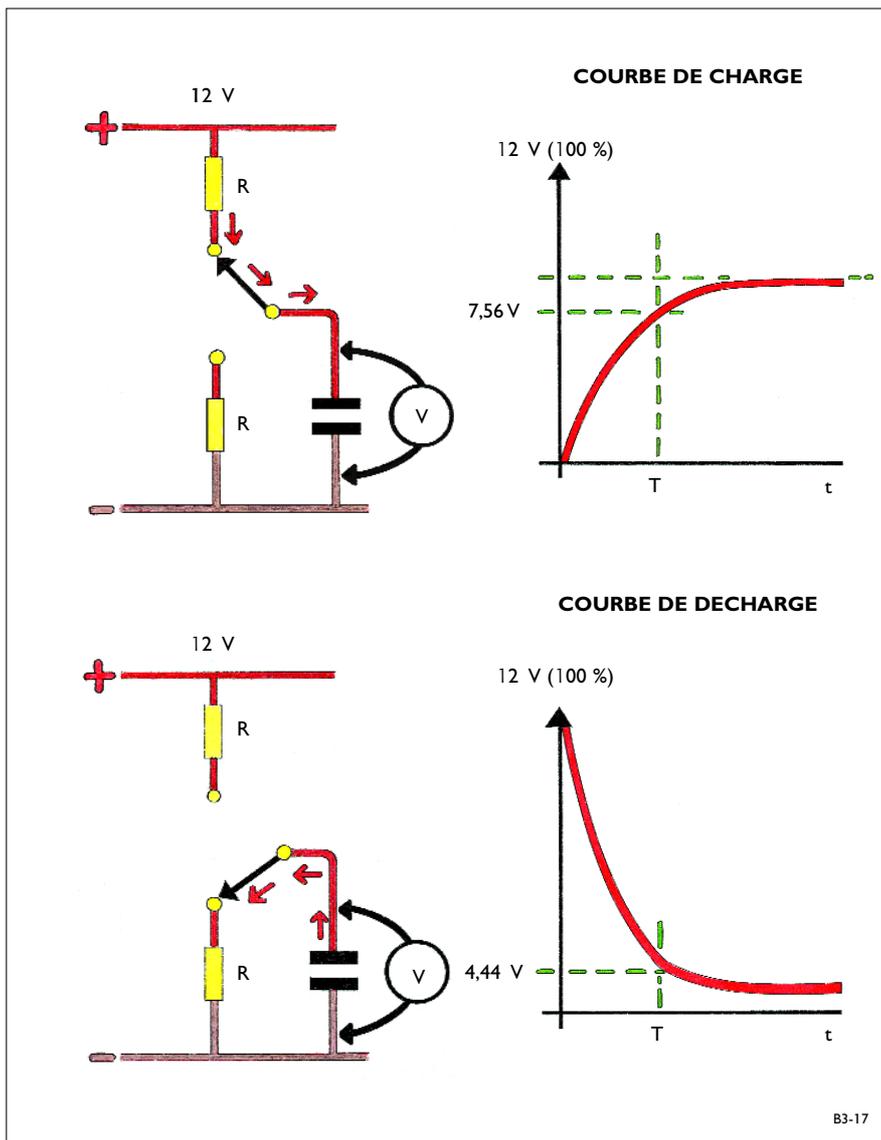
Le condensateur est utilisé comme élément temporisateur en combinaison avec une grande résistance, dans un montage en série. Le condensateur se charge ou décharge à travers la résistance

en un temps déterminé. On l'utilise dans la temporisation de l'allumage de la lumière intérieure de l'habitacle ou comme partie du module d'alimentation de réserve dans l'Unité de Contrôle du système Airbag.

EN PROFONDEUR

Constante d'un temps RC

Bien que le condensateur se charge d'une façon **NON LINEAIRE**, car il le fait au début très vite et de plus en plus lentement après, il y a un tronçon de la courbe (de charge et décharge) qui est pratiquement considéré linéaire et c'est celle que l'on utilise pour calculer la constante de temps (T), qui est le temps que met le condensateur à atteindre 63 % de la tension de la source. Pour la décharge du condensateur, on effectue les calculs de la même façon, en considérant que le temps (T) de la constante RC est obtenu quand le condensateur a déchargé 37 % de la tension de la source.



Courbes de charge et décharge d'un condensateur à travers une résistance.

“On appelle composantes actives toutes celles, qui faisant partie des circuits et systèmes électroniques, leur confère la capacité de commuter ou régler le courant. Ces composantes comprennent la famille des semi-conducteurs”.

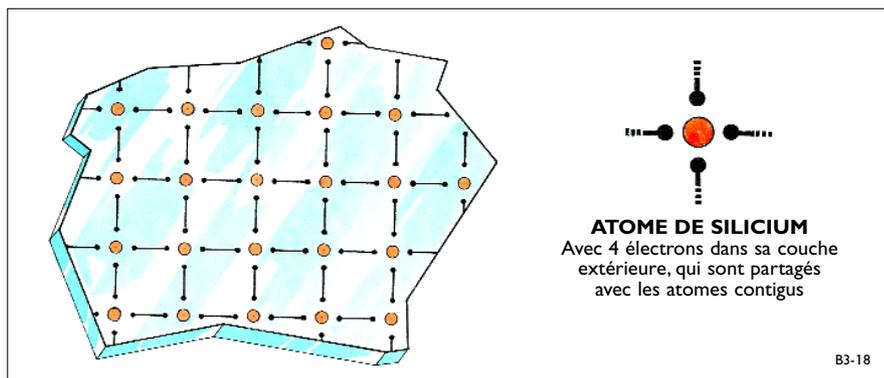
COMPOSANTES ACTIVES

Semi-conducteurs

On distingue en électrotechnie deux types de matériaux, ceux qui conduisent bien l'électricité, appelés **conducteurs**, et ceux qui opposent une grande résistance, appelés non conducteurs ou **isolants**. Mais parmi les matériaux conducteurs et isolants, nous trouvons un troisième groupe, les **semi-conducteurs**, dont l'origine provient de certains matériaux qui de par leur nature et à l'état pur sont isolants mais qui deviennent conducteurs grâce à l'introduction (dopage) d'impuretés d'autres substances différentes.

Dans les matériaux isolants, les électrons sont fermement unis aux atomes et forment un réseau cristallin, rendant la conduction impossible, tandis que dans les conducteurs les électrons peuvent être facilement arrachés et la conduction est établie par le déplacement libre de ces électrons.

Représentation de la structure interne du silicium pur. Tous les atomes forment un réseau cristallin que les électrons partagent avec les atomes contigus.



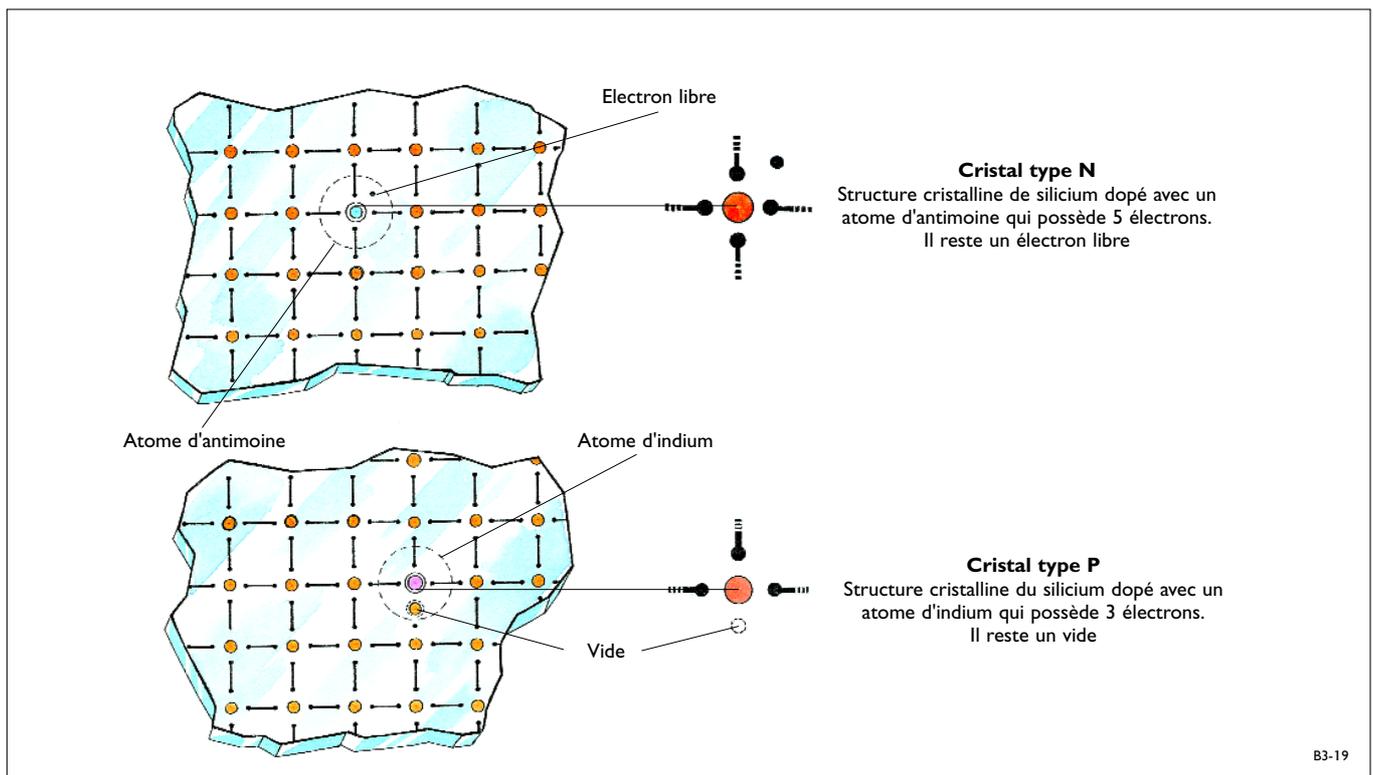
• Le dopage

La nature des matériaux semi-conducteurs, comme le **silicium** et le **germanium**, est telle qu'à l'état pur ce sont des cristaux isolants mais si l'on contamine leur structure atomique avec de **l'arsenic, du galium ou de l'indium**, ils deviennent des cristaux qui rendent la conduction de charges négatives ou positives facile. L'union de ces deux variétés de cristaux formera une composantes dont les propriétés face au passage du courant sont totalement différentes à leur action à l'état pur.

• Obtention de cristaux type N et type NP

La fabrication des cristaux est obtenue par le dopage, qui consiste à ajouter des quantités contrôlées d'autres éléments au matériau à l'état pur.

Par exemple, le silicium (4 électrons) peut être dopé avec de l'antimoine ou de l'indium, ainsi les atomes du matériau dopant se mélangent à ceux du semi-conducteur; il peut s'agir d'un qui possède un électron de plus (antimoine avec 5 électrons) dans sa couche extérieure, au quel cas chaque atome du matériau dopant donne un électron qui n'est



B3-19

pas lié au réseau cristallin et qui est donc "libre" d'agir comme porteur de charge; le cristal obtenu est connue comme cristal **type N**.

Comme alternative, nous pouvons doper le silicium semi-conducteur avec un matériau qui possède trois électrons dans sa couche extérieure (l'indium), de façon que là où l'on introduit un atome de matériau dopant il manque un électron qui se relie à l'électron contigu du silicium. Ce manque d'électrons est appelé vide et bien qu'il ne soit pas tout à fait une

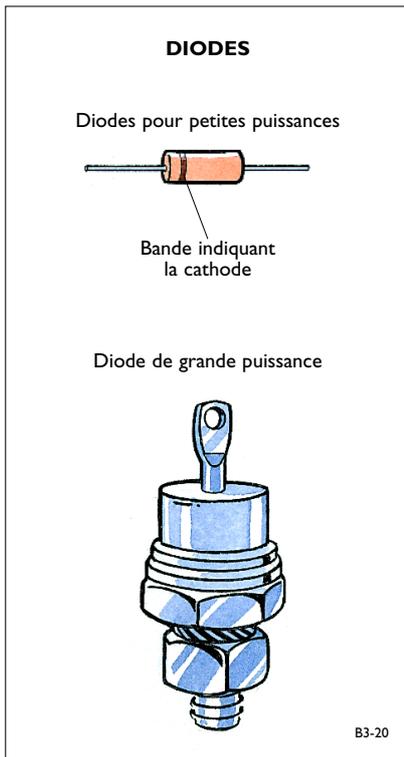
entité mais absence d'un électron, on peut le considérer comme porteur de charge.

L'atome de silicium a maintenant un vide qui peut "avancer" comme un électron, bien que la mobilité des vides se fonde sur le changement d'endroit des électrons liés à eux et non sur leur déplacement physique réel.

Le matériau qui est ainsi dopé est connu comme cristal **type P** étant donné qu'il est capable de déplacer des "vides", qui en opposition à l'électron peuvent être considérés comme des porteurs positifs.

“L'union de deux cristaux type P et N donne la première des composantes actives : la diode dont le fonctionnement ressemble à celui d'une soupape électrique”.

COMPOSANTES ACTIVES : LA DIODE



L'union PN : la diode

L'union de deux cristaux de type P et N forme la diode semi-conductrice. Le passage du courant est établi en sens unique, tandis que pour une polarité opposée le semi-conducteur oppose une grande résistance.

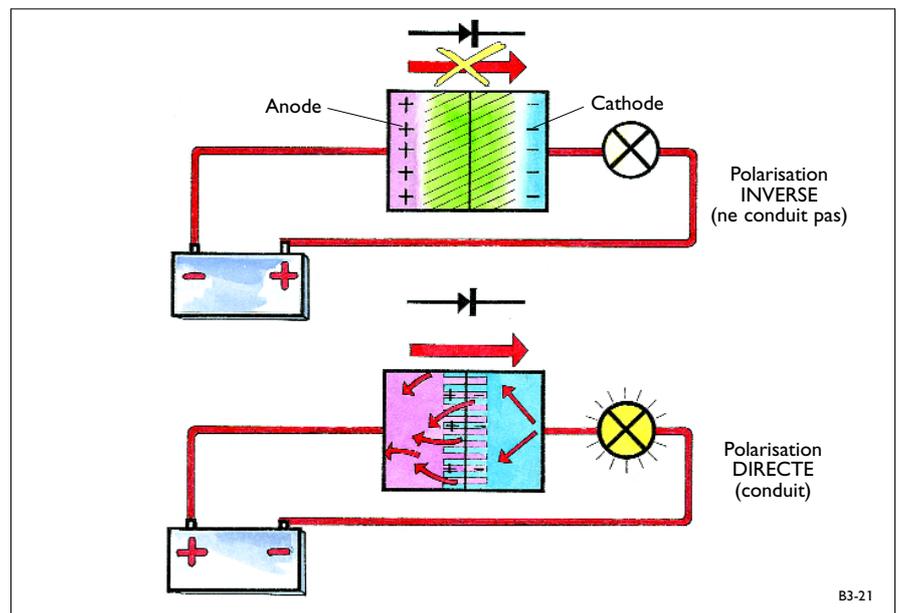
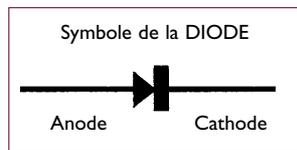
• Polarisation d'une diode semi-conductrice

Par l'application d'une tension inverse (polarisation inverse de l'union) les électrons sont attirés vers le pôle positif et s'éloignent du centre de l'union où se trouvent les vides. Il se forme ainsi une barrière isolante qui empêche le passage d'électrons. Lorsqu'on applique un courant

en sens direct (polarisation directe) les électrons circulent en sens contraire et en arrivant au centre de l'union ils peuvent “sauter” dans les vides du cristal contigu et sortir vers le pôle positif, la barrière isolante disparaît ce qui permet le flux des électrons.

Pour que la circulation en sens direct se produise, il faut une tension minimum qui soit capable de vaincre la barrière isolante; cette tension dépend de la nature du semi-conducteur : pour des diodes de silicium, elle est de 0,7 volts tandis que pour celles de germanium elle est de 0,3 volts.

La courbe de travail d'une diode



Polarisation directe et inverse d'une diode.

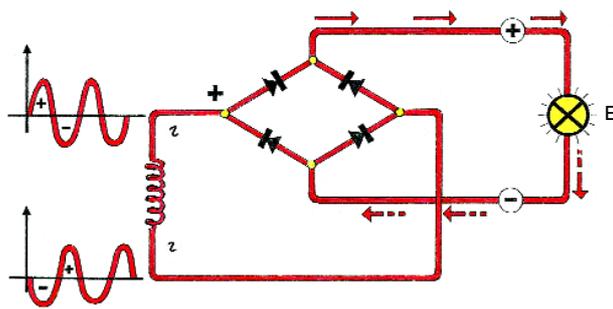


Schéma d'un pont rectificateur à 4 diodes

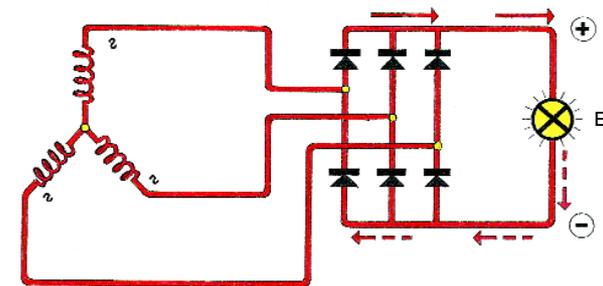
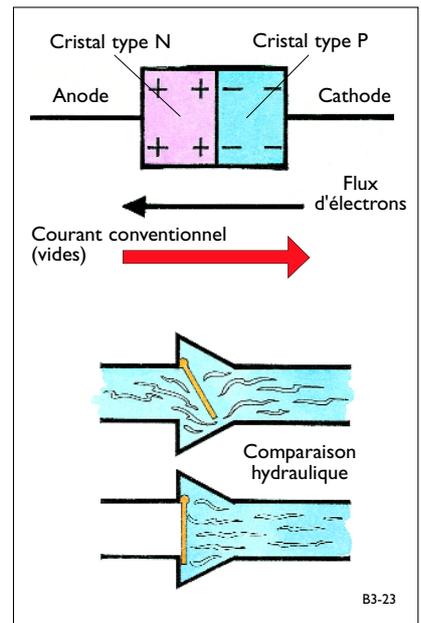


Schéma d'un groupe rectificateur à 6 diodes dans un alternateur à 3 phases

B3-22



B3-23

Structure interne d'une diode, formée par l'union de deux cristaux type N et P et analogie hydraulique.

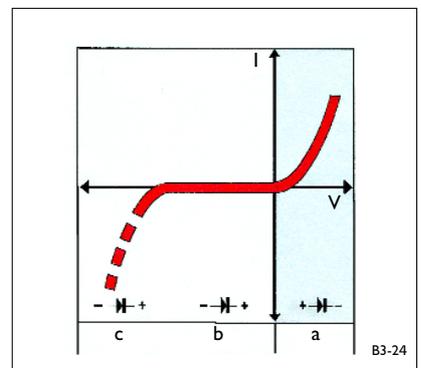
montre comme le courant varie selon la polarisation appliquée. L'axe horizontal représente la valeur de la tension appliquée et l'axe vertical la courant qui passe. On apprécie qu'en appliquant la polarisation directe (a) le courant passe, tandis qu'avec la polarisation inverse (b) on obtient un flux tellement petit qu'il est pratiquement dépréciable. En augmentant la tension inverse (c), on entre dans la zone de rupture où la diode peut se détériorer.

Applications de la diode

• Application comme rectificateur

Grâce au comportement de la diode qui agit comme une soupape à sens unique, elle est utilisée comme rectificateur de courant alternatif.

Le nombre de diodes employées dans le montage dépend des phases et alternances que l'on souhaite rectifier; dans un alternateur monophasé, il faut 4 diodes (2 par phase) tandis qu'un alternateur à 3 phases a besoin de 6.



B3-24

Courbe de travail du diode.

• **Montage de diodes dans le tableau de bord**

Dans le tableau de bord on utilise habituellement des diodes pour éviter que le courant de retour dans le circuit d'excitation de l'alternateur n'illumine le témoin de charge. Le schéma montre le montage d'une diode afin d'éviter le courant de retour dans le circuit d'excitation de l'alternateur.

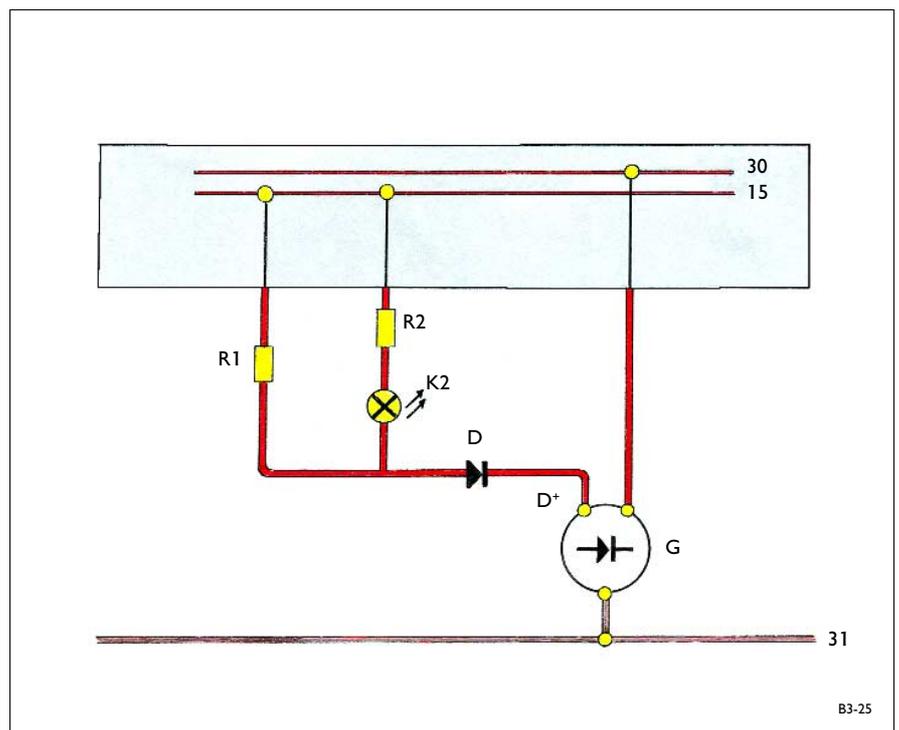
En actionnant le contact et avec le moteur arrêté, le courant nécessaire à l'excitation de l'alternateur passe à travers la

résistance et le témoin lumineux. Une fois le moteur démarré et l'alternateur produisant du courant, il apparaît par la borne D⁺ une tension (avec le courant en sens contraire) et le témoin s'éteint mais la diode évitera que le courant puisse circuler en sens contraire, empêchant ainsi la rétro-alimentation de la ligne 15 de contact.

• **Protection contre la surtension**

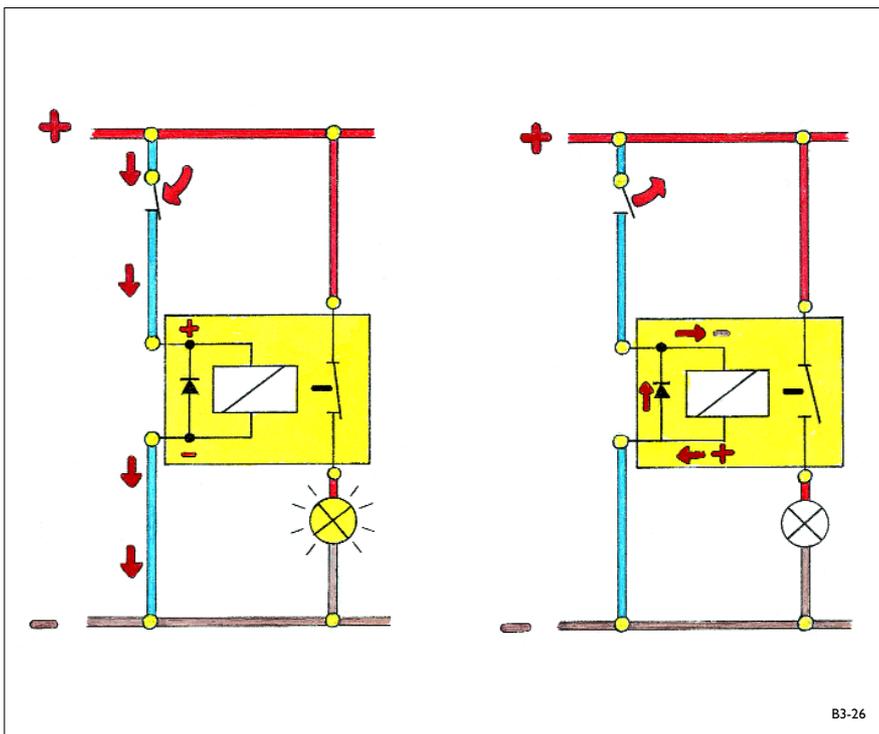
En montant une diode en sens inverse dans l'alimentation d'un

G : alternateur
D⁺ : Borne d'excitation
K2 : Témoin lumineux de charge
D : Diode
R1 et R2 : Résistances



circuit inductif (un relais, par exemple), celle-ci agit comme une soupape de sécurité qui provoque un court-circuit et absorbe les pointes de tension provoquées par l'effet de l'autoinduction et qui peuvent être dangereuses pour les circuits électroniques. La bobine d'un relais, quand elle est alimentée par un courant, crée un champ magnétique, nécessaire pour attirer l'armature et fermer le contact de puissance. Quand cette alimentation cesse, le champ magnétique disparaît

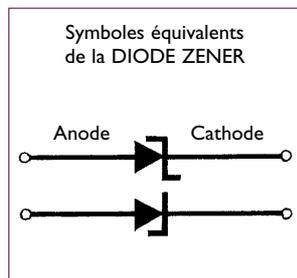
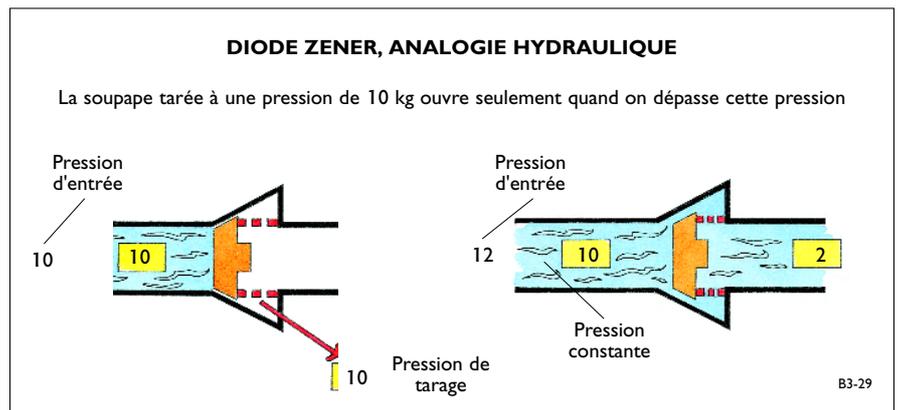
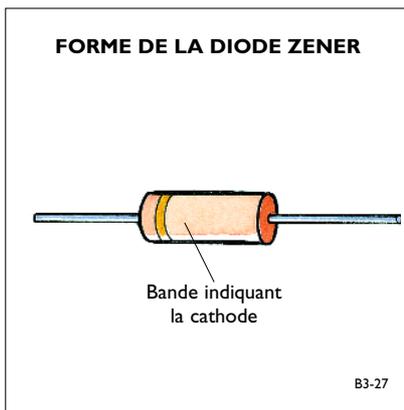
lentement et cette variation lente du flux **autoinduit** dans la bobine une tension d'une valeur élevée mais d'une polarité inverse à l'alimentation, ce qui suppose un danger pour l'installation du véhicule. La diode qui est montée en sens inverse est maintenant polarisée directement et provoque un court-circuit entre la pointe de tension qui apparaît à l'extrémité de la bobine et l'autre extrémité, ce qui dissipe toute l'énergie de ce point-là.



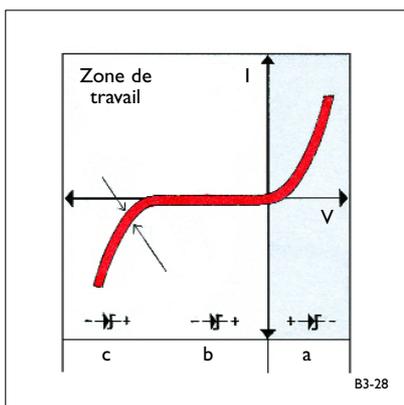
Relais avec une diode de protection.

“Il existe d'autres types de diodes ayant des caractéristiques spéciales, utilisées pour des applications aussi variées comme régler la tension, émettre de la lumière comme un témoin ou détecter le niveau d'illumination”.

COMPOSANTES ACTIVES : DIODES ZENER, LED ET PHOTODIODE



Courbe de travail de la diode zener.



Diode Zener

La diode zener, appelée aussi diode **régulatrice**, est fabriquée de façon semblable à une diode normale sauf que le matériau dopant introduit dans sa structure interne (union PN) réussit à ce qu'elle travaille dans la zone de “rupture” sans se détériorer. Cette particularité fait que, alimentée en sens inverse, sa conduction soit bloquée, jusqu'à ce qu'elle dépasse une certaine tension, agit comme une soupape électrique qui “ouvre” pour régler et maintenir la tension de façon constante.

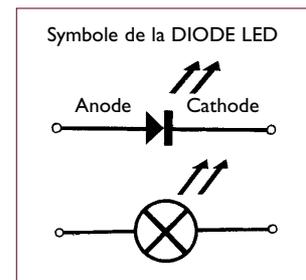
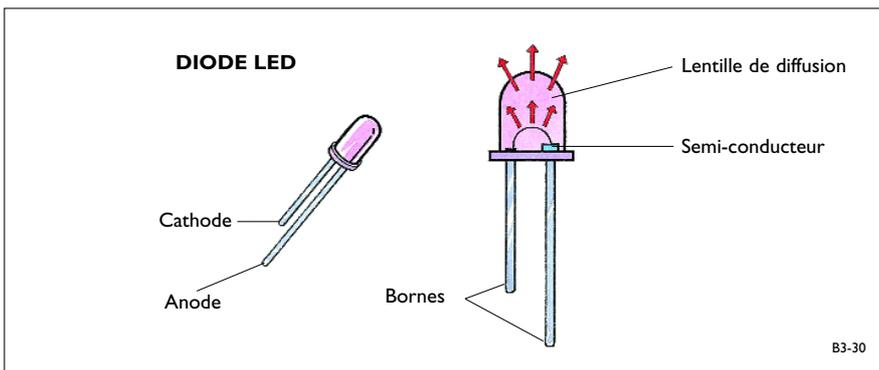
La tension qui “ouvre” la diode et règle est appelée **tension zener** et cette valeur dépend des caractéristiques de fabrication de la composante.

Ce phénomène de réglage fait de la diode zener un élément très utilisé dans des circuits où il est nécessaire de stabiliser la tension à une valeur

déterminée (comme élément de base dans le régulateur de l'alternateur) ou comme dispositif de sécurité qui, monté dans un circuit, absorbe et limite les pointes de tension créées par des bobines et des inductances et qui peuvent être dangereuses dans l'installation. La courbe de travail d'une diode zener montre comment elle travaille dans la zone de rupture (c); polarisée en sens inverse et en dépassant la tension zener, la diode conduit et le courant passe brusquement. Polarisée en sens direct elle travaille comme une diode normale.

La diode LED

La diode LED (de l'anglais Light Emitted Diode), ou diode électroluminescente, est un type de diode fabriqué avec de l'arséniure de gallium et mis en capsule dans du plastique transparent.



Le fonctionnement de la LED se fonde sur le fait que quand on la polarise en sens direct, le déplacement des électrons dans l'union PN de ce matériau produit de l'énergie lumineuse sous la forme de photons. Si elle est soumise à 5 volts, elle se détruit.

La gamme de couleurs d'une LED dépend du matériau qui forme l'union PN. Elles sont aussi construites en 2 couleurs, qui brillent de façon différente selon la polarisation qu'elles reçoivent.

L'application des diodes LED est orientée vers les indicateurs lumineux et les visualisateurs. Elles peuvent être montées sous la forme de segments ou intégrant une matrice à trois points, dans ce dernier cas elles peuvent reproduire graphiquement des symboles et des indications analogiques.

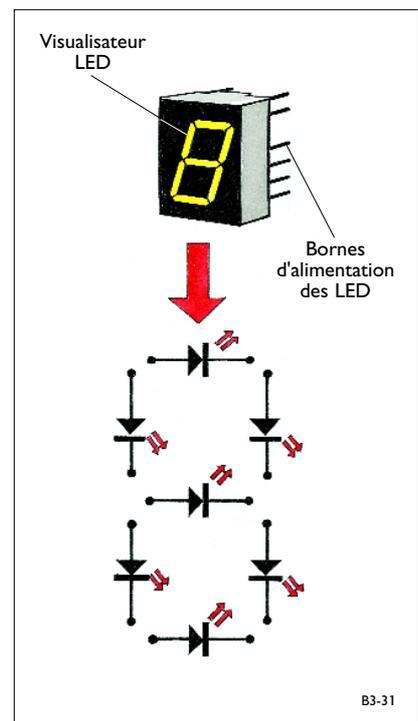
Un type spécial de diode LED est celui que l'on appelle clignotant; il s'agit d'une LED qui contient à

l'intérieur de la capsule un circuit électronique minuscule, qui clignote avec une fréquence approximative de 3 cycles par seconde (Hz). Il existe aussi des diodes qui émettent de la lumière à spectre non visible, comme les **infrarouges**, utilisées dans les systèmes de contrôle à distance.

La photodiode

Sa structure est semblable à celle d'une diode normale sauf que son emballage est transparent. Elle est utilisée polarisée à l'inverse, ce qui produit un courant de fuite proportionnel à la lumière qu'elle reçoit.

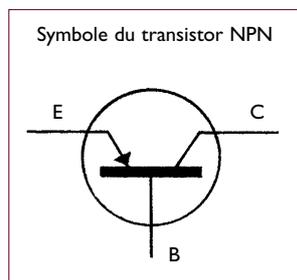
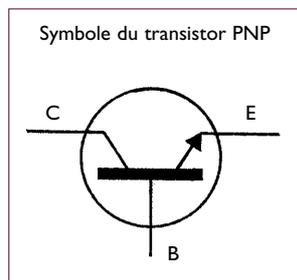
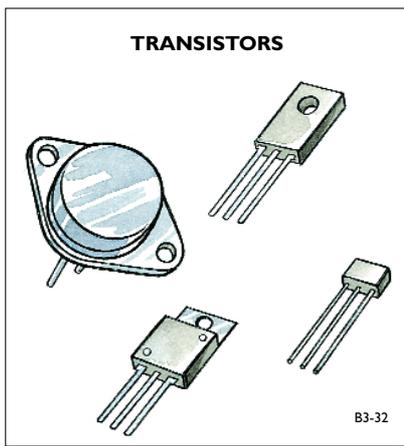
L'application de cette diode se trouve dans des circuits devant mesurer l'intensité de la lumière ou qui répondent à certains niveaux d'illumination. Il y a des photodiodes sensibles à la radiation infrarouge, dirigées aux alarmes anti-vol et au contrôle à distance par infrarouges de la fermeture centralisée.



Chacune des sept "barres" graphique qui forment les nombre est constituée par une diode LED. Le schéma montre leur distribution.

“Le transistor inventé en 1948, est une composante d'une grande importance en électronique car il fonctionne comme un dispositif qui permet d'amplifier de petits courants et qui peut aussi fonctionner comme interrupteur électronique sans contacts métalliques”.

COMPOSANTES ACTIVES : LE TRANSISTOR



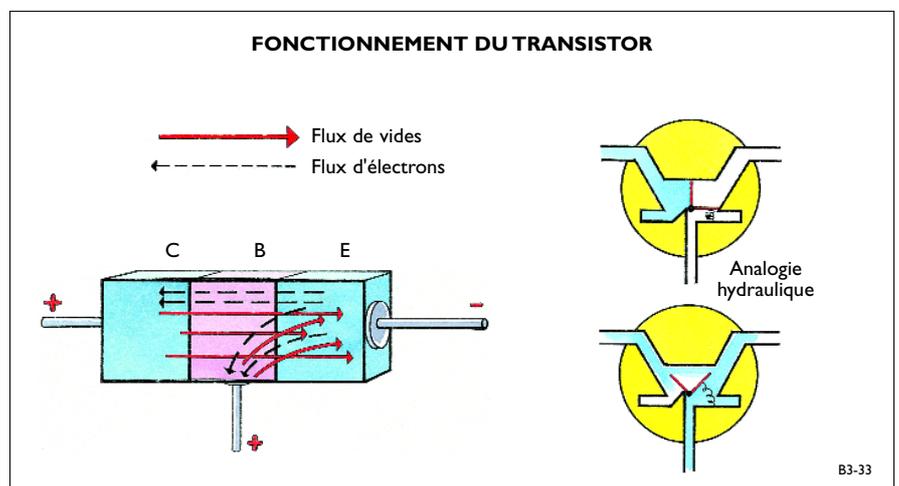
Le transistor.
L'union de trois cristaux forme la structure interne du transistor.

Caractéristiques du transistor

Le transistor est un élément semi-conducteur fabriqué à base de matériaux P et N qui forment une union de trois cristaux semi-conducteurs; ils peuvent être de variété PNP et NPN selon la disposition des cristaux. Dans la pratique, la différence entre ces deux variétés se trouve dans la polarisation dont a besoin chaque transistor pour fonctionner de façon adéquate. Il possède trois connexions ou électrodes : **Collecteur (C)**, **Base (B)** et **Emetteur (E)**, et pour que le courant passe entre le Collecteur-Emetteur il faut polariser la base par une tension de commandement. La tension que l'on doit appliquer à la Base (par rapport à l'Emetteur) pour que le transistor conduise est d'environ 0,7 volts pour des transistors de silicium.

Fonctionnement

Quand on polarise en sens direct, dans l'union de la base et l'émetteur (de la même façon que dans une diode) il se produit une circulation d'électrons vers la base et ceci provoque que la barrière qui isole le tronçon base-collecteur disparaisse vu que les électrons peuvent à présent circuler vers le collecteur. Le courant conventionnel (les vides) est établi en sens inverse. Dans une analogie hydraulique, le transistor conduit quand il reçoit un petit débit de liquide par la base qui fera que la comporta s'ouvre. Le réglage du débit pour varier entre rien et la consommation maximum de la charge alimentée par le transistor. Le courant qui circule dans le collecteur (I_c) peut être très grand si on le compare à celui qui est



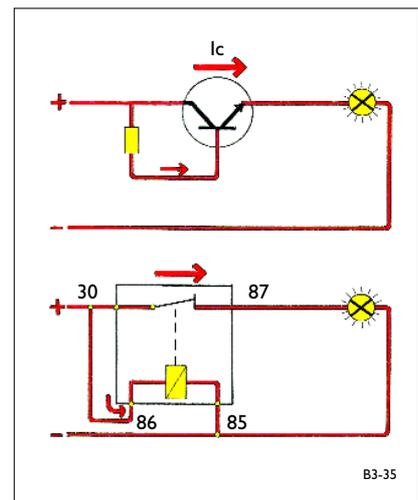
nécessaire dans la base, de façon que le fonctionnement du transistor ressemble à un relais : les bornes du relais (30 à 87) peuvent être comparées à l'émetteur et au collecteur respectivement, tandis que les bornes de la bobine d'alimentation du relais (86 et 85) seraient équivalentes au contact de base du transistor.

La grande différence entre le fonctionnement du relais et le transistor réside dans la capacité du transistor pour commuter des valeurs élevées de courant à grande vitesse, sans créer de surtensions et avec un courant de base très petit. Généralement, les transistors utilisés en électronique de l'automobile sont pour des circuits de commutation, car ils agissent comme des interrupteurs de mise en marche rapide. Le transistor change d'état électrique et son tronçon Collecteur-Emetteur passe de conducteur à

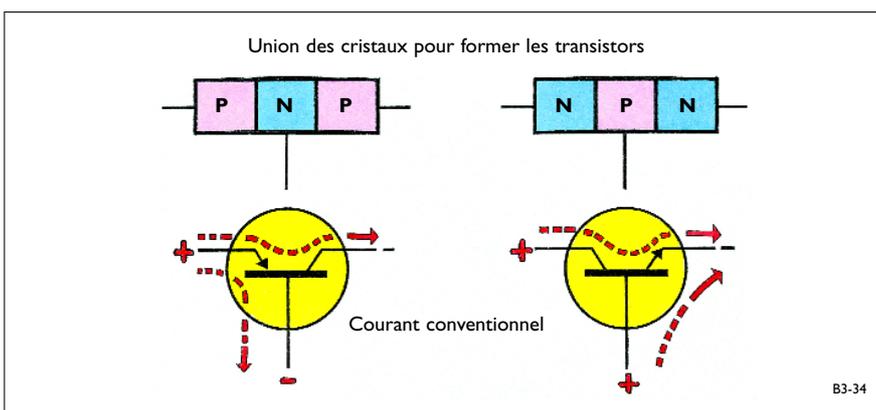
isolant sans transition. Dans ces conditions, on dit qu'il fonctionne en saturation, ce qui veut dire que le tronçon Collecteur-Emetteur a une résistance minimum et laisse passer un maximum de courant.

Types de transistors : PNP et NPN

Selon la disposition interne des cristaux, les transistors peuvent être de type PNP ou NPN. Les caractéristiques électriques sont pratiquement les mêmes (bien que le transistor NPN est un peu plus rapide dans la commutation et légèrement plus économique dans sa fabrication). La différence réside dans la tension de polarisation de la base. Tandis que le PNP fonctionne avec du négatif, le NPN nécessite du positif; ils sont donc complémentaires ou opposés.



Comparaison entre un transistor et un relais.



Les transistors peuvent être PNP ou NPN selon la disposition des cristaux.

“L'utilisation des transistors a des applications très variées étant donné qu'ils peuvent fonctionner comme des interrupteurs électroniques ou comme régulateurs de courant. Il font partie fondamentalement de l'étape de puissance des Unités de Commandement Electroniques”.

APPLICATION DES TRANSISTORS

EN PROFONDEUR

Une caractéristique très importante du transistor, qui le rend très supérieur à un relais, c'est sa faculté pour “amplifier” un courant faible par une autre plus intense.

L'amplification d'un transistor est déterminée par le rapport existant entre le courant de base (I_b), d'une valeur très petite, et le courant du collecteur (I_c) qui peut être très grand. Pour un courant de collecteur déterminé, il faut un très petit courant de base et ceci est appelé facteur d'amplification, connu aussi comme “beta” (β). Cette valeur d'amplification est un renseignement donné par le fabricant du transistor. Par exemple, un transistor assez commun avec un beta de 100 veut dire qu'en alimentant la base avec 1 mA il peut circuler cent fois plus dans le collecteur, c'est à dire, 100 mA.

Circuit de mise en marche.

La lampe (B) s'allume quand le signal a point (A) passe par un certain niveau de tension.

Applications comme interrupteur et régulateur d'intensité

Certains transistors sont fabriqués pour fonctionner comme interrupteurs et d'autres comme régulateurs d'intensité. La commutation demande des transistors très rapides qui puissent supporter des puissances élevées, tandis que les transistors pour le réglage travaillent comme amplificateurs de courant. Dans le premier cas, le transistor agit comme un interrupteur qui ouvre un circuit ou tout ou rien, tandis que le deuxième fonctionne comme un “robinet” qui contrôle le flux de courant du circuit entre un minimum et un maximum. Le transistor fait partie de nombreux systèmes et équipements, comme l'allumage et l'injection, les systèmes de réglage, équipements audio, etc.

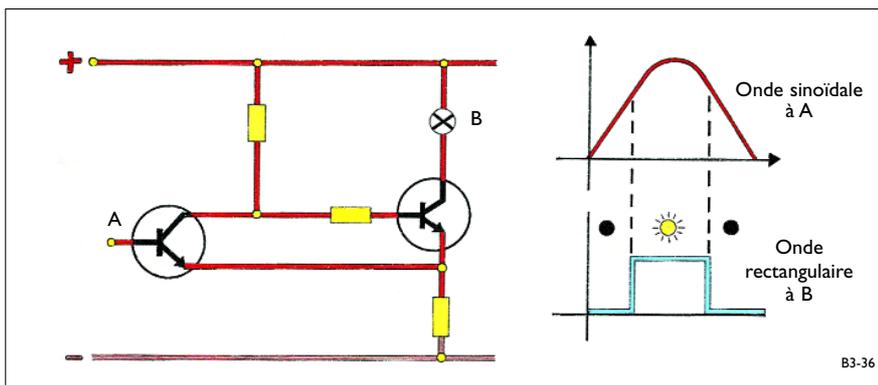
• Circuit de mise en marche (trigger Schmidt)

Le montage des transistor est tel qu'il fait que le signal de sortie ne change que quand la tension d'entrée n'atteint une certaine valeur. Ses applications sont nombreuses vu que dans un circuit de mise en marche il sert à former des impulsions (les rendre rectangulaires), ou détecter des variations lentes de tension comme par exemple celle donnée par une sonde de température, pour que, lorsqu'on atteint certaine valeur, une action ait lieu. L'exemple du dessin montre comment la lampe (B) s'allume quand la tension au point (A) passe par un certain niveau de tension.

Ce montage peut servir pour que des ondes sinusoïdales deviennent rectangulaires. A l'entrée du premier transistor on applique le signal sinusoïdal (croissance et décroissance lente) tandis que l'allumage et l'extinction de la lampe se fera sous la forme d'impulsions instantanées.

• Réglage électronique de la charge

Dans les régulateurs d'alternateur, le transistor fonctionne en régime de commutation, ce qui permet au courant de circuler dans le bobinage



d'excitation pour que le rotor soit magnétisé et que le courant commence dans le stator.

• **Circuits de réglage de puissance**

Les transistors pour le réglage de puissance remplacent largement les potentiomètres. L'exemple de l'illustration montre le schéma simplifié du système de réglage de vitesse des turbines de ventilation de la SEAT Alhambra.

Les moteurs électriques des turbines V2 et V80 sont alimentés en positif directement par le relais J323, et en négatif par les transistors de puissance J126 et J391, qui sont intercalés en série. Ces transistors fonctionnent

comme des régulateurs d'intensité, ce qui facilite plus ou moins le passage du courant aux moteurs. Le contrôle des transistors est réalisé par l'unité de commandement, qui alimente la base de chaque transistor en fonction de la programmation qui ait été choisie.

• **Circuits d'allumage par transistor**

Dans l'allumage par transistor, ce dernier réalise la fonction de rupteur électronique, tandis que le courant d'alimentation du primaire de la bobine passe à l'intérieur, le signal de commandement peut être créé par un impulseur magnétique ou Hall.

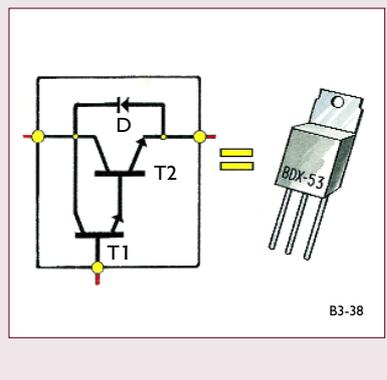
EN PROFONDEUR

Le montage Darlington

L'assemblage entre deux transistors de telle façon que les collecteurs soit unis à un point commun et l'émetteur du (T1) connecté à la Base du (T2) est appelé montage Darlington et sa caractéristique est son facteur d'amplification (β) élevé (le facteur d'amplification total est le produit des deux betas individuelles : $\beta_{total} = \beta_1 \times \beta_2$).

Cet ensemble est habituellement formé par une seule capsule comme si ce n'était qu'un seul transistor et est utilisé dans des étapes de puissance ou commutation. On le monte par exemple dans l'étape finale des amplificateurs d'allumage.

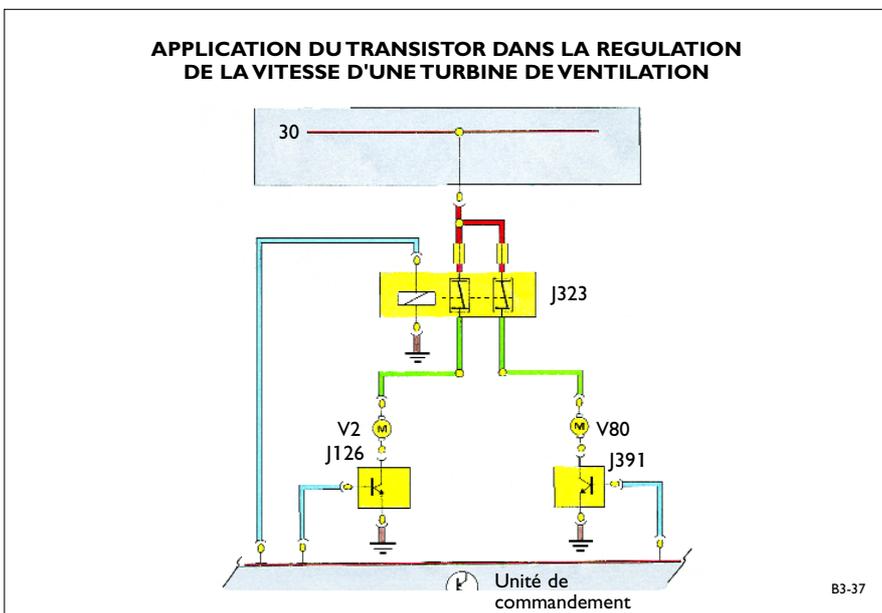
La diode (D) montée parallèlement entre émetteur et collecteur, et placée en sens inverse, protège le transistor des pointes éventuelles de tension qui apparaissent dans les circuits inductifs et dont la polarité est inverse à la tension appliquée.



J323 : Relais de commandement.

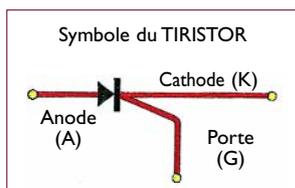
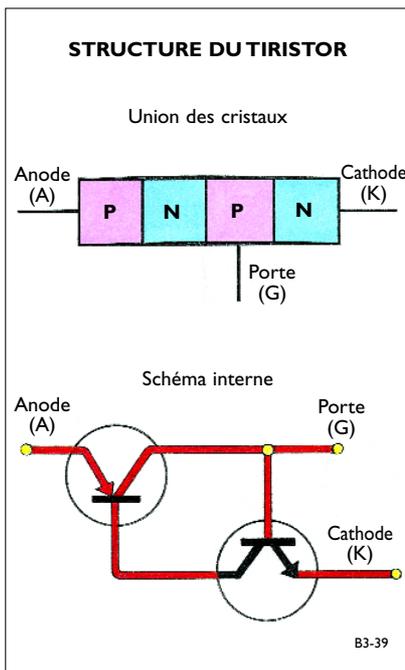
V2 and V80 : Turbines d'air.

J126 and J391 : Transistors de puissance.



“Le tiristor, le phototransistor, le triac et le diac sont des composants peu connus; cependant, connaître leur fonctionnement aidera à comprendre comment fonctionnent certains dispositifs électroniques”.

COMPOSANTES ACTIVES : LE TIRISTOR, LE PHOTOTRANSISTOR, LE TRIAC ET LE DIAC



Le tiristor

Le tiristor, appelé aussi diode contrôlée ou élément SCR (de l'anglais Silicon Controlled Rectificador), est un semi-conducteur formé de quatre couches de silicium qui alternent les cristaux P et N. Il peut être considéré comme la combinaison de deux transistors indépendants, un PNP et un autre NPN. Il possède 3 électrodes de connexion, l'anode (A), la cathode (K) et la porte (G) ou électrode de contrôle.

Il fonctionne comme une diode contrôlée, il commence à conduire quand son électrode de contrôle (G) reçoit une impulsion positive, une impulsion qui peut être très courte, et qui provoque la conduction du tiristor, qui continuera à conduire jusqu'à la coupure du courant de

l'anode (A) ou le passage de la tension à 0 volts.

•Allumage CDI

L'une des applications des tiristors est celle des allumages électroniques d'automobiles et motocyclettes, appelés par décharge de condensateur (CDI). Le schéma de l'illustration présente un système d'allumage par décharge de condensateur (CDI). Une source de 400 volts charge le condensateur à cette tension. Quand le tiristor reçoit une impulsion de mise en marche du système de commandement, celui-ci conduit instantanément ce qui provoque la décharge de 400 volts du condensateur sur le primaire de la bobine et on obtiendra sur le

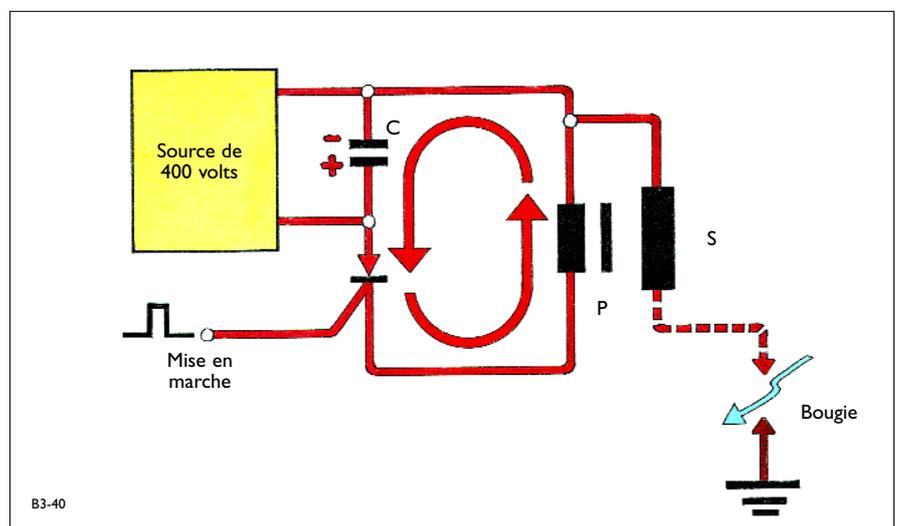


Schéma d'un système d'allumage CDI.

La décharge du condensateur par le tiristor sur le primaire (P) produit une tension élevée sur le secondaire.

secondaire, par induction, une tension élevée.

Le phototransistor

Ayant une structure semblable à celle du transistor commun, le phototransistor a dans sa capsule une fenêtre transparente (en forme de lentille) qui concentre la lumière sur l'union des cristaux, de façon que lorsque la lumière agit sur le phototransistor un courant de base est établi, qui est amplifié grâce à son fonctionnement normal comme transistor, ce qui provoque une augmentation du courant du collecteur.

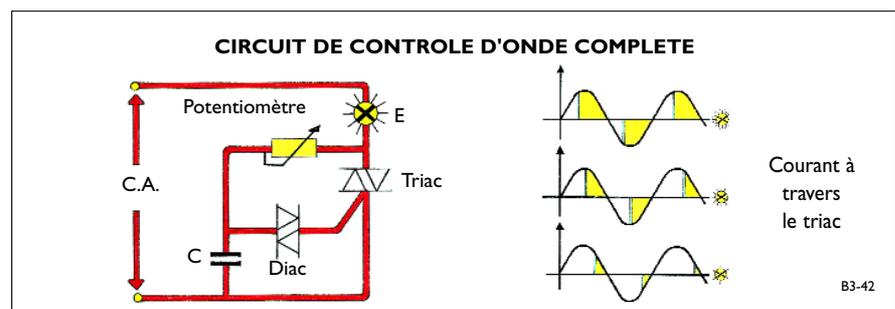
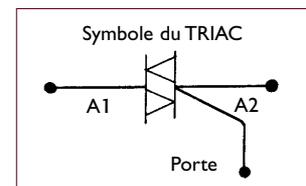
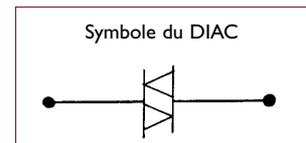
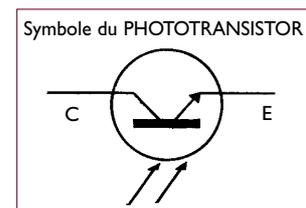
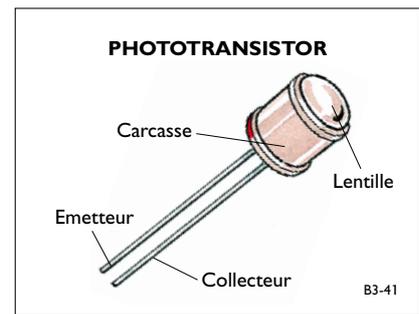
Le diac

Le diac (Diode Alternative Current) est un élément bidirectionnel généralement utilisé en combinaison avec le triac. Quand la tension appliquée à ses extrémités atteint une valeur déterminée (30 volts environ), l'élément se charge en passant d'une zone de résistance très élevée à une autre de basse résistance, tout en maintenant la tension à une valeur proche aux 24 volts. L'utilisation du triac et du diac permet de réaliser des circuits de contrôle très simples et efficaces en courant alternatif.

Le triac

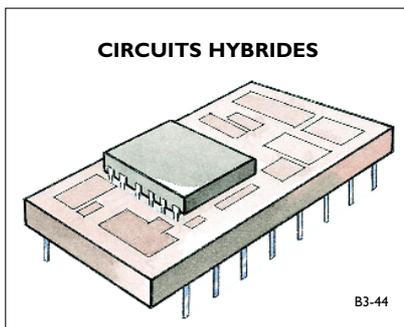
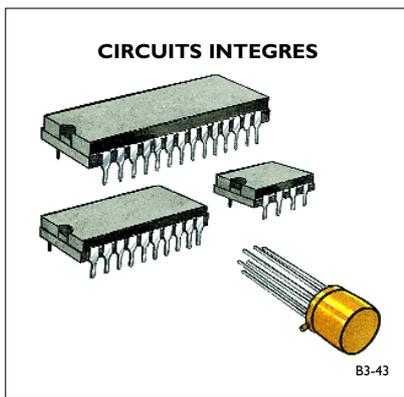
Le triac a un comportement assez semblable à celui du tiristor. Il s'agit

d'une diode contrôlée dans les deux sens et utilisée pour le contrôle d'onde complète (dans des circuits de courant alternatif). Il fonctionne comme une diode bidirectionnelle (deux tiristors montés en opposition) qui demande une mise en marche appliquée à la porte pour pouvoir commencer la conduction. Il peut contrôler le temps de conduction aussi bien de l'onde positive que de la négative et c'est donc un système très efficace dans le réglage d'une charge alimentée avec du courant alternatif. L'illustration suivante montre un circuit de contrôle de luminosité d'une lampe. La combinaison du potentiomètre, le diac et le condensateur retarde la mise en marche du triac et règle la lumière de la lampe (E) étant donné que selon la position du potentiomètre la lampe reçoit une fraction de l'onde de courant alternatif; on obtient donc une variation de la tension.



“Dix ans après l’invention du transistor, 1958, le premier circuit intégré fut construit; il réunissait en une seule pastille ou puce de silicium de nombreuses composantes : transistors, diodes, résistances et condensateurs. Tout ceci de telle façon qu’il constituait à lui seul un circuit créé pour une application concrète”.

CIRCUITS INTÉGRÉS



J6 : Stabilisateur
G1 : Indicateur de température
G3 : Indicateur de carburant

Types de circuits intégrés

Les circuits intégrés (CI) sont créés pour réaliser des fonctions spécifiques, ce qui nous donne une grande variété de circuits ayant de nombreuses applications.

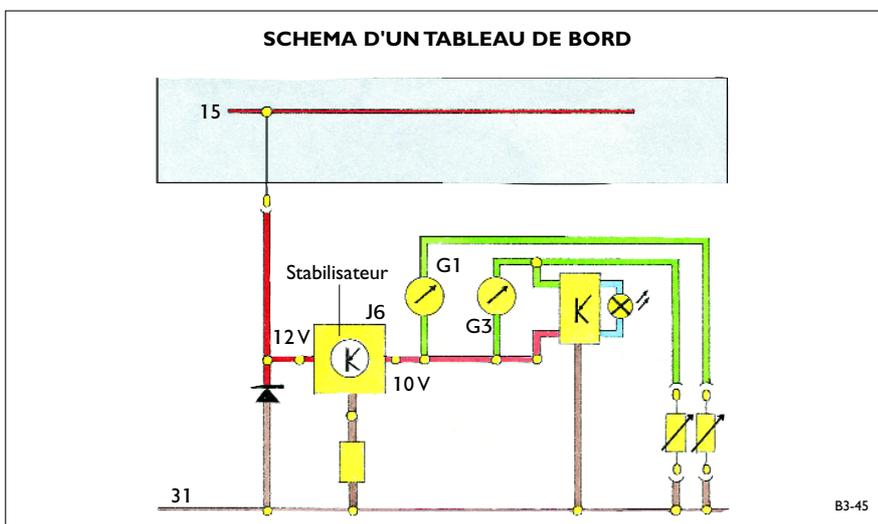
Les CI actuels sont divisés en deux groupes selon le fonctionnement original pour lequel ils ont été créés : ceux pour les circuits analogiques ou circuits digitaux. Les circuits analogiques sont employés là où les grandeurs électriques varient suivant une logique linéaire (circuit d'amplification, temporisateurs, etc.); au contraire, les circuits digitaux fonctionnent suivant la variation de certaines impulsions, qui

sont à l'origine des mémoire et des microprocesseurs.

Une série de CI ayant leur application dans l'automobile sont les circuits stabilisateurs de tension, qui sont montés dans le tableau de bord pour alimenter les indicateurs. On obtient ainsi une tension ayant une valeur fixe et constante, indépendamment de la tension de la batterie, qui peut varier légèrement avec les révolutions du moteur.

Circuit hybride

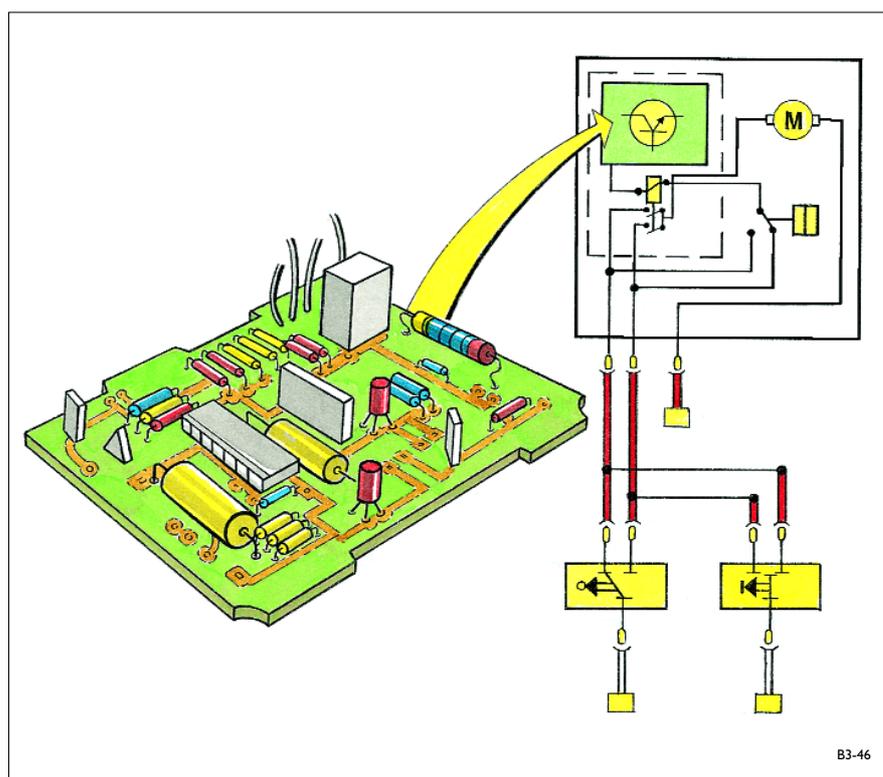
La création et construction de circuits de puissance (par exemple des modules d'allumage) sont réalisées avec la technologie des circuits hybrides de couche épaisse. Dans un substrat de céramique on dépose plusieurs couches consécutives de matériau semi-conducteur, qui forment, selon les connexions effectuées, différentes composantes électroniques; résistances, diodes, transistors ou circuits intégrés. sur la couche de matériau semi-conducteur, de plus, on peut souder d'autres composantes, comme des transistors Darlington de puissance. On obtient ainsi un circuit hybride, composé par la technologie employée dans la fabrication de circuits intégrés, et les composantes de grandes taille.



Circuit imprimé

Les circuits électroniques, généralement formé par des composantes discrètes (transistors, diodes, résistances) ou des circuits intégrés sont montés sur une plaque de circuit imprimé.

Un circuit imprimé est une pièce plate d'isolant plastique (en général plaque de fibre de verre) sur lequel on imprime des pistes de cuivre conducteur : les pistes mettent les composantes individuelles, soudées à la plaque dans des positions prédéterminées, en contact. Pour des circuits très complexe on utilise des plaques à couches multiples, qui connectent les composantes dans les trois dimensions, ce qui réduit encore plus les proportions des montages. La fabrication des circuits imprimés commence par le dessin du circuit que l'on réalise auparavant en dessinant les pistes de connexion entre composantes sur une pellicule ou du papier transparent. Ce papier sera employé comme photolithographie pour passer le dessin sur le cuivre de la plaque (les plaques ont une couche de cuivre qui couvre toute leur surface) et est couvert d'une substance sensible aux ultraviolets (comme une pellicule



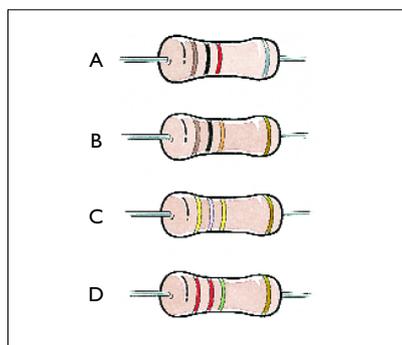
B3-46

photographique). En superposant le papier transparent qui contient le dessin (negatif de la pellicule) sur la plaque avec le cuivre sensible, le dessin est transmis au cuivre. On soumet ensuite la plaque à l'action d'un acide qui attaquera et dissoudra uniquement les zones non exposées à la lumière, et c'est ainsi que l'on passe le dessin et crée les pistes. Les composantes sur la plaque peuvent être soudées à la main ou par des processus automatiques, comme la soudure par vague d'étain fondu.

Les circuits imprimés servent de support au montage des composantes électroniques.

EXERCICES D'AUTO-ÉVALUATION

Les exercices suivants servent de test d'auto-évaluation, qui vous permettront de savoir quel est votre degré de compréhension de ce cahier didactique.



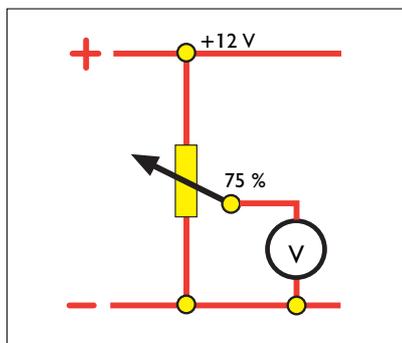
1. Identifier la valeur et tolérance des résistances suivantes :

A B

C D

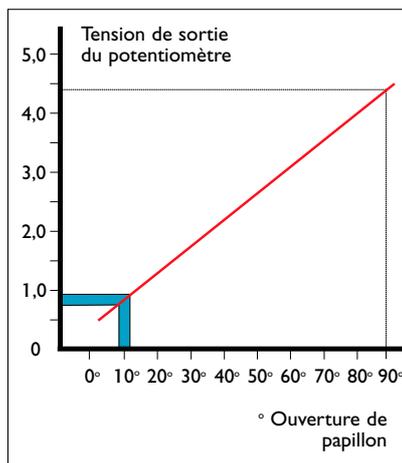
2. Les résistances créées pour dissiper le plus de puissance sont en :

- A. Pellicule métallique.
- B. Bobines.
- C. Charbon.



3. Calculez la tension que donnera le potentiomètre de l'illustration si le curseur se trouve à 75 % de son parcours.

R



4. Le graphique suivant correspond à la courbe de tension du potentiomètre de papillon du système Digifant. Calculez quelle tension il donnera quand le papillon sera ouvert à 45 degrés.

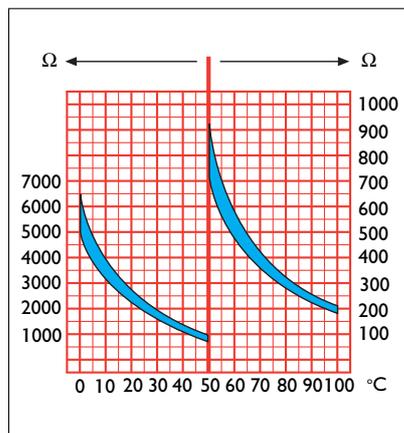
R

5. Quand une résistance type NTC refroidit sa valeur doit :

- A. Augmenter.
- B. Diminuer.
- C. Rester égale.

6. Le graphique suivant correspond à un transmetteur de température de liquide de refroidissement. Avec une résistance de 350 Ω, à quelle température du moteur il correspond?

- A. Entre 18 et 20 °C
- B. Entre 80 et 90 °C
- C. Entre 75 et 85 °C



7. Les résistances VDR sont utilisées pour :

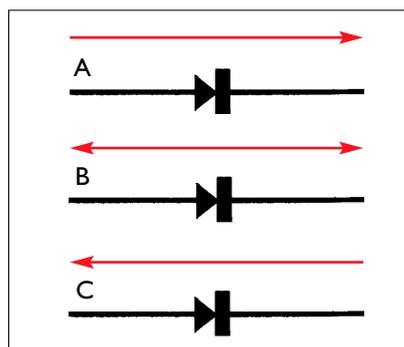
- A. Supprimer les interférences dues à des étincelles.
- B. Détecter la tension.
- C. Protéger contre les inversions de polarités.

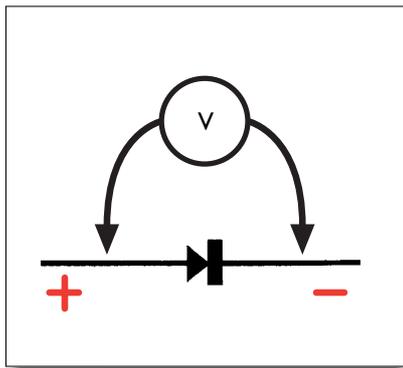
8. Un condensateur d'une grande capacité monté derrière une diode de rectification, contribue à :

- A. Passer le courant d'alternatif à continu.
- B. Donner un courant continu plus constant.
- C. Eviter que le courant alternatif passe.

9. Le courant d'électrons passe à travers une diode selon montre le schéma :

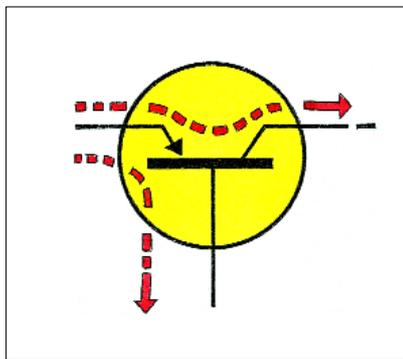
- A.
- B.
- C.





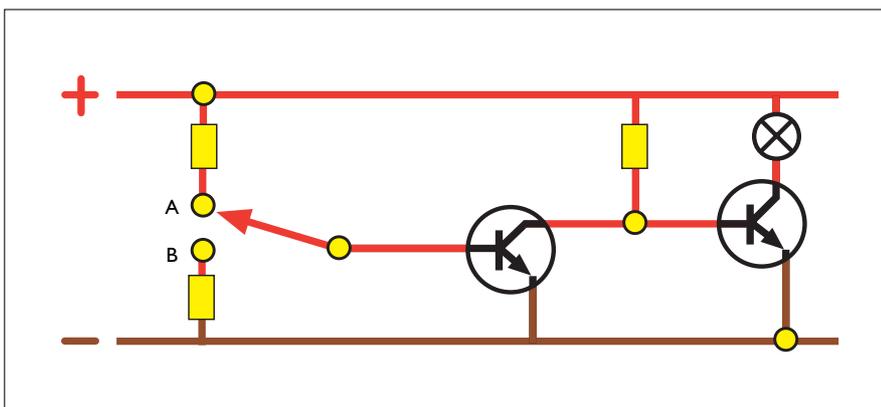
10. La chute de voltage dans une diode quand on polarise en sens direct est de :

- A. 0,7 A.
- B. 0,7 mV.
- C. 700 mV.



11. Pour qu'un transistor type PNP conduise, la base doit être polarisée :

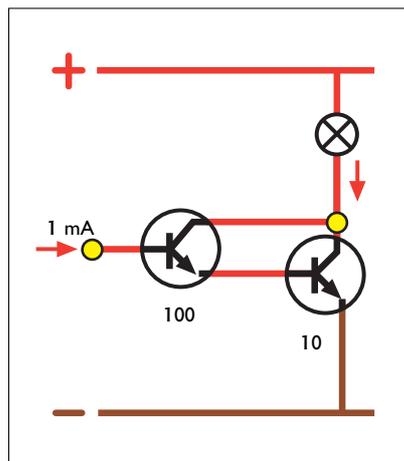
- A. Négativement.
- B. Positivement.
- C. Avec du courant continu.



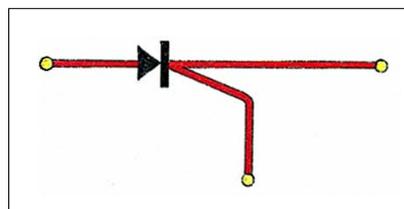
12. Quand s'allumera la lampe du circuit suivant?

- A. Avec l'interrupteur en position A.
- B. Avec l'interrupteur en position B.
- C. Elle sera toujours allumée.

13. Si le premier transistor a un beta de 100 et le second de 10, lors de l'application de 1 mA à la base du premier quelle intensité maximum peut circuler dans la lampe?
- A. 10.000 mA.
 B. 100 mA.
 C. 1 A.



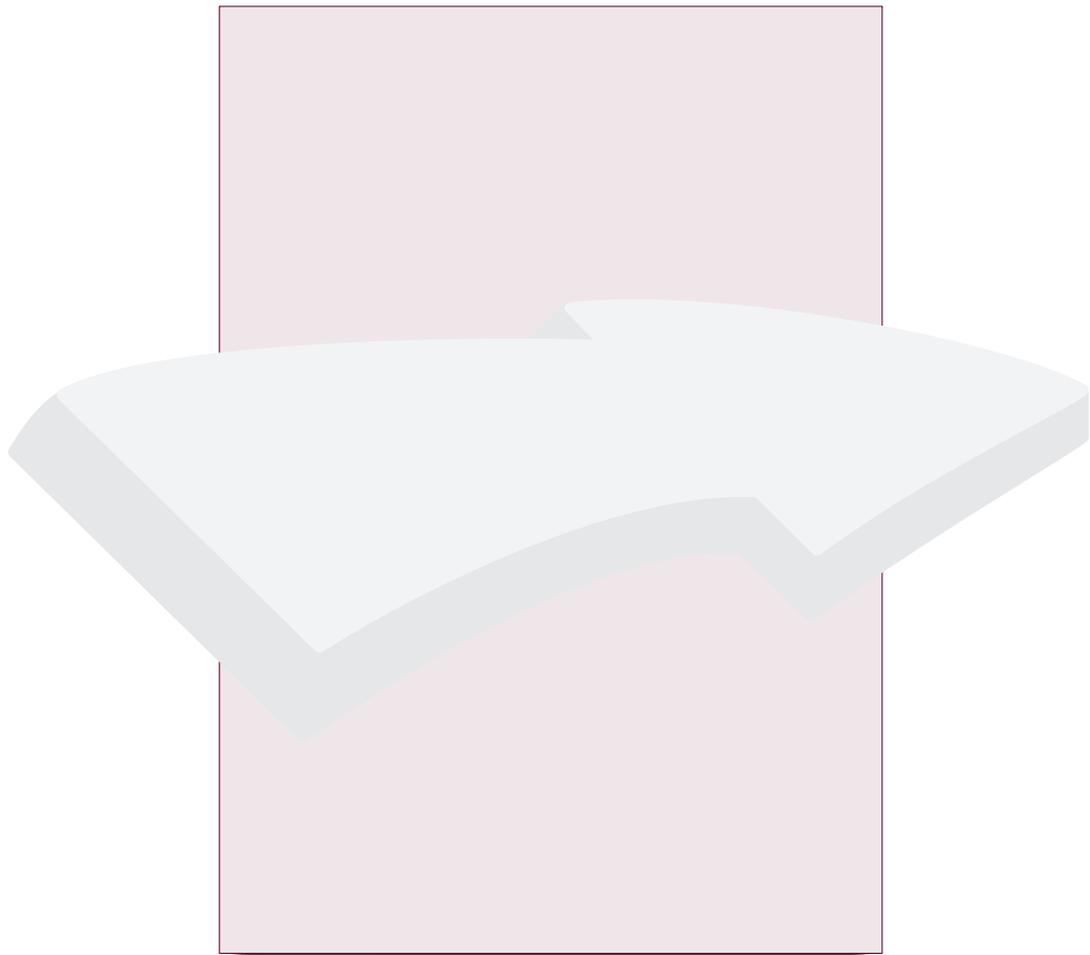
14. Le symbole suivant correspond à :
- A. Phototransistor.
 B. Tiristor.
 C. Triac.



15. Dans une unité de commandement équipée de microprocesseur, nous pouvons déduire que la plupart des circuits intégrés sont de type :
- A. Digital.
 B. Analogique.
 C. Simultanément.

SOLUTIONS :

1 : A. (1 k Ω 10 %) B. (10 k Ω 5 %) C. (470 k Ω 5 %) D. (2,2 M Ω 5 %)
 2 : B. 3 : (75/100) \times 12 = 9 V. 4 : 2,5 V. 5 : A. 6 : C. 7 : A. 8 : B. 9 : C.
 10 : C. 11 : A. 12 : B. 13 : C. 14 : B. 15 : A.





SERVICE AU CLIENT
Organisation du Service

Etat technique 11.96. Du au développement et améliorations permanents de nos produits, les données figurant dans le présent état peuvent être objet d'éventuelles modifications.
L'emploi du présent état est destiné exclusivement à l'organisation commerciale SEAT.

ZSA 43807979003

FRA03DB

Mars '97 90-03