

Initiation à la pratique de l'électronique

LA DIODE ET SES APPLICATIONS

A PRES avoir fait connaissance avec la diode, nous allons entrevoir, ce mois-ci, ses applications. Celles-ci sont bien nombreuses, et il n'est pas question de les aborder toutes. Nous nous limiterons à la diode classique et à ses principaux circuits.

Toutes ces applications, on les doit en grande partie au manque de linéarité de la caractéristique tension-courant de la diode. C'est cette non-linéarité qui permet de transformer la tension alternative en tension continue dans les alimentations secteur.

Ce redressement peut se faire sur une alternance, en n'utilisant qu'une diode ; elle doit être suivie par un filtrage rigoureux. On préfère redresser les deux alternances, soit par deux diodes et un transformateur à secondaire à point milieu, soit encore avec un pont de 4 diodes.

Une autre application est la régulation de tension, possible par le fait que la tension directe d'une diode silicium est constante et égale à 0,7 V. Pour une tension régulée supérieure, plusieurs de ces diodes seront connectées en série, ou encore on exploitera l'effet Zener de diodes polarisées en inverse.

Pour se rendre compte des qualités d'un tel régulateur, nous verrons comment tracer une droite de charge et en déduire l'efficacité de régulation.

sion aux bornes de la charge est bien continue (fig. 1).

En pratique, ceci se représente concrètement par le circuit composé d'un transformateur T, d'une diode de redressement D, du condensateur C, d'un circuit de filtrage (bobine et condensateur) et de la charge représentée par R (fig. 2).

Ce même principe se retrouve dans les circuits de démodulation (détection) des récepteurs radio. La figure 3 montre un circuit de détection d'un récepteur à modulation d'amplitude. La diode utilisée est du type germanium dont l'avantage, pour cette application, est sa faible chute de tension directe, permettant une plus grande sensibilité du récepteur.

Puisque nous sommes en radio, il faut également mentionner les diodes de commutation. Elles utilisent la propriété des diodes de présenter une résistance très faible dans le sens direct, et une résistance très élevée lorsqu'elles sont bloquées.

Cette application est schématisée sur la figure 4, montrant un circuit d'accord haute fréquence (PO/GO) composé d'un condensateur ajustable C_a et de deux bobines d'accord L_1 et L_2 . Lorsque le commutateur est en position 1, la diode de commutation D se trouve bloquée, du fait qu'une tension négative est appliquée sur son anode. La diode présente donc une résistance très élevée, et le circuit résonne avec

Principes d'utilisation

C'est la non-linéarité de la diode qui permet la majeure partie de ses applications.

En ce qui concerne le redressement de l'alternatif, pour citer un exemple, la tension alternative est appliquée à la diode. Le courant résultant ne possède que des alternances positives ou négatives (suivant le sens de branchement de la diode). Ces pointes de courant chargent un condensateur, et il apparaît aux bornes de celui-ci une tension continue présentant encore une composante alternative. Mais, après passage dans le filtre, la ten-

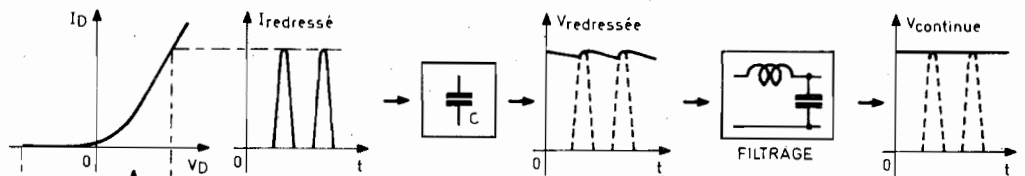


Fig. 1. - Transformation d'une tension alternative en tension continue.

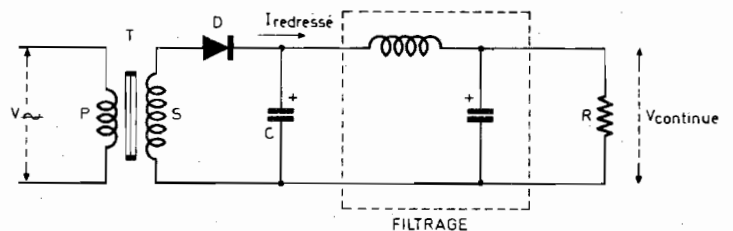


Fig. 2. - Schéma de base d'une alimentation secteur.

la totalité des bobines (gamme GO). Quand le commutateur est en 2, la diode est passante et L_1 est court-circuitée en haute fréquence à travers D et C. Ce dernier est un condensateur de découplage de réactance très faible aux hautes fréquences utilisées. Le circuit résonne avec seulement L_2 (gamme PO). L'avantage est la diminution des capacités parasites apportées par les commutateurs mécaniques et les fils de connexion les reliant aux circuits haute fréquence.

Pour terminer avec cette application radio, parlons d'un autre type de diode : la diode d'accord appelée « varicap » ou « varactor ». Cette diode jonction, qu'on utilise toujours bloquée, possède

une capacité qui est variable en fonction de la tension inverse appliquée à ses bornes. Les charges dans les blocs N et P (voir article précédent) s'éloignent plus ou moins de la jonction, créant une zone isolante, équivalente au diélectrique d'un condensateur.

Sur la figure 5, nous voyons que le circuit oscillant se compose de l'ensemble $L-C_v$. Une tension continue négative et réglable en amplitude est issue du potentiomètre P. Cette tension de blocage est appliquée aux bornes de la diode varicap C_v à travers une résistance R de forte valeur. Celle-ci est là pour ne pas amortir le circuit oscillant. Le condensateur C est un condensateur de découplage.

Diodes à pointe

La capacité entre les deux blocs P et N est donc une caractéristique intéressante des diodes jonction. En revanche, pour certaines applications en haute fréquence, cette capacité est un court-circuit et pourrait être qualifiée de « parasite ». C'est pour cette raison que les diodes dites « de signal », utilisées en haute fréquence, notamment dans les circuits de détection, dont un exemple est représenté sur la figure 3, sont des diodes à pointe.

Ces diodes, dont la technologie est antérieure à celle des diodes jonction, sont composées d'un cristal de germanium de type N sur le-

quel vient s'appuyer une tige métallique (la pointe). Le tout est enfermé dans une petite ampoule en verre. Lors de la fabrication, des impulsions de courant créent une zone P dans la région du cristal autour de la pointe. La petitesse de cette surface est telle que la capacité est très faible (de l'ordre de 2 pF pour l'AA 119). La cathode est constituée par le cristal, et l'anode par la pointe.

Nous laisserons de côté ces diodes pour parler de l'application la plus courante : le redressement de tensions alternatives.

Redressement à une alternance

Le plus simple des circuits de redressement est celui à une alternance. Il se compose essentiellement d'une diode D et d'un transformateur T abaisseur de tension (fig. 2). La résistance R représente le circuit alimenté. La tension alternative, appliquée au primaire P du transformateur, peut être celle du secteur (220 V). Pour ce qui est de la tension au secondaire S, elle est, comme en P, une tension sinusoïdale ; son amplitude est choisie en fonction de la tension continue nécessaire pour alimenter le montage.

La diode D ne laisse passer que les alternances positives. Sur la figure 6, nous avons représenté la tension avant (a) et après (b) la diode. Cette dernière forme de signal est purement théorique, elle ne tient pas compte de la résistance inverse de la diode, résistance supposée infinie. En pratique, il faut considérer la valeur ohmique du secondaire du transformateur, la résistance directe R_D de la diode (diode passante) et la résistance inverse de la diode (diode bloquée). De cette façon, on peut représenter le secteur et le transformateur par un générateur de tension alterna-

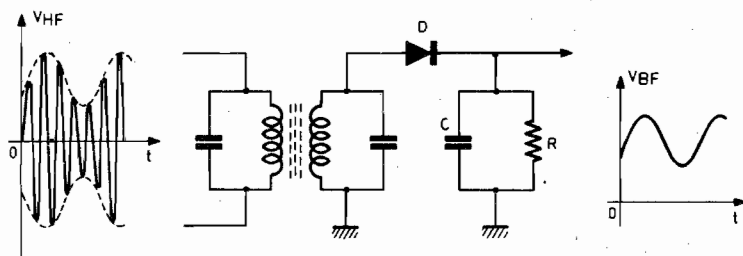


Fig. 3. - Circuit de réception d'un récepteur radio.

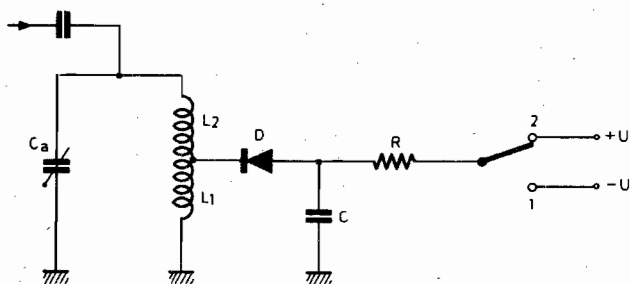


Fig. 4. - Commutation par diode.

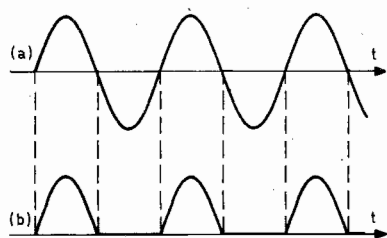


Fig. 6. - Forme de la tension avant (a) et après (b) passage par la diode.

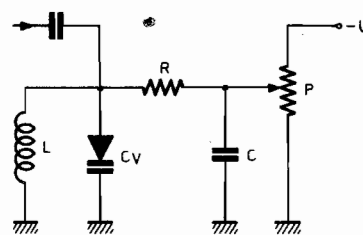


Fig. 5. - L'accord se fait avec la diode varicap C_v , dont on fait varier la capacité avec le potentiomètre P.

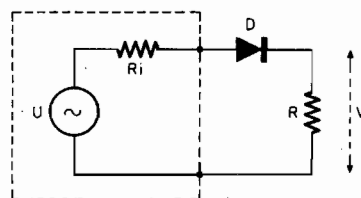


Fig. 7. - Circuit équivalent du montage redresseur.

tive en série avec sa résistance interne, principalement due à la résistance ohmique du secondaire (fig. 7). Le circuit peut encore être schématisé suivant son comportement avec une alternance positive (fig. 8-a) et avec une alternance négative (fig. 8-b). En supposant que la tension crête-à-crête soit de 30 V au secondaire, que la résistance interne soit de 10 Ω, que la résistance R d'utilisation soit de 1 000 Ω et que la diode présente une résistance de 10 Ω en direct (R_D), et une résistance de 1 MΩ en inverse (R_B), la tension maximale aux bornes de R sera :

$$+ U \times \frac{R}{R_i + R_D + R}$$

$$= +30 \times \frac{1000}{10 + 10 + 1000}$$

soit 29,4 V pour l'alternance positive et :

$$- U \times \frac{R}{R_i + R_B + R} =$$

$$-30 \times \frac{1000}{10 + 1000000 + 1000}$$

soit environ -0,03 V pour l'alternance négative (fig. 9).

Redressement à deux alternances (fig. 10)

Ici le transformateur possède un secondaire à point milieu. Les diodes D_1 et D_2 fonctionnent alternativement. En fait, le transformateur n'a pas seulement comme fonction d'abaisser la tension secteur, mais également de déphaser la tension secondaire. Autrement dit, par rapport au point O, la tension en A est en opposition de phase avec la tension en B (fig. 11). Avec une tension de 2 fois 30 V au secondaire, au moment t_1 , la tension est positive et égale à 30 V au point A, donc sur l'anode de D_1 . Au même instant t_1 , la tension est négative et égale à 30 V au point B. Un quart de période après (t_2), la tension est nulle aussi bien en A qu'en B. Au

moment t_3 , la tension est négative en A et positive en B.

Ouvrons une parenthèse pour dire que la tension secondaire au point A, par rapport à B (et non plus par rapport à O), est de 60 V (valeur max.) et que sa phase est la même que sur la figure 11-a. Il est évident que la tension au point B, par rapport à A, est de 60 V également et en opposition de phase, comme sur la figure 11-b.

Revenons au redresseur et à l'effet des alternances positives et négatives sur les diodes D_1 et D_2 . Au temps t_1 , la tension est positive sur l'anode de D_1 et négative sur

celle de D_2 . La première diode est donc passante, et la seconde est bloquée, la polarité aux bornes de R est celle représentée sur la figure 12. Au temps t_3 , c'est l'inverse : D_1 est bloquée et D_2 est passante, mais on retrouve aux bornes de R la même polarité qu'en t_1 (fig. 13). En première approximation, l'amplitude de l'alternance positive présente sur R est de 30 V. En deuxième approximation, c'est-à-dire en considérant la valeur réelle de la résistance en direct et en inverse des diodes, comme nous l'avons fait pour le redressement à

une alternance, l'amplitude de l'alternance positive aux bornes de R est de : 29,4 V - 0,03 V.

L'avantage de ce mode de redressement est que le filtrage de la tension redressée s'effectue d'une façon plus aisée.

Redresseur en pont

Ce montage, appelé aussi « Graetz », a l'avantage d'utiliser un transformateur sans point milieu, mais il nécessite 4 diodes (fig. 14). Pendant l'alternance positive (point A positif par rapport à B), les diodes D_1 et D_3 sont passan-

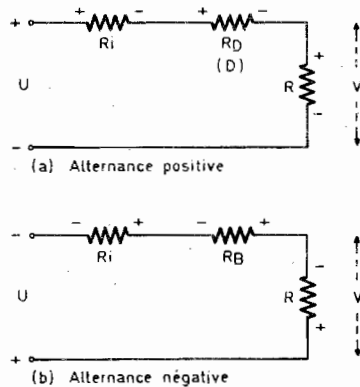


Fig. 8. - Comportement du redresseur avec une alternance positive (a) et négative (b).

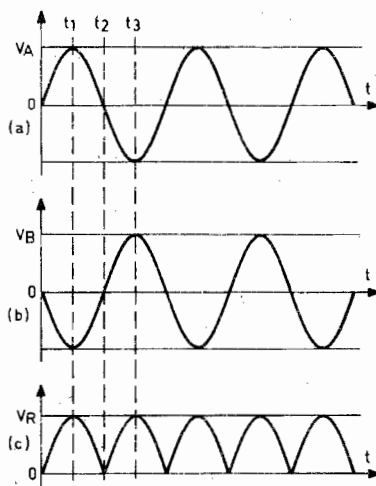


Fig. 11. - Forme des signaux en trois points du redresseur.



Fig. 9. - Représentation de la tension redressée.

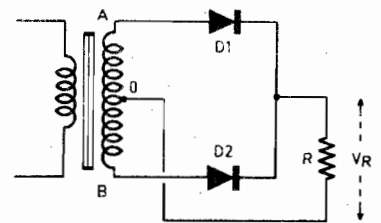


Fig. 10. - Redresseur 2 alternances.

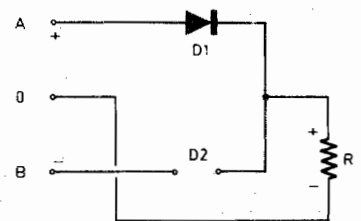


Fig. 12. - Au temps t_1 , l'anode de D_1 est positive.

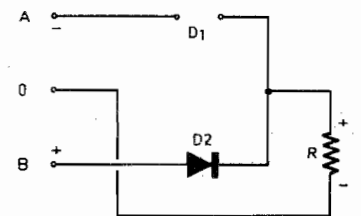


Fig. 13. - Au temps t_3 , l'anode de D_2 est positive. La polarité est la même aux bornes de R.

tes, de telle sorte que l'alternance positive apparaît aux bornes de R. Pendant l'alternance suivante (point B positif par rapport à A), les diodes D₂ et D₃ sont passantes. Il y a un aiguillage automatique, et les tensions redressées se retrouvent dans le même sens aux bornes de R. Cette tension redressée, représentée sur la figure 15, sera filtrée pour éliminer les variations alternatives résiduelles. Nous nous étendrons davantage sur le sujet lorsque nous vous proposerons de réaliser votre propre alimentation.

Principe d'un régulateur à diodes

Le fait que la tension directe V_D d'une diode soit pratiquement constante permet d'utiliser ce composant lors-

qu'on a besoin d'une tension fixe de petite valeur.

Il suffit pour cela de disposer une résistance entre la source et la diode, et de se brancher aux bornes de cette dernière. Une application est donnée figure 16 : on dispose d'une tension U de 1,5 V et on désire une tension de + 0,7 V. En regardant de près la caractéristique d'une diode au silicium (fig. 18), on voit que la tension directe (V_D) est sensiblement égale à 0,7 V pour un courant direct (I_D) de 3 mA. La chute de tension supportée par la résistance R est U - V_D, soit pour cet exemple 0,8 V, et, puisque le courant est de 3 mA, la résistance, calculée par la loi d'Ohm, est 270 Ω environ.

$$R = \frac{U - V_D}{I_D}$$

soit

$$\frac{1,5 - 0,7}{3 \cdot 10^{-3}} \approx 270 \Omega$$

S'il s'agit d'obtenir une tension négative, à partir d'une tension également négative, il suffit d'inverser la diode (fig. 17), et, si on souhaite une tension constante supérieure, on placera plusieurs diodes du même type en série.

La droite de charge

Il peut être également intéressant de connaître qu'elle sera la tension aux bornes de la diode dans le cas où l'alimentation subit des variations de tension. Ceci peut être trouvé très facilement en traçant la « droite de charge ».

Mais d'abord, qu'est-ce que la droite de charge ?

C'est une droite tracée sur un réseau de caractéristiques montrant la relation entre la tension et le courant dans la charge. Dans notre cas, il s'agit de la superposition de la caractéristique I_D/V_D de la diode et d'une ligne droite représentative de la résistance de charge.

Pour notre exemple de tout à l'heure, la droite de charge se présente comme sur la figure 18. Pour la tracer, il suffit de considérer la résistance de charge dans deux situations particulières. Premièrement la tension et le courant entre A et B (fig. 19), la diode étant déconnectée. Puis la tension et le courant pour ces mêmes points mis en court-circuit.

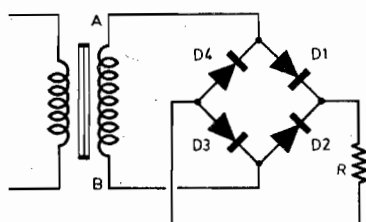
Ainsi, dans le premier cas, comme le courant est nul, on retrouve entre A et B la valeur de la tension d'alimentation (il n'y a pas de chute de tension dans R), soit 1,5 V pour un courant nul (point X de la droite de charge). Ensuite, si la diode est remplacée par un court-circuit, la tension entre A et B est nulle, et le courant en ces points est

$$\frac{1,5 \text{ V}}{270 \Omega}$$

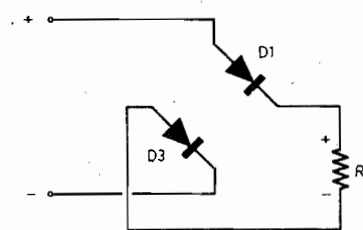
soit 5,55 mA (point Y de la droite de charge). L'intersection entre la droite de charge et la caractéristique de la diode (point Z) nous indique la tension aux bornes de celle-ci (0,7 V) ainsi que le courant la traversant (3 mA).

Maintenant, en supposant que la source d'alimentation, pour une raison quelconque, passe de 1,5 à 2 V, la droite de charge va se déplacer (tracé en pointillé), la tension régulée (aux bornes de la diode) passe 0,7 V à 0,72 V. On se rend compte de l'efficacité de la régulation. Pour une variation de + 33 % de la source

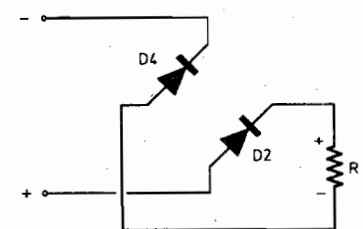
$$\frac{2 \text{ V} - 1,5 \text{ V}}{1,5 \text{ V}} \times 100 = 33 \%$$



(a) Montage redresseur en pont



(b) Alternance positive



(c) Alternance négative

Fig. 14. - Schéma du redresseur en pont (a) et de son comportement avec les alternances positives (b) et négatives (c).

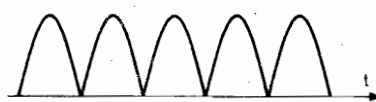


Fig. 15. - Forme de la tension à la sortie du redresseur en pont.

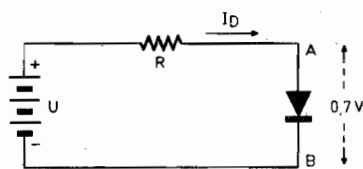


Fig. 16. - Schéma du régulateur à diode.

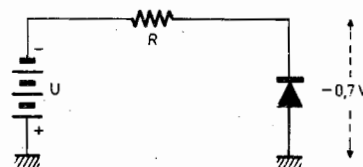


Fig. 17. - Tension négative régulée.

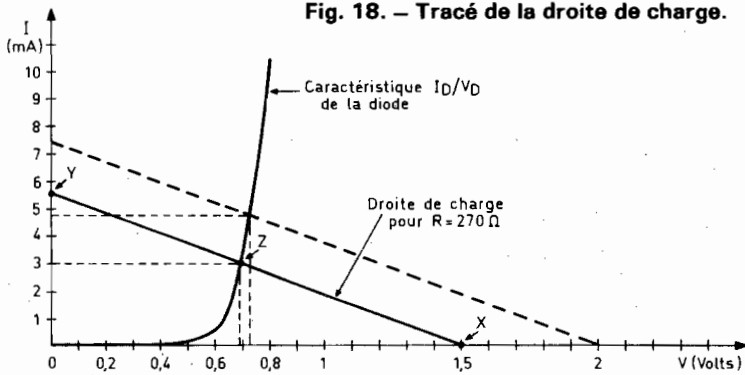


Fig. 18. - Tracé de la droite de charge.

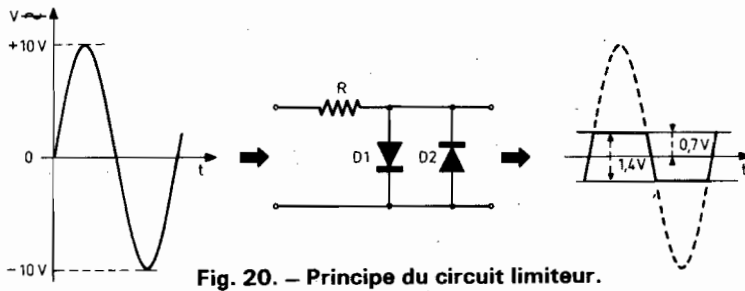
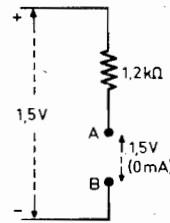


Fig. 20. - Principe du circuit limiteur.



a) La diode étant déconnectée, on considère la tension entre A et B

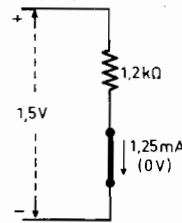


Fig. 19. - Le tracé de la droite de charge se fait en deux temps.

b) La diode étant remplacée par un court-circuit, on calcule le courant dans la charge

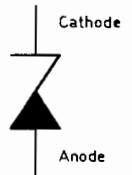


Fig. 21. - Représentation d'une diode Zener.

la tension régulée ne varie que de 2 %
 $\frac{0,72V - 0,70V}{0,70V} \times 100 = 2 \%$

Diodes de régulation

Il existe les diodes spéciales pour ce genre de régulation. Elles fournissent une tension précise pour un courant direct donné. Ce sont les diodes de la série BZ102/... ou BZY87/... stabilisant des petites tensions allant de 0,7 à 3,4 V. La diode BZ102/OV7, pour prendre un exemple, donne une tension garantie entre 0,65 et 0,75 V pour un courant direct de 5 mA. Ces diodes sont légèrement plus grosses que la 1N4148 (boîtier DO7). Les tensions de ces diodes sont des multiples de 0,7 V : 0,7 V, 1,4 V, 2,1 V, 2,8 V, 3,4 V.

Circuit limiteur

Ces diodes de régulation peuvent être utilisées pour limiter une tension alternative. Les diodes sont alors placées tête-bêche. Ce circuit limiteur pourrait être employé pour li-

miter la tension basse fréquence à l'entrée d'un amplificateur (fig. 20). La diode D1, ne laisse pas passer la partie

des alternances supérieure à 0,7 V. Autrement dit, D1 court-circuite la portion d'amplitude positive supé-

rieure à 0,7 V. La diode D2 opère de la même manière pour les alternances négatives, de telle façon que, seules, les tensions inférieures ou égales à 1,4 V crête-à-crête sont transmises. Si vous disposez d'un oscilloscope cathodique et d'un générateur BF, vous pourrez réaliser cette manipulation.

Diodes Zener

On tire souvent partie de l'effet Zener d'une diode semi-conductrice pour obtenir une stabilisation de tension. Pour cela, on se sert, non pas de n'importe quelle diode, mais de modèles au silicium, appelés « diodes Zener » ayant une tension inverse bien définie. Suivant les types, cette tension inverse peut varier de 2 à 200 V.

Pour des tensions directes et pour des tensions inverses faibles, les diodes Zener ont un comportement identique à celui des diodes standard.

Afin de les distinguer de celles-ci, on les symbolise par une représentation différente (fig. 21).

J.-B. P.

YAC DISCOUNT

DISTRIBUTION DE MATERIELS HORS COURS
rigoureusement neufs en emballages d'origine
REMISES de - 39 à - 60% environ

GROS
DETAIL

EXPORT

<p>CHAINE HI-FI Ampli 2 x 35 W eff. Platine TD «BST». 2 enceintes 3 voies 40 W. Complète 1790 F</p> <p>APPAREIL PHOTO 24 x 36 Computer 3, automatique débrayable. 686 F Prix 390 F</p> <p>REVEIL ELECTRON. 220 V Affich. lumineux vert 99 F</p> <p>ENCEINTES 2 x 90 W, 3 voies La paire 2000 F NET 840 F</p> <p>2 x 40 W, 3 voies. La paire 880 F NET 490 F</p> <p>MINI 2 x 50 W, 200 x 105 x 125 mm. La paire 840 F NET 450 F</p> <p>Photo non contractuelle</p> <p>MEULEUSE «PEUGEOT» 850 W - 10.000 1/min - Ø 127 mm. 1015 F - 45% = 550 F</p>	<p>TOSHIBA</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small;">Photo non contractuelle</p> <p>MINI CHAINES M12. 4 éléments. 60 W eff. PO-GO-FM stéréo K7 métal. Auto repeat. 5500 - 46% = 2900 F</p> <p>MINI-CHAINE Grande marque 3 éléments, 2 x 60 W eff. FM stéréo. K7 «HIGH COM». 3900 F Prix promo : 2590 F</p> <p>POSTE CB 22 canaux FM (homologués) 600 F. Prix : 295 F</p>	<p>PROJECTEUR 8 S8 (Sonorisable par magnéto) glivre COMPLET avec bob. et accés. 690 F - 43% = 390 F</p> <p>AMPLI «AKAI» AM 2350 - 2 x 40 W RMS NET 780 F</p> <p>MARANTZ Ampli PM350 - 2 x 40 W NET 890 F</p> <p>TOSHIBA Ampli S BA70 2 x 58 W : 2665 F NET 1210 F</p> <p>TUNER «SANSUI» T5L PO-GO-EM stéréo NET 890 F</p> <p>TV COULEUR 66 cm Avec prise péri TV 110°. Tube auto-convergent 66 Secam Prix : 3290 F 66 Pal-Secam + télécommande Prix : 4290 F 56 Pal-Secam Prix : 3490 F</p>
---	---	---

54, rue Albert (dans la cour), 75013 PARIS. Tél. 583.41.63
OUVERT : du lundi au samedi de 10 h à 13 h et de 14 h à 19 h
Méto : Porte d'Ivry. **Autobus 62** (arrêt rue de Patay) et **27** (arrêt Oudiné)
 LISTE DE MATERIELS neufs ou à réviser contre 3,60 F en T.P. et une enveloppe timbrée portant nom et adresse.
EXPEDITIONS : (Port dû) Chèque bancaire ou mandat à la commande.