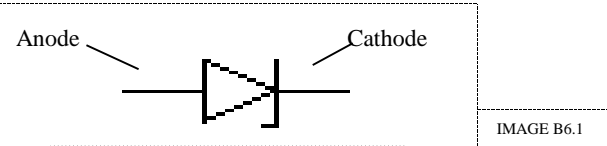


SOMMAIRE

- B6.1 Première approche**
- B6.2 De la diode conventionnelle à la diode Zener**
- B6.3 Caractéristique tension - courant d'une diode Zener**
- B6.4 Valeurs pratiques des tensions Zener**
- B6.5 Principales caractéristiques des diodes Zener**
- B6.6 Principales utilisations**
- B6.7 Bibliographie**

B6.1 Première approche

Selon la Méthode d'analyse, M. J. Neuschwander	
SYMBOLE*	
FONCTION*	La fonction principale d'une diode Zener est de maintenir une tension constante à ses bornes. Ce sont des diodes stabilisatrices de tension.
SPECIFICATIONS* TYPES*	Puissance nominale $P_{Z\text{NOM}}$ [W], Tension inverse (ou Zener) nominale U_Z [V] et Courant Zener maximal $I_{Z\text{MAX}}$ [A].
TECHNOLOGIE	Toutes les diodes Zener sont réalisées à l'aide de silicium. Les Zener les plus courantes ont une $P_{Z\text{NOM}} = 450\text{mW}$
UTILISATIONS	La grosse majorité des diodes Zener sont utilisées dans des circuits de commande faible consommation. Egalement comme circuit de limitation ou écrêtage.
METHODE DE CONTRÔLE*	Ohmiquement, on mesure uniquement l'état de la jonction PN (ouvert ou court-circuit). Pour mesurer les valeurs de sa caractéristique tension - courant, il faut veiller à limiter le courant maximal admissible.

Il n'est peut-être pas inutile de préciser ici qu'un bon praticien a besoin de connaître "par coeur" les indications suivies de l'astérisque * pour une pratique efficace du dépannage des circuits électroniques.

B6.2 De la diode conventionnelle à la diode Zener

Plus fortement dopée que les diodes conventionnelles, un champ électrique relativement faible devient déjà suffisamment intense pour que les liaisons de covalence s'affaiblissent et se rompent. Les porteurs de charges (des éléments de dopage) ainsi libérés sont assez nombreux pour que le courant augmente brutalement et que la tension aux bornes de la diode ne varie pratiquement plus. C'est ce qui est appelé l'effet Zener.

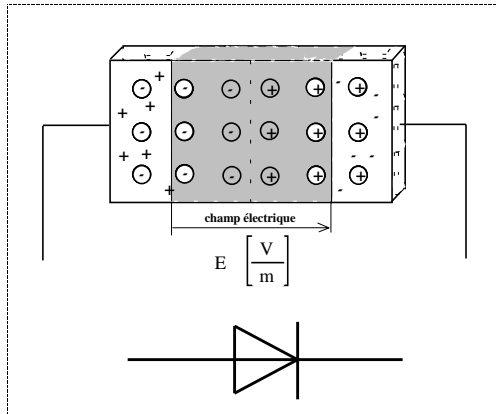


IMAGE B6.2

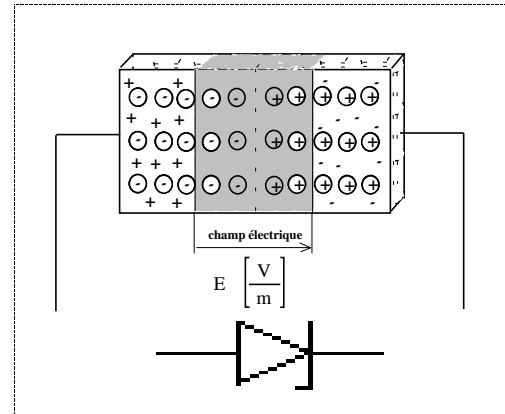


IMAGE B6.3

Pour d'autres diodes Zener, il est possible que sous l'action du champ électrique interne, les porteurs de charges minoritaires (du silicium) de la zone isolante acquièrent une énergie suffisante pour qu'il puisse y avoir ionisation par choc, et, par effet d'avalanche, le courant croît extrêmement vite. La tension aux bornes de la diode ne varie pratiquement plus. C'est ce qui est appelé effet d'avalanche.

IMAGE B6.4

B6.3 Caractéristique tension - courant d'une diode Zener

La caractéristique tension - courant d'une diode Zener montre ces phénomènes.

$$I_Z = f(U_Z)$$

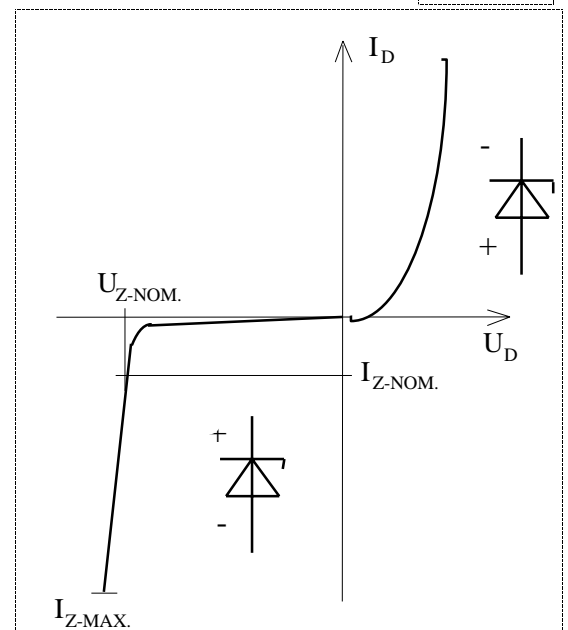
Dans le sens direct :

La diode Zener se comporte comme une diode conventionnelle.

$U_Z \cong 0,6V$ et le courant maximum direct dépend du circuit externe à la diode.

Dans le sens inverse :

La diode présente une résistance très petite dès que la tension de claquage, ou tension Zener, est atteinte.



La diode est dans ce cas en conduction inverse, et il est impératif de limiter le courant dans celle-ci, avec une résistance en série, par exemple.

$$\text{Dans ce cas, } U_Z \cong U_{Z-NOM} \quad (\text{si } I_{Z-MIN} < I_Z < I_{Z-MAX})$$

Nous pouvons également établir la valeur de la résistance interne que la diode présente au circuit. Nous parlons de résistance interne dynamique, qui se calcule selon la formule :

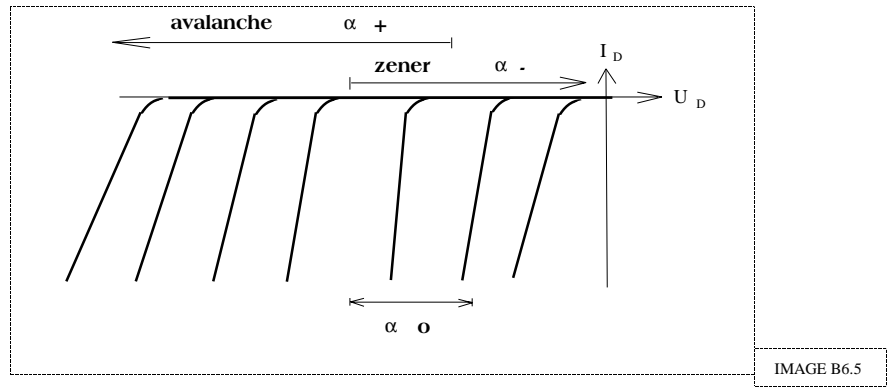
$$R_{IZ-DYN} = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z}$$

Si la tension inverse redescend en dessous de la valeur Zener, la diode se bloque à nouveau.

B6.4 Valeurs pratiques des tensions Zener

En pratique seul l'effet d'avalanche est possible pour les diodes dont la tension Zener dépasse 10V. Ce qui à deux conséquences, la caractéristique de la diode est moins franche (la pente est plus grande) d'une part et le coefficient de température est positif d'autre part.

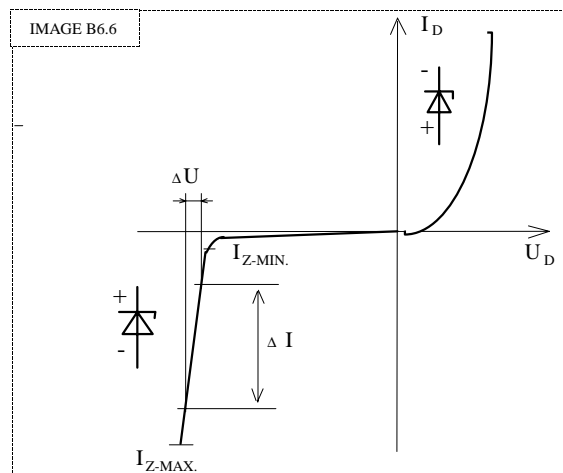
Les diodes dont la tension Zener est inférieure à 5V ont une jonction très mince et seul l'effet Zener peut avoir lieu, ce qui entraîne que la caractéristique de la diode est plus raide et, de plus, ces diodes ont un coefficient de température négatif.



Entre 5V et 10V, les deux effets se combinent. La caractéristique est la plus raide ainsi que le coefficient de température qui peut être proche de zéro. Les diodes Zener sont particulièrement indiquées pour les circuits dont la tension doit être très stable en température (\$V_{ref.}\$, par exemple).

B6.5 Principales caractéristiques des diodes Zener

Nous pouvons repérer le fonctionnement de la diode Zener, avec ses limites, sur la courbe caractéristique \$I_Z = f(U_Z)\$ de la diode Zener.



Nous avons vu que la valeur Zener nominale \$U_{ZNOM}\$ est donnée pour un courant Zener nominal \$I_{ZNOM}\$.

La diode Zener présente une valeur de résistance interne dynamique très faible dans la zone de fonctionnement. En d'autres termes, pour une petite variation de la tension \$U_Z\$ (\$=\Delta U_Z\$) la diode modifie fortement le courant \$I_Z\$ (\$=\Delta I_Z\$)

$$R_{IZ} = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z} \approx 0,1\Omega \text{ à } 1\Omega$$

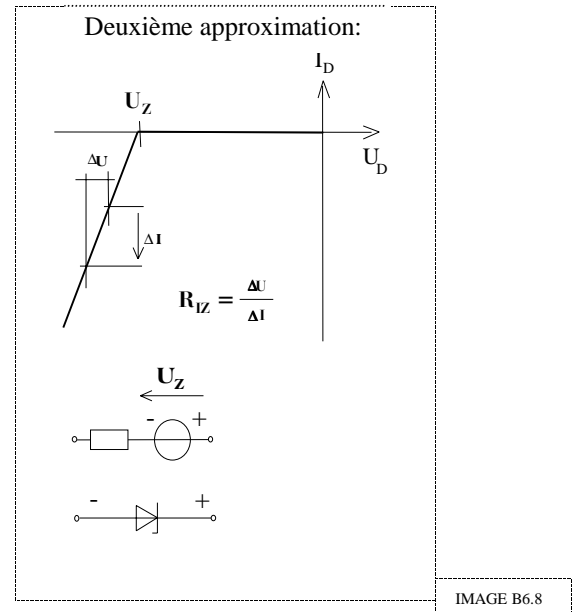
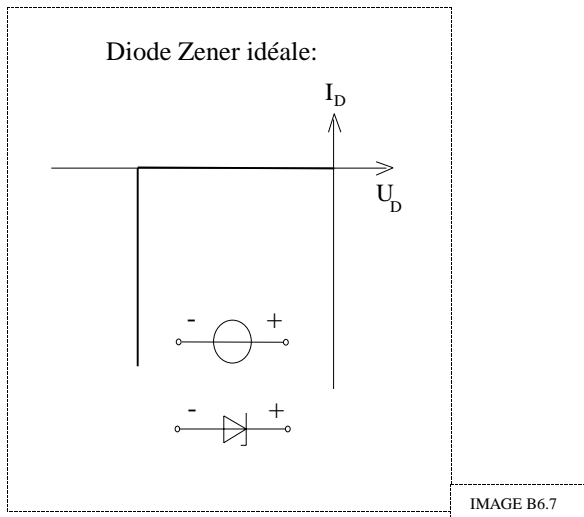
Enfin, en connaissant la puissance maximale que peut dissiper la diode, nous pouvons calculer le courant Zener maximal qui peut traverser la diode.

De la puissance maximale \$P_{ZMAX}\$ nous tirons le courant Zener maximum \$I_{ZMAX}\$.

$$I_{ZMAX} = \frac{P_{ZMAX}}{U_{ZNOM}}$$

De plus, il est possible de déterminer, comme pour les diodes conventionnelles, une valeur de résistance interne de la diode, soit de manière statique $R_{IZ_STAT.}$, soit de manière dynamique $R_{IZ_DYN.}$, en fonction des besoins.

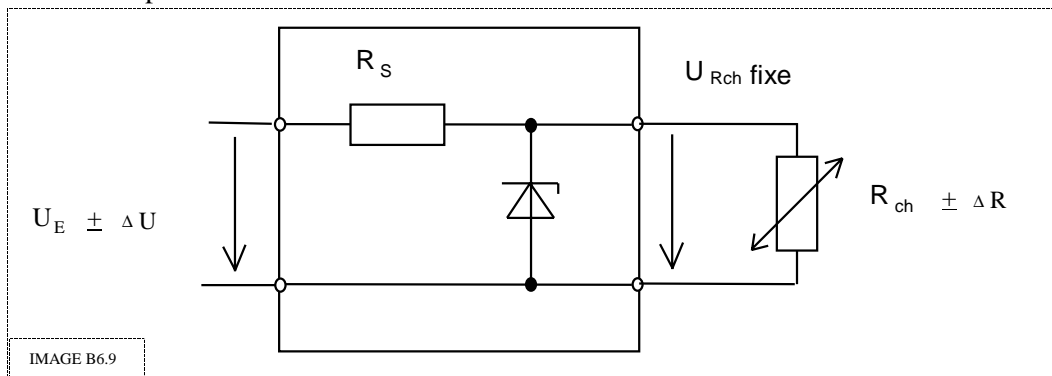
Ce dernier point nous amène à considérer la diode Zener selon la même technique d'approximation utilisée pour les diodes conventionnelles:



Lors du dépannage, il peut être suffisant de considérer la diode Zener dans un circuit comme une diode Zener idéale. Par contre, dans la conception et le calcul de circuits électroniques, il est souvent nécessaire de prendre en compte la valeur de la résistance interne R_{IZ} .

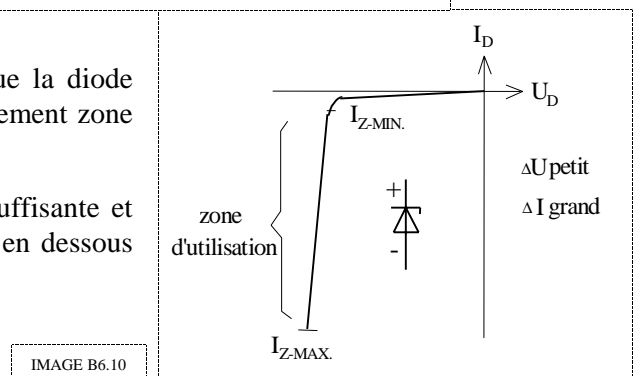
B6.6 Principales utilisations

Les diodes Zener sont utilisées pour leur propriété de maintenir une tension constante à leurs bornes : Les circuits de stabilisation de tension ou "régulateur Zener" ou les circuits générateurs de tension de référence. Le schéma est toujours semblable et consiste à relier une résistance en série avec la Zener et de se connecter aux bornes de celle-ci pour obtenir une tension fixe.



Pour le fonctionnement du montage, il est impératif que la diode zener fonctionne dans la zone de claquage, appelée également zone d'utilisation Zener.

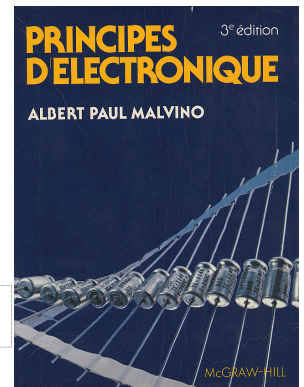
Il faudra pour cela contrôler si la tension d'entrée est suffisante et surveiller que le courant dans la zener ne descende pas en dessous d'un minimum, ce qui entraînerait le blocage de la diode.



B6.7 Bibliographie

Niveau étudiant:

Ces pages sont inspirées du livre ci-contre. Bonne lecture !



ALBERT PAUL MALVINO *Principes d'électroniques*
Paris McGraw-Hill 1988 (3e éd.) ISBN: 2-7042-1176-0

C. CIMELLE & R. BOURGERON *Guide du technicien en électronique*
Paris Hachette 1995 ISBN: 2-01-16-6868-9

Collection ETAPES: R.MERAT, R.MOREAU, L.ALLAY, J.-P.DUBOIS, J.LAFARGUE, R.LE GOFF

Electronique analogique
Paris Nathan 1992 ISBN: 2.09.176893.6

Electronique numérique
Paris Nathan 1993 ISBN: 2.09.176117.6

Electronique de puissance
Paris Nathan 1992 ISBN: 2.09.176079

C.SERMONDADE, A.TOUSSAINT

Régulation tome 1&2
Paris Nathan 1994 ISBN T1: 2.09.176-895-3
ISBN T2: 2-09-176704-2

Niveau ingénieur:

Collection TRAITE D'ELECTRICITE: (Presses Polytechniques et Universitaires Romandes)

FREDERIC DE COULON & MARCEL JUFER

Introduction à l'électrotechnique
Lausanne PPUR 1995 (7e éd.) ISBN: 2-88074-041-X

HANSRUEDI BÜHLER

Electronique de réglage et de commande
Lausanne PPUR 1990 (3e éd.) ISBN: 2-88074-056-8

Electronique de puissance
Lausanne PPUR 1978 (1ère éd.) ISBN: 2-604-00017-2

Réglage de systèmes d'électronique de puissance Volumes 1, 2 et 3
Lausanne PPUR 1997 ISBN: 2-88074-341-9 Vol.1
ISBN: 2-88074-342-7 Vol.2
ISBN: 2-88074-397-4 Vol.3

Convertisseurs statiques
Lausanne PPUR 1991 ISBN: 2-88074-230-7