

Diode

La **diode** (du grec *di* deux, double ; *hodos* voie, chemin) est un composant électronique. C'est un dipôle non-linéaire et polarisé (ou non-symétrique). Le sens de branchement de la diode a donc une importance sur le fonctionnement du circuit électronique.

Il existe de nombreuses familles de composants électroniques dont la désignation contient le mot **diode** et tous ces composants sont réalisés autour d'une **jonction P-N**.

Sans précision supplémentaire, ce mot désigne un dipôle qui ne laisse passer le courant électrique que dans un sens. Ce dipôle est aussi appelé diode de redressement car il est utilisé pour réaliser les redresseurs qui permettent de transformer le courant alternatif en courant continu.

Historique

Avant l'avènement des semi-conducteurs, les diodes existaient sous la forme de tubes électroniques moins pratiques à mettre en œuvre.

Applications usuelles

- Redressement de tension (conversion courant alternatif vers courant continu (semi-redressé)).
- Multiplication de tension (multiplieurs de tension Schenkel).
- Régulations de tension simples (alimentations simples de montages électroniques).

Électronique

Les diodes sont utilisées dans des montages redresseurs et écrêteurs principalement.

Comme composant discret (composant utilisé isolément), elles peuvent servir de détrompeur dans un circuit où la polarité est indispensable au bon fonctionnement en empêchant la circulation du courant dans le mauvais sens.

Électrotechnique

Les diodes sont un des dipôles de base de l'électronique de puissance.

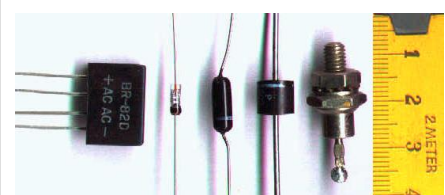
- Elles peuvent être utilisées en courant alternatif pour diminuer la puissance fournie par l'alimentation à un récepteur : en supprimant l'une des alternances, elles permettent de diviser par deux la puissance transmise à la charge pour un coût très modique. Cette technique est utilisée pour obtenir deux puissances de chauffe dans les sèche-cheveux, une diode, placée en série avec la résistance de chauffage, est mise en court-circuit par un interrupteur pour obtenir la puissance de chauffe maximale.

Les diodes sont fréquemment utilisées dans le domaine de redressement de courant alternatif :

- redressement simple alternance : une seule diode est nécessaire ;



Symbole d'une diode dans un circuit.



Différents types de diode.



Diode de puissance Powerex.

- redressement double alternance : on utilise pour cela un pont de diodes (pont de Graëtz).

Fabrication

Les diodes sont fabriquées à partir de semi-conducteurs. Leur principe physique de fonctionnement est utilisé dans de nombreux composants actifs en électronique.

Une diode est créée en accolant un substrat riche en électrons libres (semi-conducteur de type N ou métal) à un substrat déficitaire en électrons c.-à-d. riche en trous (semi-conducteur type P).

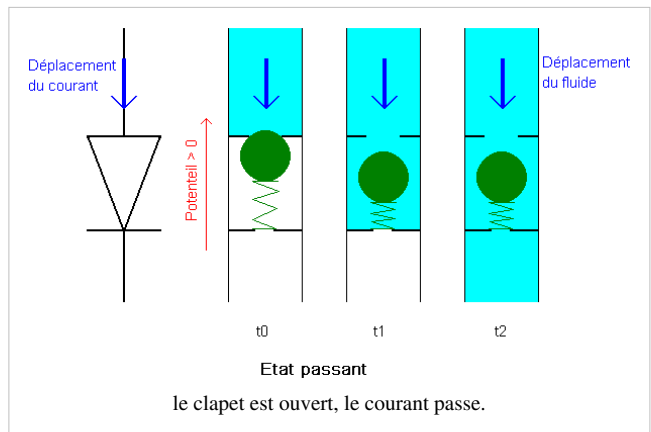
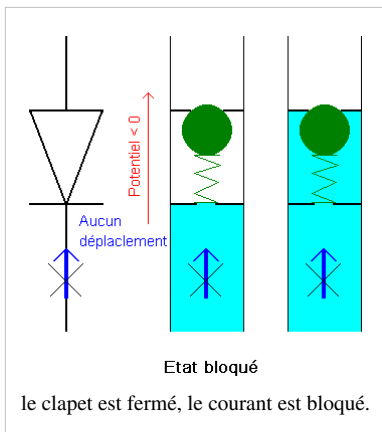
Une diode est la jonction de deux semi-conducteurs : l'un dopé « P » l'autre dopé « N ». La connexion du côté P s'appelle l'anode; celle du côté N porte le nom de cathode. Le côté de la cathode est repéré par un anneau de couleur sombre sur le boîtier cylindrique de la diode.

Seule la diode Gunn échappe totalement à ce principe : n'étant constituée que d'un barreau monolithique d'arséniure de gallium, son appellation diode doit être considérée comme un abus de langage.

La diode Schottky quant à elle est constituée d'une jonction métal - semi-conducteur.

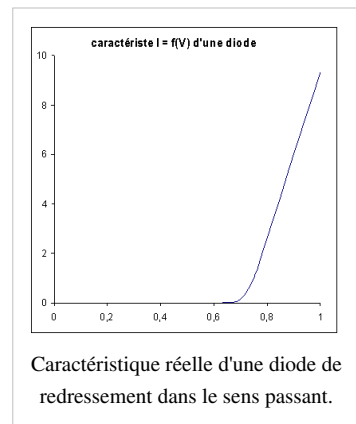
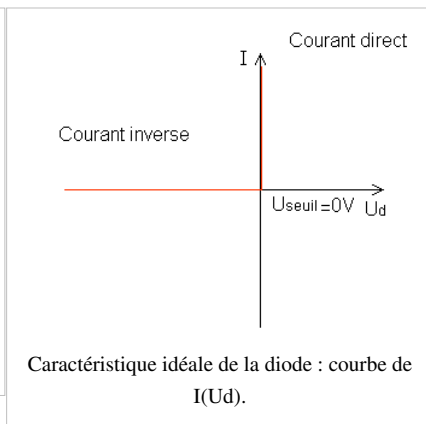
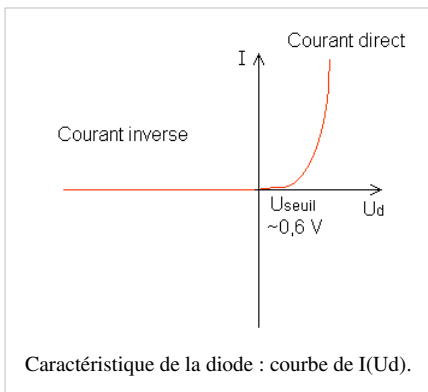
Fonctionnement théorique

La diode, à la manière d'un clapet, ne permet le passage du courant que dans un sens : de l'anode vers la cathode (cette dernière étant repérée sur le boîtier). C'est un dipôle polarisé.



Caractéristique

Courbes caractéristiques d'une diode normale et d'une diode idéale, en convention récepteur.



Pour une diode « signal » (diode type « 1N4148 »), l'équation mathématique entre la tension « V_j » aux bornes de la diode et le courant « I » qui la traverse est la suivante : $I = I_0(e^{\frac{V_j}{V_0}} - 1)$

avec :

$V_0 = 26 \text{ mV}$ à $T = 293 \text{ K}$ (T : température de jonction)

I_0 = constante spécifique au type de diode considéré (I_0 a la dimension d'un courant)

Modélisation de la diode à l'aide de la caractéristique :

À l'aide de la caractéristique on peut modéliser une diode passante par l'association d'une force électromotrice U_S (la tension de seuil) qui s'oppose au passage du courant en série avec une résistance R_D (la résistance dynamique).

La diode dont la caractéristique dans le sens passant est représentée ci-dessus peut être modélisée par l'association de $U_S = 0,72 \text{ V}$ et $R_D = 30 \text{ m}\Omega$. La résistance dynamique de la diode est la pente de sa caractéristique.

Dans certains cas il sera judicieux de négliger l'un ou l'autre de ces paramètres :

- la tension de seuil si elle est faible par rapport aux autres tensions du montage,
- la résistance dynamique si la chute de tension qu'elle provoque est faible devant les tensions du montage.

Lorsque la diode est dite **idéale**, on suppose implicitement que ces deux paramètres sont nuls.

Principe de fonctionnement

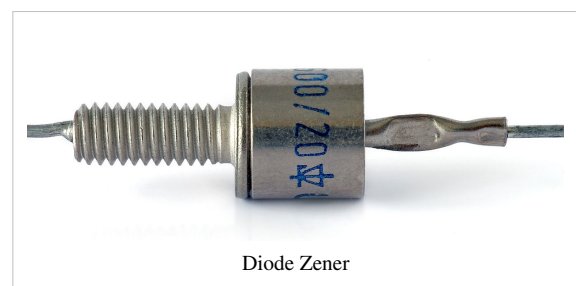
Lors de l'aboutement des deux cristaux, les électrons surabondants de la partie N ont tendance à migrer vers la partie P pour y boucher les « trous ». Il se crée alors une zone sans porteur de charge, isolante, appelée *zone de déplétion*. Il existe donc, à l'équilibre thermodynamique, une différence de potentiel entre la partie N et la partie P (dite *potentiel de jonction*) ; celle-ci est de l'ordre de $0,7 \text{ V}$ pour les diodes à substrat silicium, $0,3 \text{ V}$ pour le germanium et les diodes Schottky ; elle est plus importante pour certains substrats type III-V comme GaAs ou les diodes électroluminescentes. Le champ électrique est maximal aux abords de la jonction, dans une zone appelée *zone de charge d'espace, ZCE*.

Si maintenant l'on applique une tension positive côté N et négative côté P, la jonction « se creuse » : les électrons de la section N sont attirés vers l'extrémité du barreau, un phénomène symétrique se produit côté P avec les trous : la ZCE s'étend, aucun courant ne peut circuler, la diode est dite « bloquée » ; elle se comporte alors comme un condensateur, une propriété mise à profit dans les varicaps, diodes dont la capacité varie en fonction de la tension inverse qu'on leur applique ; elles sont utilisées entre autres dans la réalisation d'oscillateurs commandés en tension (OCT, anglais *VCO*).

- les paires électrons-trous créées dans le substrat suite à l'agitation thermique, accélérées par le champ électrique externe, vont pouvoir acquérir une énergie cinétique suffisante pour arracher, par choc contre le réseau cristallin, d'autres électrons, etc. (effet d'avalanche) ;
- l'énergie du champ électrique devient suffisante pour permettre aux électrons de valence de passer en bande de conduction (effet *Zener*). Ces derniers franchissent la jonction par effet tunnel.

Ces deux phénomènes, dont la prédominance résulte de la concentration en dopant, donnent lieu à l'apparition d'un courant inverse important et non limité, qui aboutit souvent à la destruction du cristal par effet Joule : la diode présente en effet une résistance très faible dans cette plage de fonctionnement. Si ce courant est limité au moyen de résistances externes, la diode en avalanche se comporte alors, du fait de sa faible résistance interne, comme une référence

de tension (un récepteur de tension) quasi-parfaite : cette propriété est à l'origine de l'utilisation des diodes dites Zener dans la régulation de tension continue. On peut aussi utiliser une diode Zener comme source de bruit.



En revanche, lorsque l'on applique une tension « directe », c'est-à-dire que l'on applique une tension positive du côté P et négative du côté N, pourvu que cette tension soit supérieure à la barrière de potentiel présente à l'équilibre, les électrons injectés du côté N franchissent l'interface N/P et terminent leur course soit en se recombinant avec des trous, soit à l'anode via laquelle ils peuvent rejoindre la source d'alimentation ^[1] : le courant circule, la diode est dite « passante ».

Lorsqu'un électron « tombe » dans un trou (recombinaison), il passe d'un état libre à un état lié ; il perd de l'énergie (différence entre le niveau de valence et le niveau de conduction) en émettant un photon ; ce principe est à l'origine des diodes électroluminescentes ou DEL, dont le rendement dépasse considérablement celui des sources de lumière domestiques : lampes à incandescence, lampes à halogène. Une DEL dont le substrat a été façonné pour servir de réflecteur aux photons peut donner lieu à du pompage optique, aboutissant à un rayonnement laser (Diode laser).

Le fonctionnement d'une diode n'est pas simple à appréhender lorsqu'on n'a pas fait d'études à caractère scientifique. Une manière plus simple et imagée pour comprendre le fonctionnement d'une diode est de réaliser une analogie avec l'hydrodynamique. Considérez une canalisation munie d'un clapet anti-retour. Dans un sens, à partir d'une certaine pression du fluide, le clapet va laisser passer le fluide (analogie avec la tension de seuil). Dans l'autre sens, le fluide ne fera pas ouvrir le clapet, sauf si la pression est trop forte (analogie avec la tension inverse maximale). L'analogie peut être poussée, et on peut trouver des correspondances avec toutes les autres caractéristiques d'une diode (puissance, allure de la caractéristique...). La diode est aussi utilisée pour la régulation de puissance électrique.

Autres types de diode

La diode Schottky quant à elle est constituée d'une jonction métal - semi-conducteur ce qui lui procure une chute de tension directe réduite (0,3 V environ) et une dynamique nettement améliorée du fait de l'absence de porteurs minoritaires engagés dans le processus de conduction. Elle est en revanche incapable de supporter des tensions au delà d'une cinquantaine de volts.

La diode à effet tunnel désigne une diode dont les zones N et P sont hyper-dopées. La multiplication des porteurs entraîne l'apparition d'un courant dû au franchissement quantique de la barrière de potentiel par effet tunnel (une telle diode a une tension de Zener nulle). Sur une faible zone de tension directe, la diode présente une résistance négative (le courant diminue lorsque la tension augmente, car la conduction tunnel se tarit au profit de la conduction « normale »), une caractéristique exploitée pour réaliser des oscillateurs. Ce type de diode n'est quasiment plus employé actuellement.

La diode Gunn consiste en un simple barreau d'arséniure de gallium (GaAs), et exploite une propriété physique du substrat : les électrons s'y déplacent à des vitesses différentes (masse effective différente) suivant leur énergie (il existe plusieurs minima locaux d'énergie en bande de conduction, suivant le déplacement des électrons). Le courant se propage alors sous forme de bouffées d'électrons, ce qui signifie qu'un courant continu donne naissance à un courant alternatif ; convenablement exploité, ce phénomène permet de réaliser des oscillateurs micro-ondes dont la fréquence se contrôle à la fois par la taille du barreau d'AsGa et par les caractéristiques physiques du résonateur dans lequel la diode est placée.

Une diode PIN interpose, entre ses zones P et N, une zone non dopée, dite *intrinsèque* (d'où I). Ces diodes, polarisées en inverse, présentent des capacités extrêmement faibles, des tensions de claquage élevées. En revanche, en direct, la présence de la zone I augmente la résistance interne ; celle-ci, dépendante du nombre de porteurs, diminue quand le courant augmente : on a donc une résistance (alternative) variable, contrôlée par une intensité (continue). Ces diodes sont donc soit utilisées en redressement des fortes tensions, soit en commutation UHF (du fait de leur faible capacité inverse), soit en atténuateur variable (contrôlé par un courant de commande continu).

La photodiode génère un courant à partir des paires électrons-trous produites par l'incidence d'un photon suffisamment énergétique dans le cristal. L'amplification de ce courant permet de réaliser des commandes en fonction de l'intensité lumineuse perçue par la diode (interrupteur crépusculaire par exemple).

La diode électroluminescente ou led, d'abord cantonnée aux signalisations économes en courant, gagne depuis les années 2000 le monde de l'éclairage (lampes de poche, éclairages de secours, balisage) depuis qu'on a pu en fabriquer dans le début des années 90 des bleues, puis des blanches. Certaines (DELS au nitrure de gallium ou GaN) sont déjà assez puissantes pour des phares de voitures et lampadaires (éventuellement solaires, comme dans le PNR du Luberon) et un projet européen vise à en faire des éclairages domestiques (20% de la production électrique allemande alimente le seul éclairage) capables de rivaliser avec les lampes basse consommation des années 1990-2000.

nanoDEL

Des *nanoDELS* devrait notamment en Europe dans le cadre d'un programme *SMASH* ^[2] faire l'objet dès 2010 de recherches soutenues par la Commission européenne jusqu'en 2013 (12 millions €) ^[3].

Types de diodes

- diode à pointe
- diode Schottky
- diode électroluminescente ou LED
- diode Zener
- diode Transil
- photodiode
- diode laser
- diode Gunn
- diode PIN
- diode varicap
- diode à effet tunnel
- diode à vide (Tube électronique)
- diode à vapeur de mercure (Tube électronique)
- DIAC
- diodes de type SMD ou CMS

Applications des diodes

Diodes d'usage général et de puissance

- redressement simple alternance
 - redressement double alternance par pont de diodes
 - redressement par doubleur de tension
 - doubleur, tripleur, multiplicateur de tension
 - protection contre les erreurs de branchement et les inversions accidentelles de polarité
 - protection contre les surtensions (diode Transil)
 - référence de tension en régulation (diode Zener)
 - circuits logiques simples
 - obtention d'une faible chute de tension
 - détection des signaux radios
 - Thermométrie par diodes (mesure de température en fonction de la variation de la caractéristique)
 - Diode de pontage (*bypass* en anglais) pour la protection des générateurs (panneaux solaires photovoltaïques en série...)
-

Diodes électroluminescentes

- signalisation
- éclairage
- optocoupleur

Diodes gunn

- production de rayonnement de très haute fréquence à faible puissance

Diodes varicap

- accord des récepteurs radios et TV

Références

- [1] Le sens conventionnel de circulation du courant est le sens inverse du sens de circulation des électrons
- [2] (*SMASH ; Smart Nanostructured Semiconductors for Energy-Saving Light Solutions* (<http://www.smash-fp7.eu/>)), programme de 3 ans coordonné par *OSRAM Opto Semiconductors GmbH* (Allemagne)
- [3] Dépêche IDW, Communiqué de l'Université technique de Braunschweig (<http://idw-online.de/pages/de/news350632>) - - 08/01/2010 et Bulletin ADIT Allemagne numéro 466 (15/01/2010) (<http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/61861.htm>)
-

Sources et contributeurs de l'article

Diode *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65415189> *Contributeurs*: A3 nm, Abdélaizouze, A11, Alexh, Anarkman, Balougador, Bap, Berpi, Bigi111, Bourrichon, Béa, COLETTE, Cdang, Cdiot, Chphe, Coyau, Crochet.david, Crouchineki, Cyrusketabi, Céréales Killer, DC2, Dadr, DainDwarf, Daniel*D, Dave, Dijkschneier, Dirac, Elgauchito, Ertezoute, F1jmm, Fab97, Fabien1309, Fabrice75, Floflo, Francois Trazzi, Freewol, Gede, Greudin, Grimlock, Grondin, Guillom, H4stings, Hemmer, Jbm747, Jborne, Jmskobalt, Jyp, Kelson, LED1984, LaFourmi, Lamiot, Laurent Nguyen, Lepape3, Lgd, Lilyu, MagnetiK, Max, Medium69, Melkor73, Moyg, Naevus, Nanoxyde, NicoV, Oliviosu, Orthogaffe, Orthomaniaque, Oulmekki, PNLL, Padawane, Phido, PierreAbbat, Pld, Poleta33, Polo the chon, Pulsar, R, Romanc19s, Sebjarod, Thedreamstree, V. M., Valéry Beaud, Wadzar, WikiDreamer, YannTech, Youandme, Yves-Laurent, Zedh, Zen 38, Zubro, Zyzomys, 29100, 165 modifications anonymes

Source des images, licences et contributeurs

Image:Diode symbol.svg *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Diode_symbol.svg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: User:Omegatron

Image:Dioden.JPG *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Dioden.JPG> *Licence*: GNU Free Documentation License *Contributeurs*: Honina

Fichier:Diode puissance Powerex.JPG *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Diode_puissance_Powerex.JPG *Licence*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Contributeurs*: User:F1jmm

Image:Diode analogie hydrodynamique bloquee.gif *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Diode_analogie_hydrodynamique_bloquee.gif *Licence*: Creative Commons Attribution 2.5 *Contributeurs*: Benjamin MONTEIL

Image:Diode analogie hydrodynamique passante.gif *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Diode_analogie_hydrodynamique_passante.gif *Licence*: Creative Commons Attribution 2.5 *Contributeurs*: Benjamin MONTEIL

Image:Caractéristique Diode.PNG *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Caractéristique_Diode.PNG *Licence*: GNU Free Documentation License *Contributeurs*: Laurent Nguyen, Thedreamstree, 1 modifications anonymes

Image:Caractéristique idéale Diode.PNG *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Caractéristique_idéale_Diode.PNG *Licence*: GNU Free Documentation License *Contributeurs*: Thedreamstree

Image:Caractéristique d'une diode.png *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Caractéristique_d'une_diode.png *Licence*: Public Domain *Contributeurs*: PNLL

Image:Zener diode (aka).jpg *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Zener_diode_\(aka\).jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Zener_diode_(aka).jpg) *Licence*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Contributeurs*: user:Aka

Licence

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>