

# démarrer en électronique

## diodes spéciales

**Eric Bogers (Elektor)**

Dans cet épisode, nous terminons le chapitre sur les diodes par quelques exemples de diodes plutôt rares, qui existent encore aujourd'hui, notamment les thyristors, les triacs, les LED et les optocoupleurs.

La première génération de circuits gradateurs était construite avec des thyristors – les triacs n'existaient pas encore (du moins pas pour les niveaux de puissance requis). Aujourd'hui, les gradateurs utilisent presque exclusivement des triacs.

### Le thyristor

Un thyristor (**figure 1**) n'est en fait qu'une diode avec une borne de commande – le thyristor ne conduit que dans le sens direct, tout comme une diode ordinaire. Par conséquent, nous avons besoin de deux thyristors (ou d'un redresseur) pour les applications en courant alternatif.

Un thyristor dispose d'une troisième borne appelée gâchette (les deux autres bornes sont appelées anode et cathode, comme pour une diode conventionnelle). Pour passer en mode conducteur, il nécessite une « impulsion de déclenchement ». Une fois qu'un thyristor est amorcé, il continue à conduire tant qu'un courant le traverse – il n'est pas nécessaire de maintenir une tension sur la gâchette. Pour bloquer le thyristor (le commuter), il faut interrompre le courant qui le traverse. Dans un circuit à courant continu, un thyristor reste conducteur indéfiniment ; en courant alternatif, il ne reste conducteur que jusqu'au prochain passage à zéro.

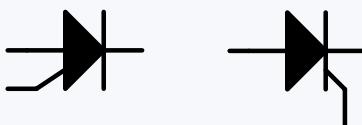


Figure 1. Le thyristor.



Il y a deux façons de construire un gradateur avec un thyristor : la tension alternative peut être redressée, ou bien, on peut utiliser deux thyristors antiparallèles. Comme les circuits de gradateurs construits de cette manière n'ont plus aucune utilité pratique, nous n'entrerons pas dans les détails.

On utilise souvent les thyristors comme protection contre les surtensions, comme le montre la **figure 2**. Si le stabilisateur ou un transistor de puissance claque dans l'alimentation du réseau, alors, sans protection, une tension (beaucoup) plus élevée sera appliquée aux composants et appareils connectés, ce qui pourrait les détruire. C'est une situation à éviter à tout prix.

Cependant, dès que la tension dans le circuit de la **figure 2** devient trop élevée, la diode Zener devient conductrice et allume le thyristor, et, par conséquent, le thyristor continue à conduire. Cela provoque un court-circuit, entraînant le fusible à sauter. Mais c'est moins pire qu'avoir un circuit complètement détruit.

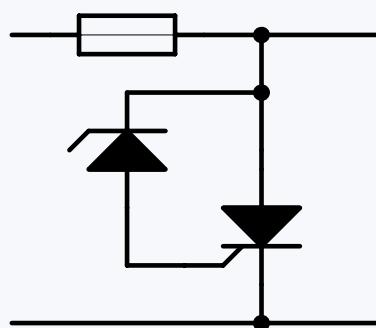


Figure 2. Protection contre les surtensions (principe).

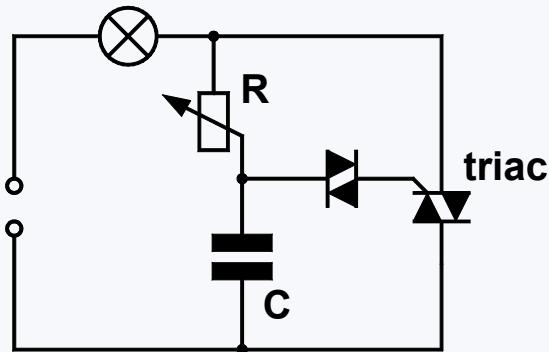


Figure 3. Circuit de gradateur conventionnel (lire : obsolète).

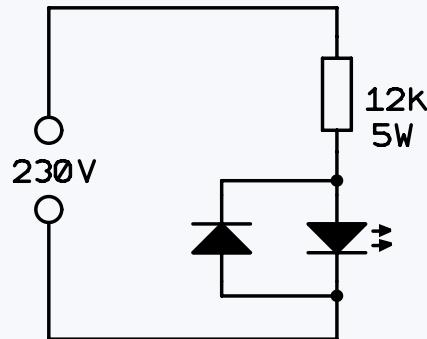


Figure 5. LED avec diode flyback.

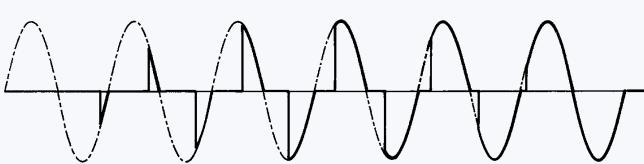


Figure 4. Coupure de phase.

Selon son type, un thyristor exige une tension d'amorçage comprise entre 0,8... 2,5 V. La tension Zener doit donc être soigneusement sélectionnée, de sorte qu'en cas de surtension, ce niveau de tension sera certainement atteint.

### Triac

Tout comme un diac, qui est essentiellement une combinaison de deux diodes Zener, un triac est une combinaison de deux thyristors – il est uniquement utile dans les applications en courant alternatif utilisant un seul composant. Examinons le triac dans un circuit pratique – un circuit de gradateur classique, comme le montre la **figure 3**. Ce type de gradateur fonctionne sur le principe de la coupure de phase : la luminosité de la lumière connectée dépend de la période. Référez-vous à la **figure 4** pour plus de détails.

Le triac est enclenché lorsque la tension aux bornes du diac dépasse approximativement 33 V fournissant ainsi l'impulsion d'amorçage. Lorsque le potentiomètre R de la **figure 3** est en butée, la tension est divisée par le réseau RC d'une part et déphasée de 90° d'autre part – la tension aux bornes du diac n'atteindra jamais une valeur de 33 V. Par la suite, si l'on ajuste progressivement le potentiomètre, la tension aux bornes du diac augmente (et sa phase change progressivement), ce qui a pour effet d'accélérer l'enclenchement du triac.

Le circuit de la **figure 3** est l'un des gradateurs (de tension de réseau) les plus simples que l'on puisse imaginer : il ne dispose d'aucune forme d'antiparasitage, et aucune mesure n'a été prise non plus contre l'hystérésis de commutation. De nombreux circuits de gradateurs améliorés sont disponibles de nos jours, mais ils sont beaucoup plus compliqués.

Bien entendu, il est possible de varier l'intensité d'une ampoule en connectant en série un potentiomètre réglable (de puissance), mais une grande partie de l'énergie du secteur dans ce potentiomètre serait dissipée en chaleur. L'avantage du principe de coupure de phase est que cette perte de puissance ne se produira pas.

### Diodes électroluminescentes et optocoupleurs

Les diodes électroluminescentes sont des diodes qui émettent de la lumière dès qu'elles sont traversées par un courant. La tension directe est d'environ 2 V, tandis que le courant maximal est normalement d'environ 20 mA (pour les diodes dites à faible courant, ce courant maximal est de l'ordre de 2 mA seulement).

Depuis des années, les LED remplacent les ampoules ordinaires dans les panneaux de commande. Elles se caractérisent par une très longue durée de vie, une consommation d'énergie relativement faible et une grande résistance aux chocs et aux vibrations.

Aujourd'hui, les LED sont disponibles dans toutes les couleurs possibles et il existe également des LED laser (auxquelles nous devons le lecteur CD et DVD) tandis que les LED Neopixel dotés d'un microcontrôleur intégré permettent d'émettre toutes les couleurs, sans parler de divers effets lumineux. Les LED ont également fait leur entrée dans la technologie de l'éclairage pour remplacer (obligatoirement) les ampoules à incandescence.

Bien que tout cela soit très intéressant, une analyse détaillée de ces sujets dépasse largement le cadre de ce cours de base. Nous nous limiterons donc à une brève discussion générale, en hommage à ce petit mais très important composant.

### LED alimentées par tension alternative

Dans de nombreux cas, la tension inverse des LED n'est que de quelques volts. Dans le cas où elles sont alimentées par une tension alternative, il faut connecter une diode flyback pour limiter la tension inverse aux bornes de la LED à une valeur sûre (voir **figure 5**). À propos, vous pouvez constater que le symbole schématique d'une LED est une diode conventionnelle, mais avec une double flèche symbolisant son émission de lumière.

### Optocoupleurs

Un optocoupleur se compose d'une diode électroluminescente et d'un composant photosensible (souvent un phototransistor) intégrés dans un seul boîtier (**figure 6**). Dès qu'une tension est appliquée aux bornes de la diode électroluminescente, celle-ci s'allume, entraînant la conduction du phototransistor.

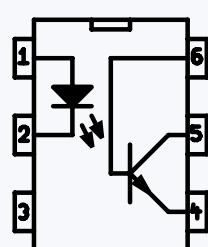


Figure 6. Optocoupleur.

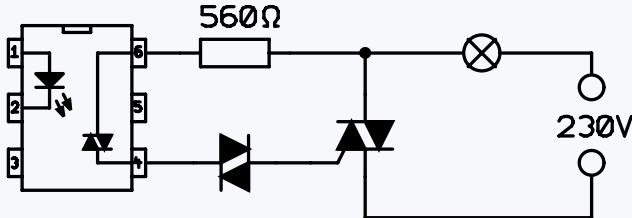


Figure 7. Optocoupleur avec phototriac.

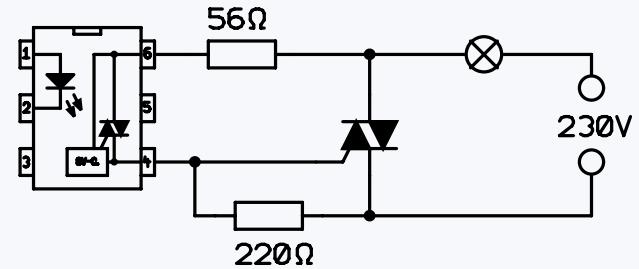


Figure 8. Optocoupleur avec détecteur de passage à zéro.

L'avantage majeur de cette approche apparemment compliquée est la séparation galvanique entre la LED et le phototransistor : une différence de tension de (souvent) quelques centaines de volts entre ces composants est possible sans entraîner de problèmes. Les optocoupleurs sont largement utilisés pour maintenir la partie puissance des gradateurs ou d'autres circuits séparés des circuits de commande. Par exemple, il est possible d'alimenter la section haute puissance à partir du réseau tandis que le circuit de commande n'en est pas affecté (pour des raisons de sécurité).

### Optocoupleur avec Phototriac

Un transistor ne conduit que dans un seul sens (nous verrons ça dans le prochain épisode), et cela peut être peu pratique pour certaines applications. Si nous souhaitons commander un triac, nous aurions besoin d'une tension dédiée et le triac serait enclenché par une impulsion de polarité inverse toutes les deux moitiés d'une période de tension alternative, ce qui donnerait un comportement asymétrique. Pour faire bref, un optocoupleur conventionnel n'est absolument pas idéal pour ce type d'applications. Par conséquent, dans de tels cas, il est préférable d'utiliser un optocoupleur avec un phototriac plutôt qu'un phototransistor (**figure 7**).

Lorsqu'un courant est fourni à la LED et qu'elle s'allume, le phototriac devient conducteur et commute à son tour le triac externe. Pour les charges faibles (par exemple un petit ventilateur), vous pouvez vous passer du triac externe, si nécessaire, et alimenter la charge directement par le phototriac.

Le circuit de la **figure 7** est censé pouvoir fonctionner même sans résistance ni diac. Cependant, deux problèmes peuvent survenir :

- Sans le diac, le circuit a tendance à se déclencher de manière incontrôlée : le triac commence à conduire sans une impulsion de commande de la LED.
- De nombreux triacs de puissance causent le grillage du phototriac si le courant n'est pas limité par une résistance.

### Optocoupleurs avec détection du passage à zéro

Lorsque le courant est établi au milieu d'une période, il génère une impulsion d'interférence haute fréquence qui peut, par exemple, provoquer des interférences audibles sur les systèmes audio. Ces interférences HF sont à l'origine du fameux « bourdonnement du gradateur ». Malheureusement, les gradateurs fonctionnant selon

le principe de la coupure de phase présentent un tel inconvénient : nous pouvons seulement essayer de maîtriser le problème en utilisant des filtres antiparasites appropriés.

Mais, dans toutes les situations où vous devez juste allumer ou éteindre une charge, le moment de la commutation doit correspondre au passage par zéro de la tension alternative du réseau : dans ce cas, il n'y aura pas d'interférences. Vous pouvez concevoir et construire vos propres circuits complexes à cet effet, ou vous pouvez utiliser un optocoupleur qui intègre déjà la détection du passage par zéro.

Bien entendu, il n'est pas possible de l'utiliser pour commuter un triac exactement au point de passage par zéro, car, à ce stade, il n'y a aucune tension disponible pour fournir le courant d'allumage requis. Cependant, il est possible de commuter aussi près que possible du point de passage à zéro, ce qui entraîne un niveau d'interférence négligeable.

Nous concluons ici notre exploration du monde merveilleux des diodes. Dans le prochain épisode, nous aborderons le transistor. ▶

(220446-04) — VF : Asma Adhimi

La série d'articles « démarrer en électronique » est basée sur le livre « Basic Electronics Course » de Michael Ebner, publié par Elektor.

### Des questions, des commentaires ?

Contactez Elektor ([redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr)).



### Produits

- Livre en anglais « Basic Electronics for Beginners » B. Kainka (Elektor, 2020) (SKU 19212) [www.elektor.fr/19212](http://www.elektor.fr/19212)
- Livre en anglais « Basic Electronics for Beginners » B. Kainka (version numérique, SKU 19213) [www.elektor.fr/19213](http://www.elektor.fr/19213)

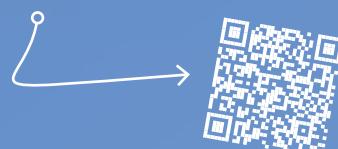
# Elektor TV Shows



## Elektor Engineering Insights

Elektor Industry Insights est une source d'information incontournable pour les ingénieurs et les électroniciens qui souhaitent rester informés sur le monde de l'électronique. Au cours de chaque épisode, Stuart Cording (rédacteur, Elektor) discutera des défis et des solutions d'ingénierie avec des experts de l'industrie électronique.

[www.elektormagazine.com/elektor-engineering-insights](http://www.elektormagazine.com/elektor-engineering-insights)



## Elektor LabTalk

Vous êtes passionné par l'électronique, la programmation ou la théorie de l'ingénierie ? Rejoignez les ingénieurs et rédacteurs de l'équipe Elektor Lab qui partagent leurs astuces, planifient leurs projets électroniques, discutent du magazine Elektor et répondent aux questions de la communauté.

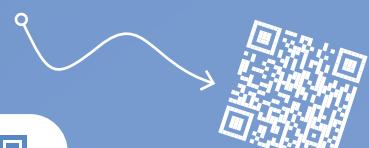
[www.elektormagazine.com/elektor-lab-talk](http://www.elektormagazine.com/elektor-lab-talk)



## Elektor academy

Vous voulez améliorer vos compétences en électronique ? Découvrez dans Elektor Academy les ressources qui vous permettront de développer vos compétences techniques. Notre expert Stuart Cording vous guidera à travers les cours d'Elektor Academy.

[www.elektormagazine.com/elektor-academy](http://www.elektormagazine.com/elektor-academy)



Restez informé et rejoignez notre chaîne YouTube Elektor TV.

[www.youtube.com/c/ElektorIM](http://www.youtube.com/c/ElektorIM)

