

Chapitre 4 - Les diodes et les diodes électroluminescentes

Les diodes

Les diodes sont très utilisées sur un réseau miniature, mais à quoi sert ce composant ? **À ne laisser passer le courant que dans un seul sens.** Si on compare avec l'eau, la diode se comporte comme un clapet anti-retour ; le courant électrique passe dans un sens mais pas dans l'autre. D'ailleurs, pour ouvrir le clapet dans le sens passant, les électrons ont besoin d'une différence de potentiel d'au moins 0,7 V aux broches de la diode (appelée **tension de seuil**). Ainsi, quand on met une diode dans un circuit, cela entraîne une chute de tension de 0,7 V. Dans le sens bloquant, les électrons n'arrivent pas à ouvrir le clapet ; il ne passe donc aucun courant.

La figure 4.1 montre le symbole de la diode qui a une **anode** et une **cathode**. Pour que le courant passe, il faut que l'anode soit reliée au + et la cathode au - . Sur le composant, un anneau repère la cathode (comme la barre du symbole).

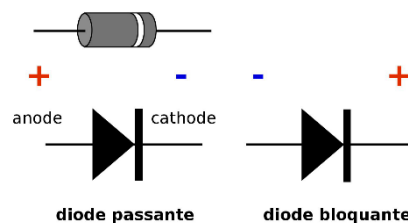


Figure 4. 1

Pour choisir une diode, il faut s'intéresser à la tension inverse qu'elle peut supporter dans le sens bloquant (au-delà, elle est détruite) et aussi au courant qu'elle pourra supporter dans le sens passant. Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques de quelques diodes courantes.

Type	Tension inverse	Intensité max
1N4148	75 V	150 mA
1N4001	50	1 A
1N4002	100 V	1 A
1N4004	400 V	1 A
1N4007	1000 V	1 A
1N5401	100 V	3 A
1N5408	1000 V	3 A

En électronique, la première utilisation de la diode consiste à protéger un montage contre les erreurs de branchement de l'alimentation (exemple : on présente la pile dans le mauvais sens). La figure 4.2 montre comment protéger un montage électronique ; si on présente la pile à l'envers, la diode est bloquante, le courant ne peut pas passer.

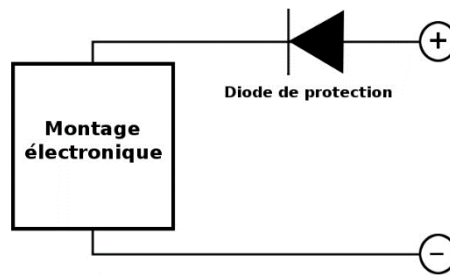


Figure 4. 2

La diode doit aussi être utilisée pour protéger un montage électronique des surtensions qui apparaissent aux bornes d'un bobinage lorsqu'on coupe l'alimentation. Chaque fois qu'un équipement contient des bobinages (relais, moteur, etc.), une diode doit être montée en parallèle avec l'équipement. La figure 4.3 montre comment monter la diode qui est appelée **diode de roue libre** ; on remarque que sa cathode est reliée au + (normal car dans le sens inverse, le relais ne serait plus alimenté, le courant passerait par la diode). La figure 4.3 montre aussi que le montage électronique est alimenté par le + de l'alimentation et relié à la masse (représentée par un trait épais horizontal) elle-même reliée au – de l'alimentation comme le montre la partie droite du schéma. **Il faut s'habituer à cette représentation de plus en plus fréquente.**

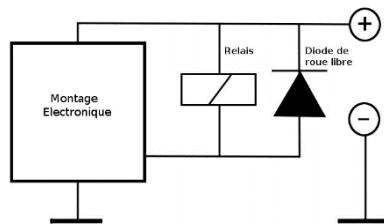


Figure 4. 3

La diode pour redresser le courant alternatif

La diode sert aussi à redresser (c'est le terme qu'on utilise) le courant alternatif pour le transformer en courant continu. Rappelez-vous, un courant alternatif est un courant qui circule dans un sens, puis dans l'autre, alternativement. Comme la diode ne laisse passer le courant que dans un seul sens, cela permet de supprimer les alternances négatives. Il suffit de mettre la diode en série avec l'alimentation. Ce montage est appelé **redresseur mono-alternance** : son principal défaut est qu'on perd une partie de l'énergie électrique puisqu'on perd une alternance sur deux. C'est ce que montre la figure 4.4.

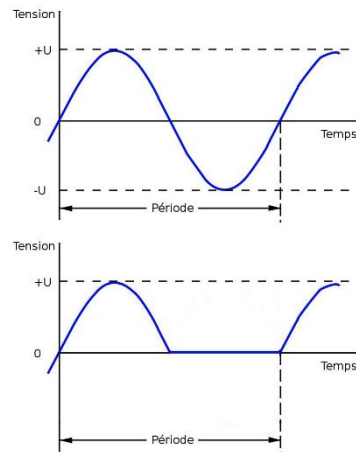
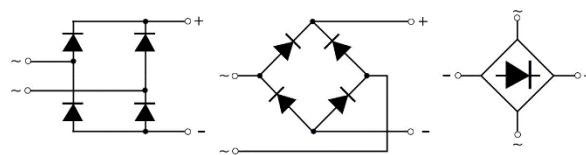


Figure 4. 4

Pour pallier cet inconvénient, on fait appel à un pont de diodes, qui utilise quatre diodes. La figure 4.5 montre comment assembler les diodes et également comment représenter un pont de diodes de façon simplifiée ; on constate que le pont de diodes est un **quadripôle**, ce qui signifie qu'il a quatre broches, deux sont connectées à l'alimentation en courant alternatif et les deux autres donnent le courant de sortie redressé (courant continu). Pour comprendre le fonctionnement, il suffit d'imaginer la polarité du courant alternatif (+ ou -) et de suivre le cheminement dans les diodes passantes pour voir où on débouche. Notez que le schéma de gauche et le schéma du centre sont équivalents, seule la représentation change, en carré ou en losange (plus fréquent).



Pont redresseur, communément appelé pont de diodes

Figure 4. 5

La figure 4.6 montre le courant obtenu à la sortie du pont de diodes : toutes les alternances se retrouvent mais elles sont toutes positives. Le courant est un **courant continu même si sa tension n'est pas constante**. De tels pont redresseurs existent tout fait comme un composant à quatre broches : on peut aussi les réaliser soi-même si on a des diodes en pagaille. En tenant compte de la tension de seuil des diodes (0,7 V), un pont de diodes provoque une chute de tension de $2 \times 0,7 = 1,4$ V.

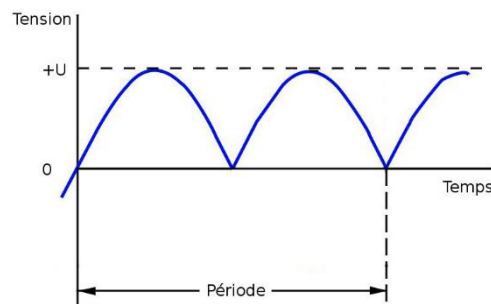


Figure 4. 6

Utilisation des diodes dans l'alimentation de la voie

Sur un réseau miniature, les diodes servent dans l'alimentation de la voie, pour créer des voies de garage par exemple. La figure 4.7 montre le principe ; à l'extrémité d'une voie, on sectionne un des deux rails pour créer une portion non alimentée un peu plus grande que la locomotive qu'on veut parquer dessus. Puis, on shunte cette coupure avec une diode **judicieusement orientée**. Si la locomotive se dirige vers le garage, c'est le rail du haut qui est relié au + de l'alimentation traction. La diode empêche le courant de passer et la voie de garage n'est pas alimentée ; la locomotive s'arrête. Si on inverse le courant, le rail du haut est alors relié au – de l'alimentation traction. La diode laisse passer le courant et la voie de garage est alimentée ; la locomotive repart dans l'autre sens.



Figure 4. 7

En réalisant cela aux deux bouts de la voie, on peut réaliser un va et vient en inversant le sens du courant de façon périodique soit manuellement, soit par un petit montage électronique.

Utilisation des diodes dans une boucle de retournement

Le même principe peut servir à alimenter des boucles de retournement comme le montre la figure 4.8. Les traits verts sont des éclisses isolantes. La boucle est parcourue **toujours dans le même sens**, celui de la flèche jaune. Le rail extérieur est donc relié au plus et le rail intérieur au moins, mais le rail extérieur et le rail intérieur **de la portion BC** ne sont pas alimentés à cause des diodes. La locomotive s'arrête donc sur la portion BC. Lorsqu'on inverse le courant en amont de la boucle, la portion BC devient alimentée avec son rail extérieur au plus et son rail intérieur au moins. La locomotive redémarre et sort de la boucle si l'aiguille est talonnable (sinon, il faut la positionner dans le bon sens). La portion BC empêche donc un court-circuit en B. Si la boucle de retournement est cachée, le fait que le train s'arrête avant de repartir n'est pas un problème puisque cela ne se voit pas.

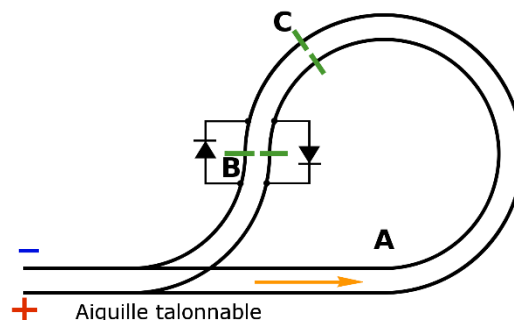


Figure 4. 8

Utilisation d'un pont de diodes dans une boucle de retournement

Le pont de diodes va nous permettre de mieux contrôler une boucle de retournement parcourue à sens unique. En effet, il faut remarquer que, quelle que soit la polarité des broches d'entrée du pont de diodes (repérées par le signe tilda de l'alternatif) donc **quelle que soit la polarité des fils à la sortie du transformateur**, les broches de **sortie** ont toujours la même polarité (le + au + et le – au –). La figure 4.9 montre comment exploiter cette propriété. Les traits verts sont des éclisses isolantes. Les fils violets sont reliés à la sortie « courant traction » du transformateur : ils récupèrent un courant **continu** dont

la polarité n'a pas d'importance. Lorsque le train arrive sur la portion AC, on inverse la polarité du transformateur, ce qui ne change rien à la portion AC toujours alimentée par les sorties du pont de diodes (le train ne repart pas en arrière !). La section BC est une section de sécurité où la locomotive s'arrête si on a oublié d'inverser le courant, ceci pour éviter le court-circuit. Bien entendu, l'aiguille doit être talonnable, sinon il faut la positionner pour que le train puisse sortir de la boucle.

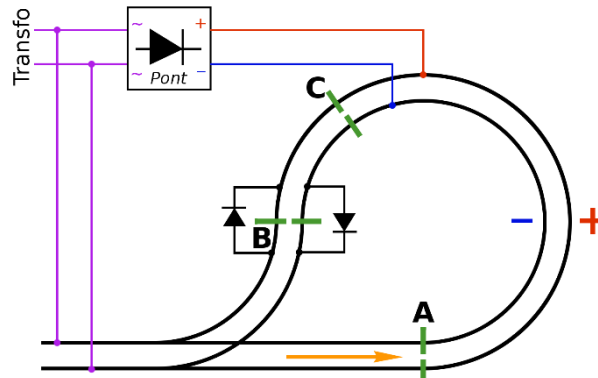


Figure 4. 9

Commande d'aiguillages

Il faut trois fils pour commander un aiguillage à double solénoïde. On peut déjà faire l'économie du fil commun permettant le retour du courant si on le branche à la masse (le retour de courant se faisant par celle-ci). On peut aussi faire l'économie d'un des deux fils en utilisant les diodes. La figure 4.10 montre un montage permettant de commander ce genre d'aiguillage avec seulement un fil, ce qui réalise des économies car une bobine de fil vaut plus cher que des diodes achetées en grande quantité. De plus, cela simplifie la recherche de panne puisqu'il n'y a qu'un fil. Deux diodes à la sortie de l'alimentation accessoire du transformateur (courant AC) permettent de redresser le courant et de charger deux gros condensateurs (considérés comme des réservoirs de courant). Ces condensateurs sont forcément électrochimiques donc il faut respecter leur polarité (voir le chapitre 3). Une fois chargés, on récupère l'électricité emmagasinée quand on actionne l'interrupteur à position momentanée. Les diodes en série sur les solénoïdes permettent de commander soit l'un, soit l'autre. Et tout cela avec un seul fil !

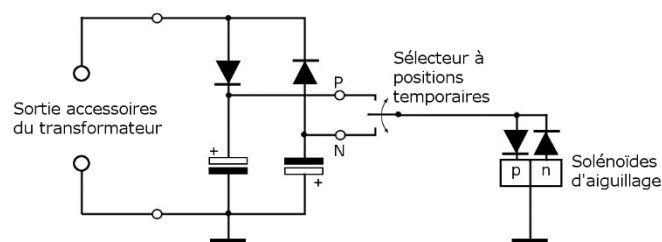


Figure 4. 10

Comme vous le voyez, on peut faire bien des choses avec les diodes et on peut même en faire encore plus. Je vous invite à consulter les deux livres cités plus haut pour y trouver d'autres idées pour votre réseau.

À retenir sur les diodes

- Une diode laisse passer le courant dans un seul sens, pour peu que la tension à ses bornes soit supérieure à 0,7 V.
- Pour choisir une diode, il faut considérer la tension inverse qu'elle peut supporter dans le sens bloquant et l'intensité de courant qu'elle peut laisser passer dans le sens passant.
- La cathode de la diode est repérée par un anneau sur le composant.
- La diode sert à protéger l'électronique d'un montage contre les inversions de polarité et contre les courants induits des bobinages (diode de roue libre).
- Les diodes et les ponts de diodes servent à redresser le courant alternatif en courant continu.
- Les diodes sont très utilisées pour alimenter la voie car elles permettent de créer des voies de garage ou de gérer des boucles de retournement.
- Un pont de diodes permet d'alimenter une boucle de retournement parcourue dans un seul sens.
- Les diodes servent à simplifier le câblage des aiguillages en permettant une économie de fils.

Les diodes électroluminescentes (DEL en français et LED en anglais pour Light Emitting Diode)

Comme toujours, la première question est : à quoi sert une LED ? **La diode électroluminescente est un composant qui émet de la lumière quand il est traversé par un courant électrique.** Ceci répond à la question. Dans un montage électronique, les LED servent de voyants de contrôle. Les LED sont très présentes sur nos réseaux pour produire des éclairages (bâtiments, trains, lampadaires, signaux lumineux, etc.). Il en existe de toutes les couleurs, même celles qu'on ne peut pas voir (LED émettant dans l'infra-rouge ou l'ultra-violet) ! Les LED utilisées en modélisme ferroviaire :

- ne chauffent pas (on peut les inclure dans des kits plastiques)
- ont une grande durée de vie
- sont robustes
- consomment très peu.

La LED est avant tout une diode, composant qui laisse passer le courant dans un seul sens et le bloque dans le sens opposé. La figure 4.11 montre le symbole d'une LED ; le courant qui la traverse doit être dans le sens de la flèche du symbole pour que la LED émette de la lumière. Si le courant est dans l'autre sens, la LED n'émet rien. On dit que le composant est polarisé ; il faut **respecter son sens de branchement**. La broche à relier au + s'appelle anode et la broche à relier au - s'appelle la cathode. La broche à relier au + est plus longue que la broche à relier au - . On peut aussi reconnaître anode et cathode en regardant le composant par transparence ; l'anode ressemble à un A et la cathode à un K (enfin plus ou moins...)

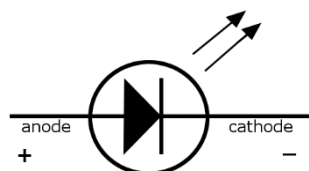


Figure 4. 11

Bien sûr, pour que le courant passe, il faut une différence de potentiel entre les deux broches de la LED, donc une certaine tension qui dépend de la couleur. Le tableau suivant donne la tension aux bornes d'une LED en fonction de sa couleur.

COULEUR	TENSION DE SEUIL (en V)
Ultraviolet	3.1
Blanc	3.5
Violet	2.7 - 3.1
Bleu	2.5 - 2.8
Vert	2.1 - 2.5
Jaune	2.1
Orange	2
Rouge	1.6 - 2
Infra rouge	1.6

Par exemple, une LED blanche nécessite 3,5 V à ces broches : vous n'arriverez donc pas à l'allumer avec deux piles de 1,5 V.

Le courant qui traverse la LED ne doit pas dépasser une certaine valeur (à voir avec la notice du constructeur) ; généralement, ce courant est **inférieur ou égal à 20 mA**.

La figure 4.12 montre le branchement d'une LED ; on reconnaît un générateur de courant continu (par exemple une pile), une résistance pour limiter le courant dans la LED et la LED branchée dans le bon sens. La résistance peut être mise d'un côté ou de l'autre de la LED, cela n'a pas d'importance.

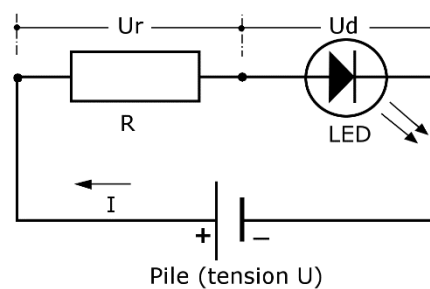


Figure 4. 12

Voyons comment calculer la valeur de la résistance. Appelons U_d la tension aux bornes de la LED (se reporter au tableau ci-dessus en fonction de la couleur) et U_r la tension aux bornes de la résistance. $U_d + U_r =$ tension d'alimentation qu'on note U . Donc $U_r = U - U_d$

Appelons I le courant qui circule dans le circuit. I doit être au plus égal à 20 mA.

La tension U_r est reliée à I par la loi d'Ohm. $U_r = R \times I$

Donc $U - U_d = R \times I$ ou encore $R = (U - U_d) / I$

C'est **cette formule qu'il faut retenir**. Voyons cela avec un exemple :

Nous utilisons une pile de 9 V : $U = 9$ V

Nous utilisons une LED orange : $U_d = 2$ V (voir tableau)

Nous voulons un courant de 15 mA.

$R = (9 - 2) / 0,015 = 350$ Ohms. On prend la valeur la plus proche, plutôt supérieure, soit 470 Ohms.

LED en série

Supposons qu'on veuille mettre 5 LED oranges en série. La tension pour alimenter ces 5 LED doit être supérieure à $5 \times 2 = 10 \text{ V}$. Nous pouvons prendre une tension de 12 V. Nous mettons une résistance en série pour limiter le courant à 20 mA. La tension aux bornes de la résistance est donc de $12 - 10 = 2 \text{ V}$. Cette résistance doit être égale à $2 / 0,020 = 100 \text{ Ohms}$. La puissance qu'elle doit dissiper est égale à $2 \times 0,020 = 0,04 \text{ W}$. La figure 4.13 montre ce montage.

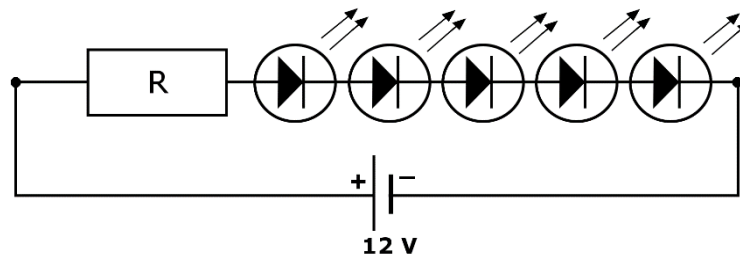


Figure 4. 13

LED en parallèle

La figure 4.14 montre comment monter des LED en parallèle et surtout ce qu'il ne faut pas faire, car dans ce cas, la répartition du courant pour chaque LED ne garantit pas le respect du courant maximum possible.

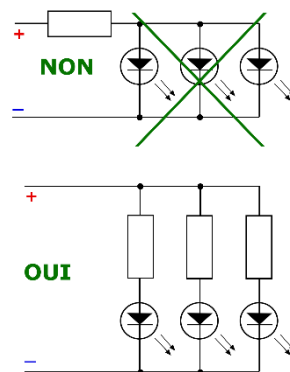


Figure 4. 14

LED alimentée en alternatif

La plupart des cours électroniques disent qu'une LED ne peut pas servir à redresser le courant et qu'en conséquence, elle doit toujours être montée en respectant sa polarité, ce qui sous-entend qu'avec du courant alternatif, il faut prendre des précautions. Ce sujet a déjà fait un débat aussi passionnant que passionné et je ne veux pas alimenter de nouveau la polémique. Pour ma part, je m'arrange toujours à ce que mes LED soient alimentées par du courant continu (et qu'elles soient protégées en intensité par une résistance). La technique la plus simple si on veut utiliser du courant alternatif, est de mettre une diode classique en série avec la LED, car elle supprimera les alternances négatives. En fait, les électroniciens recommandent plutôt de monter cette diode en parallèle mais dans le sens inverse avec la LED (on parle de montage antiparallèle) comme le montre la figure 4.15. Les alternances positives alimentent la LED et les alternances négatives passent par la diode. On peut aussi utiliser deux LED en antiparallèle, ce qui évite d'avoir recours à une diode.

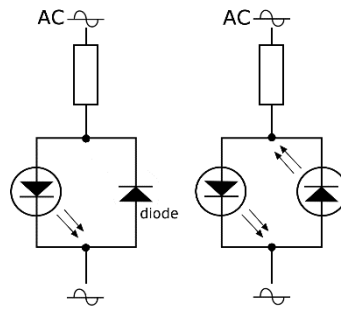


Figure 4. 15

Voilà, vous savez l'essentiel pour monter des LED sur votre réseau et ainsi avoir plein de petits éclairages fixes. Pour un éclairage de quai de gare, utilisez des LED oranges (pour reproduire l'éclairage au sodium) que vous pouvez monter en série. Nous apprendrons un peu plus tard à faire clignoter des LED.

À retenir sur les diodes électroluminescentes :

- Une LED sert à produire de la lumière, avec plusieurs couleurs possibles.
- Les LED ne chauffent pas et consomment très peu.
- La LED est un composant polarisé, sa broche la plus longue (l'anode) doit être reliée au +.
- Il faut toujours mettre en série une résistance avec la LED pour limiter le courant traversant la LED (20 mA maxi).
- La valeur de la résistance se calcule avec la loi d'Ohm, en prenant en compte que la tension aux bornes de la LED dépend de sa couleur.
- Les LED peuvent se monter en série sans problème, et en parallèle en prenant des précautions.
- On peut alimenter les LED en alternatif et le mieux pour cela est de faire appel à une diode pour protéger la LED.

Travaux pratiques sur les LED et les diodes

Matériel :

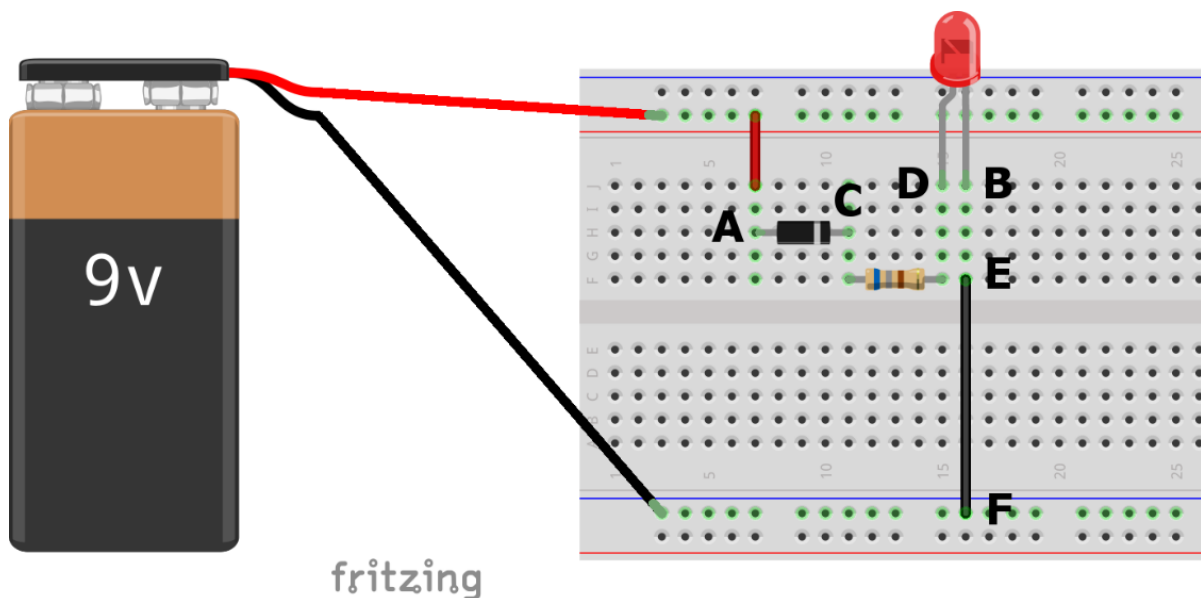
Une diode 1N4001

Une résistance de 330 Ω et une de 680 Ω

Une diode électroluminescente

Montage :

Réaliser le montage de la figure suivante :



Mesurez la tension entre le point A et le point B.

Mesurez la tension aux bornes de la diode entre A et C.

Mesurez la tension aux bornes de la LED entre D et B.

Déduisez la tension aux bornes de la résistance et mesurez la entre C et D.

Calculez le courant qui circule dans le circuit.

Mesurez le courant qui circule dans le circuit en plaçant votre multimètre (position ampèremètre DC) à la place du fil E-F.

Remplacez le fil E-F et inversez la diode pour vérifier qu'elle bloque le courant.

Remplacez la résistance de 680 Ohms par une de 330 Ohms et refaites les mesures. Quelle intensité pour le courant ?