



*Vous avez dit ....*

**LED ????**

Bonjour.

Le but de ce document est d'éclaircir certains points de fonctionnement de ces composants très pratiques que sont les LEDS.

Il décrit dans les grandes lignes le principe de ces composants, sachant que les valeurs données ici sont généralistes devront être remplacées par les valeurs spécifiques au type de LEDS que vous utiliserez.

## GENERALITES

Une LED est une diode. Son fonctionnement s'apparente donc à celui de toute autre diode.

Son fonctionnement n'est donc pas identique à celui d'une ampoule.

### AMPOULE :

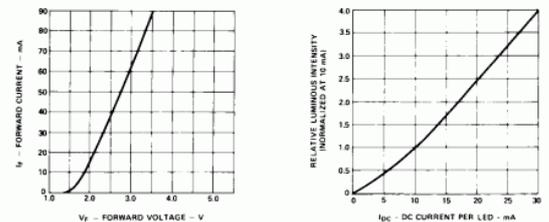
Dans une ampoule, on a une relation (quasi-)proportionnelle entre la tension qu'on lui applique et le courant qui la traverse (En gros, plus on met de tension, plus elle consomme, et plus elle éclaire fort). On peut donc dire qu'on peut piloter une ampoule grâce à la tension qu'on lui applique.

### LED

Dans une LED, la puissance d'éclairage est quasi-proportionnelle au courant qui la traverse (diagramme de droite).

Par contre (sniff), le courant qui la traverse n'est pas proportionnel à la tension qu'on lui applique (diagramme de gauche).

Il faut donc piloter une LED en courant, et pas en tension (argghhh).



En simplifiant, la plupart des générateurs dont on dispose (piles, accus, alimentations) sont des générateurs de tension.

En branchant directement une LED sur un tel générateur, on va simplement la griller (ou écrouler le générateur s'il n'est pas assez puissant.... mais bon, vu la puissance d'une LED.....).

Il faut donc transformer notre générateur de tension en générateur de courant.

Si le nombre de LEDs et la tension d'alimentation ne varient pas, la transformation va se réduire à l'insertion d'une résistance en série dans le circuit d'alimentation de notre LED.

Pour calculer la valeur de cette résistance il faut connaître 2 caractéristiques de la LED :

- Son courant nominal  $I_{nom}$  (le courant nécessaire pour qu'elle éclaire de façon optimale). Ce courant peut varier (valeurs indicatives) entre 20 mA et 400 mA selon le type de LEDs.
- La tension nominale  $U_{nom}$  (la tension aux bornes de la LED lorsqu'elle est traversée par le courant nominal). Cette valeur peut varier (valeurs indicatives) entre 1,2V et 4V selon le type de LEDS

Pensez à les demander à votre revendeur lorsque vous achetez les LEDS, ou consultez la documentation

technique relative à votre type de LED sur le net.

Les Leds infrarouges, qui nous intéressent pour la réalisation de Freetrack, présentent souvent une tension nominale comprise entre 1,2 et 1,5 V. Le choix des montages sera donc effectué à partir de cette caractéristique.

Il faut aussi connaître la valeur de la tension d'alimentation disponible :  $U_{alim}$

Pour les exemples suivants, nous prendrons comme valeurs :

$U_{alim} : 9 \text{ V}$

$U_{nom} : 1.5 \text{ V}$

$I_{nom} : 20 \text{ mA} = 0,02 \text{ A}$  (dans toutes les formules, les courants sont exprimés en Ampères)

## RACCORDEMENT DES LEDS

### Anode et cathode

Une LED est une diode , il existe donc un sens pour la brancher. Dans une LED conventionnelle , le courant circule de l'anode vers la cathode.

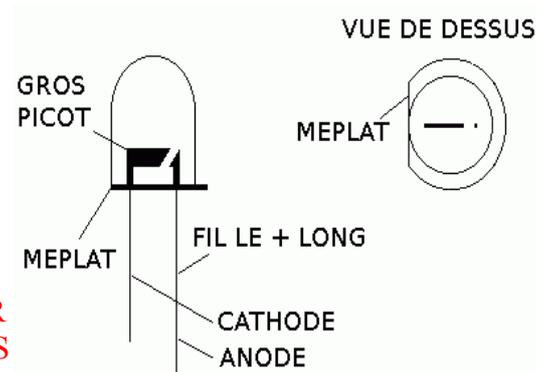
Il faudra donc raccorder :

- L'anode en direction de la sortie + de votre générateur.
- La cathode en direction de la sortie – de votre générateur

Dans les schémas , la LED est représentée par une « flèche », et le courant circule dans le sens de la flèche.

Dans la réalité :

- l'anode est constituée par le picot le plus petit, la cathode par le picot le plus grand ***dans le corps de la LED.*** (SAUF POUR CERTAINES LEDS DE PUISSANCE POUR LESQUELLES LES TAILLES DE PICOTS SONT INVERSEES).
- Il y a un méplat sur le boîtier de la LED du côté de la cathode
- Le fil de raccordement de l'anode est plus long (s'ils n'ont pas été recoupés)



Sur la photo, l'anode est à droite

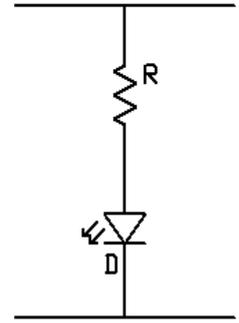


**En cas d'incohérence flagrante entre les tailles de picots et la position du méplat, ignorer les picots et ne se fier qu'au méplat**

## Schéma de branchement d'une LED simple

Dans ce circuit, la led et la résistance sont en série :

- On envisage de faire fonctionner la LED à courant  $I_{nom}$ , pour avoir l'intensité lumineuse optimale.
- La tension aux bornes de la LED sera donc :  $U_{nom}$ .
- La LED et la résistance étant en série, elles sont toutes les 2 traversées par le même courant  $I_{nom}$ .
- La tension aux bornes de la résistance sera donc  $U_{res} = U_{alim} - U_{nom}$
- la valeur de la résistance est calculée par la loi d'ohm :  $R = U / I$  ( dans notre cas :  $R_{res} = U_{res} / I_{nom}$  )
- La puissance dissipée dans la résistance sera :  $P = R * I^2$  (dans notre cas :  $P_{res} = R_{res} * I_{nom} * I_{nom}$  )



Valeurs exemples :

$$U_{res} = U_{alim} - U_{nom} = 9 - 1.5 = 7.5 \text{ V}$$

$$R_{res} = U_{res} / I_{nom} = 7.5 / 0.02 = 375 \text{ Ohms}$$

$$P_{res} = R_{res} * I_{nom} * I_{nom} = 375 * 0.02 * 0.02 = 0.15 \text{ W}$$

Donc une résistance 375 Ohms 0.15 W est nécessaire. Dans les tables de résistances, une valeur proche est 390 Ohms.

On prendra donc une résistance 390 ohms 1/4W

## Groupements de LEDS

Quand on veut grouper des LEDS, la règle à suivre est d'essayer au maximum de les grouper en série (moins de composants nécessaires, moins de courant consommé).

On n'utilise les autres groupements (parallèle, serie/parallèle) qu'en cas de besoin.

### Les groupements en serie

On utilise ce type de groupement lorsqu'on doit alimenter plusieurs LEDS de même caractéristique  $I_{nom}$ , et que la tension d'alimentation  $U_{alim}$  est assez élevée pour le permettre.

Dans ce type de montage :

- On met une résistance de charge et plusieurs LEDS, le tout en série les unes avec les autres.
- On a besoin d'une tension d'alimentation plus élevée.
- On ne consomme que le courant nécessaire pour une LED.

!!! Pour que ce montage fonctionne, la tension  $U_{alim}$  doit être supérieure à  $N$  fois  $U_{nom}$  ( $N$  étant le nombre de LEDS), et conserver un peu de marge (au moins 1V à 2V) pour une bonne valeur de résistance de charge.

Exemple :

LEDs de valeur  $U_{nom}=1.2$  V et alimentation de 5V

==> nombre maximum de LEDs : 3 (3,6V aux bornes de l'ensemble de LEDs et 1,4 V restants pour la résistance de charge).

Dans ce circuit, les LEDS et la résistance sont en série :

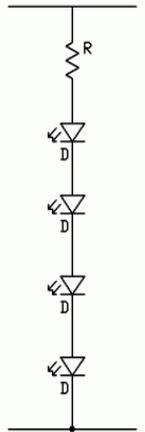
- On envisage de faire fonctionner les LED à courant  $I_{nom}$ , pour avoir l'intensité lumineuse optimale.
- La tension aux bornes des LEDs sera donc :  $U_{nom} \times Nb$  LEDs.
- Les LEDs et la résistance étant en série, elles sont toutes traversées par le même courant  $I_{nom}$ .
- La tension aux bornes de la résistance sera donc  $U_{res} = U_{alim} - (U_{nom} \times Nb \text{ LEDs})$
- la valeur de la résistance est calculée par la loi d'ohm :  $R = U / I$  ( dans notre cas :  $R_{res} = U_{res} / I_{nom}$  )
- La puissance dissipée dans la résistance sera :  $P = R * I * I$  (dans notre cas :  $P_{res} = R_{res} * I_{nom} * I_{nom}$  )

Valeurs exemples :

$$U_{res} = U_{alim} - U_{nom} = 9 - (1.5 \times 4) = 3 \text{ V}$$

$$R_{res} = U_{res} / I_{nom} = 6 / 0.02 = 300 \text{ Ohms}$$

$$P_{res} = R_{res} * I_{nom} * I_{nom} = 300 * 0.02 * 0.02 = 0.12 \text{ W}$$



## Les groupements en Parallèle

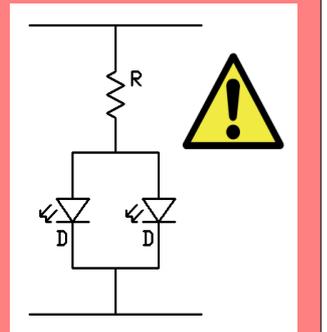
On n'utilise le montage en parallèle que :

- Lorsque la tension d'alimentation est trop faible pour alimenter plus d'une LED simultanément dans le cas d'un montage série
- Lorsqu'on veut alimenter des LEDs ayant des caractéristiques différentes ou nécessitant un courant différent.

Dans le montage en parallèle, on place côte à côte plusieurs montages LED simples. Chaque montage LED simple est composé d'une LED et de sa résistance de charge propre.

### ERREUR A NE PAS COMMETRE :

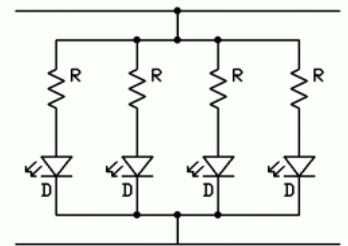
Ce branchement est mauvais car il n'offre aucune garantie concernant le courant de chaque LED. Une petite différence dans les caractéristiques d'une LED par rapport à l'autre peut provoquer le passage d'un fort courant dans l'une et d'un faible courant dans l'autre. Cela se traduit dans le meilleur des cas par une différence d'éclairage des 2 LEDs, dans le pire des cas par une surchauffe de l'une des LEDs puis éventuellement par une destruction des 2 LEDs l'une après l'autre.



MONTAGE CORRECT : une résistance par branche du circuit.

Dans ce type de montage on considère chaque branche du circuit (groupe de 1 LED et de 1 résistance) séparément des autres. Les calculs pour chaque branche sont donc ceux d'un montage simple (décrit plus haut).

Le courant total consommé par l'ensemble du montage sera la somme des courants de chaque branche.

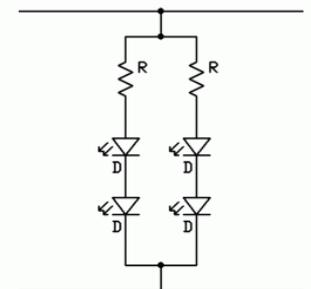


## Les groupements en Série-Parallèle

On utilise le groupement en Série-parallèle lorsque :

- La tension d'alimentation est assez importante pour alimenter plusieurs LEDs en série, mais trop faible pour les alimenter toutes.
- On désire fournir à plusieurs groupes de LEDs des courants de charge différents (types de LEDs différents ou puissance lumineuse souhaitée différente).

Dans le montage en série-parallèle, on place côte à côte plusieurs montages LED série. Chaque montage LED série est composé de plusieurs LEDs et de la résistance de charge.



Dans ce type de montage on considère chaque branche du circuit (groupe de N LEDs en série et de 1 résistance) séparément des autres. Les calculs pour chaque branche sont donc ceux d'un montage LEDs série (décrit plus haut).



## MONTAGES A 4 LEDS

### 1 pile de 1,5V

Type de montage à déconseiller !!!!

La tension de la pile est trop proche de la tension de travail des Leds pour qu'on puisse efficacement utiliser une résistance de charge.

(Si par contre, vous disposez du multimètre pour tester individuellement chaque LED, et l'associer à la bonne résistance, alors ce montage est possible.....).

### 2 piles rechargeables de 1,2V (2,4v)

Le seul montage utilisable est le montage en parallèle. Avec tous les autres type de montages, la tension aux bornes des LEDs devient plus importante que la tension disponible par les piles.

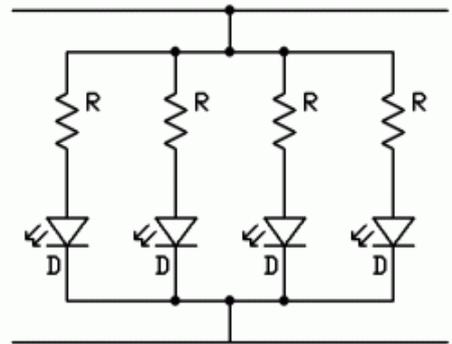
On a 4 branches , chacune étant composée d'une résistance et d'une LED

$$U_{lim} = 2,4V$$

$$R = ( 2,4 - U_{led} ) / I_{led}$$

$$P = R \times I_{led} \times I_{led}$$

Le courant total consommé par ce montage est la somme des courants de chaque branche, à savoir : 4 x I<sub>led</sub>.



Exemple 1 :

Led : 1,5V - 100 mA

$$R = ( 2,4 - 1,5 ) / 0,1 = 9 \text{ ohms}$$

$$P = 9 * 0,1 * 0,1 = 0,09 \text{ W}$$

On prendra une resistance de 9,1 Ohms (serie E24) ou 10 Ohms (serie E6 ou E12)

Exemple 2 :

Led : 1,2V - 20 mA

$$R = ( 2,4 - 1,2 ) / 0,02 = 60 \text{ ohms}$$

$$P = 60 * 0,02 * 0,02 = 0,024 \text{ W}$$

On prendra une resistance de 62 Ohms (serie E24) ou 68 Ohms (serie E6 ou E12)

## 2 piles de 1,5V (3v)

Le montage Série-Parallèle peut être envisagé si on utilise des leds de moins de 1,5V de tension nominale. Néanmoins, la faible tension aux borne de la résistance de charge rend délicat le choix de résistance. Le montage conseillé est donc le montage parallèle

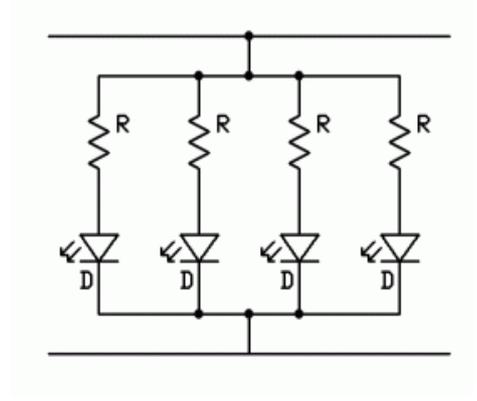
On a 4 branches , chacune étant composée d'une résistance et d'une LED

$$U_{\text{alim}} = 3V$$

$$R = (3 - U_{\text{led}}) / I_{\text{led}}$$

$$P = R \times I_{\text{led}} \times I_{\text{led}}$$

Le courant total consommé par ce montage est la somme des courants de chaque branche, à savoir :  $4 \times I_{\text{led}}$ .



Exemple 1 :

Led : 1,5V - 100 mA

$$R = (3 - 1,5) / 0,1 = 15 \text{ ohms}$$

$$P = 15 * 0,1 * 0,1 = 0,15 \text{ W}$$

On prendra une resistance de 15 Ohms (disponible dans toutes les séries)

Exemple 2 :

Led : 1,2V - 20 mA

$$R = (3 - 1,2) / 0,02 = 90 \text{ ohms}$$

$$P = 90 * 0,02 * 0,02 = 0,036 \text{ W}$$

On prendra une resistance de 91 Ohms (serie E24) ou 100 Ohms (serie E6 ou E12)

## 1 pile de 4,5V (ca existe encore ??????)

### Port USB, ou prise 5v ou bloc d'alim 5v

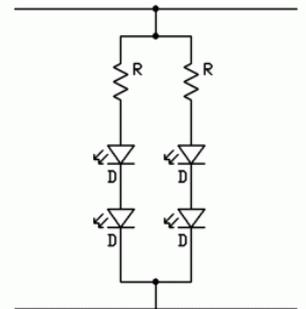
### Bloc d'alim 6v

Pour ces 3 types de tensions d'alimentation, le montage le plus efficace est le montage série-parallel. Les tensions sont insuffisantes pour un montage série, mais un montage parallel augmenterait inutilement le courant par doublement des branches, et la puissance dissipée dans les résistances de charge ( effet « chaufferette » sur la casquette)

On a 2 branches , chacune composée d'une résistance de charge et de 2 LEDs en série.

4,5V	5V	6V
$R = ( 4,5 - 2 \times U_{led} ) / I_{led}$ $P = R \times I_{led} \times I_{led}$	$R = ( 5 - 2 \times U_{led} ) / I_{led}$ $P = R \times I_{led} \times I_{led}$	$R = ( 6 - 2 \times U_{led} ) / I_{led}$ $P = R \times I_{led} \times I_{led}$

Le courant total consommé par ce montage est la somme des courants de chaque branche, à savoir :  $2 \times I_{led}$ .



#### Exemple 1 :

Led : 1,5V - 100 mA

Alimentation 5v

$$R = ( 5 - 2 * 1,5 ) / 0,1 = 20 \text{ ohms}$$

$$P = 20 * 0,1 * 0,1 = 0,2 \text{ W}$$

On prendra une resistance de 20 Ohms (serie E24) ou 22 Ohms (serie E6 ou E12)

#### Exemple 2 :

Led : 1,2V - 20 mA

$$R = ( 5 - 2 * 1,2 ) / 0,02 = 130 \text{ ohms}$$

$$P = 130 * 0,02 * 0,02 = 0,052 \text{ W}$$

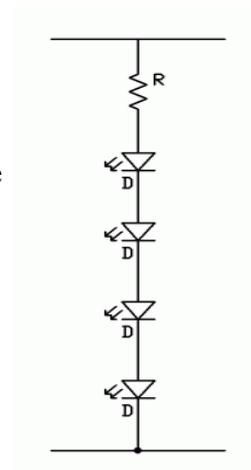
On prendra une resistance de 130 Ohms (serie E24) ou 150 Ohms (serie E6 ou E12)

## 9V ou plus (pile 9V, bloc d'alimentation 9V, bloc d'alimentation 12V, .....

Au-delà de 7v (environ), le montage le plus « économique » est le montage serie :

- La tension est assez importante pour alimenter les 4 leds en série
- Il ne faudra qu'une résistance pour l'ensemble du montage
- La résistance ne supportera qu'une faible tension, car les LEDs auront déjà fait notablement chuter la tension d'alimentation.
- Le courant consommé par le montage complet est le plus faible de tous les types de montages (une seule branche)

9 V	12 V
$R = (9 - 4 \times U_{led}) / I_{led}$	$R = (12 - 4 \times U_{led}) / I_{led}$
$P = R \times I_{led} \times I_{led}$	$P = R \times I_{led} \times I_{led}$



Exemple 1 :

Led : 1,5V - 100 mA

Alimentation 9V

$$R = (9 - 4 * 1,5) / 0,1 = 30 \text{ ohms}$$

$$P = 30 * 0,1 * 0,1 = 0,3 \text{ W}$$

On prendra une resistance de 30 Ohms (serie E24) ou 33 Ohms (serie E6 ou E12)

!!!! attention prendre une résistance de puissance suffisante (1/2W ou plus)

Exemple 2 :

Led : 1,2V - 20 mA

Alimentation 9V

$$R = (9 - 4 * 1,2) / 0,02 = 210 \text{ ohms}$$

$$P = 210 * 0,02 * 0,02 = 0,084 \text{ W}$$

On prendra une resistance de 220 Ohms (disponible dans toutes les séries)

## MONTAGES A 3 LEDS

Dans un montage mettant en oeuvre 3 LEDs, le raccordement série-parallèle perd en grande partie son intérêt, car l'une des branches sera toujours composée d'un assemblage simple (1 résistance et 1 LED).

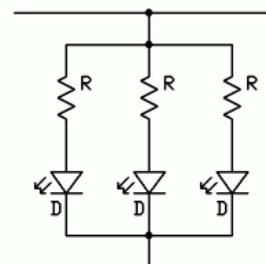
Les 2 types de raccordement utilisables sont donc l'assemblage série et l'assemblage parallèle.

Pour simplifier, on utilisera l'assemblage parallèle pour des tensions d'alimentation inférieures à 5V, et l'assemblage série pour des tensions d'alimentation supérieures à 5V.

### 2 piles 1,5V ou 2 piles rechargeables 1,2V, ou une pile de 4,5V

On a 3 branches, chacune composée d'une résistance de charge et de 1 LED.

2 x 1,5V piles	2 x 1,2 V piles rechargeables	Pile 4,5 V
$R = (3 - U_{led}) / I_{led}$ $P = R \times I_{led} \times I_{led}$	$R = (2,4 - U_{led}) / I_{led}$ $P = R \times I_{led} \times I_{led}$	$R = (4,5 - U_{led}) / I_{led}$ $P = R \times I_{led} \times I_{led}$



Le courant total consommé par ce montage est la somme des courants de chaque branche, à savoir :  $3 \times I_{led}$ .

Exemple 1 :

Led : 1,5V - 100 mA

Alimentation 3V (2 piles 1,5V)

$$R = (3 - 1,5) / 0,1 = 15 \text{ ohms}$$

$$P = 15 * 0,1 * 0,1 = 0,15 \text{ W}$$

On prendra une résistance de 15 Ohms (disponible dans toutes les séries)

Exemple 2 :

Led : 1,2V - 20 mA

Alimentation 2,4V (2 piles rechargeables)

$$R = (2,4 - 1,2) / 0,02 = 60 \text{ ohms}$$

$$P = 60 * 0,02 * 0,02 = 0,024 \text{ W}$$

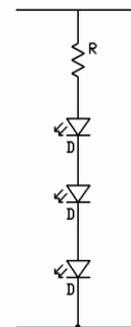
On prendra une résistance de 60 Ohms (disponible dans toutes les séries)

## Alimentation 5V, 6V, 9V, 12V

On utilisera le montage série, on a 1 branche , composée d'une résistance de charge et de 3 LEDs en série.

5V	6V	9V	12V
$R = ( 5 - 3 \times U_{led} ) / I_{led}$ $P = R \times I_{led} \times I_{led}$	$R = ( 6 - 3 \times U_{led} ) / I_{led}$ $P = R \times I_{led} \times I_{led}$	$R = ( 9 - 3 \times U_{led} ) / I_{led}$ $P = R \times I_{led} \times I_{led}$	$R = ( 12 - 3 \times U_{led} ) / I_{led}$ $P = R \times I_{led} \times I_{led}$

Le courant total consommé par ce montage correspond au courant  $I_{led}$  d'une seule LED.



Exemple 1 :

Led : 1,5V - 100 mA

Alimentation 6V

$$R = ( 6 - 3 * 1,5 ) / 0,1 = 15 \text{ ohms}$$

$$P = 15 * 0,1 * 0,1 = 0,15 \text{ W}$$

On prendra une resistance de 15 Ohms (disponible dans toutes les séries)

Exemple 2 :

Led : 1,2V - 20 mA

Alimentation 12V

$$R = ( 12 - 3 * 1,2 ) / 0,02 = 420 \text{ ohms}$$

$$P = 420 * 0,02 * 0,02 = 0,168 \text{ W}$$

On prendra une resistance de 430 Ohms (serie E24) ou 470 Ohms (série E6 ou E12)

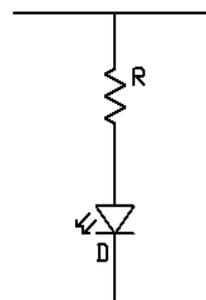


## MONTAGE A 1 LED

Calcul de la résistance de charge :

$$R = (U_{alim} - U_{led}) / I_{led}$$

Ualim	R
2,4V (2x piles rechargeables)	$R = (2,4 - U_{led}) / I_{led}$
3V (2xpiles 1,5V)	$R = (3 - U_{led}) / I_{led}$
5V (alimentation USB)	$R = (5 - U_{led}) / I_{led}$
6V	$R = (6 - U_{led}) / I_{led}$
9V	$R = (9 - U_{led}) / I_{led}$
12V	$R = (12 - U_{led}) / I_{led}$



$$P = R \times I_{led} \times I_{led}$$

Exemple 1 :

Led : 1,5V - 100 mA

Alimentation 6V

$$R = (6 - 1,5) / 0,1 = 45 \text{ ohms}$$

$$P = 45 * 0,1 * 0,1 = 0,45 \text{ W}$$

On prendra une résistance de 47 Ohms (Disponible dans toutes les séries).

!!!! Prendre une résistance de 1W, vu la puissance à dissiper.

Exemple 2 :

Led : 1,2V - 20 mA

Alimentation 12V

$$R = (12 - 1,2) / 0,02 = 540 \text{ ohms}$$

$$P = 540 * 0,02 * 0,02 = 0,216 \text{ W}$$

On prendra une résistance de 560 Ohms (serie E12 ou E24) ou 680 Ohms (série E6)

!!!! Prendre une résistance de 1/2W, vu la puissance à dissiper