

# Alimentation de LED

---

Dernière mise à jour : 26 novembre 2011

*Pour ceux qui n'ont pas assez de temps à perdre pour lire un pdf de dix pages :*

*Retenir simplement qu'on n'alimente jamais une led directement sur une source de tension, mais sur une source de courant. Une source de tension peut généralement être convertie en source de courant en mettant une simple résistance en série. Vous connaissez maintenant l'essentiel du document, mais je ne saurai trop conseiller de lire le reste pour comprendre le pourquoi du comment, et pour trouver quelques schémas d'application !*

## 1. Rappels, loi d'ohm

### 1.1. Source de courant ? Source de tension ?

Une source de tension est un générateur qui fournit une tension constante, quelque soit le circuit (« la charge ») alimentée. Ainsi, une pile, une batterie de voiture, une dynamo... sont des générateurs de tension. De même, contrairement à ce que son nom laisse penser, la prise de « courant » (la prise EDF) est en fait une prise de tension : que l'on branche un aspirateur qui va consommer 1000W ou une lampe de 8W, on aura toujours 230V.

A contrario, une source de courant est un générateur qui fournit un courant constant, indépendant de la charge. C'est plus difficile à se représenter dans la mesure où on n'a guère d'exemple accessible dans la *vie de tous les jours*.

### 1.2. Loi d'Ohm

Inutile de tourner autour du pot :  $U=RI$ , on connaît. Néanmoins, il est important de garder à l'esprit que dans cette formule :  $I$  est le courant traversant une résistance  $R$  ayant à ses bornes une tension  $U$ . Par ailleurs, cette expression indique que fixer deux paramètres parmi  $I$ ,  $R$  et  $U$  détermine entièrement le troisième. Autrement dit, pour un composant donné, on peut fixer la tension à ses bornes (avec un générateur de tension) et se sera alors le composant qui fixera le courant, ou fixer le courant le traversant (avec une source de courant), le composant imposant alors la tension. On ne peut pas imposer le courant et la tension à un composant donné, sans quoi la loi d'Ohm n'est plus respectée.

### 1.3. Généralités sur les LED

La caractéristique courant - tension d'un LED, c'est-à-dire le graphique représentant le courant le traversant en fonction de la tension à ses bornes est la suivante :

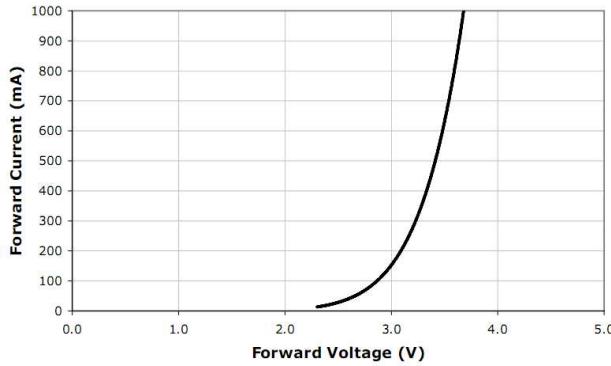


Figure 1 : caractéristique d'une LED de puissance

Il s'agit d'une portion d'exponentielle, que l'on modélise souvent par une droite verticale, représentée par une source de tension, de valeur ici  $V_f = 3,5V$  environ (il s'agit de la diode « parfaite »). Une autre modélisation courante sera l'association série d'une source de tension de valeur  $V_f$  dite tension de seuil et d'une résistance, de faible valeur. Ci-dessous ces deux modélisations et leurs caractéristiques.

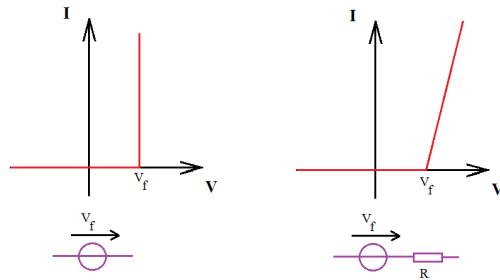


Figure 2 : modélisations de diodes

Il est important de noter que cette tension  $V_f$  dépend du composant : deux LED portant la même référence pourront avoir des tensions  $V_f$  très différentes, les variations d'un composant à l'autre pouvant dépasser 1V. De plus, cette tension est fonction de la température, elle décroît de 2,2mV par degré Celsius.

## 2. Alimentation d'une LED

### 2.1. Nécessité d'une alimentation en courant

#### Introït

Supposons que l'on souhaite alimenter une petite LED dont voici un extrait des informations données par le vendeur :

Couleur	Rouge
Consommation	20mA typ. 30mA max
Tension d'alimentation	2,1V
Tension inverse maximale	5V <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Noter que les LED tolèrent des tensions inverses faibles, souvent de l'ordre de 5V maximum.

On aurait alors tendance à se dire qu'il suffit d'alimenter la LED avec une tension de 2,1V. Faisons l'essai. Je mesure alors un courant de 33mA (sur une dizaine de LED testée, c'est en moyenne de 32mA, avec une pointe à 40mA). Cette valeur est supérieure de 30% à ce que tolère le composant, autant dire qu'il ne va pas faire long feu.

### 2.1.1. Pourquoi de telles différences de courant ?

On a vu que l'on pouvait modéliser une LED par une source de tension en série avec une (très) faible résistance. De fait, une faible variation de tension va engendrer une grande variation de courant. On peut visualiser la chose autrement : le graphique suivant reprend la caractéristique courant en fonction de la tension d'une LED. On lui superpose la caractéristique d'une source de tension. La croisée des courbes représente le point de fonctionnement ( $U, I$ ) du circuit.

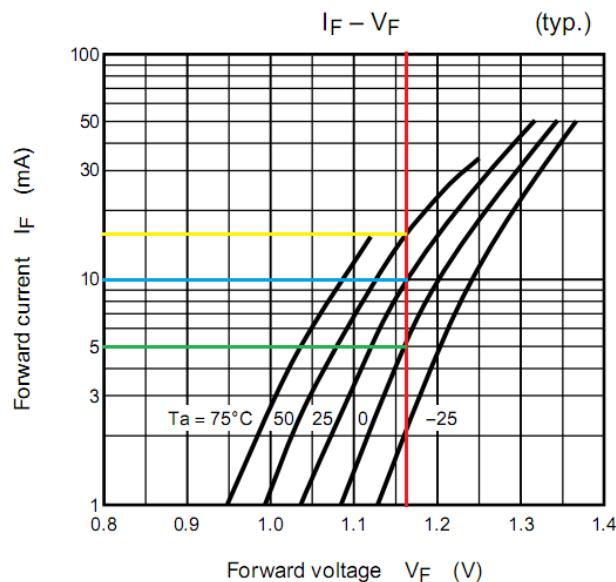


Figure 3 : caractéristiques d'une LED rouge en fonction de la température, alimentée en tension

Noter que l'échelle verticale est logarithmique. La LED est prévue pour un fonctionnement correct à  $I_F=10\text{mA}$ , on a donc choisi de l'alimenter sous une tension (droite verticale rouge, à 1,17V) telle que, à 25°C, le courant soit effectivement de 10mA (report horizontal bleu). On observe alors que, à 50°C, le courant sera de 20mA et de 5mA à 0°C. Ces conditions de température ne sont pas extrêmes, le courant varie cependant d'un facteur 4. Par ailleurs, on supposait ici une alimentation parfaite, de 1,17V, ce qui est difficile à concevoir. De plus, il faut garder à l'esprit que ces courbes sont valables pour une LED « typique », et qu'il y a de très fortes disparités entre les LED portant la même référence. Donc ça ne va pas.

### 2.1.2. Que faire ?

Alimenter la LED avec une source de courant. Ainsi, quelle que soit la tension de seuil du composant, quel que soit la température ambiante, le courant sera le même, et donc la luminosité quasi-constante.

## 2.2. Association de LED

### 2.2.1. En dérivation

Câblons deux LED supposées identiques (1,8V @20mA) en parallèle. Fort de ce qui précède, on choisie de les alimenter en courant, un courant qui vaut  $I = 40\text{mA}$  (loi des nœuds :  $I = I_1 + I_2$ ).

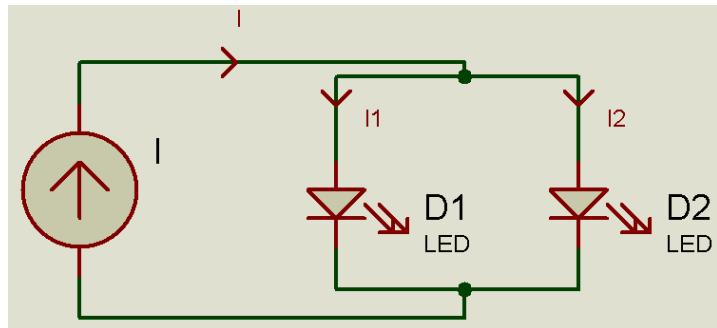


Figure 4 : alimentation de LED en parallèle

D'après la loi des mailles, il est évident que la tension aux bornes des LED est identique. Si les composant étaient parfaitement les mêmes, le courant serait équitablement réparti :  $I_1 = I_2$ . Cependant, il existe des disparités qui font que  $I_1 \neq I_2$ . Par ailleurs, la LED qui consomme le plus va davantage chauffer, donc sa tension de seuil va diminuer (voir Figure 3), ce qui va augmenter le courant la traversant, ce qui va davantage la faire chauffer... C'est l'emballement thermique, qui peut aboutir à la destruction du composant. Moralité : jamais de diodes directement en parallèle, toujours ajouter une résistance en série avec chaque LED.

### 2.2.2. En série

En série, il n'y a pas de problème : le courant est le même dans toutes les LED, il suffit donc de réaliser une unique source de courant pour toutes les LED.

Une autre façon de voir les choses : on peut modéliser une LED par une source de tension, et on sait que l'on ne met pas les sources de tension en dérivation, mais qu'on peut les mettre en série, d'où les résultats précédents.

## 2.3. Réaliser une source de courant

### 2.3.1. A résistance limitatrice

#### 2.3.1.1. Calcul

On trouve surtout des sources de tension, on va donc partir de là pour créer une alimentation en courant. Le plus simple est de mettre une résistance en série avec la LED, le tout branché sur l'alimentation.

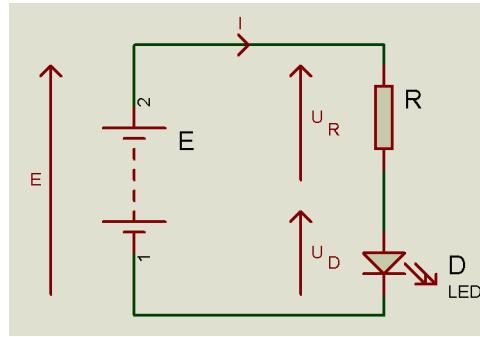


Figure 5 : alimentation avec résistance série

Calculons R : d'après la loi des mailles :  $E = U_R + U_D$  soit  $U_R = E - U_D$ , loi d'Ohm :  $U_R = R \cdot I$ , d'où :  $R = U_R/I = (E - U_D)/I$

On sait que l'on peut mettre les LED en série. Dans ce cas, on prend pour  $U_D$  la somme des tensions des led, d'où la formule généralisée :

$$R = \frac{E - \sum U_D}{I}$$

On connaît E, c'est notre alimentation. On connaît I, c'est le courant qui *doit* traverser la LED. Quant à  $U_D$ , c'est la valeur de la tension qu'il y a aux bornes de la LED lorsqu'elle est traversée par un courant I. Oui, mais on a pourtant bien dit que cette tension était variable, donc comment faire ? En fait, ça a peu d'importance :

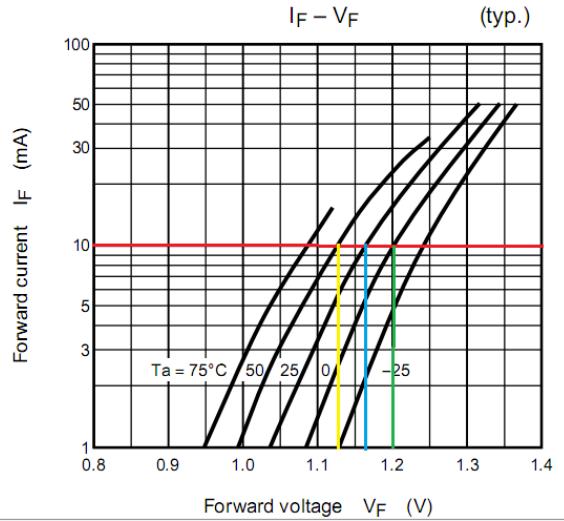


Figure 6 : caractéristiques d'une LED rouge en fonction de la température, alimentée en courant

Pour un même courant de 10mA,  $V_f$  ne varie, entre 0°C et 50°C, que de 0,08V, soit moins de 10% de la valeur nominale. On pourra donc prendre 1,1 ou 1,2V, voir même 1V pour simplifier les calculs, sans problème.

Lorsque l'alimentation n'est pas régulée, on s'arrange pour qu'il y ait au moins 30% de la tension de l'alimentation dans la résistance (voir même 50% pour ceux qui sont ceinture et bretelles). De plus, les LED de puissance (1W et plus, jusqu'à 100W) chauffant beaucoup, leur tension de seuil varie

fortement, il est donc déconseillé de les alimenter ainsi. Si vous y tenez, ne pas hésiter à perdre plusieurs volts dans la résistance.

### 2.3.1.2. Puissance d'une résistance

Voici une petite digression sur les puissances des résistances. Une résistance est généralement caractérisée par trois grandeurs :

- Sa valeur, en ohm ;
- La tolérance sur cette valeur nominale, en % ;
- Ça puissance, en Watt.

Cette dernière valeur correspond à la puissance que peut dissiper le composant sans dommage (difficulté à évacuer la chaleur produite, surchauffe puis destruction). Il s'agit d'une valeur maximale, une résistance peut tout à fait fonctionner en dessous. Par suite, si on calcule qu'une résistance va dissiper 300mW, on pourra en prendre une de  $\frac{1}{2}W=500mW$ , 1W... ou plus, mais pas de  $\frac{1}{4}W=250mW$ . Penser aussi au fait que, d'une manière générale, plus une résistance pourra dissiper une puissance importante, plus elle sera volumineuse. Les valeurs normalisées de puissances de résistances sont : 1/16W, 1/8W, 1/4W, 1/2W, 1W, 2W, 3W, 5W, 7W, 10W... Une résistance classique est spécifiée à 250mW=1/4W.

### 2.3.1.3. Exemple

On souhaite alimenter une LED rouge (1,8V@20mA) avec une pile de 9V, quelle valeur de résistance choisir ?  $R = U/I = (9-1,8)/20 \cdot 10^{-3} = 360\Omega$ . On a de la chance, c'est une valeur normalisée (prise dans la série E24). Sinon, on aurait pris la plus proche, par excès. Quelle est la puissance dissipée par la résistance ?  $P=UI=RI^2=U^2/R=(9-1,8)^2/360=0,144W=144mW$ . C'est inférieur à 250mW, donc une résistance 1/4W fera l'affaire.

## 2.3.2. A transistor à effet de champ

Un transistor à effet de champs (FET) dont on a relié grille et source, constitue une assez bonne source de courant. Avec un BF245, par exemple, le courant ainsi généré est proche de 20mA. On peut diminuer ce courant en ajoutant une résistance (jusqu'à 1kΩ environ) en série avec la source.

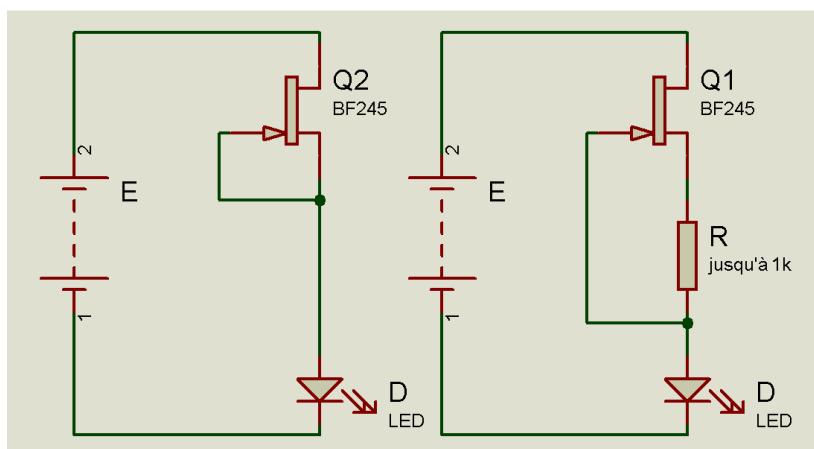


Figure 7 : alimentation de LED à FET

Un avantage de ce montage est qu'il permet une large plage de variation de la tension d'alimentation E (de  $V_{LED} + 3V$  à  $V_{LED} + 30V$  environ). L'inconvénient majeur est la présence d'écart d'un composant à l'autre (choisir des FET venant du même lot de fabrication), et d'une dépendance assez forte du courant vis-à-vis de la température (de l'ordre de 10% à 20% entre 0 et 50°C).

### 2.3.3. A régulateur linéaire intégré

Les régulateurs de courant ne courrent pas les rues, donc, là encore, on va en créer un à partir d'un régulateur de tension : le LM317. Pourquoi lui ? Parce que c'est un composant peu cher, qui se trouve partout, simple d'utilisation, hyper-protégé (température, courant, puissance dissipée). Le principe : on applique une tension connue à une résistance connue. On fixe U, on fixe R, donc I est fixé :  $I = U/R$ . Le LM317 est un régulateur de tension, il va « s'arranger » pour qu'il y ait toujours 1,25V entre ces broches *out* et *adj*, c'est donc là que l'on va mettre notre résistance connue. On peut supposer  $I_{adj}$  nul (ou en tous cas, négligeable devant I), donc  $I_1 = I$ . On connaît I (courant traversant les LED) et  $U = 1,25V$ , on a donc  $R = 1,25/I$ . On vérifie que R peut dissiper la puissance qu'on lui demande de dissiper avec la formule :  $P = U^2/R$  ( $U = 1,25V$  et  $P = 250mW$  pour une résistance classique). Si ce n'est pas suffisant, il faut choisir une résistance capable de dissiper plus de puissance. Le LM317T peut sortir 1A maximum, le LM317L 100mA max.

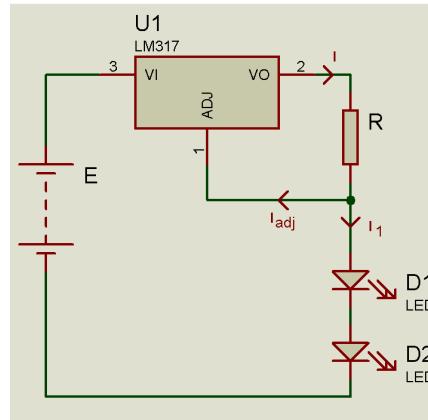


Figure 8 : alimentation de LED à LM317

### 2.3.4. A générateur de courant à AOP

On complexifie un peu les choses :

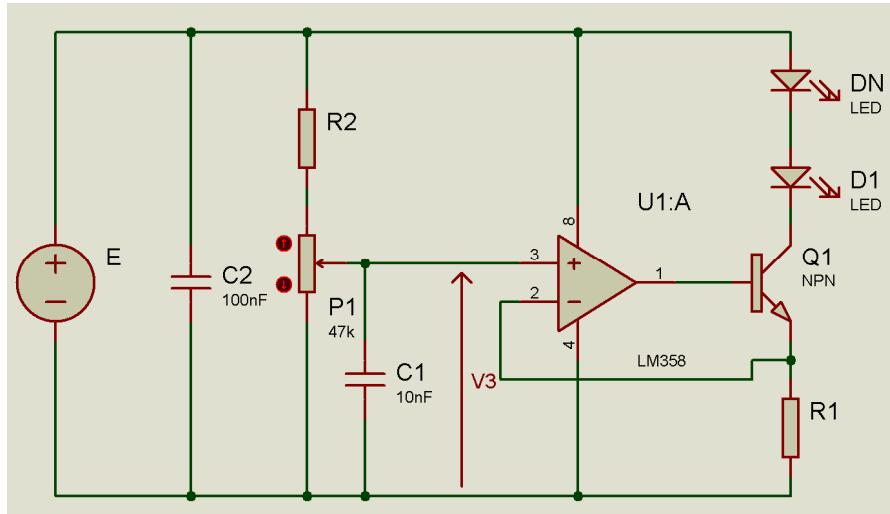


Figure 9 : générateur de courant à AOP

On considère l'AOP comme idéal et en régime linéaire, donc  $e^+ = e^-$  donc la tension aux bornes de R1 vaut  $V_3$ . On suppose le courant circulant dans la base de Q1 faible devant celui traversant les led (l'erreur est d'environ 1%) ; le courant circulant alors dans la chaîne de N LED vaut alors :  $I = \frac{V_3}{R_1}$ , sachant que  $I_{max} = \frac{E}{R_1 P_1 + R_2}$ . On choisit en général  $V_3$  de l'ordre de 1V ou 2V, reste donc à calculer R1 et R2. Attention : R1 chauffe, la dimensionner en conséquence. N'importe quel transistor convient pour Q1, veiller seulement à ce qui puisse laisser passer un courant suffisant.

### 2.3.5. A générateur de courant à transistor

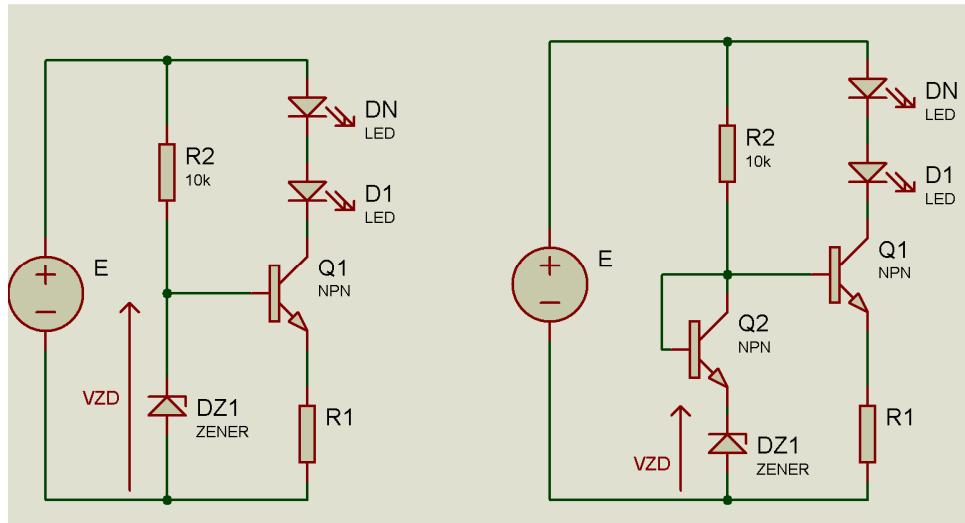


Figure 10 : sources de courant à transistor

Le schéma de gauche est réservé à des courants assez faibles, inférieurs à 200mA. Dans ce cas, le courant traversant les LED vaut  $I = \frac{V_{ZD} - V_{be}}{R_1}$  avec  $V_{be} = 0,7V$  environ.  $V_{ZD}$  est la tension de zener de la diode, elle est fournie par le constructeur. Pour des courants supérieurs, le transistor va chauffer, ce qui va diminuer  $V_{be}$  et apporter une incertitude sur I. Dans ce cas, on pourra adopter un montage un peu plus luxueux, présenté à droite. Q2 doit être en contact thermique avec Q1 tandis que DZ1 ne doit pas l'être. Dans ce cas :  $I = \frac{V_{ZD}}{R_1}$ .

### 2.3.6. A alimentation à découpage

Ni exemple ni schéma ici : une alimentation à découpage est très généralement basée sur un circuit intégré, chacun admettant un circuit propre ; se reporter à la datasheet.

## 2.4. Un mot sur les LED de puissance

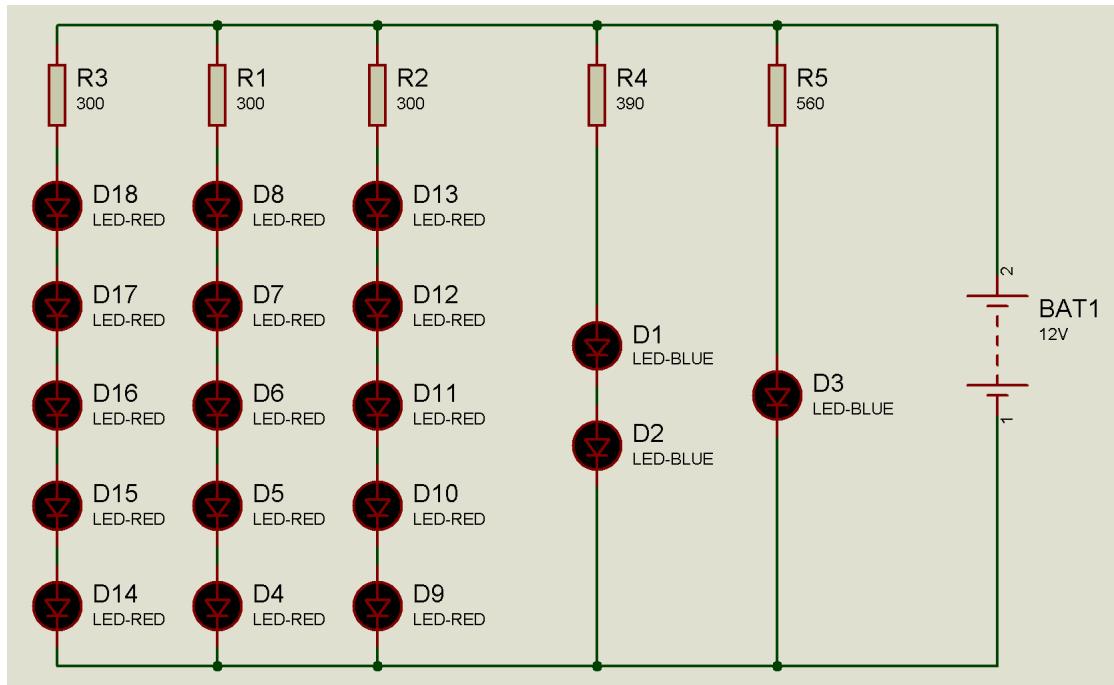
Les petites LED de 3mm ou 5mm font généralement une puissance de moins de 80mW. Néanmoins, on trouve des LED de puissance destinées à l'éclairage de 50W, voir jusqu'à 300W. On ne va pas ici s'intéresser aux LED de plus de 5W, dont l'alimentation demande un soin tout particulier (alimentation à découpage quasi-obligatoire pour ne pas devoir dissiper les deux-tiers de la puissance consommée en chaleur). Pour celles qui font entre 1W et 5W, il est déconseillé d'utiliser une simple résistance limitant le courant. En effet, une LED de puissance chauffe beaucoup, ce qui fait décroître sa tension de seuil donc fait augmenter le courant la traversant ( $I = \frac{E - U_{LED}}{R}$ ), ce qui augmente la puissance dissipée... il y a risque d'emballement thermique et de destruction de la LED. La solution serait alors d'augmenter la tension perdue dans la résistance, mais ceci diminuerait d'autant le rendement de l'alimentation, à éviter donc. On va alors plutôt utiliser une alimentation régulée, à LM317, à AOP, à découpage...

## 2.5. Un exemple pour finir

On souhaite alimenter 15 LED rouges (1,8V @20mA) et 3 LED bleues (3,6V@20mA) sur une batterie de voiture. Une batterie de voiture à une tension nominale de 12V, mais monte à 14,6V en pleine charge, c'est donc cette tension que l'on utilisera par sécurité. On choisie une limitation en courant par résistance série. On garde 30% de la tension batterie, soit environ 4,8V, reste donc 14,6 - 4,8=9,8V pour les LED. On peut donc câbler 9,8/1,8=5,44 LED rouge en série, va donc pour 5. Quelle résistance souder en série ?

$R = (E - U_{LED})/I = (14,6 - 5*1,8)/0,02 = 280\text{ohm}$ , ce n'est pas une valeur normalisée, on prendra donc 330ohm.

De même, pour les LED bleues : on peut en câbler 9,8/3,6 = 2,7 en série, va donc pour 2. On met une résistance de :  $R = (E - U_{LED})/I = (14,6 - 2*3,6)/0,02 = 370\text{ohm}$ , on prendra 390ohm. Reste une LED bleue, qui aura en série une résistance de :  $R = (E - U_{LED})/I = (14,6 - 3,6)/0,02 = 550\text{ohm}$ , on prendra 560ohm. Le schéma achevé donne :



LIENS DIVERS :

**FORUM FUTURA SCIENCE ELECTRONIQUE :** <http://forums.futura-sciences.com/electronique/>  
**SCHEMAS ET THEORIE :** <http://www.sonelec-musique.com/>

**M'ECRIRE :** [pyafslpt10@yahoo.fr](mailto:pyafslpt10@yahoo.fr)