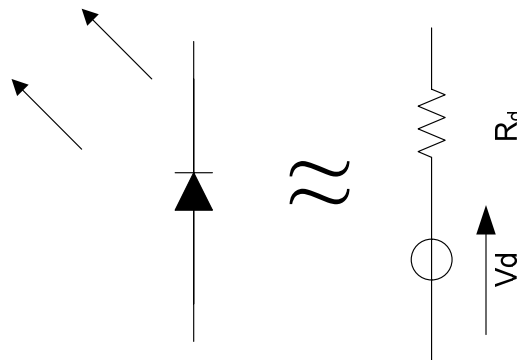


Comment allumer une Diode Electroluminescente

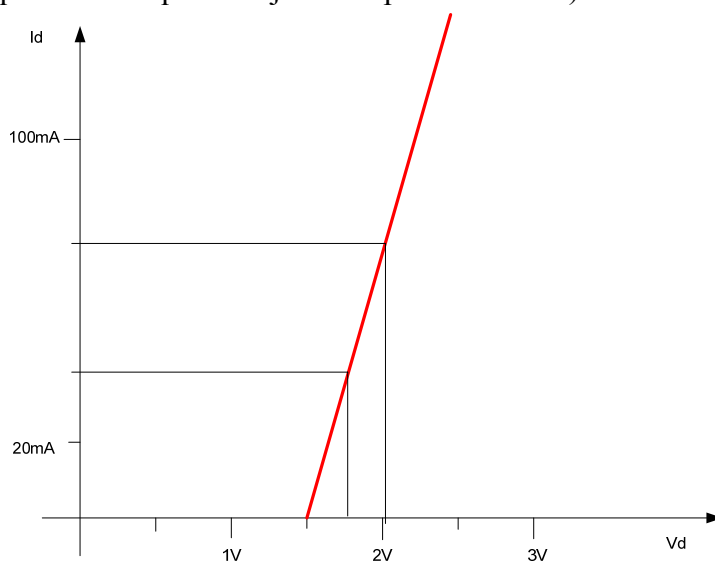
(Et comment en allumer plusieurs, sans qu'aucune ne se mette à fumer)

Tout d'abord il faut savoir une chose : une diode électroluminescente, ou DEL n'est absolument pas comme une ampoule à incandescence. Sa luminosité dépend du COURANT qui la traverse et non de la tension à ses bornes.

D'autre part ce composant n'est pas linéaire, c'est-à-dire que le courant qui le traverse n'est pas proportionnel à la tension à ses bornes.



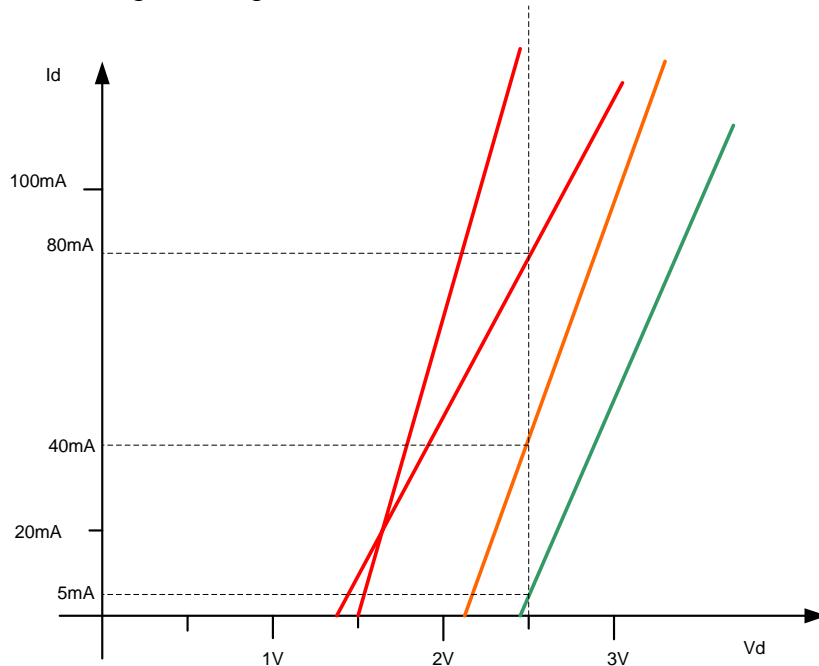
En fait, une DEL est équivalente à un générateur de tension V_d en série avec une résistance R_d . (ATTENTION : ça ne veut pas dire qu'une DEL produit de l'électricité, ça veut dire qu'elle « bloque » toujours un peu de tension).



Ici par exemple, V_d vaut 1.5V (cette tension correspond au seuil de la diode). La pente que l'on observe ensuite est due à la résistance en série R_d . Cette pente est d'autant plus importante que la résistance est faible.

Le problème que l'on rencontre avec les diodes, c'est que la valeur de V_f varie fortement d'une couleur à l'autre et que pour une même couleur on peut aussi avoir des variations de R_d . Le but du jeu va donc être de monter les diodes de telle sorte qu'elles soient traversées par un courant qui puisse être fixé aux environs de 20 à 30 mA (en général c'est le courant nominal des DEL) quel que soit la tension V_d qui je le rappelle n'est pas connue avec précision.

Observons par exemple 4 diodes :



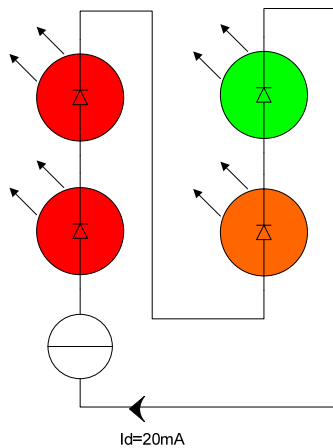
Il y a deux rouges une orange et une verte. On remarque tout de suite que V_d est différent pour les trois couleurs et que R_d varie entre les deux diodes rouges !

Ce qu'on désire c'est que le courant qui traverse les DEL soit de 20mA, en dessous elles resteront éteintes (ou presque) au dessus on risque de les abimer.

Si on branche ces quatre DEL directement sur une pile de 2.5V (le trait en pointillé vertical symbolise sa tension) le courant dans chacune va être différent. Celui-ci peut être lu sur le graphique à l'endroit où se coupent la « fonction » de la DEL et le trait de la pile. Ainsi, la DEL verte restera éteinte (5mA), l'orange sera bien allumée (40mA), mais les deux rouges s'en iront au paradis des semi-conducteurs (80 et plus de 100mA!)

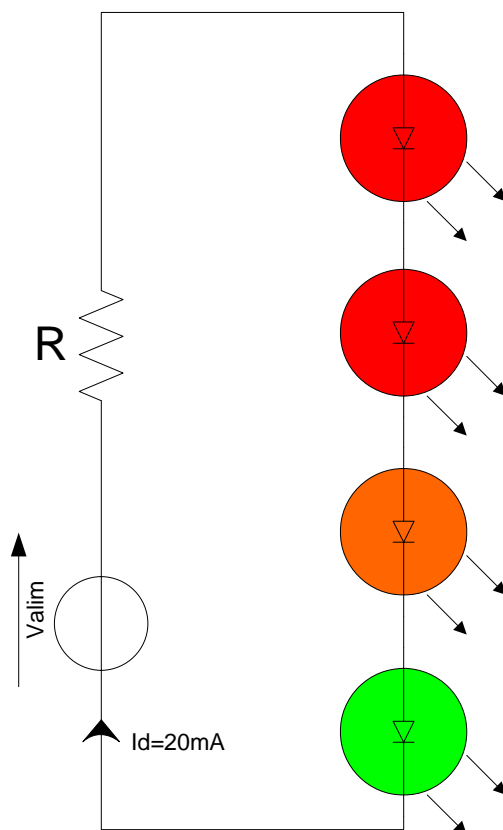
Comment faire alors ?

Rappelons-nous de nos cours de physique du collège : deux dipôles en parallèle sont soumis à la même tension et deux dipôles en série sont parcourus par le même courant. Cette règle est au moins aussi importante que la loi d'Ohm !



Et voilà, nos trois DEL sont parcourues par le même courant.
 Oui mais voilà, les piles c'est des générateurs de tension et dans notre montage, on a un générateur de courant !

Il reste une autre règle à savoir, la tension des dipôles en série s'ajoute.



$$V_{\text{diodes}} = 1.6 + 1.6 + 2.4 + 2.6 = 8.2V$$

Voilà, alors on a mis nos DEL en série, et la somme des tensions, pour un courant de 20mA est d'environ 8.2V. On veut réguler ce courant. On ajoute pour cela une résistance qui va nous permettre cela ! Il faut connaître la tension de la batterie que l'on utilise, par exemple 12V. Et notre résistance va « absorber » la différence de tension.

Et maintenant, petit tour de magie, on va utiliser le LOI d'OHM !

La tension aux bornes de la résistance est de : $12 - 8.2 = 3.8V$

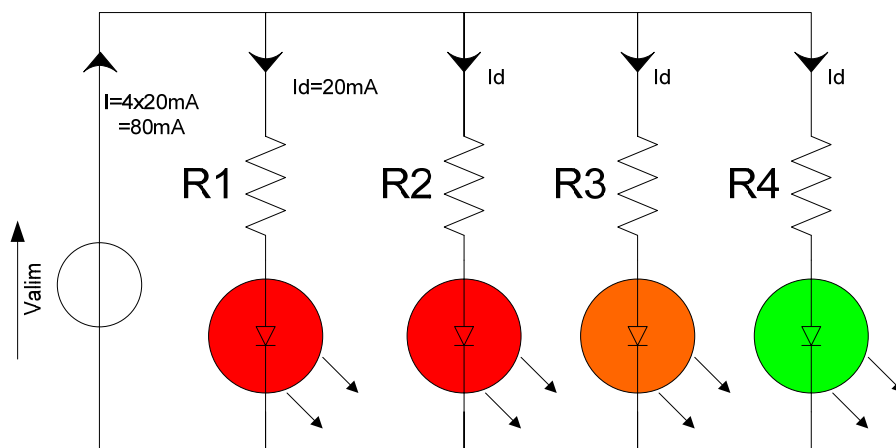
Et elle est parcourue par un courant de 20mA

$$U = RI$$

$$R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{12 - 8.2}{20 \cdot 10^{-3}} = 190\Omega$$

On demande 180Ω à notre revendeur qui sera tout content de ne pas avoir à chercher 190Ω.

Bon, c'est bien beau tout ça, mais comment fait on maintenant si on veut allumer ces 4 LED mais avec 5V seulement ? Si on les met en série, c'est clair, il n'y aura rien d'allumé (il faut au moins 8.2V). Alors on se rappelle que 2 dipôles en parallèle sont soumis à la même tension : Nos 4 LED seront soumises à une tension de 5V, alors si on ne fait rien, on va griller les 4 !



La solution vient encore des résistances qui vont absorber la différence de tension entre l'alimentation et chaque LED!

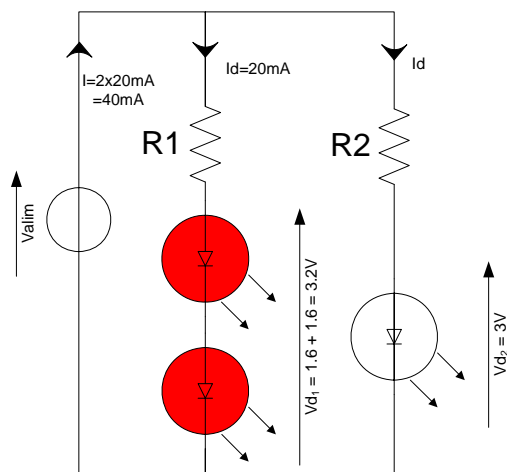
Ainsi pour calculer R1 :

$$R1 = \frac{V_{a\lim} - V_{LED1}}{I_d} = \frac{5 - 1,6}{20 \cdot 10^{-3}} = 170\Omega$$

Là encore on prend 180 Ω .

On adapte le calcul aux autres résistances et on trouve R2=170 Ω , R3=130 Ω et R4=120 Ω . Remarquez que même si les LED rouges ont le même V_d à 20mA et utilisent la même résistance, on ne les monte PAS en parallèle directement. Ce serait un coup de chance si les courants étaient équilibrés !

Rien n'empêche bien sur de « mixer » les montages comme cela :

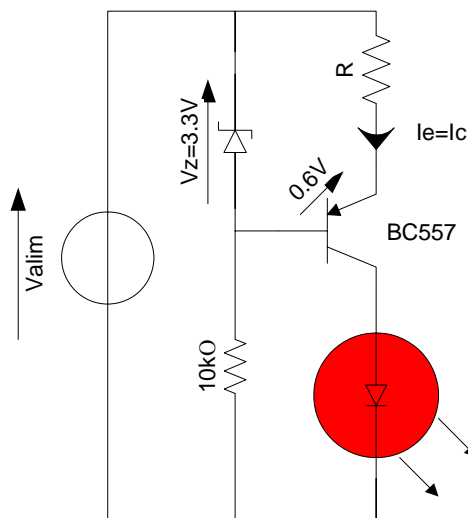


On trouve alors R1=90 Ω et R2=100 Ω

Généralement, on ne descend pas à des valeurs de résistances aussi faibles car le courant n'est alors plus très bien régulé : pour une même variation de tension, plus la résistance est faible, plus le courant va varier.

Et si maintenant on ne connaît pas la valeur de la tension d'alimentation ?

Et bien on va fabriquer un générateur de courant !



On remarque que $I_R = I_E = I_C = I_D$ (dans la branche de droite), d'où :

$$R = \frac{V_Z - V_{BE}}{I_D}$$

A température ambiante, $V_{BE} = 0.6V$

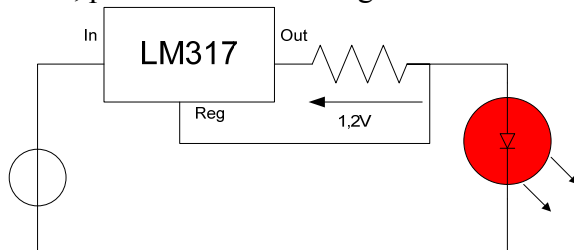
Si on demande trop de puissance au transistor, il va chauffer et V_{BE} va diminuer, on risque de détruire le transistor, alors attention !

On remarque que cette équation ne dépend ni de V_{alim} , ni de V_d . Vous pourrez donc utiliser le même générateur de courant pour une DEL rouge, bleu, verte, ultra-violet, etc. Et avec (presque) n'importe quelle alimentation (au minimum $V_Z + V_D$ et au maximum environ 30V selon le courant débité)

Avec une Zener de 3.3V comme ici :

$$R = \frac{V_Z - V_{BE}}{I_D} = \frac{3.3 - 0.6}{20 \cdot 10^{-3}} = 135\Omega$$

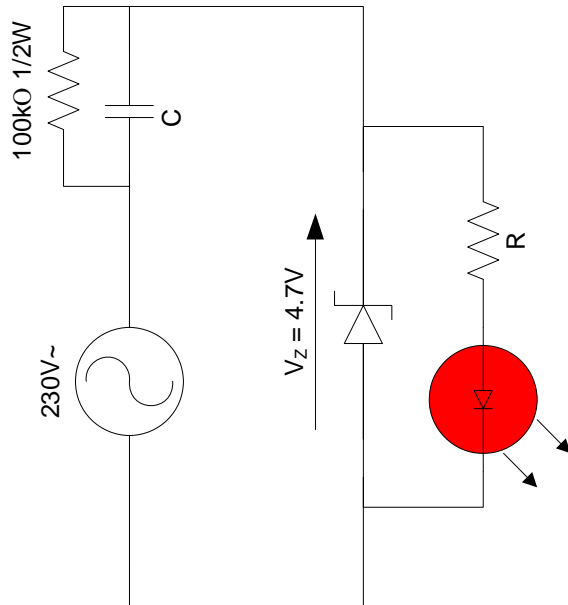
On peut aussi simplifier ce montage avec un LM317 qui en plus d'être un régulateur de tension, peut être utilisé en régulateur de courant :



Pour calculer R, c'est très simple, le régulateur fait en sorte que la tension entre Reg et Out soit toujours de 1,2V. Alors $R = \frac{1,2}{I_d} = \frac{1,2}{20 \cdot 10^{-3}} = 60\Omega$

Et maintenant, si on veut connecter un voyant sur le secteur ?

Alors là attention, on risque de se faire mal (et je pèse mes mots) alors hors de question de faire n'importe quoi ! Ne toucher jamais le circuit sous tension et attendez que les capacités se déchargent après avoir débranché votre montage !



En alternatif, le condensateur va se comporter comme une résistance.

$$Z = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

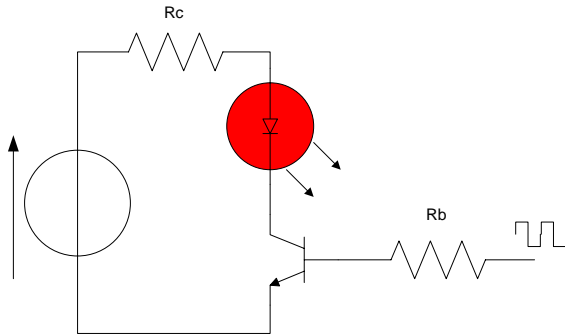
$$U_C = 230 - 4.7 \approx 225V$$

$$Z = \frac{225}{20 \cdot 10^{-3}} = 11.2k\Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot Z} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 11.2 \cdot 10^3} = 2.8 \cdot 10^{-7} F$$

Soit 0.28μF. On prend donc 220nF en catégorie X2 (auto cicatrisant et adaptée à la tension secteur).

Il reste encore un moyen intéressant d'alimenter les DEL, c'est en PWM (Pulse Width Modulation) ou MLI (Modulation de Largeur d'Impulsion). En fait, on va envoyer à intervalle réguliers de brefs pics de courant, dont on va faire varier la durée en fonction de la luminosité souhaitée ! Ce qui impose c'est le courant moyen qui traverse la diode.



On génère les impulsions avec un NE555 par exemple et on calcule R_c de façon à calibrer le courant max et R_b afin de saturer le transistor. Tout ceci est expliqué dans les rubriques sur le NE555 et le transistor bipolaire.

Le rapport cyclique du signal est défini par la durée de l'impulsion sur le temps qui sépare deux impulsions : $R_c = \frac{Th}{T}$

Le courant moyen est proportionnel à R_c : $I_{moyen} = R_c \cdot I_{max} = \frac{Th \cdot I_{max}}{T}$

La fréquence du signal PWM doit être d'au moins 50Hz sans quoi on va voir clignoter la DEL. Le courant max ne doit pas être trop important non plus, pas plus de 100mA !