

SAE N°5

Lampe Torche à LED

TOURAIS AUBIN – HUYNH ALEXIS
IUT D'EVRY – GEII-1ÈRE ANNÉE

SOMMAIRE

| | |
|---|---------|
| I. INTRODUCTION | Page 3 |
| II. DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT | Page 4 |
| 1) Schéma de principe de la lampe de poche à LED. | |
| 2) Chronogrammes de la lampe de poche à LED. | |
| 3) Explications du principe de fonctionnement du robot en lui-même. | |
| III. ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE | Page 6 |
| 1) Schéma électrique de la partie Électronique de puissance | |
| 2) Calculs des données nécessaires pour la partie Électronique de puissance | |
| IV. RÉALISATION VIA PSIM | Page 8 |
| V. ÉLECTRONIQUE DE COMMANDE | Page 11 |
| 1) Schéma électrique de la partie Électronique de commande | |
| 2) Calculs des données nécessaires pour la partie Électronique de commande | |
| 3) Vérification du cahier des charges | |
| 4) Validation expérimentale à partir de mesures | |
| VI. COMPOSITION DU MONTAGE FINAL | Page 13 |
| 1) Réalisation de la bobine | |
| 2) Calcul pour notre Résistance RB en sortie du Circuit de commande. | |
| VI. VALIDATION DU MONTAGE COMPLET | Page 16 |
| VII. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES | Page 16 |
| VIII. ANNEXES TECHNIQUES | Page 17 |

I. Introduction

- Présentation du Sujet :

Durant cette SAé, nous avons pu réaliser une « lampe de poche à LED ».

- Caractéristiques du robot :

Le montage de notre lampe torche devra nous permettre que lorsque l'on ne touche à rien, notre lampe reste éteinte, et lorsque l'on appuiera sur notre bouton qui sera d'interrupteur, cela permettra à notre LED de s'allumer, ainsi permettre la réalisation d'une lampe de poche, étant donné que notre lampe fera une dimension de 50mm par 35mm (longueur/largeur).

- Cahier des charges :

Éclairage par une LED blanche de Seuil $V_T = 3,4V$.

Alimentation par une pile alcaline R03 de tension de 1,5V.

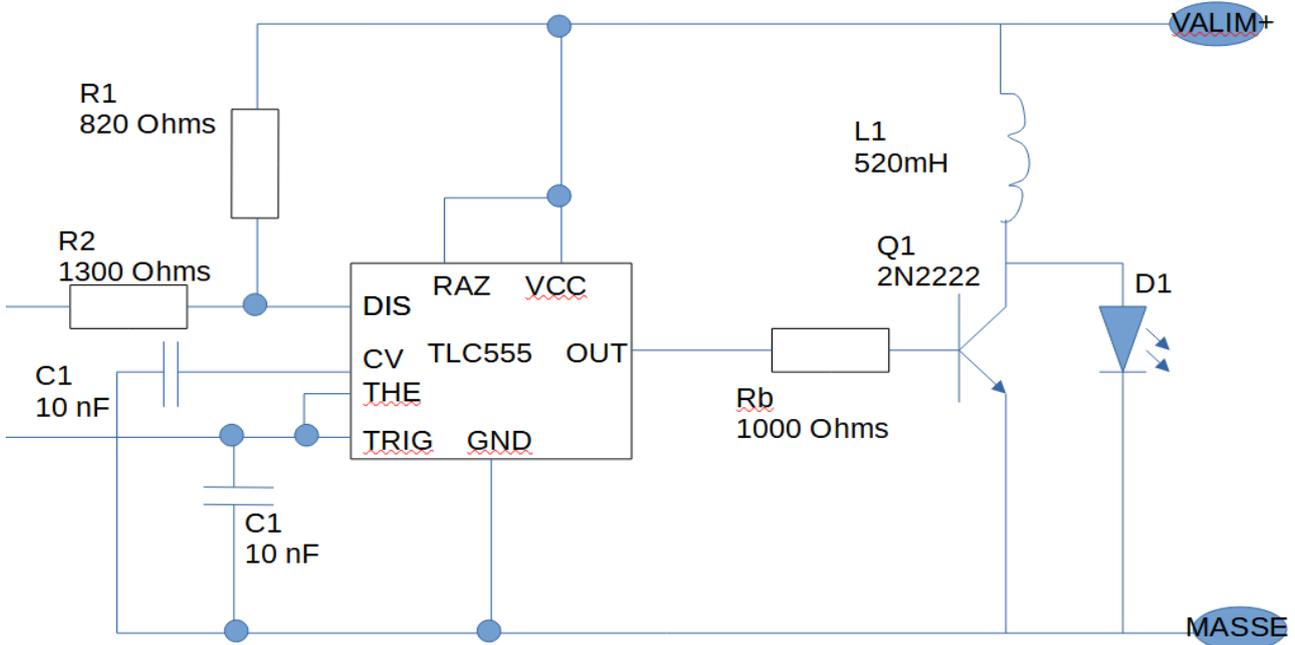
Courant moyen dans la LED de $10mA$.

Autonomie de la lampe supérieure à 15h pour une pile de $1000mAh$.

À partir de la « Datasheet » de la LED blanche, nous savons aussi que pour un courant de $20mA$, la tension typique au seuil de la LED est de $3,4V$.

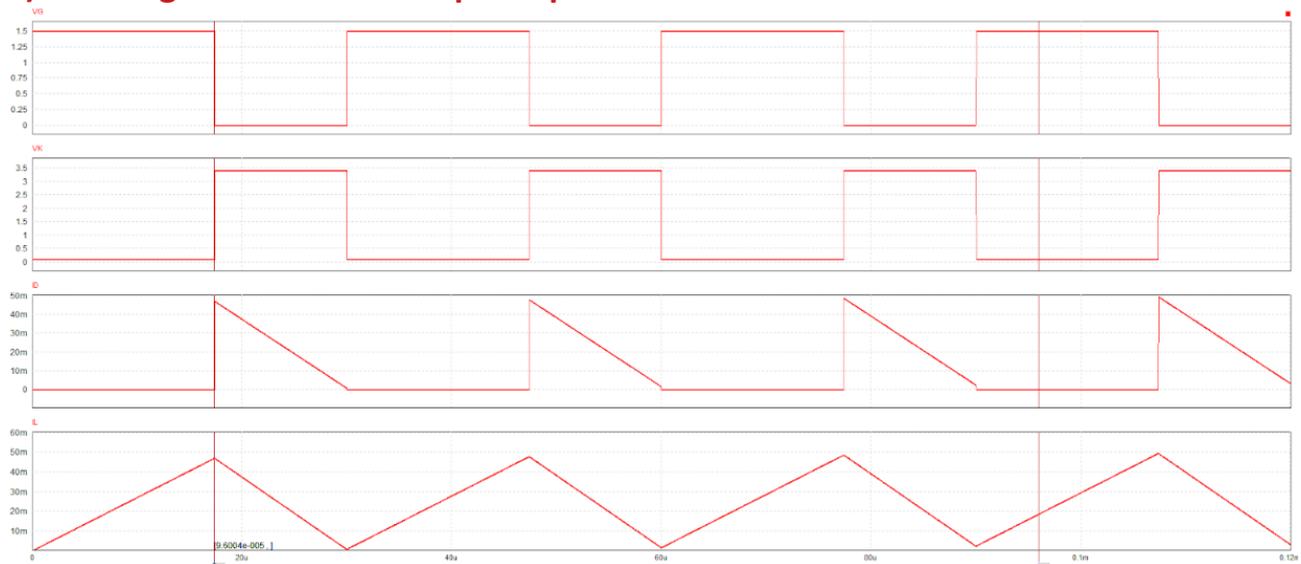
II. Description du fonctionnement

1) Schéma de principe de la lampe de poche à LED.



A NOTE : QUE L'OSCILLOSCOPE EST UN COMPOSANTS EXTERNE, IL NOUS PERMET DE MESURER NOS DONEES PAS A METTRE DANS NOTRE MONTAGE FINAL !

2) Chronogrammes de la lampe de poche à LED.



3) Explications du principe de fonctionnement du robot en lui-même.

L'interrupteur K est successivement fermé puis ouvert, selon une période T.

On appelle aT (avec a E [0;1]) la durée de fermeture de l'interrupteur.

- de 0 à aT, l'interrupteur K est fermé, la source de tension U est connectée à l'inductance L.

Le courant croît à partir de 0 dans l'inductance.
On dit que la croissance est linéaire.

- A l'instant aT , on ouvre K, le courant ne peut pas s'annuler instantanément dans l'inductance, il doit donc circuler dans la LED.

- De aT à acT , le courant décroît linéairement dans l'inductance.
Pendant toute cette durée de conduction de la LED, la tension VK est constante et vaut VT soit 3,4 car on néglige dans un premier temps la résistance dynamique de la LED.

- De acT à T, l'interrupteur K est toujours ouvert, le courant iL , circulant dans l'inductance, est nul et la tension aux bornes de la LED est égale à U, elle est éteinte.

A noter que :

- De acT à T, aucun courant ne circule dans le circuit de puissance.
Pour avoir un éclairage suffisant, il est donc préférable d'avoir $ac = 1$.
On raccourcit donc la durée T, sans changer la durée de aT .

- De plus, l'interrupteur est en pratique réalisé à l'aide d'un transistor 2n2222 fonctionnant en commutation (c'est-à-dire en interrupteur commandé).
Lorsqu'il est passant, la tension V_{cemin} à ses bornes n'est pas nulle.
On prendra $V_{cemin} = 0,1V$.

Pour la PARTIE CALCUL :

- On a de aT à acT :

La tension U de l'alimentation, par une pile alcaline R03, qui vaut la somme de la tension de la bobine VL et de la tension du transistor VK.

Etant donné que l'on connaît la valeur de U qui vaut 1,5V et la valeur de VK qui est la tension typique au seuil de la LED qui vaut 3,4V d'après le cahier des charges.

On peut donc en déduire la valeur de la tension de la bobine :

$$U = V_L + V_K$$

Ce qui nous donne d'après la formule ci-dessus :

$$1,5 = V_L + 3,4 \quad \text{donc} \quad V_L = 1,5 - 3,4 = -1,9V$$

On en déduit que notre courant i_d est le même que celui de la bobine soit :

$$i_d = i_L$$

Ce qui nous permet d'obtenir une pente U/L valant donc $1,5/L$.

- On a de 0 à aT :

Une pente valant $1,5 * aT$ en faisant le produit de « longueur * largeur » depuis notre courbe VG.

- On a de aT à acT :

Une pente valant $V_L t - 1,9(acT - aT)$

Pour le paramétrage du PSIM Clock :

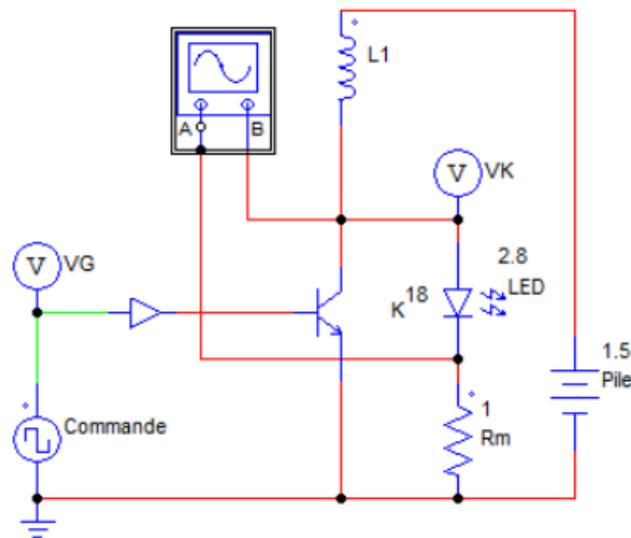
- Time step : $\geq 4T / 6000$ (avec 6000 qui est le nombre de points sauvegardé par PSIM)

- Total Time : $8T$

- Print Time : $4T$

III. Électronique de puissance

1) Schéma électrique de la partie Électronique de puissance



2) Calculs des données nécessaires pour la partie Électronique de puissance

- Pour commencer, nous allons déterminer la valeur de notre **rapport cyclique (noté a)**.

Dans un premier temps, à partir de la formule suivante :

$$I_{Lmax} = (U - V_{cemin}) / L$$

Nous pouvons déterminer aT de la manière suivante :

$$\Rightarrow aT = (I_{Lmax} - L) / [T * (U - V_{cemin})]$$

- Dans un second temps, à partir de la formule suivante :

$$I_{Lmax} = [(VT - U) / L] * (1 - a) * T$$

Nous pouvons déterminer aT de la manière suivante :

$$\Rightarrow [(U - V_{cemin}) / L] * aT = [(VT - U) / L] * (1 - a) * T$$

$$\Rightarrow (U - V_{cemin}) / L * [L / (VT - U)] = (1 - a) * T$$

$$\Rightarrow (U - V_{cemin}) * a = (VT - U) * (1 - a)$$

$$\Rightarrow (U - V_{cemin}) * a = VT - aVT - U + aU$$

On trouve donc pour le **rapport cyclique a**, qu'il vaut **0,58**.

- Par la suite, nous allons déterminer la valeur de **I_{Lmax}**.

Nous allons tout d'abord prouver que la moyenne du courant de la LED est égale à :

$$\langle id \rangle = (1 - a) * [I_{Lmax} / 2]$$

- Pour cela, nous allons en déduire la valeur de I_{Lmax} nécessaire pour avoir un courant moyen dans la LED de 10mA, à partir de la formule suivante :

$$I_{Lmax} = (\langle id \rangle * 2) / (1 - a)$$

$$= [(10 \cdot 10^{-3}) * 2] / (1 - 0,58)$$

$$I_{Lmax} = 47mA$$

- Pour terminer sur cette partie, nous allons déterminer la valeur notre **bobine L**.
Il faut tout d'abord choisir une durée de période T, nous avons pour notre cas choisi **T = 30ms**.

C'est à partir de la valeur de T, que nous pourrons avoir toutes nos valeurs nécessaires pour trouver la valeur de L.

Nous appliquons ainsi, la formule suivante :

$$L = [(U - V_{cemin}) / (IL_{max})] * aT$$
$$= [(1,5 - 0,1) / (47 \cdot 10^{-3})] * 0,58 * 30 \cdot 10^{-3}$$

$$L = 518 \mu H$$

IV. Réalisation via PSIM

Nous allons simuler d'abord l'Électronique de commande sur PSIM.

Les simulations seront effectuées avec les paramètres suivants :

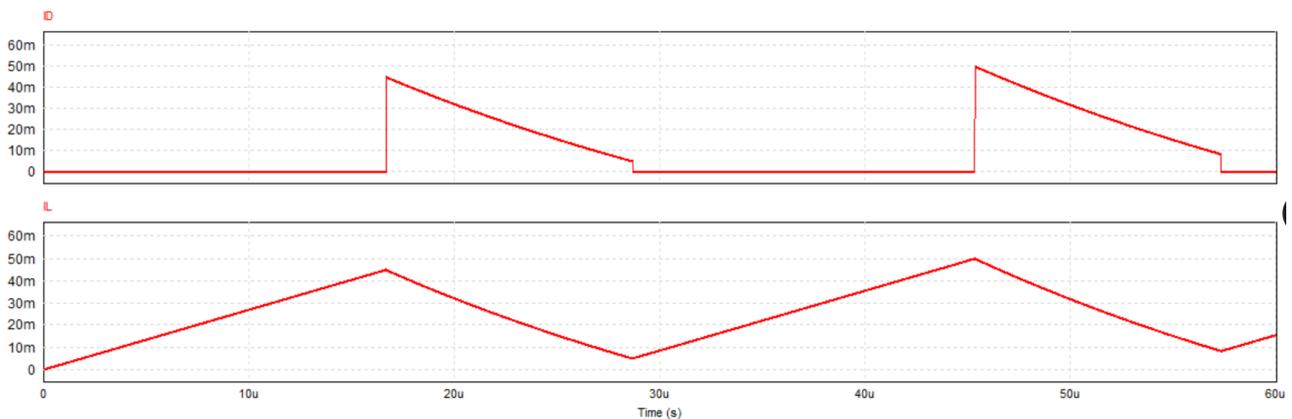
- K un transistor NPN, Model Level "Ideal", $V_{CE(sat)} = 0,1V$ -D, une LED de seuil "Forward Voltage" = 3,4V et de "Resistance" = 0

-Total Time est choisi pour visualiser 4 périodes du signal.

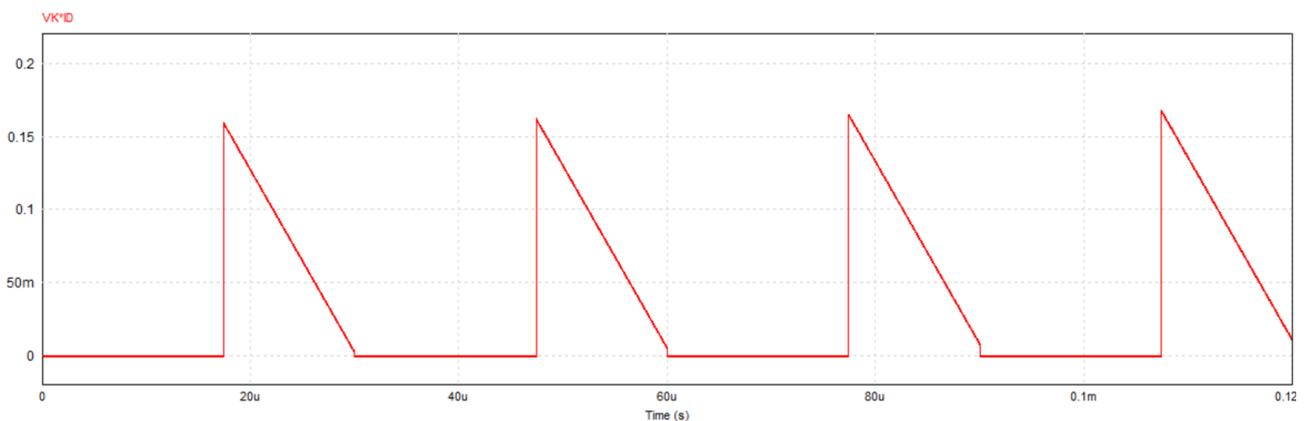
-Time Step le plus possible (Time Step > Total Time / 6000)

Nous mesurons $\langle I_{max} \rangle$ qui vaut $4,69 \cdot 10^{-2} A = 47mA$

On fait de même pour $\langle I_{d} \rangle$ qui vaut $1,03 \cdot 10^{-2} A = 10,3mA$.



On mesure $\langle p_d \rangle = 3,41 \cdot 10^{-2} A = 34,1 mA$



La puissance de la pile est égale à = 37,1 mW

On cherche le rendement du circuit :

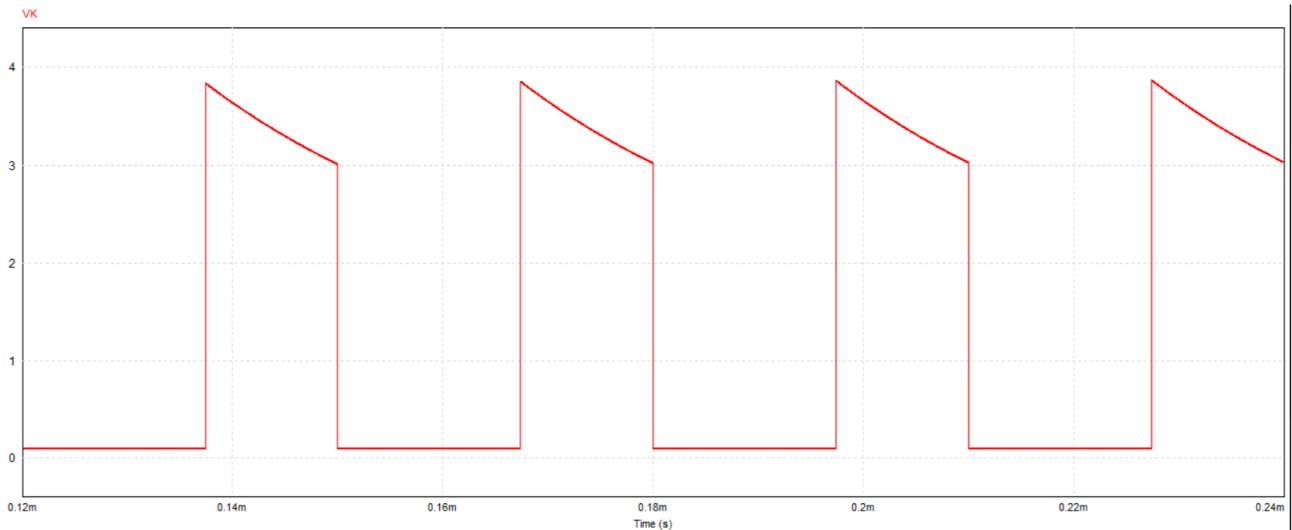
rend = $34,1 / 37,1 = 92\%$

On modifie les paramètres pour correspondre au comportement électrique de la LED :

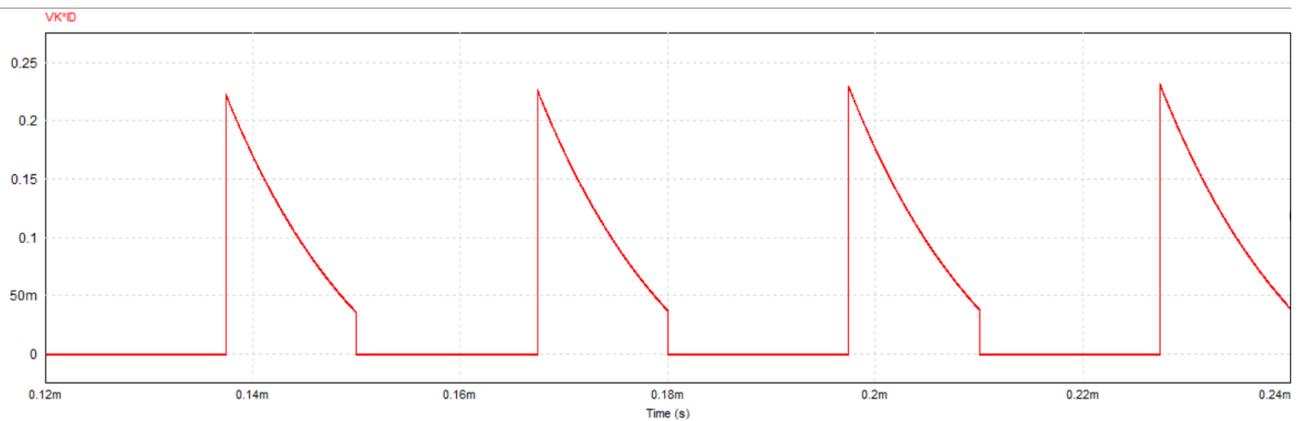
- Forward Voltage = **2,8**

- Resistance = **18**

Lorsque la LED conduit, la tension à ses bornes est : **3,7V**



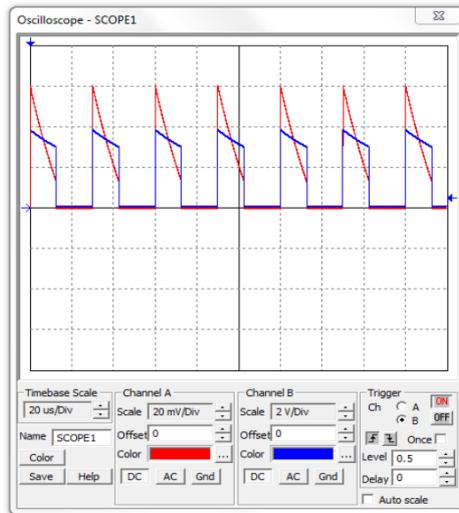
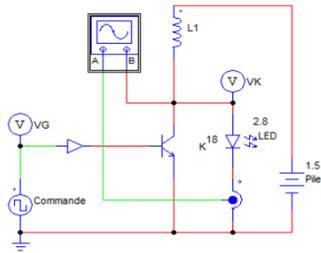
Nous avons $I_{Lmaxmesure} = 57,7 \text{ mA}$ et $\langle i_{Dmesure} \rangle = 14 \text{ mA}$



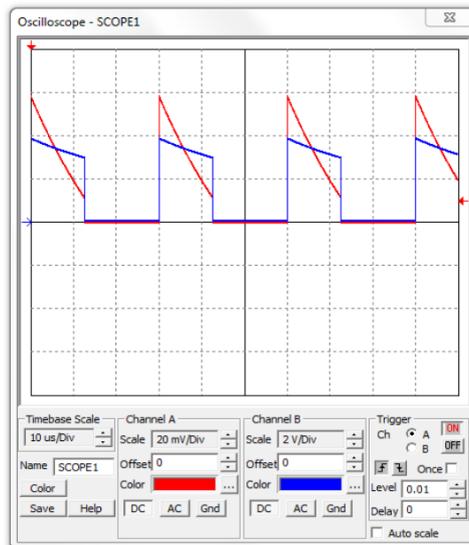
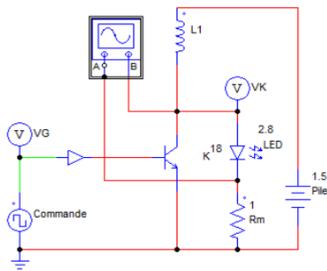
Nous avons $\langle p_{dmesure} \rangle = 49,2 \text{ mA}$ et la puissance de la pile = **54 mA**

Le rendement est de :
 $\text{rend} = 49,2 / 52,4 = 94\%$

On peut ainsi constater sur l'oscilloscope que le **Trigger A : Level 0,01** et **Trigger B : Level 0,5**
Pour le TRIGGER B : (avec le current sensor)



Pour le TRIGGER A : (avec la résistance)



3) Vérification du cahier des charges

On vérifie les valeurs calculées :

$$TH = 0,698 * (820 + 1600) * 10.10^{-9} = \mathbf{16,7us}$$

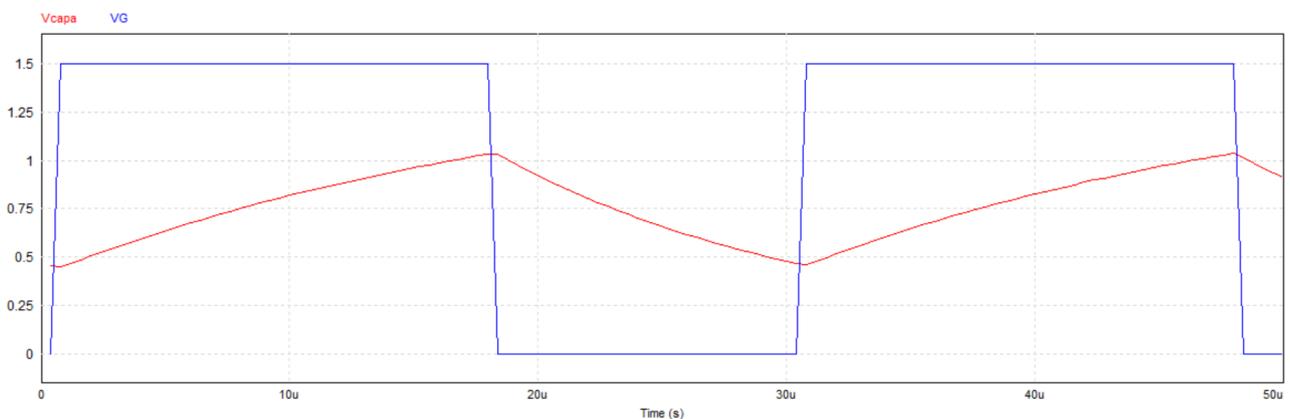
D'après notre TH calculé à l'aide de aT nous devons avoir 17,4, avec nos normalisations nous avons < à 17,3us.

$$TL = 0,693 * 1600 * 10.10^{-9} = \mathbf{11us}.$$

D'après notre TH calculé à l'aide de T - TH nous devons avoir 12,7, avec nos normalisations nous avons < à 12,7us

Les valeurs théoriques calculées correspondent aux intervalles de notre cahier des charges. (A noter : sur demande du professeur, nous avons pris R2 à 1300Ω pour notre montage final)

4) Validation expérimentales à partir de mesures



Dans le cadre de la décharge d'un condensateur, charge, tension et courant suivent une courbe décroissante qui tend vers 0. Lorsque l'on charge un condensateur, on le branche aux bornes d'un générateur de tension.

Vous pouvez retrouver ci-dessus, la validation de notre partie théorique via les mesures depuis PSIM.

On peut voir que notre VG quand il est à l'état haut :

Un peu avant 20us, on va dire $17,5 - 0,5 = \mathbf{17us}$

Et on peut voir que notre VG quand il est à l'état bas:

Un peu après 30us, on va dire $30,5 - 17,5 = \mathbf{13us}$

Cela correspond approximativement aux valeurs que l'on a calculées ci-dessus.

Nous avons un écart pour TL étant donné que nous aurions pu prendre effectivement 1800 Ohms pour R2 afin d'être au-dessus de TH et en dessous de TL.

Ainsi permettre une perfection plus importante.

V. Composition du montage final

1) Réalisation de la bobine

On souhaite réaliser la bobine calculée précédemment.

Pour calculer la valeur de L_s , on utilise la formule :

$$L = n^2 * L_s$$

Donc on a :

$$L_s = L / n^2 = 39,2 / 16 = \mathbf{2,45 \mu H}$$

On cherche maintenant n :

$$n = \sqrt{518 / 2,45} = \mathbf{14,54 \text{ spires}}$$

Nous avons vérifié à l'aide d'un appareil de mesure et nous obtenons **520 μH** ce qui est proche des 518 μH voulu.

Donc nous faisons **14 spires** et non pas 15 sinon nous nous éloignons trop de notre valeur voulu.

2) Calcul pour notre Résistance RB en sortie du Circuit de commande.

On cherche à calculer R_b pour avoir $i_b \approx (I_{Lmax} / B_{min})$.

$$i_b = I_{Lmax} / B_{min}$$

$$\Rightarrow B_{min} = 60 \text{ et } V_{DE} = 0,7V$$

Nous avons donc :

$$I_{Lmax} = i_b / B_{min}$$

$$I_{Lmax} = \mathbf{46 \text{ mA}}$$

On détermine RB :

$$R_B = U_r / U_B$$

$$= 0,9 / 0,76 * 10^{-3} = 1184 \Omega$$

On normalise à 1,1k Ω .

On souhaite relever l'allure du courant i_D dans la LED grâce à une résistance de 1 Ω .

On a $\langle i_D \rangle = \mathbf{18 \text{ mA}}$ et $I_{Dmax} = \mathbf{300 \text{ mA}}$

(voir oscillo)

On vérifie maintenant TH et TL :

$$T_{Hmes} = \mathbf{18 \mu s} \text{ et } T_{Lmax} = \mathbf{13 \mu s}$$

$$T_{Htheo} = \mathbf{17 \mu s} \text{ et } T_{Ltheo} = \mathbf{12 \mu s}$$

(oscillo)

On respecte bien le cahier des charges.

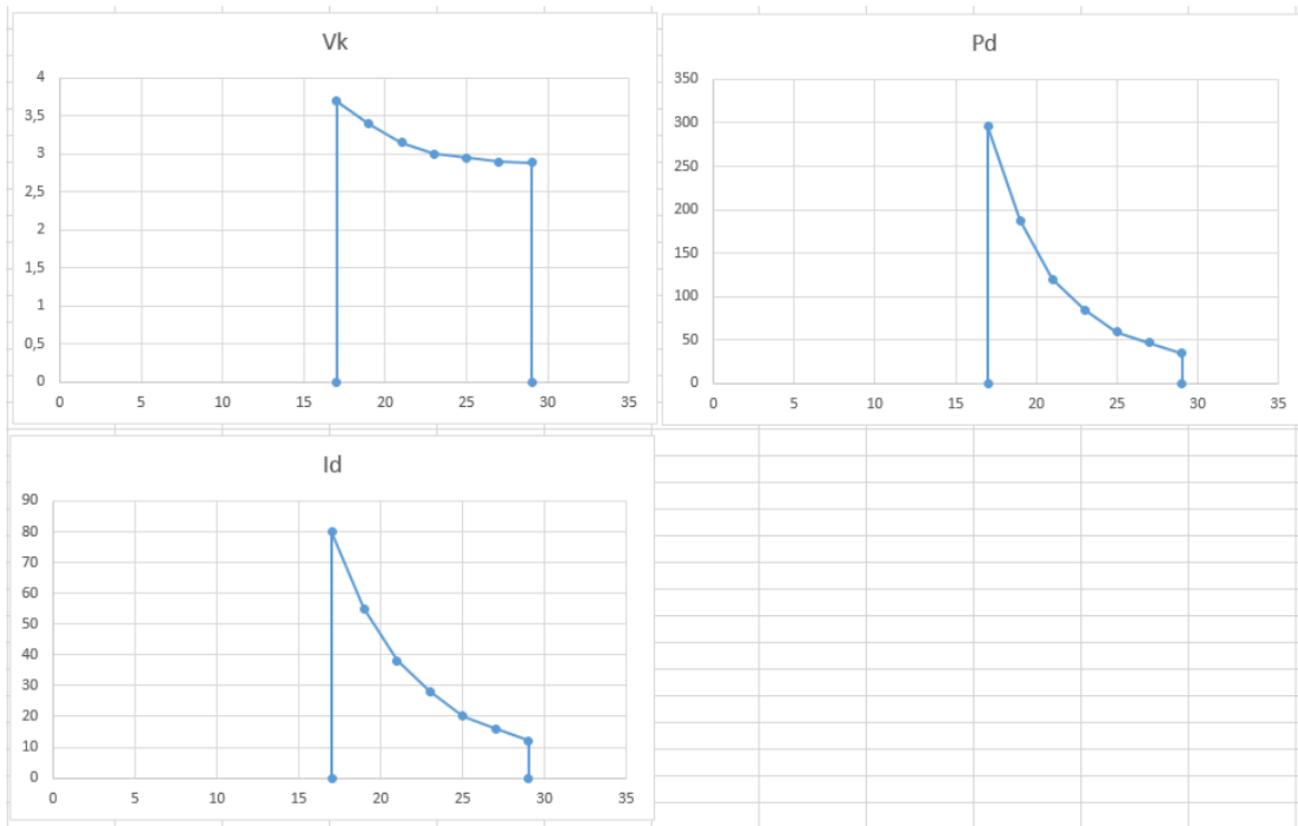
On ajuste la résistance R_B en tenant compte de la résistance de sortie du TLC555, voisine de 700 Ω , nous avons donc :

$$R_B = 1100 - 700 = \mathbf{400 \Omega}$$

(Nous avons câblé une résistance R_B de 1k suite à la demande du professeur)

On évalue l'énergie adsorbée à l'aide de la méthode des trapèzes

| Vd (en V) | Id (en mA) | P (en mW) | T (en us) | S (en nJ) | TOTAL S |
|------------------------|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 0 | 0 | 0 | 17 | 483 | 1322,88 |
| 3,7 | 80 | 296 | 17 | 306,7 | |
| 3,4 | 55 | 187 | 19 | 203,7 | |
| 3,15 | 38 | 119,7 | 21 | 143 | |
| 3 | 28 | 84 | 23 | 105,4 | |
| 2,95 | 20 | 59 | 25 | 81,08 | |
| 2,9 | 16 | 46,4 | 27 | | |
| 2,89 | 12 | 34,68 | 29 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 29 | 0 | |
| $\langle pD \rangle =$ | | | | | |
| R = | 11,91176471 | | | | |
| VT = | 2,747058824 calculé pour Idmax | | | | |
| | 2,747058824 calculé pour Idmin | | | | |



A présent mesurons le courant fourni par l'alimentation.

Nous avons un courant de **47,9mA**

(Pour cela, mettre un Ampèremètre en série de l'alimentation avec le départ du montage)

Nous allons calculer le rendement électrique du dispositif :

$$\text{rend} = \langle pD \rangle / \text{Courant alim} = 45,6 / 47,9 = \mathbf{95,2 \%}$$

Voyons l'autonomie du dispositif avec une pile de capacité de 1000mAh :

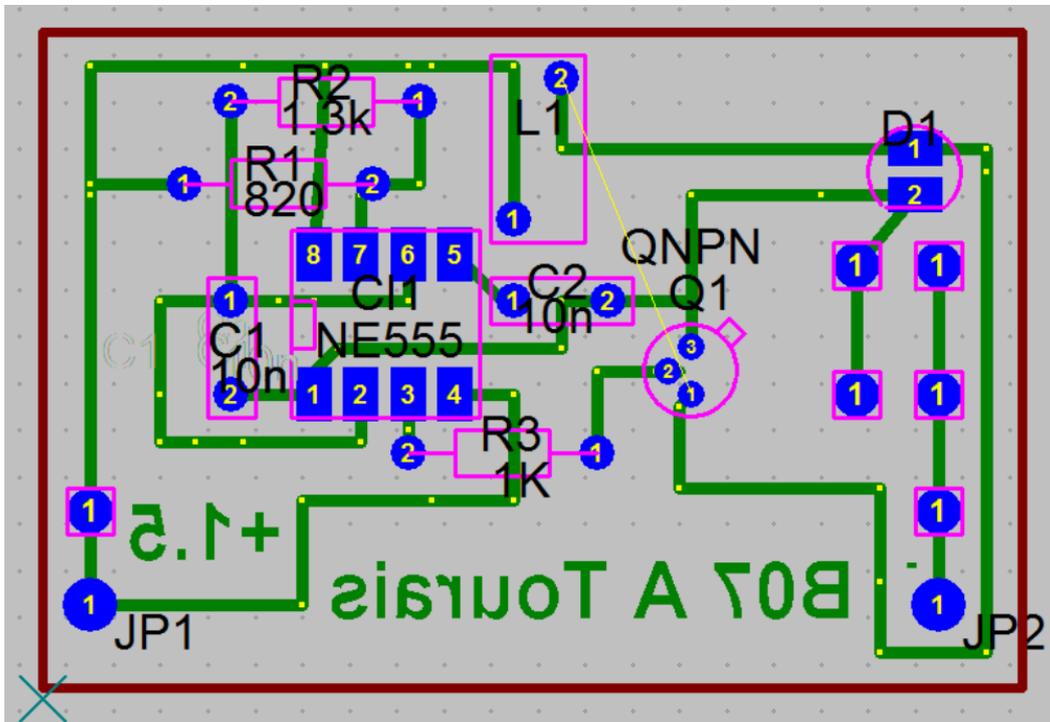
$$Q = I * t$$

$$\text{Donc : } t = Q / I = 1000\text{mAh} / 47,9\text{mA} = \mathbf{\textit{environ 20h d'autonomie.}}$$

On souhaite à présent réaliser le typon à l'aide de Winchem et Wintypon

ATTENTION !

VEUILLEZ NOTER QUE SUR LE SCHÉMA SUIVANT, IL NE FAUT PAS UTILISER UN NE555 MAIS UN TLC555, IL Y A EU UN SOUCIS LORS DE L'EXÉCUTION DU SCHÉMA.



Une fois le typon réalisé, on perce le circuit imprimé puis on soude les composants.

VI. VALIDATION DU MONTAGE COMPLET

Nous avons alimenté le système sur 1,5V pour pouvoir vérifier le bon fonctionnement du système.

Après avoir alimenté le circuit, nous avons activé le bouton poussoir pour vérifier que la lampe fonctionnait.

La LED s'allumait bien lors de la pression du bouton-poussoir, donc le circuit fonctionne correctement.

Nous avons pu également tester le circuit à l'aide d'une pile alcaline R03 de 1,5V et il fonctionne également.

VII. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Nous avons pu tester notre montage, il fonctionne sans soucis et il respecte le cahier des charges donné.

Il peut être alimenté avec une pile alcaline R03 de 1,5V et la LED s'allume lors de la pression du bouton-poussoir.

Certaines choses peuvent être modifiées :

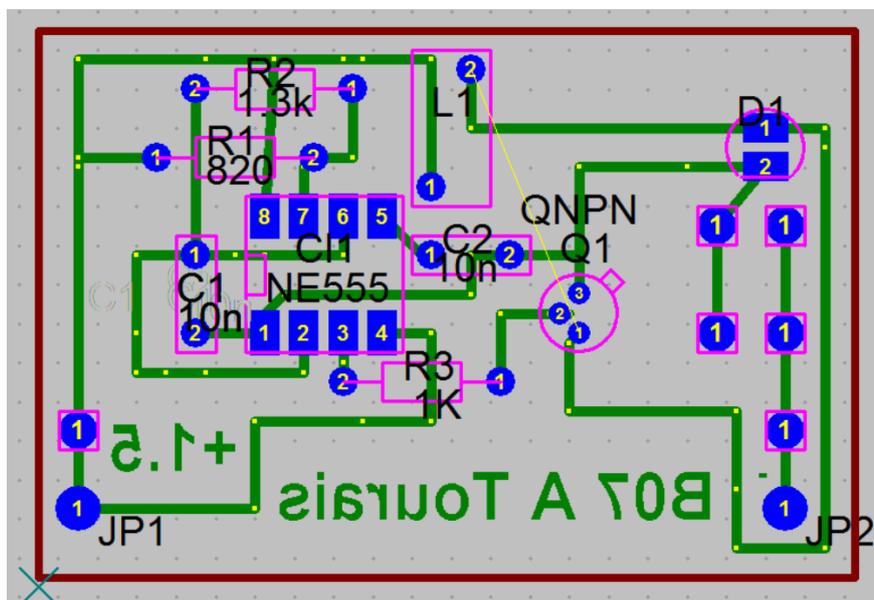
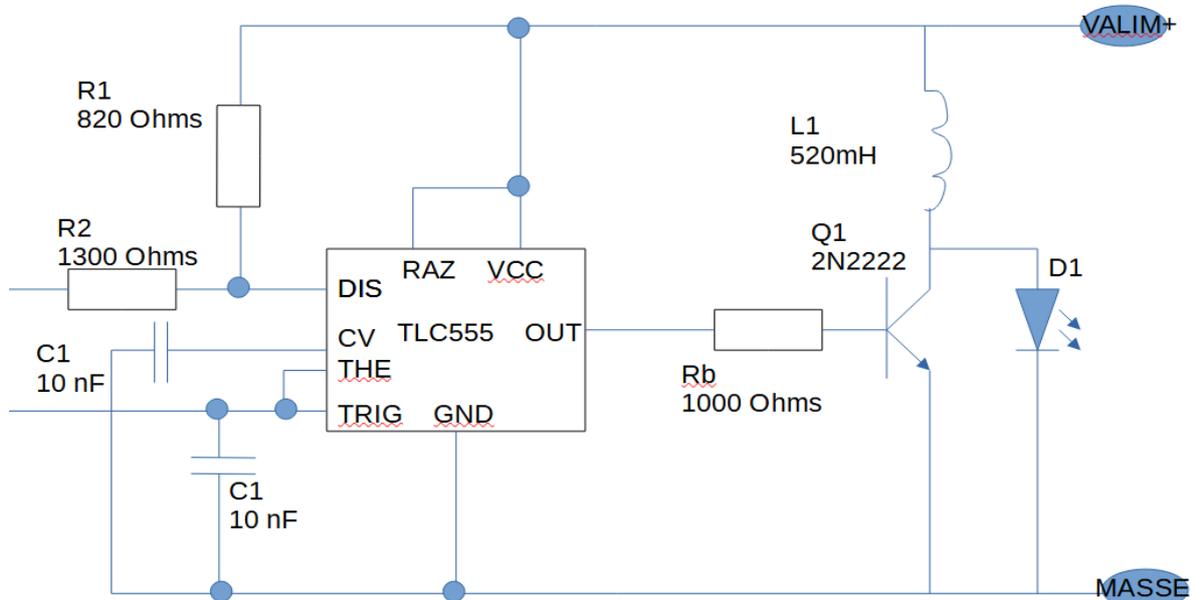
- On pourrait mettre un support pour la pile afin qu'elle reste bien en place.
- On pourrait également créer un boîtier pour faciliter l'utilisation de la lampe, ainsi que rajouter un bouton plus facile à presser.

VIII. ANNEXE TECHNIQUE

Pour avoir un vu d'ensemble sur l'intégralité du sujet, vous pourrez retrouver dans cette annexe technique :

- Le schéma électrique du circuit + Résultat final sur circuit imprimé
- La nomenclature des composants nécessaires à la réalisation du circuit
- Le coût des composants et le prix total du circuit Résultat sur circuit imprimé :
- Schéma électrique du circuit : (L'oscilloscope est un composant externe)

Vous pourrez retrouver ci-dessous, le schéma électrique complet de la lampe.



Nomenclature des composants et prix du circuit :

Vous trouverez dans le tableau ci-dessous, chaque composant accompagné de son prix et son emplacement sur le schéma électrique.

| Composants | Nom sur le circuit | Prix |
|----------------------|--------------------|--------|
| Résistance 820Ω | R1 | 0,01 € |
| Résistance 1,3kΩ | R2 | 0,01 € |
| Résistance 1kΩ | R3 | 0,01 € |
| Condensateur 10nF x2 | C1, C2 | 0,20 € |
| Transistor 2N2222 | Q1 | 0,64 € |
| TLC555 | CI1 | 0,90 € |
| LED Blanche | D1 | 0,20 € |
| Bouton-poussoir | | 0,80 € |
| Bobine | | 0,50 € |
| Prix (Hors taxes) | | 3,27 € |
| Prix (TVA incluse) | | 8,18 € |