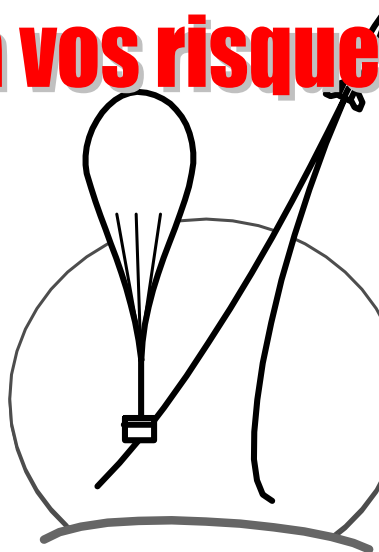


---

**Ce document ne saurait engager la responsabilité de son auteur ni des personnes ayant assisté à sa réalisation.**

**Utilisation à vos risques et périls**



**Fusées à eau lumineuses**

**« Montages accessibles à tous »**

**Document technique**

# SOMMAIRE

Introduction .....	3
Les composants lumineux .....	3
Une LED, une pile .....	3
LM3909 .....	4
Association NPN – PNP .....	5
Deux transistors PNP pour deux LEDs .....	6
Oscillateur CMOS à base de 74HC04 .....	6
Le fameux NE555 .....	7
Réalisation pratique .....	7
Conclusion .....	7
Annexes .....	8
Brochage des composants .....	8
LM3909 .....	8
2N3904 .....	8
2N3906 .....	8
NE555 .....	8
Typons .....	9
LM3909 – 1 <sup>er</sup> montage .....	9
LM3909 – 2 <sup>ème</sup> montage .....	9
NPN-PNP – 1 <sup>er</sup> montage .....	9
NPN-PNP – 2 <sup>ème</sup> montage .....	9
2 PNPs .....	9
74HC04 .....	9
NE555 .....	9
Implantation des composants .....	10
LM3909 – 1 <sup>er</sup> montage .....	10
LM3909 – 2 <sup>ème</sup> montage .....	10
NPN-PNP – 1 <sup>er</sup> montage .....	10
NPN-PNP – 2 <sup>ème</sup> montage .....	10
2 PNPs .....	10
74HC04 .....	10
NE555 .....	10
Références .....	11

*Rédacteur :*

Olivier Sannier  
13 rue Daniel Auber  
76150 Maromme

Email : [obones@free.fr](mailto:obones@free.fr)  
Site Internet : <http://obones.free.fr>

## Introduction

La fusée à eau est un formidable vecteur d'initiation au lancement de fusées. Accessible à tous et malgré son apparence simpliste, elle permet d'aborder les grands principes du vol balistique. Sa facilité de mise en œuvre et sa relative sécurité en font le vecteur de prédilection auprès des enfants.

Mais les adultes peuvent aussi s'amuser avec des fusées à eau et pourquoi pas embarquer de petites expériences. En général le choix se tourne vers des systèmes de signalisation lumineuse permettant de repérer la fusée lors du vol, et pourquoi pas de nuit. Les montages présentés dans ce document sont simples et sans danger. Encadrés par un adulte, ils peuvent même apporter un nouvel attrait à la fusée à eau auprès des enfants.

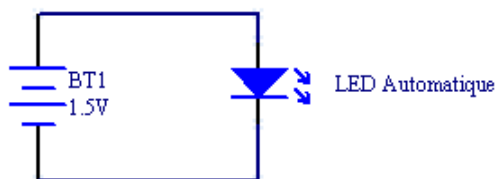
## Les composants lumineux

Pour réaliser un système de signalisation lumineux, il faut trouver un composant qui émet de la lumière respectant nos conditions de sécurité et de simplicité. Dans cette catégorie, on trouve la lampe à filament simple et la diode électroluminescente (LED).

L'inconvénient majeur de la lampe est son risque d'éclatement lors d'un choc violent, tel qu'on peut le rencontrer à l'atterrissage d'une fusée à eau. De plus, elle nécessite une tension généralement supérieure à 3V et les piles au-delà de cette tension (4.5V, 9V) sont plus lourdes et plus encombrantes. On s'intéressera donc dans ce document aux montages à LED alimentés par une pile de 1.5V. Dans une optique de visibilité, on utilisera des LEDs haute luminosité avec une consommation d'environ 20mA.

## Une LED, une pile

Ce montage est le plus simple, tout est déjà fait pour nous. En effet, il existe des LED qui incluent directement une électronique qui fait alterner l'illumination. Il suffit donc de brancher cette LED directement sur une pile de 1.5V et elle se met à clignoter toute seule. Les avantages sont multiples : simplicité du montage, nombre de LEDs quasiment illimité et poids minimal. En revanche, le principal inconvénient est la relative difficulté à trouver ces LEDs ainsi que leur prix.

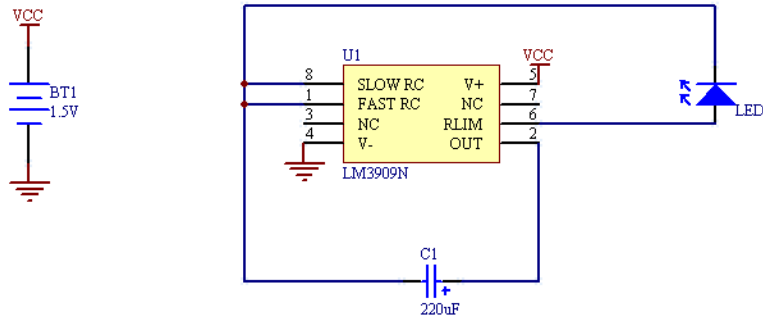


La fréquence de clignotement est fixe et dépend principalement de l'état de la pile

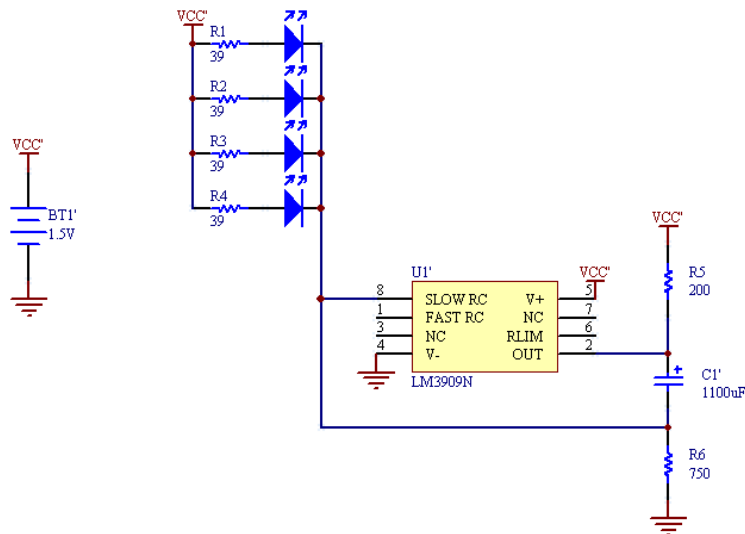
## LM3909

Une fois de plus, les circuits intégrés proposés par les fabricants sont très utiles et permettent de limiter le nombre de composants. Le LM3909 de National Semiconductor [1] est le composant idéal dans notre cas, il est prévu pour faire flasher une LED. Les schémas suivants sont extraits de la datasheet et sont les plus intéressants pour une application dans une fusée à eau.

Ce schéma est le premier, le plus simple avec une seule LED



Si vous voulez plus de lumière et de visibilité, vous pouvez utiliser le montage suivant avec 4 LEDs en parallèle.



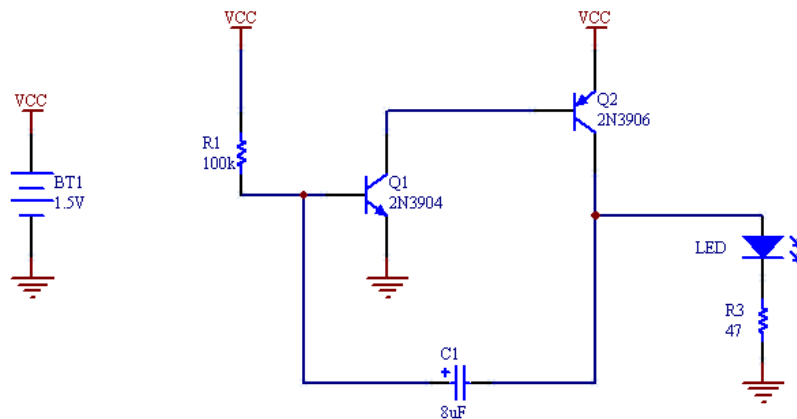
La fréquence de fonctionnement dépend de la valeur de C1. Plus elle est grande, moins les LEDs clignotent vite.

Il convient de noter que ce composant est marqué comme obsolète chez son fabricant et qu'il est donc assez difficile à trouver chez les revendeurs actuels. Si vous en avez un stock à disposition, conservez le précieusement et récupérez le circuit après le vol !

## Association NPN – PNP

Si les solutions toutes prêtes sont intéressantes, elles ont cependant un gros défaut : Elles utilisent des composants dont la disponibilité n'est pas nécessairement immédiate. En revanche, des transistors, des condensateurs et des résistances, tous les clubs en ont à disposition. Les montages suivants sont basés sur des transistors et toujours aussi simple à mettre en œuvre.

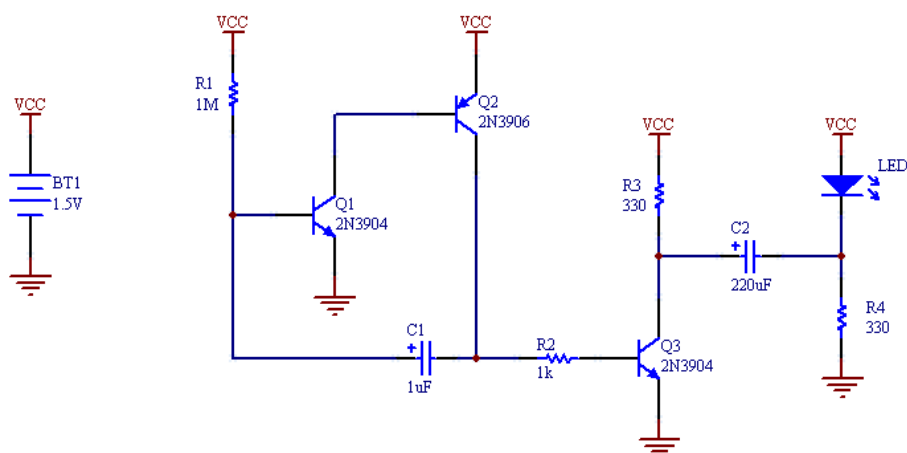
En associant un transistor NPN (2N3904 [2]), un transistor PNP (2N3906 [3]), une résistance et un condensateur, on peut créer un oscillateur [4].



Le principe est simple : Lors de la mise sous tension, C1 se charge et limite le courant sur la base de Q1 à un minimum qui le bloque. Il n'est donc pas passant et par la même occasion, Q2 est bloqué aussi et la LED est éteinte. Une fois C1 chargé, le courant traversant R1 traverse aussi la base de Q1 qui est passant. Du coup, Q2 est passant aussi et la LED s'allume. D'autre part, comme Q1 est passant, C1 peut se décharger. Une fois vide, on enchaîne un nouveau cycle d'oscillation.

La résistance en série avec la LED est probablement superflue, la chute de tension aux bornes de Q2 additionnée à celle aux bornes de la LED étant à peu près égale à 1.5V. D'autre part, le fait de placer la LED dans le circuit d'oscillation peut perturber cette oscillation, et pourquoi pas l'empêcher complètement...

Il faudrait alors modifier le montage et rajouter un transistor pour perturber le moins possible l'oscillateur. On aboutit alors à ça :

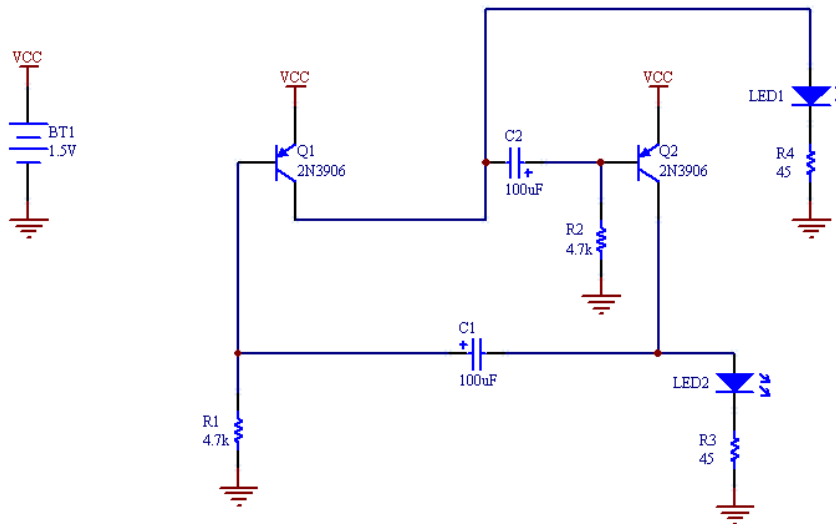


Le montage autour de R3, C2 et R4 est destiné à 'booster' la LED pour qu'elle ait une tension suffisante à ses bornes.

La fréquence de clignotement peut être ajustée en modifiant la valeur de C1 ou de R1.

## Deux transistors PNP pour deux LEDs

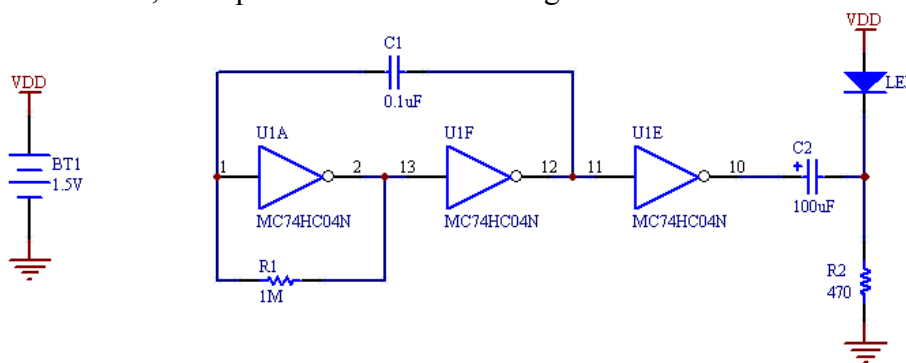
Un autre montage à base de transistors peut être utilisé [5]. Il est basé sur deux PNP et permet de faire clignoter deux LEDs en alternance. Il faut savoir qu'il est tout à fait possible d'utiliser des NPN dans une configuration similaire en mettant les émetteurs à la masse et les résistances R1 et R2 à VCC.



La fréquence de clignotement se règle en modifiant les couples R1/C1 et R2/C2. Si vous ne mettez pas les mêmes valeurs pour ces couples, les LEDs n'auront pas la même période d'allumage

## Oscillateur CMOS à base de 74HC04

Si vous n'avez pas de transistors sous la main, vous aurez peut être un sextuple inverseur CMOS 74HC04 [6]. Dans ce cas là, vous pouvez utiliser le montage suivant :

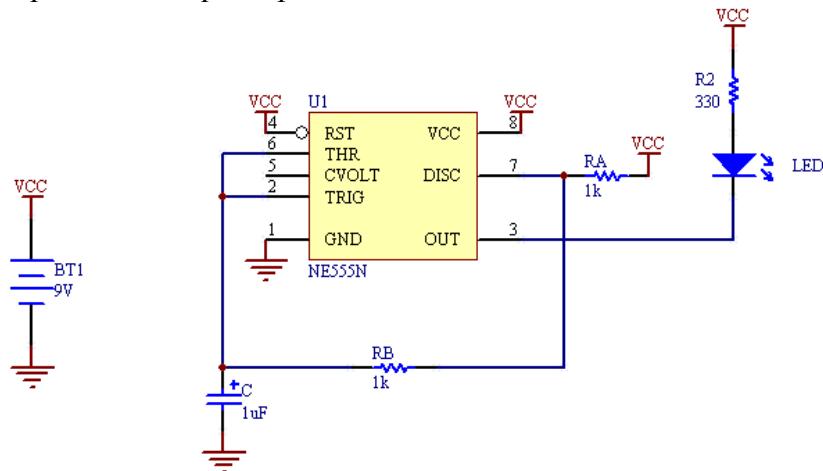


Les deux premières portes constituent l'oscillateur et la troisième est utilisée pour ne pas perturber l'oscillateur par la charge que représente la LED. Le condensateur C2 est là pour 'booster' la LED comme dans le montage précédent.

Une fois de plus, la fréquence des éclairs est réglée par le couple R1/C1 : Plus les valeurs sont grandes, plus le clignotement est lent.

## Le fameux NE555

Une documentation sur les oscillateurs ne serait pas complète sans évoquer le NE555 [7]. En effet, même s'il sort de nos conditions de départ (alimentation en 9V), c'est un circuit des plus intéressants qui pourra trouver des applications en dehors des fusées à eaux, notamment dans les minuteries. Le montage employé ici est celui d'opération en astable qui provoque des impulsions lumineuses deux fois plus courtes que la période d'extinction.



Il est tout à fait possible de mettre plusieurs LEDs en parallèle sur celle existante, il faut simplement ne pas dépasser une intensité de 200mA au total.

La fréquence de clignotement se règle avec C, RA et RB en respectant les formules suivantes :

$$\begin{aligned} \tau_{\text{allumé}} &= 0.693 * R_B * C \\ \tau_{\text{éteint}} &= 0.693 * (R_A + R_B) * C \end{aligned}$$

## Réalisation pratique

Quel que soit le montage que vous avez choisi de réaliser, ces quelques conseils peuvent vous aider lors de la mise en œuvre :

- Ne soudez pas directement sur la pile, elle pourrait exploser. Soudez plutôt deux fils depuis votre montage et utilisez du ruban adhésif pour fixer les autres extrémités sur la pile.
- Utilisez toujours un support pour les circuits intégrés, cela vous évitera de les brûler.
- Utilisez de préférence les typons fournis en annexe. Si vous ne pouvez pas utiliser des circuits imprimés, soudez les composants les uns aux autres en limitant au maximum le nombre de fils utilisés.
- Encadrez toujours les enfants, un fer à souder laissé sans surveillance peut facilement brûler quelqu'un.

## Conclusion

Nous venons de voir quelques montages simples pour ajouter un système de signalisation visuelle dans une fusée à eau. Ces montages sont sûrs et permettent une utilisation avec un public peu expérimenté, en particulier auprès des enfants. Cependant, si votre public est plus expérimenté dans le domaine de l'électronique je vous conseille de vous tourner vers la modification de flashes d'appareils photo jetables [8]. Malgré les risques, la différence de visibilité n'est pas négligeable.

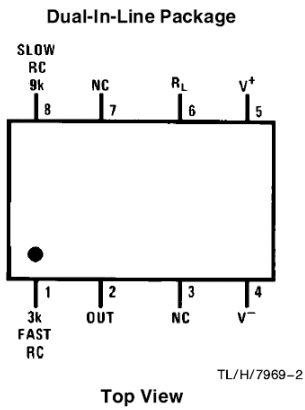
Dans tous les cas, n'oubliez pas que le lancement de fusées à eaux de nuit ou dans la pénombre nécessite des précautions particulières, notamment au niveau de la zone d'atterrissage.

# Annexes

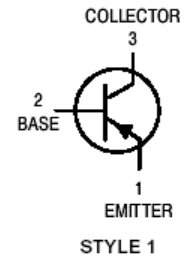
## Brochage des composants

### LM3909

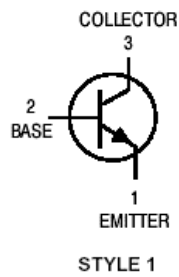
#### Connection Diagram



### 2N3906

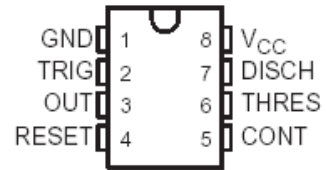


### 2N3904



### NE555

#### D, JG, OR P PACKAGE (TOP VIEW)



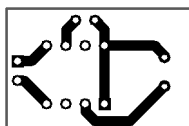


## Typons

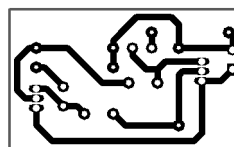
La réalisation des circuits imprimés peut facilement être proposée aux enfants de plus de 10 ans en suivant ces étapes, dont certaines nécessitent un encadrement rigoureux :

- Imprimer cette page en faisant attention à ne pas effectuer de mise à l'échelle.
- Recopier le typon choisi sur un papier calque à l'aide d'un crayon papier gras (HB minimum)
- Découper la carte simple face aux dimensions voulues en prenant soin de ne pas endommager le film protecteur
- Placer le calque avec le côté crayonné contre la table.
- Enlever le film protecteur de la carte
- Placer le côté ainsi dévoilé sur le calque en s'assurant que tout le typon se trouve dans la superficie de la carte
- Coller au ruban adhésif les bords de la carte au calque
- Insoler la carte pendant 3 à 4 minutes (attention aux yeux)
- Retirer le ruban adhésif et le calque
- Révéler la carte avec des gants, On ne doit voir que les pistes en foncé, le cuivre doit être apparent en dehors des pistes
- Rincer à l'eau pour enlever toute trace de révélateur
- Placer la carte à la gravure (opération effectuée de préférence par un adulte)
- Laisser agir suffisamment pour que seules les pistes soient restées sur la carte
- Rincer à l'eau pour éliminer toute trace de perchlorure de fer.
- Enlever la couche protectrice à l'aide d'acétone (attention aux vapeurs)
- Percer les trous, sans en oublier.

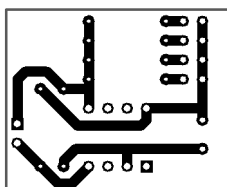
**LM3909 – 1<sup>er</sup> montage**



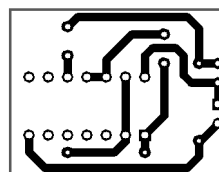
**2 PNPs**



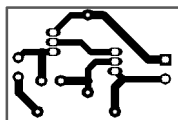
**LM3909 – 2<sup>ème</sup> montage**



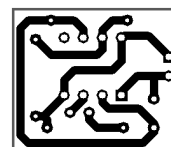
**74HC04**



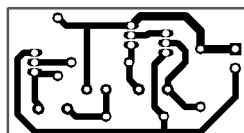
**NPN-PNP – 1<sup>er</sup> montage**



**NE555**



**NPN-PNP – 2<sup>ème</sup> montage**

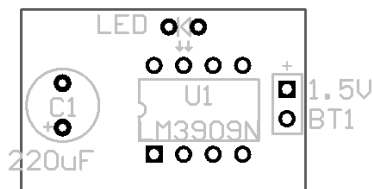


## Implantation des composants

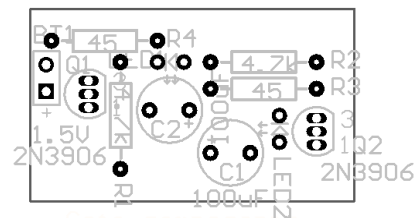
L'implantation des composants est assez simple et ne présente pas de difficultés si on respecte les étapes suivantes :

- Trouver le schéma d'implantation correspondant à la carte qui vient d'être réalisée
- Placer les supports de composants en respectant l'orientation puis les souder.
- Placer les résistances puis les souder
- Placer les condensateurs en faisant attention à l'orientation puis les souder
- Placer les transistors en faisant attention à l'orientation puis les souder
- Placer les LEDs en faisant attention à l'orientation (la patte la plus courte est à mettre du coté de la barre). Les souder
- Couper, Dénuder puis souder les deux fils à brancher sur la carte. Choisissez de préférence un fil noir pour le moins, un fil rouge pour le plus.

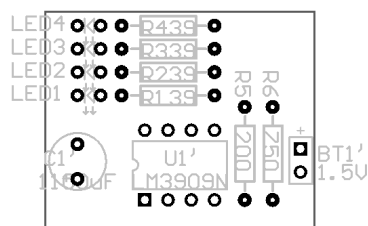
### LM3909 – 1<sup>er</sup> montage



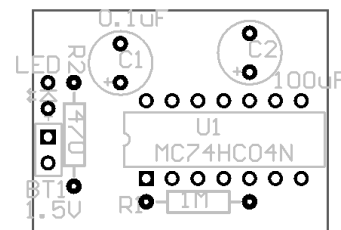
### 2 PNPs



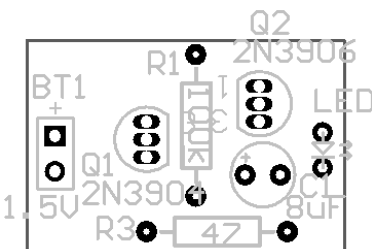
### LM3909 – 2<sup>ème</sup> montage



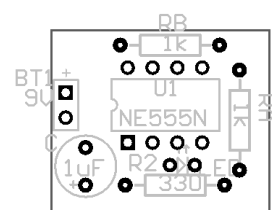
### 74HC04



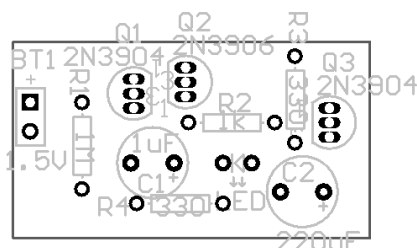
### NPN-PNP – 1<sup>er</sup> montage



### NE555



### NPN-PNP – 2<sup>ème</sup> montage



## Références

- [1] National Semiconductor, *LM3909 LED Flasher/Oscillator*. 1995;  
<http://www.national.com/ds/LM/LM3909.pdf>
- [2] On Semiconductor, *2N3903,2N3904 General Purpose Transistors NPN Silicon*. 2000;  
<http://www.onsemi.com/pub/Collateral/2N3903-D.PDF>
- [3] On Semiconductor, *2N3906 General Purpose Transistor PNP Silicon*. 2001;  
<http://www.onsemi.com/pub/Collateral/2N3906-D.PDF>
- [4] B. Fighiera, *Métronome à deux transistors*, in *Les gadgets électroniques et leur réalisation*, L.p.d.l. radio, Editor. 1972: Paris. p. 71-73.
- [5] Fernand Huré, *Un clignotant électronique*, in *Montages simples à transistors*, L.p.d.l. radio, Editor. 1972: Paris. p. 136-141.
- [6] On Semiconductor, *MC74HC04A*. 2000;  
<http://www.onsemi.com/pub/Collateral/MC74HC04A-D.PDF>
- [7] Fairchild Semiconductor, *LM555/NE555/SA555 Single Timer*. 2002;  
<http://www.fairchildsemi.com/ds/NE/NE555.pdf>
- [8] Olivier Sannier, *Fusées à eau lumineuses : De l'appareil photo jetable au stroboscope miniature*. 2003;  
[http://obones.com/index.php?module=pagemaster&PAGE\\_user\\_op=view\\_page&PAGE\\_id=16&MMN\\_position=20:18](http://obones.com/index.php?module=pagemaster&PAGE_user_op=view_page&PAGE_id=16&MMN_position=20:18)