

# Dossier De Conception (DDC)

du projet

## systeme Sonore et Lumineux pour Rafale miniature

### Responsabilité documentaire

Action	NOM Prénom	Fonction	Date	Signature
Rédigé par	Mathéo GRILLET Mathis BROUSSE	Technicien	01/09/2023	
Approuvé par	François AUGEREAU (IUT GEII Bdx)	Chef de projet	01/09/2023	
Approuvé par	S. AVOL (Toy Corporation)	Client	01/09/2023	

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : SLR_DDC_EQ1 Révision : 2 -01/09/2023	1/21
----------------------------------	---	------

## Suivi des révisions documentaires

Indice	Date	Nature de la révision
1	01/09/2021	Publication préliminaire du DDC, document à compléter par le Technicien
2	18/09/2023	Première publication

## Documents de références

Sigle	Référence	Titre	Rév.	Origine
[CDC]	SLR_CDC	Cahier des charges	1	Toy Corporation

## Table des matières

<b>1. Nature du document</b>	<b>2</b>
<b>2. Conception préliminaire du produit</b>	<b>2</b>
<b>3. Conception détaillée du produit</b>	<b>10</b>
<b>3.1. Conception détaillée du système sonore et lumineux</b>	<b>10</b>
<b>3.2. Conclusion de la conception détaillée du produit</b>	<b>20</b>
<b>4. Dérivage des solutions techniques retenues</b>	<b>21</b>
<b>4.1. &lt;Titre de la simulation / prototypage rapide&gt;</b>	<b>21</b>
<b>4.2. Conclusion de la simulation / prototypage rapide du produit</b>	<b>22</b>
<b>5. Conclusion de la conception du produit</b>	<b>23</b>
<b>6. Matrice de conformité du produit</b>	<b>23</b>

# 1. Nature du document

Ce document est un dossier de conception et a pour but de détailler la conception du produit développé. Il apporte ainsi des preuves de la conformité du produit par rapport à l'ensemble des exigences client. Le paragraphe 3 du [CDC] décrit de façon plus détaillée la nature et le positionnement de ce document dans l'arborescence documentaire du projet.

# 2. Conception préliminaire du produit

Ce chapitre décrit l'architecture fonctionnelle du produit. Il apporte les premiers éléments de preuve de la faisabilité du produit vis-à-vis des exigences client.

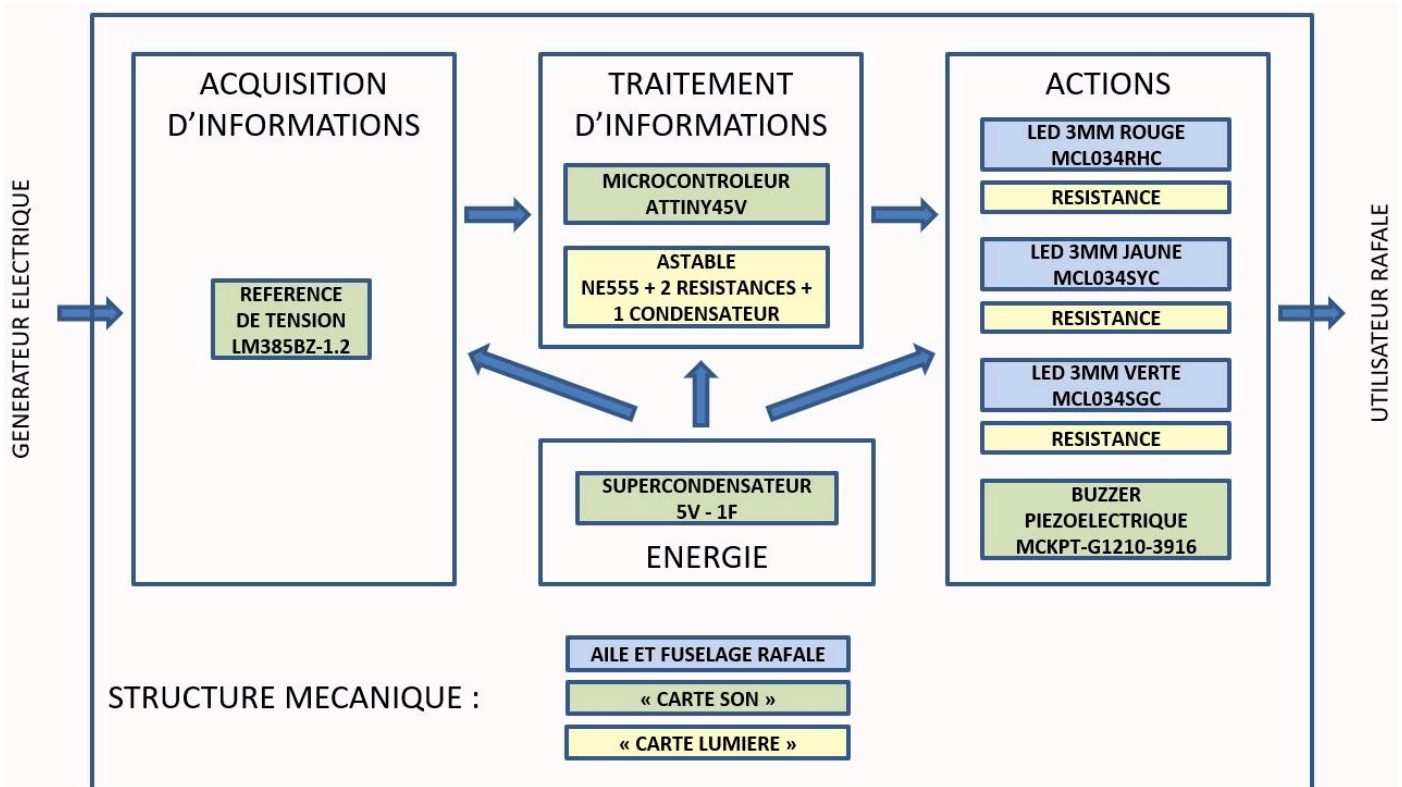
**Référence de pré-conception:** CPR01

**Rédacteur :** F. AUGEREAU

**Relecteur :** L. THEOLIER

**Exigences client vérifiées par pré-conception :** toutes

Afin de répondre au cahier des charges, une analyse globale des exigences a conduit à l'architecture fonctionnelle présentée ci-dessous.



**Figure 1 : architecture fonctionnel du « système sonore et lumineux »**

**Référence de pré-conception: CPR02**

**Rédacteur : F. AUGEREAU**

**Relecteur : L. THEOLIER**

**Exigences client vérifiées par pré-conception : EXIG\_ENCOMBREMENT**

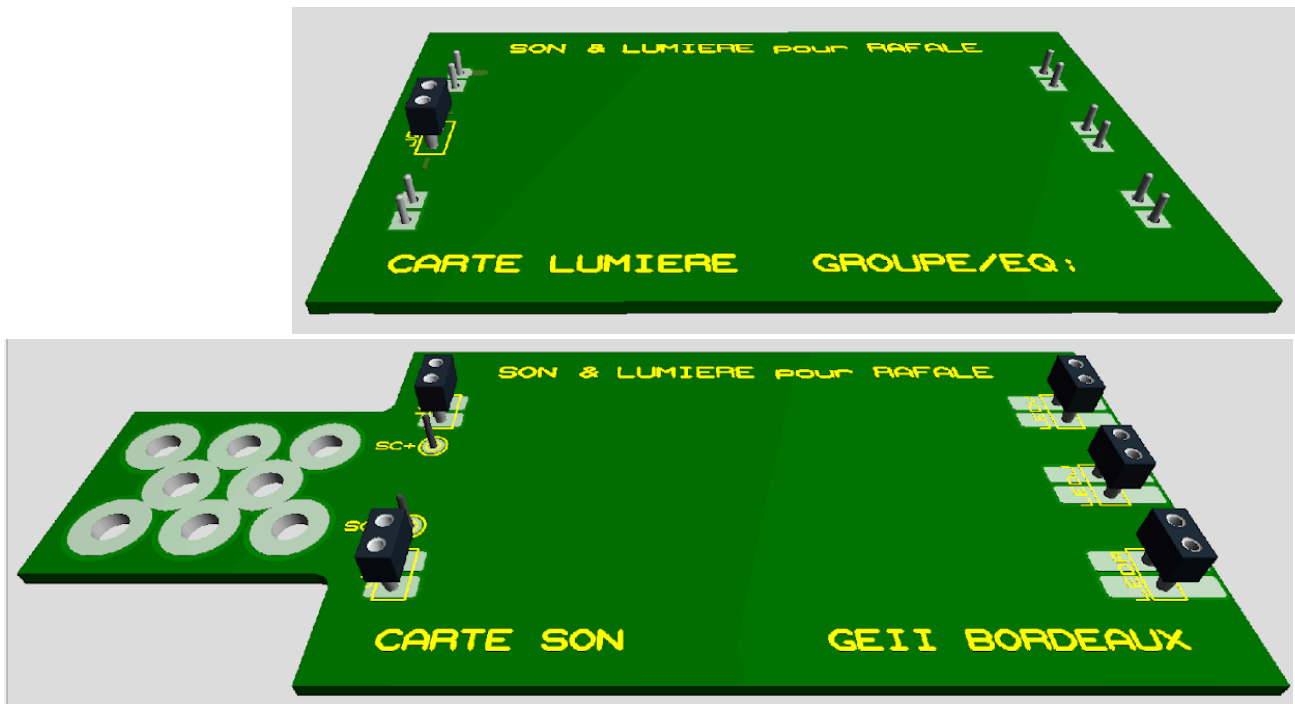
Afin de répondre à l'exigence EXIG\_ENCOMBREMENT, il a été retenu pour le développement de ce système, une structure mécanique en 3 parties :

\* une « carte son » qui intègre les fonctions associées aux exigences sonores et énergétiques : EXIG\_AUTONOMIE, EXIG\_TENSION, EXIG\_BRUIT, EXIG\_CHARGE et EXIG\_RETENTISSEMENT. Les choix techniques retenus sur cette carte apparaissent en vert sur la figure 1

\* une « carte lumière » qui intègre les fonctions associées aux exigences lumineuses : EXIG\_CLIGNOTE, EXIG\_ALLUMAGES et EXIG\_INTENSITES. Les choix techniques retenus sur cette carte apparaissent en jaune sur la figure 1.

\* les éléments lumineux sont déportés des cartes via des nappes bifilaires en partance de la « carte son » et à destination des des ailes et du fuselage

Les 2 cartes sont superposées et interconnectées entre elles. La « carte son » est située dessous et la « carte lumière » est située dessus. Une vue 3D mettant en évidence les connecteurs est fournie ci-dessous.



**Figure 2 : vue 3D préliminaire de « carte son » et « carte lumière »**

Il est à noter que la « carte son » est plus longue que la « carte lumière ». Le débord situé sur la gauche de la carte est destiné à accueillir le super-condensateur qui y sera couché sur le flanc.

systeme Sonore et Lumineux  
pour Rafale miniature

La solution mécanique retenue permet respecter l'exigence EXIG\_ENCOMBREMENT, car la longueur de la « carte son » est de 95mm (et 70mm pour la « carte lumière »), la largeur est de 40mm (pour les 2 cartes) et la hauteur est d'environ 25mm.

**Référence de pré-conception: CPR03**

**Rédacteur :** F. AUGEREAU

**Relecteur :** L. THEOLIER

**Exigences client vérifiées par pré-conception :** EXIG\_AUTONOMIE, EXIG\_ENCOMBREMENT, EXIG\_COUT

Afin de répondre à l'exigence EXIG\_AUTONOMIE, plusieurs types de sources d'énergie électrique embarquées ont été envisagées.

Tout d'abord, les piles et piles rechargeables (AA, AAA) ont été exclues en raison de leur dimensions (et de leur faible valeur de tension par cellule).

Les piles boutons ont été exclues en raison de leur résistance interne non négligeable. Un courant supérieur à 1mA (ce qui est le cas du « système sonore et lumineux ») conduit à un effondrement non-acceptable de la tension fournie.

Les accumulateurs LiIon, LiPo, Lixx ont été exclus en raison de l'instabilité chimique et donc leur risque d'explosion en cas de crash du planeur.

Les super-condensateurs présentent pour ce projet un bon compromis entre dimensions et résistance interne. De plus, ils ne présentent pas de risques d'explosion ni de feu, pour un coût de quelques euros.

On retiendra un super-condensateur 5,4V d'une valeur voisine de 1F, ce qui permet un courant consommé de quelques 10aines de mA pour une autonomie minimale de 60s.

**Référence de pré-conception: CPR04**

**Rédacteur :** F. AUGEREAU

**Relecteur :** L. THEOLIER

**Exigences client vérifiées par pré-conception :** EXIG\_TENSION

Afin de répondre à l'exigence EXIG\_TENSION, une solution intégrant une référence de tension (associé à un ADC d'un MCU) a été retenue.

Vu la complexité des exigences de traitement, un microcontrôleur (MCU) est nécessaire. Les MCU actuels intègre au moins 1 convertisseur analogique-numérique (ADC). Dans le « système sonore et lumineux », la tension d'alimentation du MCU (et donc du ADC) n'est pas fixe. Donc, si l'on souhaite mesurer la tension d'alimentation avec le MCU, il convient donc de le faire indirectement en mesurant une tension fixe et connue, afin d'en déterminer la tension d'alimentation du ADC par un algorithme logicielle. Voici l'algorithme retenu :

$V_{cc} = V_{adc} / N_{adc} * 2^n$  où  $V_{adc}$  est la tension fixe fournie à l'entrée de l'ADC,  $N_{adc}$  la valeur numérique fournie par l'ADC et  $n$  le nombre de bits de l'ADC.

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : SLR_DDC_EQ00 Révision :1 – 18/09/2023	5/21
----------------------------------	--	------

La tension fixe est réalisée par une référence de tension dont la valeur doit être la plus proche (mais inférieure) à la tension basse d'alimentation du MCU. Une référence de tension 1,2V a donc été retenue : LM385BZ-1.2.

En accord avec la datasheet du LM385, le schéma électrique préliminaire retenu est donc le suivant.

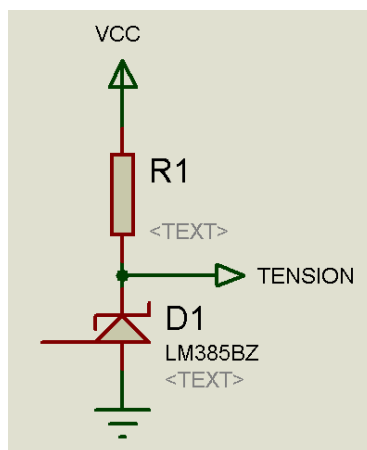


Figure 3 : schéma électrique préliminaire du LM385BZ-1.2

Le dimensionnement de la résistance R1 est décrit dans le chapitre « 3. Conception détaillée » de ce présent document.

#### Référence de pré-conception: CPR05

**Rédacteur :** F. AUGEREAU

**Rellecteur :** L. THEOLIER

**Exigences client vérifiées par pré-conception :** EXIG\_BRUIT, EXIG\_ENCOMBREMENT, EXIG\_COUT

Afin de répondre à l'exigence EXIG\_BRUIT, il a été retenu un microcontrôleur 8 bits avec une gamme basse d'alimentation (1,8V => 5,5V). De plus, l'utilisation d'un oscillateur interne est souhaitable afin de minimiser la place et le coût (puisque la tolérance en fréquence exigée est confortable).

Le microcontrôleur retenu est un ATTINY45V d'ATMEL dont l'encombrement (DIP8) et le coût (~2€) sont faibles.

La génération de l'information « Bruit » est réalisée à l'aide d'un algorithme de type PRNG 16 bits dont l'avancement successif est cadencé par un timer du MCU. La configuration du timer est directement associée à la valeur de tension d'alimentation mesurée par l'ADC du MCU (cf § CPR04).

#### Référence de pré-conception: CPR06

**Rédacteur :** F. AUGEREAU

**Rellecteur :** L. THEOLIER

**Exigences client vérifiées par pré-conception : EXIG\_CHARGE**

Afin de répondre à l'exigence EXIG\_CHARGE, il a été retenu d'utiliser le MCU retenu précédemment (Cf § CPR05).

Un algorithme est intégré au MCU sur la base de comparaisons logicielles (branchements conditionnels) en lien direct avec la valeur de tension d'alimentation mesurée par l'ADC du MCU (cf § CPR04).

**Référence de pré-conception: CPR07**

**Rédacteur :** F. AUGEREAU

**Relecteur :** L. THEOLIER

**Exigences client vérifiées par pré-conception :** EXIG\_CLIGNOTE, EXIG\_ALLUMAGES, EXIG\_INTENSITES

Afin de répondre à l'exigence EXIG\_CLIGNOTE, il a été retenu d'utiliser un NE555P.

Un NE555 peut être utilisé dans différents types de montages comme mentionné dans sa datasheet. Afin de générer un signal rectangulaire, il convient d'exploiter le NE555 dans un montage astable.

La datasheet met en évidence que la sortie du NE555 est en logique négative. Dit autrement, ce type de montage ne permet pas d'avoir des temps à l'état haut plus petits que ceux à l'état bas. La LED jaune est donc montée en logique négative (cathode reliée à la sortie du NE555 via une résistance). Afin que la LED jaune ne s'allume que lorsque l'information « Chargé » est active, il convient de relier l'anode de la LED jaune au signal « Chargé ».

L'ajout en série d'une résistance à la LED a pour objectif de maîtriser son courant électrique. La datasheet de la LED jaune retenue MCL034SYC nous montre que l'intensité électrique de la LED est liée directement (quasi-proportionnelle) à l'intensité lumineuse produite. La résistance permet ainsi de maîtriser l'intensité lumineuse de la LED en accord avec le cahier des charges.

En accord avec le paragraphe « 8.3.2 A-stable Operation » de la datasheet du NE555, le schéma électrique préliminaire retenu est donc le suivant.

systeme Sonore et Lumineux  
pour Rafale miniature

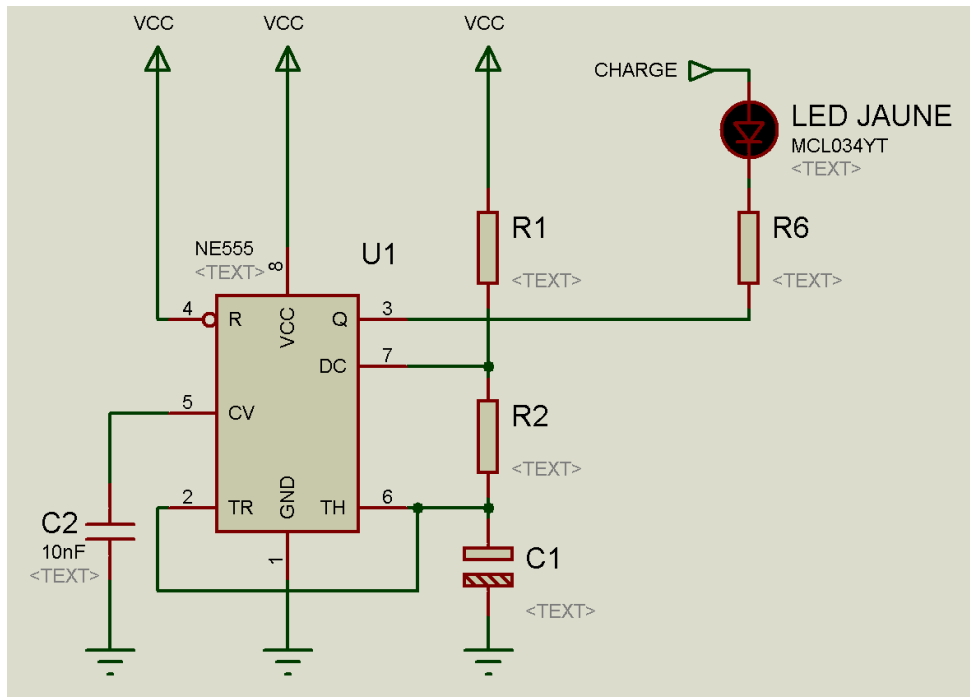


Figure 4 : schéma électrique préliminaire du NE555P et du MCL034SYC

Le signal de sortie en broche 3 du NE555 est le signal « Clignote ». Le chronogramme attendu de ce signal est le suivant :

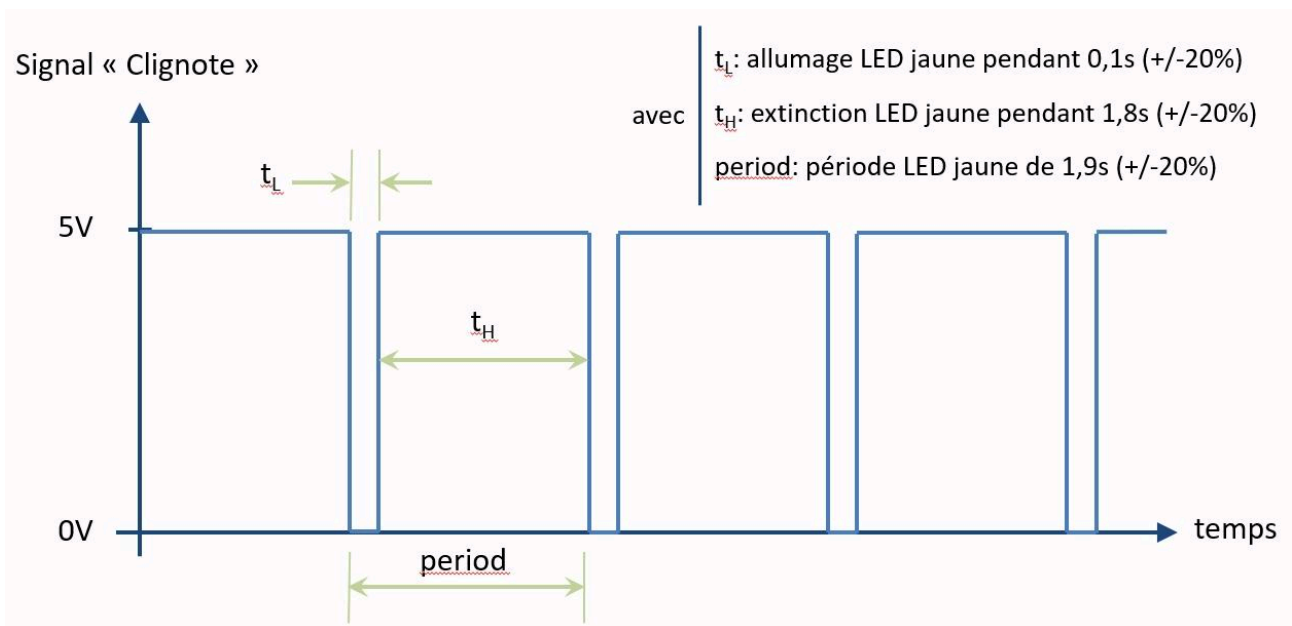


Figure 5 : chronogramme du signal « Clignote »

Les dimensionnements des résistances R1, R2 et C1 ainsi que R6 sont décrits dans le chapitre « 3. Conception détaillée » de ce présent document.

**Référence de pré-conception: CPR08**

**Rédacteur :** F. AUGEREAU

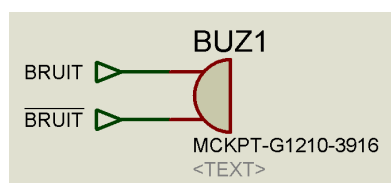
**Relecteur :** L. THEOLIER

**Exigences client vérifiées par pré-conception :** EXIG\_RETENTISSEMENT, EXIG\_ENCOMBREMENT, EXIG\_COUT

Afin de répondre à l'exigence EXIG\_RETENTISSEMENT, il a été retenu d'utiliser un buzzer piézoélectrique, car les buzzer piézoélectrique ont un bon compromis taille, intensité sonore, consommation électrique.

De plus, afin d'accroître le volume sonore du buzzer, l'information « Bruit » a été utilisée pour créer son complément « Bruit ». Chaque information pilote respectivement d'une des 2 broches du buzzer. Ceci a pour conséquence de doubler l'amplitude crête-à-crête du signal électrique (par rapport au câblage « Bruit » + masse) envoyé au buzzer. Cette solution a également pour avantage de fournir une tension au buzzer toujours moyennement nulle. Cela économise (en place et coût) ici l'utilisation d'un condensateur de liaison.

En accord avec la datasheet du buzzer, le schéma électrique préliminaire retenu est donc le suivant.



**Figure 6 : schéma électrique préliminaire du buzzer MCKPT-G1210-3916**

**Référence de pré-conception: CPR09**

**Rédacteur :** F. AUGEREAU

**Relecteur :** L. THEOLIER

**Exigences client vérifiées par pré-conception :** EXIG\_ALLUMAGES, EXIG\_INTENSITES

Afin de répondre à l'exigence EXIG\_ALLUMAGES, des LEDs rouge et verte de 3mm MCL034RHC et MCL034SGC. Afin de répondre à l'exigence EXIG\_INTENSITES, chacune des LEDs est associée à une résistance afin de maîtriser leur courant électrique. Les datasheets des LEDs nous montrent que l'intensité électrique des LEDs est directement liée (quasi-proportionnelle) à l'intensité lumineuse produite. La résistance mise en série avec chacune des LEDs permet ainsi de maîtriser l'intensité lumineuse de la LED en accord avec le cahier des charges.

L'allumage des LEDs étant constant tel que requis par l'exigence EXIG\_ALLUMAGES, le montage électrique retenu est donc alimenté par une tension continue : la tension d'alimentation. Le schéma électrique préliminaire est le suivant.

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : SLR_DDC_EQ00 Révision :1 – 18/09/2023	9/21
----------------------------------	--	------

systeme Sonore et Lumineux  
pour Rafale miniature

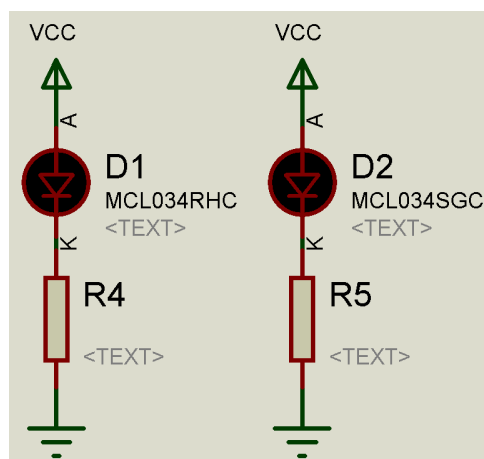


Figure 7 : schéma électrique préliminaire des étages à LEDs rouge et vert

Les dimensionnements des résistances R4 et R5 sont décrits dans le chapitre « 3. Conception détaillée » de ce présent document.

**Référence de pré-conception: CPR10**

**Rédacteur :** F. AUGEREAU

**Relecteur :** L. THEOLIER

**Exigences client vérifiées par pré-conception :** EXIG\_COUT

Afin de répondre à l'exigence EXIG\_COUT, une estimation préliminaire du coût d'un prototype a été réalisée.

Désignation	Coût unitaire TTC	Quantité	Coût cumulé TTC
Supercondensateur	4,50	1	4,50
Réf. de tension	1,50	1	1,50
MCU	3,00	1	3,00
Astable	0,50	1	0,50
LED	0,50	3	1,50
Buzzer	1,00	1	1,00
Résistances	0,05	7	0,35
Condensateurs	0,50	3	1,50
Circuit Imprimé	2,00	1	2,00
<b>Coût Total TTC</b>			<b>15,85€</b>

Figure 8 : estimation préliminaire du coût d'un prototype

L'estimation préliminaire nous montre que le prototype a une marge de 4,15€ par à l'exigence EXIG\_COUT, ce qui représente une marge d'un peu plus de 20 %.

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : SLR_DDC_EQ00 Révision :1 – 18/09/2023	10/21
----------------------------------	--	-------

### 3. Conception détaillée du produit

Ce chapitre détaille la conception du produit développé. Il constitue une preuve de la conformité du produit. Chaque paragraphe de cette étude fait donc clairement référence aux exigences client issues du [CDC].

#### 3.1. Conception détaillée du système sonore et lumineux

Chaque bloc fonctionnel doit faire l'objet d'un chapitre de conception détaillé, présenté comme suit.

**Référence de conception :** CDT01

**Rédacteur :** F. AUGEREAU

**Relecteur :** L. THEOLIER

**Exigences client vérifiées :** toutes

A la suite de la conception préliminaire, l'activité de conception détaillée a été menée. Comme décidé précédemment (cf § CPR02), le « système sonore et lumineux » est constitué de 2 cartes. Les schémas électriques complets des 2 cartes sont fournis ci-dessous.

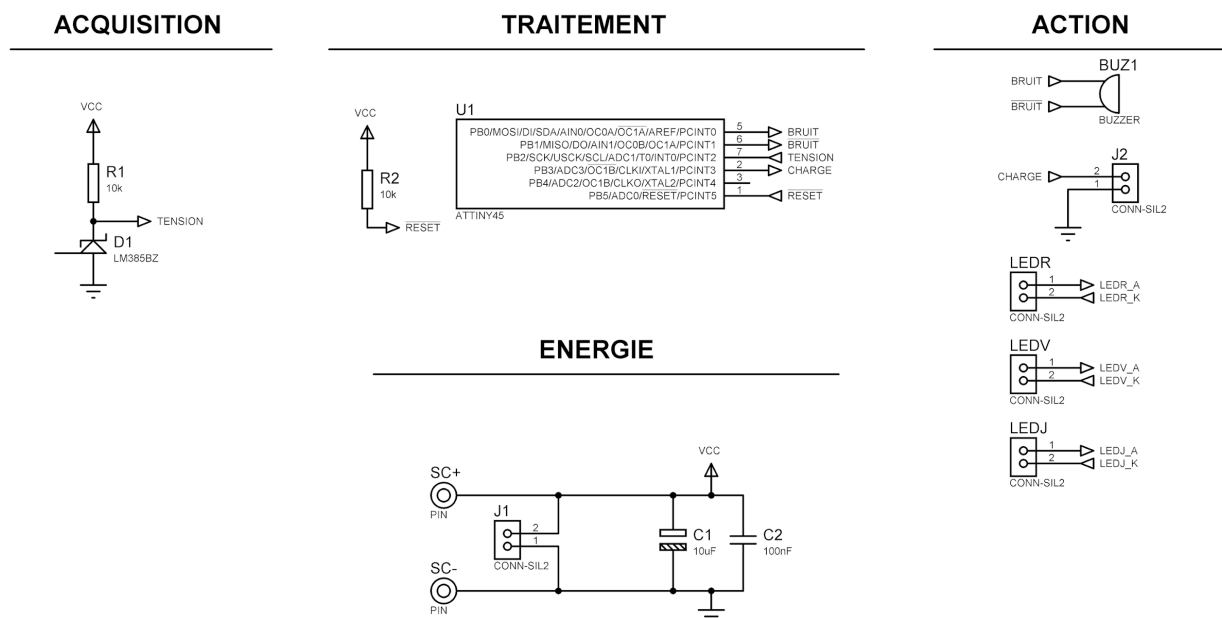
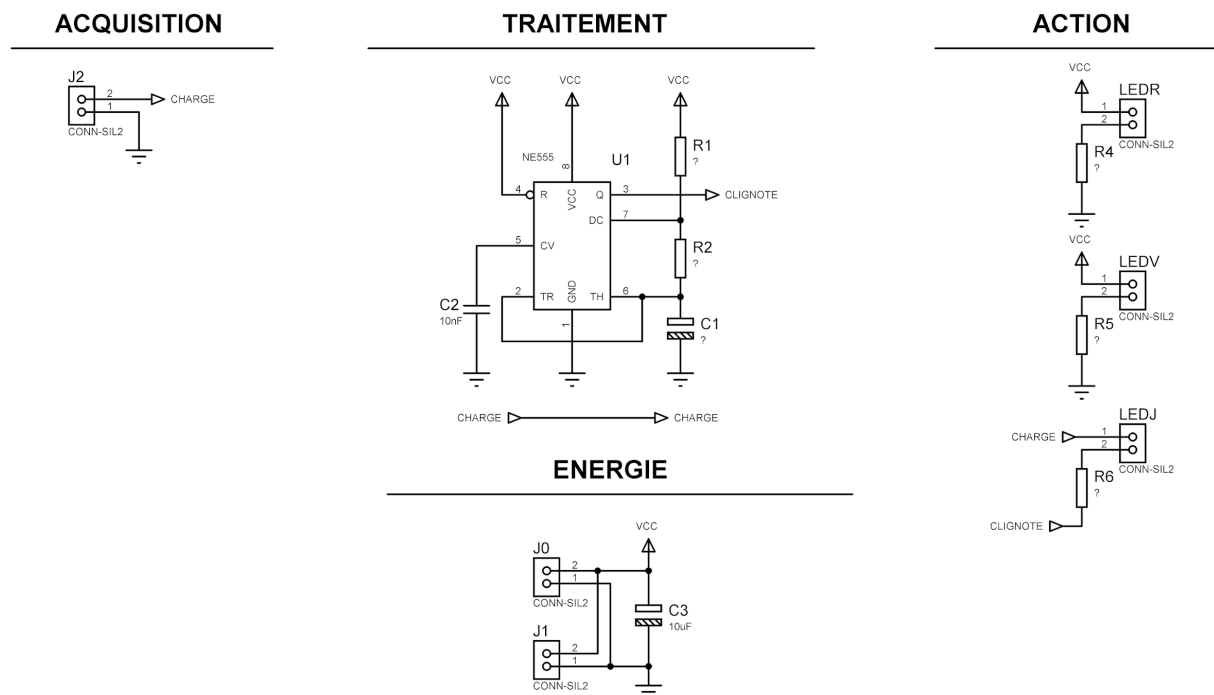


Figure 9 : schéma électrique de la « carte son »

## système Sonore et Lumineux pour Rafale miniature



**Figure 10 : schéma électrique de la « carte lumière »**

**Référence de conception : CDT02**

**Rédacteur : F. AUGEREAU**

**Relecteur : L. THEOLIER**

**Exigences client vérifiées : EXIG\_TENSION**

En accord avec la conception préliminaire (cf § CPR04), une référence de tension LM385BZ-1.2 et l'ADC d'un ATTINY45V sont utilisés pour effectuer la mesure de tension d'alimentation. Le schéma électrique complet de l'étage est le suivant.

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : SLR_DDC_EQ00 Révision :1 – 18/09/2023	12/21
----------------------------------	--	-------

systeme Sonore et Lumineux  
pour Rafale miniature

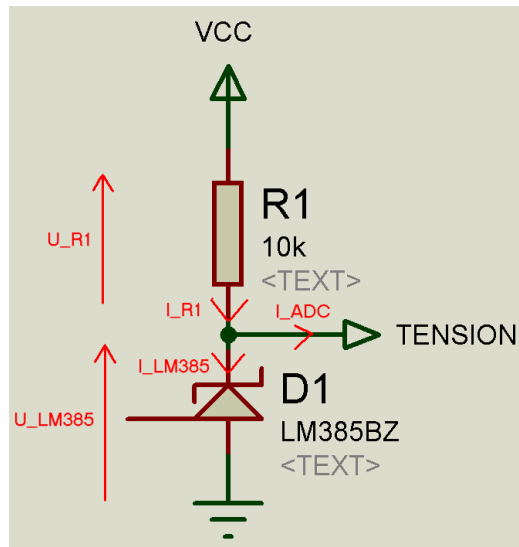


Figure 11 : schéma électrique détaillé du LM385BZ-1.2

Le dimensionnement de la résistance R1 est effectué de la manière suivante.

En s'appuyant sur la datasheet du LM385BZ-1.2 (cf figure 10), le courant minimal de fonctionnement de la référence de tension est

$$I_{LM385min} = 10\mu A.$$

En analysant le schéma électrique (cf figure 9), on constate que

$$I_{LM385} = I_{R1} - I_{ADC}.$$

En parcourant la datasheet de l'ATTINY (cf figure 11), on relève que dans le pire cas

$$I_{ADCmax} = 1\mu A.$$

On en déduit donc que

$$I_{R1min} = I_{LM385min} + I_{ADCmax} = 11\mu A$$

En s'appuyant sur la datasheet du LM385BZ-1.2 (cf figure 10), on relève que

$$U_{LM385} = 1,235V$$

Puisque

$$VCC = U_{LM385} + U_{R1} \text{ et } U_{R1} = R1 * I_{R1}$$

Alors

$$R1max = (VCC - U_{LM385}) / I_{R1min}$$

Ou encore

$$R1max = (VCC - U_{LM385}) / (I_{LM385min} + I_{ADCmax})$$

système Sonore et Lumineux  
pour Rafale miniature

Le moment où le courant  $I_{LM385}$  sera minimal sera le cas où la tension  $V_{CC}$  sera minimale. Comme exigé par le cahier des charges (EXIG\_AUTONOMIE), la tension minimale de fonctionnement du « système sonore et lumineux » est de 1,8V.

Après application numérique

$$R1_{max} = 51,3k$$

En accord avec le HTUT GEII Bordeaux « Comment transformer une valeur théorique de résistance en une valeur normalisée ? », la résistance  $R1$  retenue est donc une résistance 10k série E6 +/-20 %.

**FEATURES**

- $\pm 1\%$  and  $2\%$  Initial Tolerance
- **Operating Current of  $10\mu A$  to  $20mA$**
- $1\Omega$  Dynamic Impedance
- Low Temperature Coefficient
- **Low Voltage Reference— $1.235V$**
- 2.5V Device and Adjustable Device Also Available
- LM185-2.5 Series and LM185 Series, respectively

**Figure 12 : datasheet LM385BZ-1.2**

**18.2 DC Characteristics**

**Table 18-1.** DC Characteristics,  $T_A = -40^\circ C$  to  $+85^\circ C$

Symbol	Parameter	Condition	Min.	Typ. <sup>(1)</sup>	Max.	Units
$I_{LIL}$	Input Leakage Current I/O Pin	$V_{CC} = 5.5V$ , pin low	-1		1	$\mu A$
$I_{LIH}$	Input Leakage Current I/O Pin	$V_{CC} = 5.5V$ , pin high	-1		1	$\mu A$

**Figure 13 : datasheet ATTINY45V – Courant de fuite de l'ADC**

Pour terminer, on doit également s'assurer que lorsque la tension d'alimentation est maximale, le courant circulant dans la référence de tension.

L'exigence EXIG\_AUTONOMIE mentionne que

$$V_{CCmax} = 5,4V$$

Pour ne pas endommager le LM385, sa datasheet (cf figure 10) mentionne que

$$I_{LM385max} < 20mA$$

En exploitant les formules précédentes, on obtient

$$I_{LM385max} = (V_{CCmax} - V_{LM385}) / R1 - I_{ADCmin}$$

Après application numérique

$$I_{LM385max} = 428\mu A \text{ et donc inférieur à } 20mA$$

Le dimensionnement de R1 est donc correct vis à vis des exigences du cahier des charges et des contraintes de la datasheet du LM385BZ-1.2

**Référence de conception : CDT03**

**Rédacteur : Mathis BROUSSE ET Mathéo GRILLET**

**Relecteur : Mathis BROUSSE ET Mathéo GRILLET**

**Exigences client vérifiées : EXIG\_CLIGNOTE**

Nous avons pour mission de travailler sur l'exigence CLIGNOTE du cahier des charges.

Extrait du cahier des charges:

**Descriptif de l'exigence :** *Le « système sonore et lumineux » intègre un cœur de traitement qui génère l'information « Clignote » suivante :*

*\* « Clignote » : information sous une forme binaire rectangulaire uniquement si l'information « Chargé » est active. Dans le cas contraire, l'information générée est constante et nulle. Les caractéristiques de la forme binaire rectangulaires sont :*

*\* période : 1,9s (+/-20%)*

*\* temps actif : 0,1s (+/-20%)*

D'après la conception préliminaire il est exigé de travailler avec un timer NE555 qui fonctionne selon un étage astable à l'aide de résistances notées Ra et Rb et d'un condensateur noté C, nous chercherons par la suite à dimensionner ces composants. De plus, il est indiqué que le timer NE555 fonctionne selon une logique négative, c'est-à-dire qu'il fonctionne lorsque le signal se situe en partie basse.

**Calcul des résistances et condensateur théoriques**

D'après la Datasheet du timer NE555 nous utiliserons les formules suivantes:

$$t_H = 0.693(R_A + R_B)C$$

$$t_L = 0.693(R_B)C$$

Données recherchées : Rb, Ra, C

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : SLR_DDC_EQ00 Révision :1 – 18/09/2023	15/21
----------------------------------	--	-------

système Sonore et Lumineux  
pour Rafale miniature

- (1)  $t(\text{low}) = 0.693 * R_b * C$  ; ici le  $t(\text{low})$  correspond au temps où le signal se situe à l'état bas  
(2)  $t(\text{high}) = 0.693 * (R_a + R_b) * C$  ; de la même manière  $t(\text{high})$  correspond à l'état haut

Afin de dimensionner les composants inconnus nous avons fixé dans un premier temps la valeur du condensateur à  $C = 100\mu\text{F}$ , ce qui correspond à une valeur moyenne. Nous avons donc déterminé par la suite les valeurs de  $R_a$  et  $R_b$  afin de conclure quant à la cohérence de la valeur  $C$ . (D'après la ressource 2 du département GEII de l'IUT de Bordeaux)

D'après l'exigence CLIGNOTE du cahier des charges nous souhaitons que la lumière soit éteinte pendant 0.1 sec donc que  $t(\text{low}) = 0.1$

D'après l'équation (1) :  $R_b = t(\text{low})/0.693 * C$

L'application numérique nous donne:

$$R_b = 1443 \Omega$$

Le cahier des charges nous impose une précision de +/-20% pour l'état bas. L'état bas étant fonction de la résistance. On choisira donc une résistance de +/- 10 % de la catégorie **E6**. La résistance la plus proche de cette catégorie est celle ayant pour valeur **1500  $\Omega$** . Cette résistance respectera donc les 20 % réclamé par le cahier des charges. (D'après la ressource 1 du département GEII de l'IUT de Bordeaux)

D'après l'exigence concernant la période qui doit être égale à 1.9s nous pouvons déduire la valeur  $t(\text{high}) = 1.8\text{s}$

D'après l'équation (2) on obtient :

$$R_a = (t(\text{high})/0.693 * C) - R_b$$

L'application numérique nous donne:

$$R_a = 24\,531 \Omega$$

Le cahier des charges nous impose une précision de +/-20% pour l'état haut. L'état haut étant fonction de la résistance. On choisira donc une résistance de +/- 10 % de la catégorie **E6**. La résistance la plus proche de cette catégorie est celle ayant pour valeur **22 000  $\Omega$** . Cette résistance respectera donc les 20 % réclamé par le cahier des charges.

Nous avons donc les résistances à acheter :  $R_a = 22\,000\Omega$  série E6 ;  $R_b = 1500\Omega$  série E6

Ainsi qu'un condensateur  $C = 100\mu\text{F}$

## TRAITEMENT

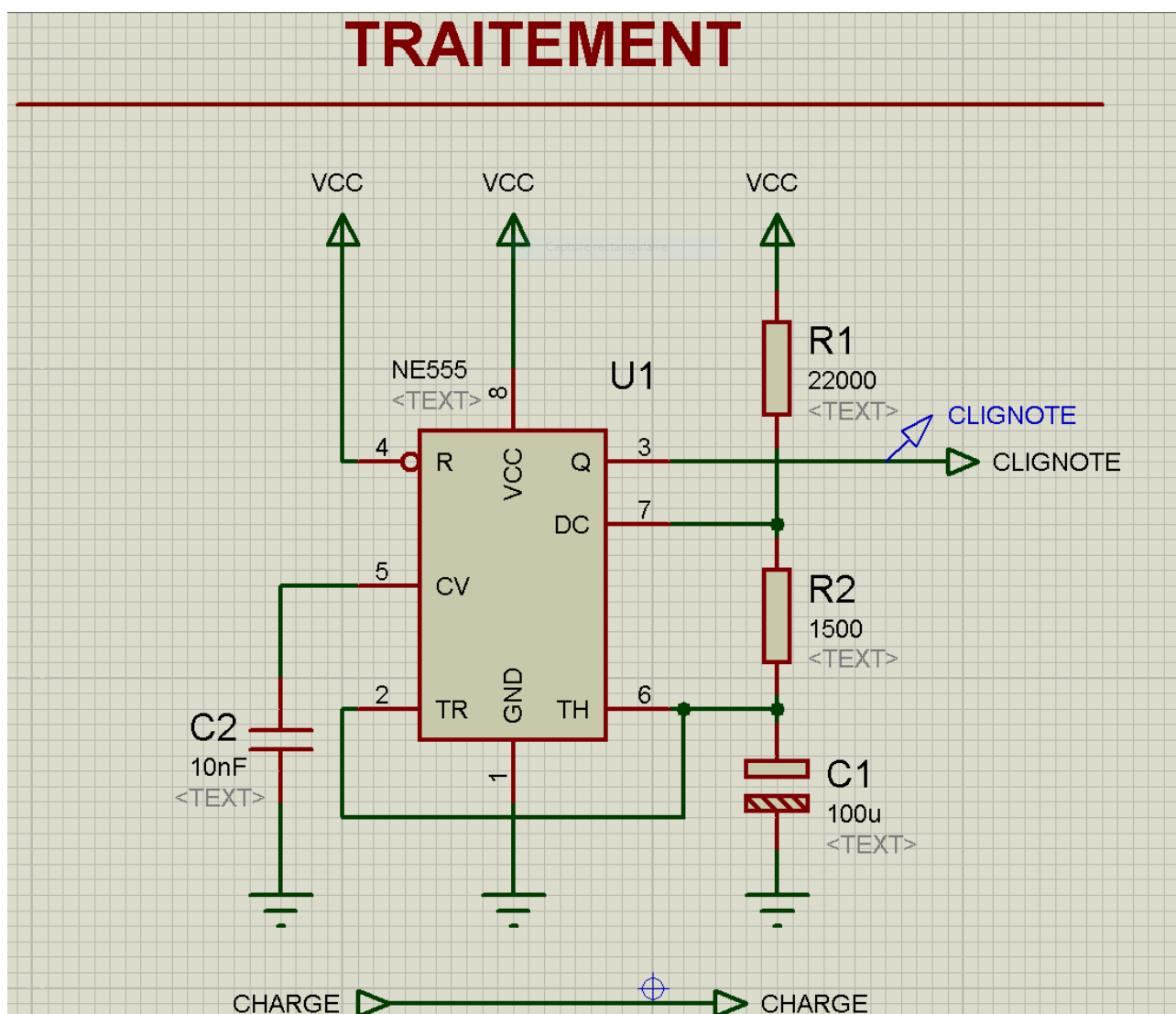


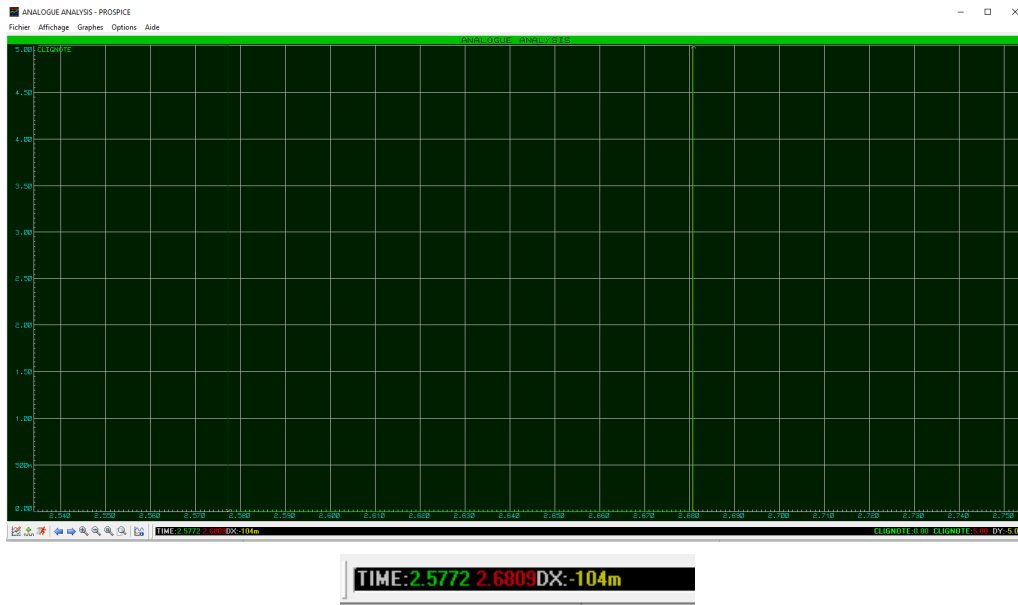
Schéma électrique de la partie traitement de signal

Sur le schéma ci-dessus  $R1$  correspond à  $R_a$  et  $R2$  correspond à  $R_b$

Nous avons par la suite procédé à un dérisquage par des simulations sur l'outil logiciel ISIS à partir de notre schéma électrique.

Dans un premier temps nous avons vérifié la conformité du temps d'allumage par une simulation, voir ci-dessous les résultats.

## ystème Sonore et Lumineux pour Rafale miniature



Chronogramme du temps d'allumage de la DEL par simulation

Valeur mesurée = 104 ms = 0.104 s

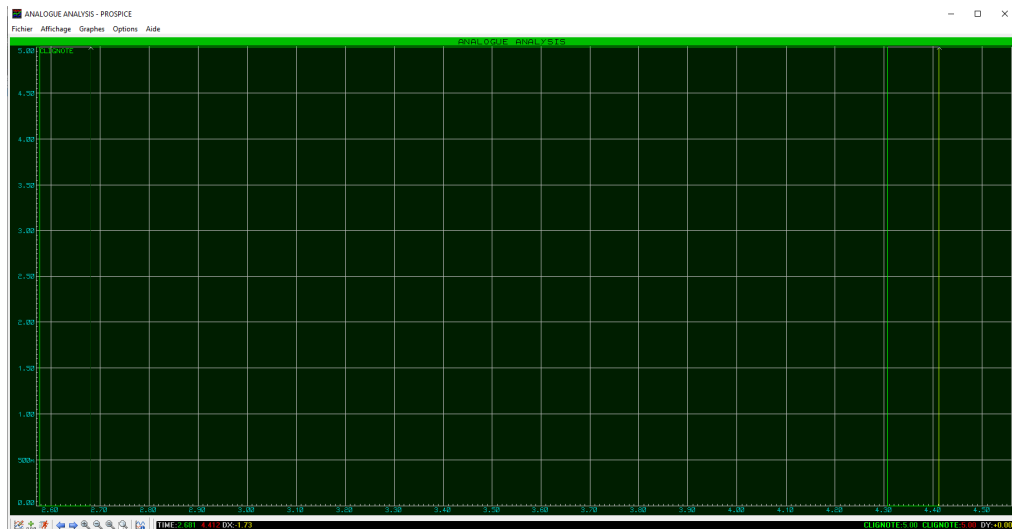
D'après la formule de l'erreur relative :

$$\text{Erreur relative} = (\text{Valeur mesurée} - \text{Valeur attendue}) / \text{Valeur attendue}$$

Nous obtenons une erreur de **+4%** pour la durée pour laquelle la DEL est allumée.

Cette valeur étant comprise dans l'intervalle +/-20% (imposée par le cahier des charges) elle est donc validée.

## systeme Sonore et Lumineux pour Rafale miniature



TIME: 2.681 4.412 DX: -1.73

Chronogramme d'une période (allumée et éteinte) par simulation

Valeur mesurée = 1.73 s

En ré-utilisant la formule de l'erreur relative:

Nous obtenons une erreur de **-8,9%** pour la période (allumée et éteinte).

Cette valeur étant comprise dans l'intervalle  $\pm 20\%$  (imposée par le cahier des charges) elle est donc validée.

Nous concluons par ce dérisquage que les valeurs des composants dimensionnés sont validés pour notre montage. Nous devons donc acheter une résistance  $R_a = 22\ 000\ \Omega$  série E6 ; une résistance  $R_b = 1500\ \Omega$  série E6 ; un condensateur  $C = 100\ \mu\text{F}$  ; un timer NE555.

**Référence de conception : CDT05**

**Rédacteur : F. AUGEREAU**

**Relecteur : L. THEOLIER**

**Exigences client vérifiées : EXIG\_AUTONOMIE**

En accord avec la conception préliminaire (cf § CPR03), un supercondensateur 5,4V est utilisé en tant qu'accumulateur d'énergie.

La loi fondamentale du condensateur (rappelée dans le HTUT GEII BDX « Comment dimensionner ses condensateurs de découplage ») est la suivante

$$I_c = C * dV_c / dt$$

ce qui nous donne la formule de dimensionnement du condensateur suivante

$$C = I_c * dt / dV_c$$

$I_c$  est ici la somme des courants consommés par le « système sonore et lumineux »

$dt$  est la durée d'autonomie exigée par le cahier des charges : 60s (EXIG\_AUTONOMIE)

$dV_c$  est la variation de tension d'alimentation acceptée par le cahier des charges :  $5,0 - 1,8 = 3,2V$  (EXIG\_AUTONOMIE)

Il faut maintenant analyser les courants consommés. Une synthèse est apportée dans le tableau suivant.

Désignation	Courant pic	Rapport cyclique	Courant moyen
Référence de tension	428 $\mu$ A	1,0	428 $\mu$ A
Microcontrôleur	5mA	1,0	5mA
LED rouge	2,6mA	1,0	2,6mA
LED verte	7,7mA	1,0	7,7mA
NE555	3mA	1,0	3mA
LED jaune	6,7mA	0,1/1,9	351 $\mu$ A
Buzzer	1,67mA	1,0	1,67mA
		$I_c =$	20,8mA

Après application numérique sur la formule précédente, on obtient la valeur de super-condensateur minimale suivante.

$$C_{min} = 0,39F$$

En analysant les super-condensateurs disponibles à la vente chez Farnell, le super-condensateur 5,4V de 1F a été retenu.

En retournant la formule dans un sens différent, on obtient :

$$dt = C * dV_c / I_c$$

systeme Sonore et Lumineux  
pour Rafale miniature

on peut alors estimer que l'autonomie du « système sonore et lumineux » avec un super-condensateur de 1F est de

$$dt = 153s$$

Le dimensionnement du supercondensateur est donc conforme à l'exigence EXIG\_AUTONOMIE du cahier des charges.