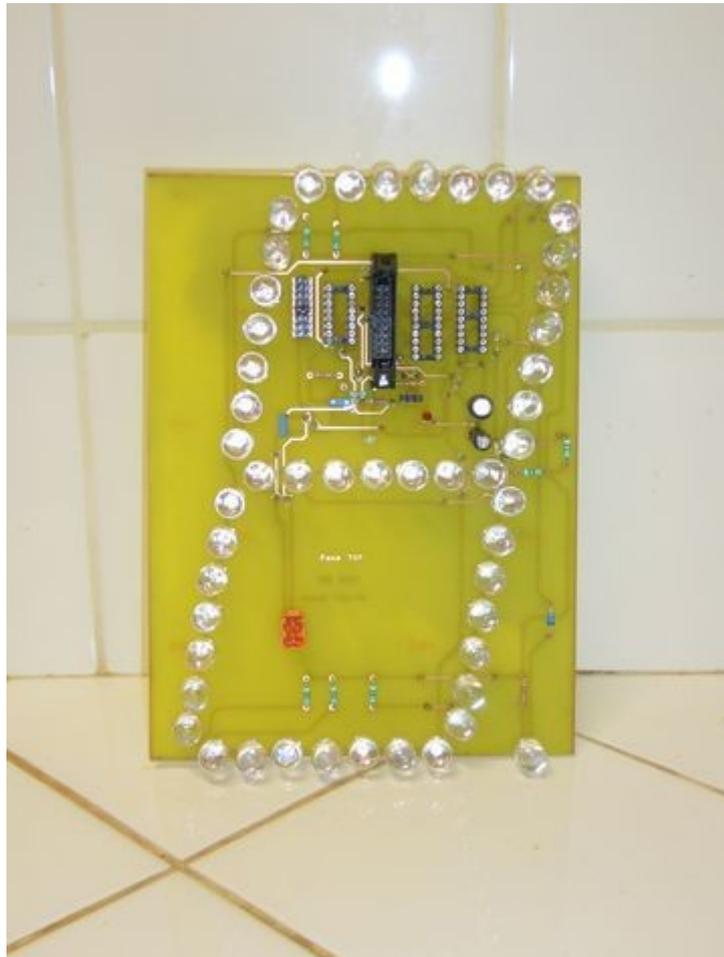


Université François-Rabelais de Tours

Institut Universitaire de Technologie de Tours

Département Génie Électrique et Informatique Industrielle

Afficheurs 7 segments à LEDs Géant



Michaël JOLLAIN
Thomas HUESO
2^{ème} Année – Q2
Promotion 2006/2008

Enseignant :
M. Thierry LEQUEU
M. BRUN

Université François-Rabelais de Tours

Institut Universitaire de Technologie de Tours

Département Génie Électrique et Informatique Industrielle

Afficheurs 7 segments à LEDs Géant

Michaël JOLLAIN
Thomas HUESO
2^{ième} Année – Q2
Promotion 2006/2008

Enseignant :
M. Thierry LEQUEU
M. BRUN

Table des matières

Introduction.....	4
1.Présentation du projet.....	5
1.1.Le cahier des charges.....	5
1.2.Le planning.....	6
1.3.Analyse techniques du projet.....	7
2.L'étude de l'afficheur.....	7
2.1.L'étude préliminaire.....	7
2.2.Schéma fonctionnel de niveau 1.....	11
2.3.Nomenclature.....	12
3.L'afficheur : tests et problèmes.....	13
3.1.Tests et validation de l'afficheur.....	13
3.2.Problèmes rencontrés et améliorations.....	14
Conclusion.....	15
Résumé.....	16
Bibliographie.....	18
Annexes.....	19

Introduction

Notre sujet d'étude et réalisation porte sur l'afficheur à led dit « géant »

Ce projet répond à la demande du club e-Kart[1] du département GEII : nous devons fabriquer un afficheur 7 segments qui devra être visible, lors d'une course de Kart électriques, jusqu'à une distance de 50 mètres.

L'ensemble de quatre afficheurs constituera un chronomètre géant qui affichera le temps mis par le Karting pour parcourir 50 m.

La contrainte majeure est donc la visibilité des chiffres, affichés à 50 m.

1. Présentation du projet

1.1. Le cahier des charges

Voici les points qui seront à respecter pour le projet :

- Afficheurs : inclinaison de 10° des segments verticaux pour l'esthétisme,
- Nombre de LEDs : 50 LEDs par afficheur
- Circuit imprimé : $200 * 146$ mm
- Un segment : 7 LEDs en séries
- LED \varnothing 10 mm : $V_f=1,9V$ / $I_f=20mA$ 14 candela
- Intensité lumineuse réglable des segments avec alimentation réglable
- Alimentation : 15 V à 17V
- Segments à anode commune

Une fois le premier afficheur fabriqué, il suffira de le dupliquer trois fois pour constituer le chronomètre.

Une autre contrainte vient s'ajouter : cet afficheur sera dehors, il sera donc nécessaire de le protéger de la pluie. Nous n'aurons certainement pas le temps de nous en occuper.



Illustration 1: Vue de côté de l'afficheur finale (Photo personnelle)

1.2. Le planning

Semaine	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3
Sujet	■							V		-						V	V		
Cahier des charges + Planning	■	■						V		-						V	V		
● Étude + Calcul des valeurs des composants			■	■				V		-						V	V		
Typon				■	■	■		V		-						V	V		
				1	1	1			2		2								
Fabrication de la carte							■	V	■	-						V	V		
						1	1					2	2	2					
Test de la carte								V	■	-	■					V	V		
							■		■		■								
Réalisation des 3 autres afficheurs								V		-	■	■				V	V		
Préparation du dossier								V		-			■	■		V	V		
						■	■						■	■					
Oral								V		-					■	V	V	■	
															■			■	

■ Planning prévu

■ Planning réel

1 Typon et fabrication du prototype

2 Typon et fabrication de l'afficheur final

Le planning de la page précédente possède des irrégularités du fait que nous avons eu des problèmes techniques qui seront exposés dans la partie 3.2 de ce rapport.

1.3. Analyse techniques du projet

Au début nous avons commencé à chercher le type de led que nous allions utiliser.

Nous avons comparé l'intensité lumineuse qu'émettent à 20 mA les différentes led de 5 mm, 10 mm, de couleur rouge, bleu ...

Nous avons choisi d'utiliser les leds rouges de 10 mm de diamètre[2]³. Leur grand diamètre permettra de faire une rangée au lieu de 2. Un autre groupe a choisi de prendre les leds de 5 mm. A la fin du projet, nous devons comparer les deux solutions et choisir la meilleure.

Nous avons aussi commencé à dessiner l'organisation des leds et des segments sur une carte de 200x120 (mm²). Nous avons essayé de garder les proportions d'un afficheur du commerce (100x60).

Les segments verticaux seront inclinés de 10° par rapport à la verticale pour plus d'esthétisme, ce qui a augmenté les dimensions de la carte : 225x145⁴

Il est important que les leds ne se touchent pas lorsqu'elles seront soudées, ainsi le faisceau de chaque Led partira perpendiculaire à la surface du circuit imprimé, en conséquence la luminosité sera homogène au loin.

Horizontalement, l'espacement entre deux leds est de 1 pas et entre les deux pattes les plus proches, il est de 4 pas.

Verticalement, l'espacement entre les deux pattes les plus proches est de 5 pas. Cette disposition sera peut-être amenée à être changé suivant le résultat obtenu avec le logiciel Orcad.

2. L'étude de l'afficheur

2.1. L'étude préliminaire

La led de Toshiba[2], peut être utilisée avec un courant de 20 à 30 mA, d'après la documentation fournit Radiospares[2], sans dommages : au-delà de 30 mA, la diode vieillira plus vite. Le courant maximal supporté par la led est : $I_{Fmax} = 50 \text{ mA}$.

L'angle d'ouverture du faisceau est de 4° : ce qui est intéressant dans notre cas puisqu'on veut que le faisceau aille loin sans perdre trop de puissance.

3 cf. annexe 7 p27. p28. p29.

4 cf. annexe 1

Calcul du diamètre d sur lequel se répartie la lumière :

$$d = l * \tan(4\pi/180) = 3,5 \text{ m} \quad \text{si } l = 50 \text{ m}$$

Toute la puissance est répartie sur un cercle de 3,5 m de diamètre, ce qui peut paraître petit mais en plein jour : cette distance n'est pas négligeable.

Le premier schéma que nous avons proposé était celui⁵ sans la diode zener pour le point.

Pour régler l'intensité lumineuse, nous avons pensé à utiliser un potentiomètre à réglage commun mais cela n'existe probablement pas et serait trop encombrant alors nous avons décidé de modifier le schéma en plaçant le réglage de l'intensité dans la branche commune aux segments. Le réglage de l'intensité se serait fait en plaçant une résistance en parallèle à l'aide d'un interrupteur.

Mais après avoir calculé la valeur de tous les composants, nous nous sommes rendu compte que ce schéma ne fonctionnait que pour afficher le chiffre 8.

C'est pourquoi nous sommes revenus par la suite au premier schéma électrique.

Le réglage de l'intensité lumineuse se fera par un changement de tension de l'alimentation : qui sera réglable par une résistance ajustable sur la carte d'alimentation réalisé par un autre groupe.

Notre objectif maintenant est de calculer les valeurs de R, R1, et la seconde tension d'alimentation :

$$\text{pour } V_{cc} = 15V : I_F = 20 \text{ mA} \quad I_v = 15 \text{ 000 mCd}$$

$$\text{pour } V_{cc} = U_0 : I_F = 30 \text{ mA} \quad I_v = 20 \text{ 000 mCd}$$

Dans le schéma, on a 50 leds répartie en 7 segments de 7 LEDs et un point composé d'une LED. On a 7 résistances identiques (R), une résistance (R1) et une diode zener (Vz).

Dimensionnement :

- Calcul pour $V_{cc} = + 15V$: courant nominal d'une led $I_f / V_f = 20\text{mA} / 1,9V$
 - $R = \frac{(15 - 7 * 1,9)}{20E-3} = 85 \Omega$, en valeur normalisée : série E24 **$R = 91 \Omega$**
 - Recalcule du courant avec $R = 91 \Omega$: $I = \frac{(15 - 7 * 1,9)}{91} = 18,7 \text{ mA}$
 - Puissance dissipée par R : $P_{\text{max}} = 91 * (30E-3)^2 = 0,082 \text{ W} < \frac{1}{4} \text{ W}$
R sera de $\frac{1}{4} \text{ W}$

Remarque : on prend $I = 30 \text{ mA}$ pour une surestimation, au cas où ce courant de 30 mA pourrait être utilisé pour l'augmentation lumineuse des leds.

5 cf. annexe 2 p22.

→ Premier calcul de R1 (sans la diode zener)

$$R1 = \frac{(15 - 1,9)}{20E-3} = 655 \Omega, \text{ en valeur normalisée : série E48 } \underline{R1=649 \Omega}$$

- Calcul de la seconde tension d'alimentation Vcc, qui permettra d'augmenter l'intensité lumineuse: $V_{cc} = U_R + 1,95 * 7$ car à $I_f = 30\text{mA}$ on a $V_f = 1,95 \text{ V}$

$$V_{cc} = 30E-3 * 91 + 13,65 = 16,36 \text{ V}$$

D'où $V_{cc} = 16,4\text{V}$, pour permettre d'avoir une intensité maximale sans détériorer les leds et ainsi le courant dans une led sera de 30mA.

- Nouveau calcul de R1:

Si on garde R1 en série avec l'unique led (servant de point)

$$I = \frac{(16,4 - 1,95)}{649} = 22,3 \text{ mA} \quad \text{or } 22,3 \text{ mA} < 30 \text{ mA}$$

Donc il faut ajouter une chute de tension dans cette branche correspondant à 6 leds.

A priori une diode zener de 12 V conviendrait.

Recalcul de R1:

$$R1 = \frac{(16,4 - 1,95 - 12)}{30E-3} = 81,67 \Omega, \text{ en valeur normalisé E24 } \underline{R1= 82 \Omega}$$

$$\text{Or si } V_{cc} = +15\text{V}, I = \frac{(15 - 1,9 - 12)}{82} = 13,4\text{mA}$$

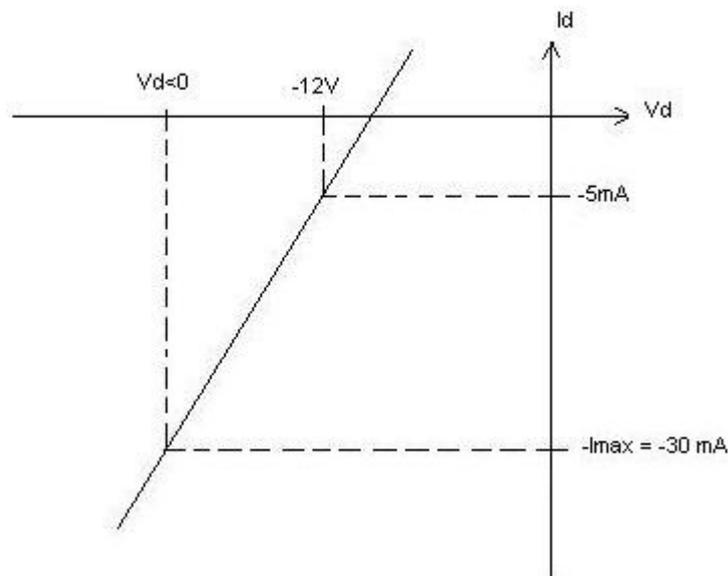


Illustration 2: Courbe caractéristique de la diode zener (Production personnelle)

Or $13,4 \text{ mA} < 20 \text{ mA}$ (valeur prévu), il y a une différence de courant et donc d'intensité.

On peut résoudre le problème avec $V_z = 11 \text{ V}$ ainsi $R_1 = 115 \Omega$ et $I = 18,3 \text{ mA}$
 $V_z = 10 \text{ V}$ ainsi $R_1 = 148 \Omega$ et $I = 20,9 \text{ mA}$

On choisit la diode zener de 10 V car celle de 11 V n'est pas en magasin, donc $R_1 = 150 \Omega$

- Calcul de la puissance de la diode zener :

→ Si $r_d = 2 \Omega$, on a $V_d = -a * I_{\max} + b \equiv -12 = 5E-3 * a + b$

$$\text{avec } a = \frac{1}{rd} = \frac{1}{2} \quad \text{d'où } b = -12 - 5E-3 * (1/2) = -12,0025 \text{ V}$$

Ainsi $V_d = -11,99 \text{ V}$

→ Si $r_d = 10$, on a $V_d = -11,998 \text{ V}$

D'où $V_z = +12 \text{ V}$ et $P_{\max} = 12 * 30E-3 = 0,36 \text{ W}$, soit $P_{\max} = 400 \text{ mW}$

Nous avons aussi commencé le typon : Le placement des leds pour respecter l'inclinaison de 10° nous a pris beaucoup de temps.

Un décalage d'un pas a été retenu pour passer d'une led à la suivante dans les segments verticaux.

Une fois imprimé, nous avons mesuré un angle de 11° : par le calcul, on trouve $\arctan(1/5) = 11,3^\circ$

Nous ne pouvons pas faire mieux, un décalage d'un demi-pas aurait donné un angle de $5,7^\circ$ ce qui n'était pas joli de loin.

La carte a changée de dimension (la graveuse ayant été changé : la bande de 2 cm ne sert plus) et nous nous sommes arrangés pour que la hauteur ne dépasse pas 200 mm.

La nouvelle dimension de la carte est de : $200 \times 143,5 \text{ mm}$

Nous avons terminé le typon : l'utilisation de straps était inévitable⁶. Ensuite nous avons gravé le circuit imprimé.

Nous avons soudé les 22 leds disponibles (3 segments + le point)

Puis nous avons réalisés les tests :

Une led dans un segment était éteinte mais laissait passer le courant car elle avait une résistance de 61Ω .

Nous avons ensuite testé pour $V_{cc} = 16,4 \text{ V}$:

6 cf. annexe 6 p6.

Effectivement, de loin on observe une augmentation de l'intensité lumineuse, le segment paraît aussi plus homogène mais la différence de luminosité avec $V_{cc} = 15V$ ne justifie pas de soumettre les leds à un courant plus important.

Donc il faudra recalculer les résistances R , car le courant est de 18,7 mA au lieu de 20 mA ou alors changer la tension d'alimentation qui sera légèrement supérieure à 15 V

Avec $R = 91 \Omega$:

si $V_{cc} = 15 V$ alors $I_f = 18,68 \text{ mA}$

si $V_{cc} = 15,12 V$ alors $I_f = 20 \text{ mA}$

Ce qui signifie que si l'alimentation n'est pas réglable, ce ne sera pas très grave

Sinon pour avoir un courant de 20 mA avec $V_{cc} = 15 V$, il faudrait une résistance de 85Ω

2.2. Schéma fonctionnel de niveau 1

Voici le schéma fonctionnel de niveau 1 de l'afficheur :



Illustration 3: Schéma fonctionnel de niveau 1 de l'afficheur (Production personnelle)

L'interface de communication est déjà existante et permet de commander les différents segments de l'afficheur.

2.3. Nomenclature

Voici le schéma électrique de l'afficheur final :

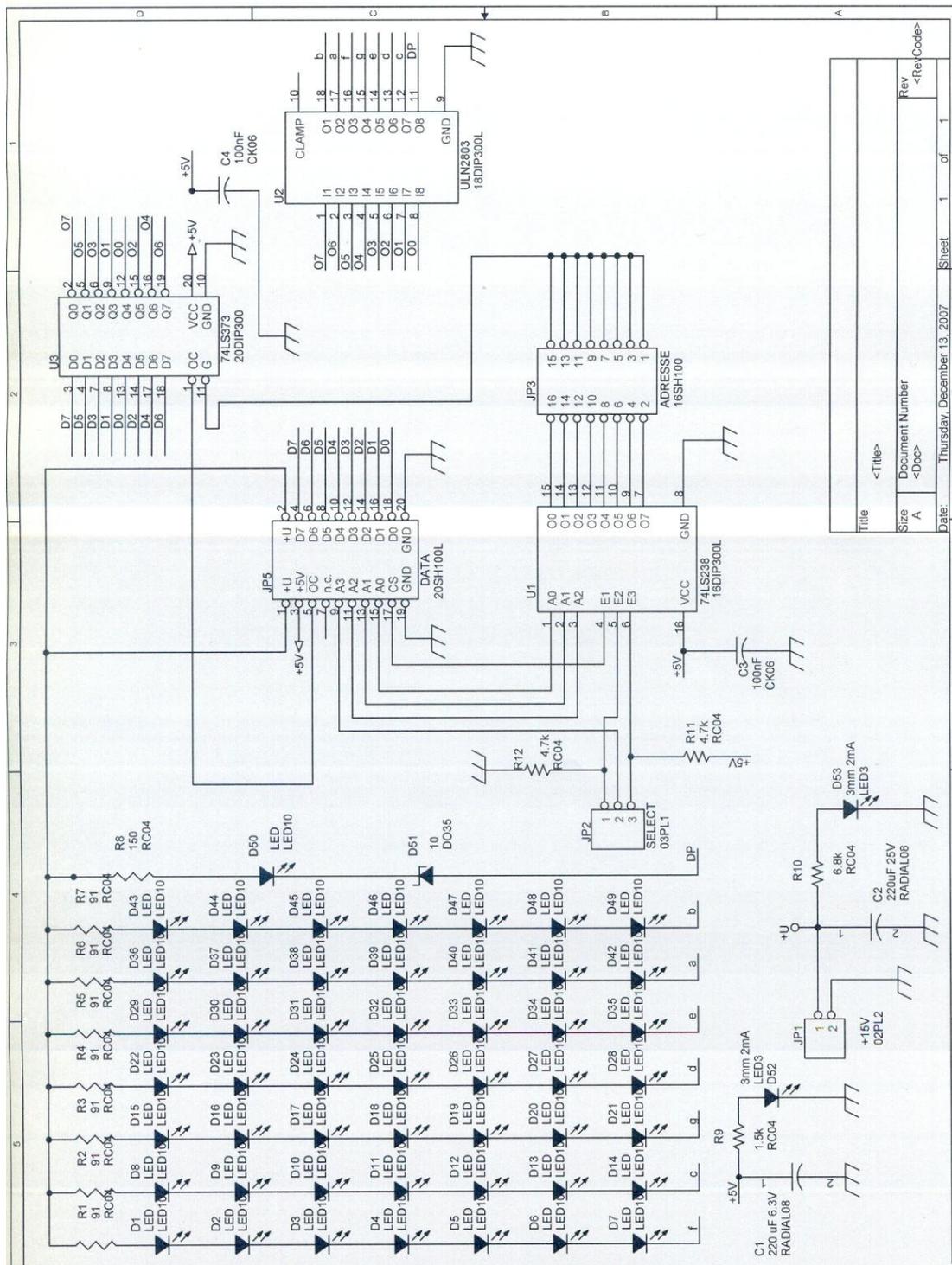


Illustration 4: Schéma électrique de l'afficheur finale (production personnelle)

L'afficheur est principalement constitué de 50 leds, de 8 résistances et 1 diode zener. Les autres composants présent sur la carte serve uniquement pour le transport de l'information (partie non étudié dans ce rapport).

Le coût de l'afficheur, sans la partie transport de l'information nous revient à 0,20€ pour les résistances, 1€ pour la diode zener et pour les 50 leds : 5€. D'où un coût de 6€20.

3. L'afficheur : tests et problèmes

3.1. Tests et validation de l'afficheur

- **Test du premier prototype**

Nous ne disposions à ce moment là que de 22 leds donc nous avons pu testé que 3 segments ainsi que le point décimal.

Pour tester cette carte, il nous a fallu connecter le +15V à la dernière broche du connecteur JP1 (voir annexe 3) puis de promener la masse sur les autres broches du connecteur⁷.

Lors de ce test , une led ne s'allumait pas pourtant le segment, dans lequel elle se trouvait, s'allumait alors que toutes les leds d'un segment sont branchées en série. Après mesure à l'ohmmètre, on a constaté qu'elle avait une résistance de 61 Ohm ce qui explique que le segment était allumé.

Nous avons aussi testé l'afficheur en plein air et nous avons constaté qu'à 50 mètres les segments étaient visibles. Mais au-delà de 70 mètres, la visibilité des chiffres est impossible car les segments deviennent confondus ce qui prouve qu'il faudrait une carte plus grande si on veut dépasser la distance de 50 m.

De plus, si on s'écarte de l'axe de l'afficheur, la luminosité chute fortement ce qui est compréhensible car l'angle d'ouverture a été choisi faible volontairement pour que l'on puisse récupérer un maximum de puissance lumineuse à 50 m.

- **Test du prototype final**

Lorsque nous avons alimenté la carte en +15 V, la led verte signalant la présence de l'alimentation + 5V était allumé ce qui n'était pas normal. Comme nous avons utilisé le routage automatique des composants sur Orcad (dans un souci de temps) , on peut conclure que le logiciel a relié le + 5V avec le +15V. Si nous avions alimenté la carte en +5V, on aurait eu droit à un court-circuit.

Nous n'avons donc pas insisté plus, nous avons cherché l'erreur sur le schéma d'Orcad afin de corriger le circuit imprimé en utilisant des straps.

Pour corriger ce défaut, il faudrait recommencer le typon de la partie commande, chose que nous n'avons pas eu le temps de faire puisque nous avons réalisé les tests pendant la dernière séance prévue.

⁷ cf. annexes 2 et 3 p22. p23.

3.2. Problèmes rencontrés et améliorations

- **Les problèmes rencontrés**

A l'heure où ce dossier est écrit, l'afficheur final ne fonctionne pas, comme l'explique le paragraphe sur le test du prototype final . Ce problème est du à une mauvaise utilisation du logiciel de simulation de câblage électrique « Orcad » et du logiciel pour créer les typons « Orcad Layout ».

L'autre problème rencontré est le manque de temps pour mener a bien la fabrication la carte malgré le planning et le travail fournit.

Une autre erreur de commise est le placement des composants entre la face « bot » et « top », qui sur l'afficheur final se traduit par l'arrivée de la nappe des informations en plein sur les diodes, les cachant alors⁸.

- **Les améliorations possibles de la carte**

Elles se situent à différents niveaux. Tout d'abord le câblage doit être refait dans son ensemble pour améliorer la carte. Ensuite l'emplacement des composants qui doivent tous se trouver sur la face cachée (face Top) de la carte.

On pourrait également penser à un habillage pour la carte, qui lui servirait de protection contre les intempéries mais également pour l'esthétisme.

8 cf. annexes 4 et 5 p24. p25

Conclusion

Nous avons vu que la réalisation d'un afficheur 7 segments visible à 50 m, était possible à réaliser et à moindre coût.

A l'heure où se dossier est écrit, et suite à des problèmes de réalisation du typon, l'afficheur n'a pas fonctionné à la fin du projet.

Le sujet pourra être dans le futur repris et amélioré par d'autres étudiants pour terminer l'afficheur géant.

Résumé

La réalisation d'un afficheur 7 segments répond au besoin du club e-Kart. Le chronomètre réalisé à l'aide de quatre afficheurs géants devra être visible jusqu'à 50 mètres au moins.

Nous avons choisi d'utiliser des Leds de grand diamètre (1 cm) ce qui nous a permis de réduire la taille du circuit imprimé et donc de diminuer le coût du projet.

Le premier prototype que nous avons réalisé était sans l'interface de commande des segments. Celui-ci fonctionnait très bien.

Mais c'est en rajoutant cette partie de commande, que nous n'avons pas étudiée, que les choses se sont compliquées avec le logiciel de routage Orcad.

Le typon final n'a pas fonctionné car nous n'avons pas su utiliser correctement ce logiciel malgré l'aide du professeur.

Il aurait été plus simple de fabriquer des cartes distinctes et de les assembler par la suite. Ainsi on aurait peut-être évité le problème auquel nous avons été confronté.

Table des illustrations

Illustration 1: Vue de côté de l'afficheur finale (Photo personnelle).....	5
Illustration 2: Courbe caractéristique de la diode zener (Production personnelle).....	9
Illustration 3: Schéma fonctionnel de niveau 1 de l'afficheur (Production personnelle).....	11
Illustration 4: Schéma électrique de l'afficheur finale (production personnelle).....	12

Bibliographie

[1] : T.Lequeu," *La documentation de Thierry LEQUEU sur le net* ", [en ligne] -www.thierry-lequeu.fr/ - [consulté le13/12/2007].

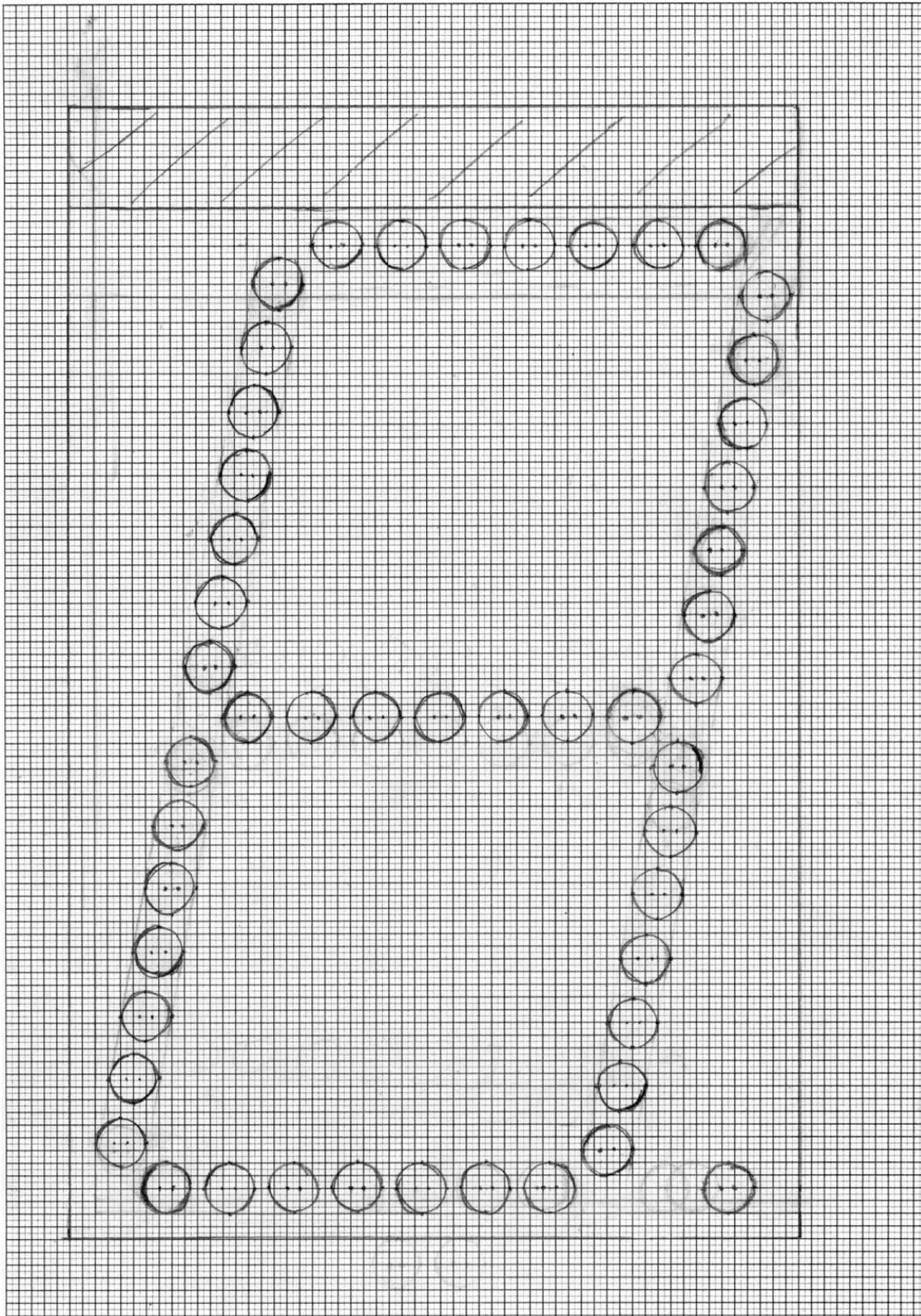
[2] : Toshiba," *Description de la led TLRH190P*", [en ligne] -<http://www.ortodoxism.ro/datasheets/toshiba/2594.pdf> - [consulté le13/12/2007].

Annexes

Table des annexes

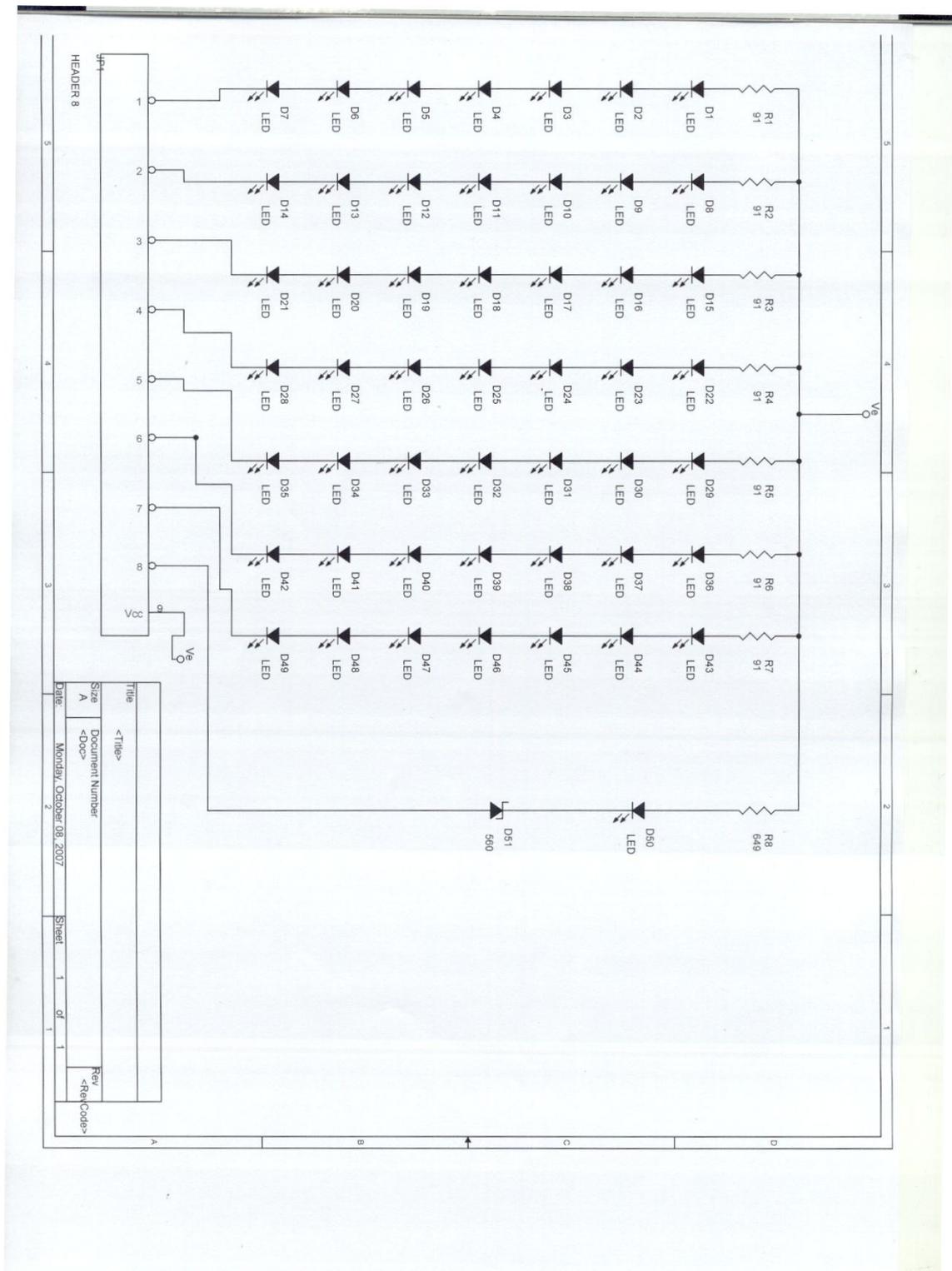
Annexe 1 : Première idée de l'emplacement des leds, réalisé sur papier.....	21
Annexe 2 : Schéma électrique sous Capture pour le prototype et test de l'emplacement des leds.	22
Annexe 3 : L'emplacement des composants sur le typon test.....	23
Annexe 4 : L'emplacement des composants sur le typon final.....	24
Annexe 5 : Les pistes de la carte finale (face Bot).....	25
Annexe 6 : Les pistes de la carte finale (face Top : les straps).....	26
Annexe 7 : Caractéristique technique de la led de 10 mm de diamètre page 1 [2].....	27
Annexe 7 : Caractéristique technique de la led de 10 mm de diamètre page 2.....	28
Annexe 7 : Caractéristique technique de la led de 10 mm de diamètre page 3.....	29

Annexe 1 : Première idée de l'emplacement des leds, réalisé sur papier.



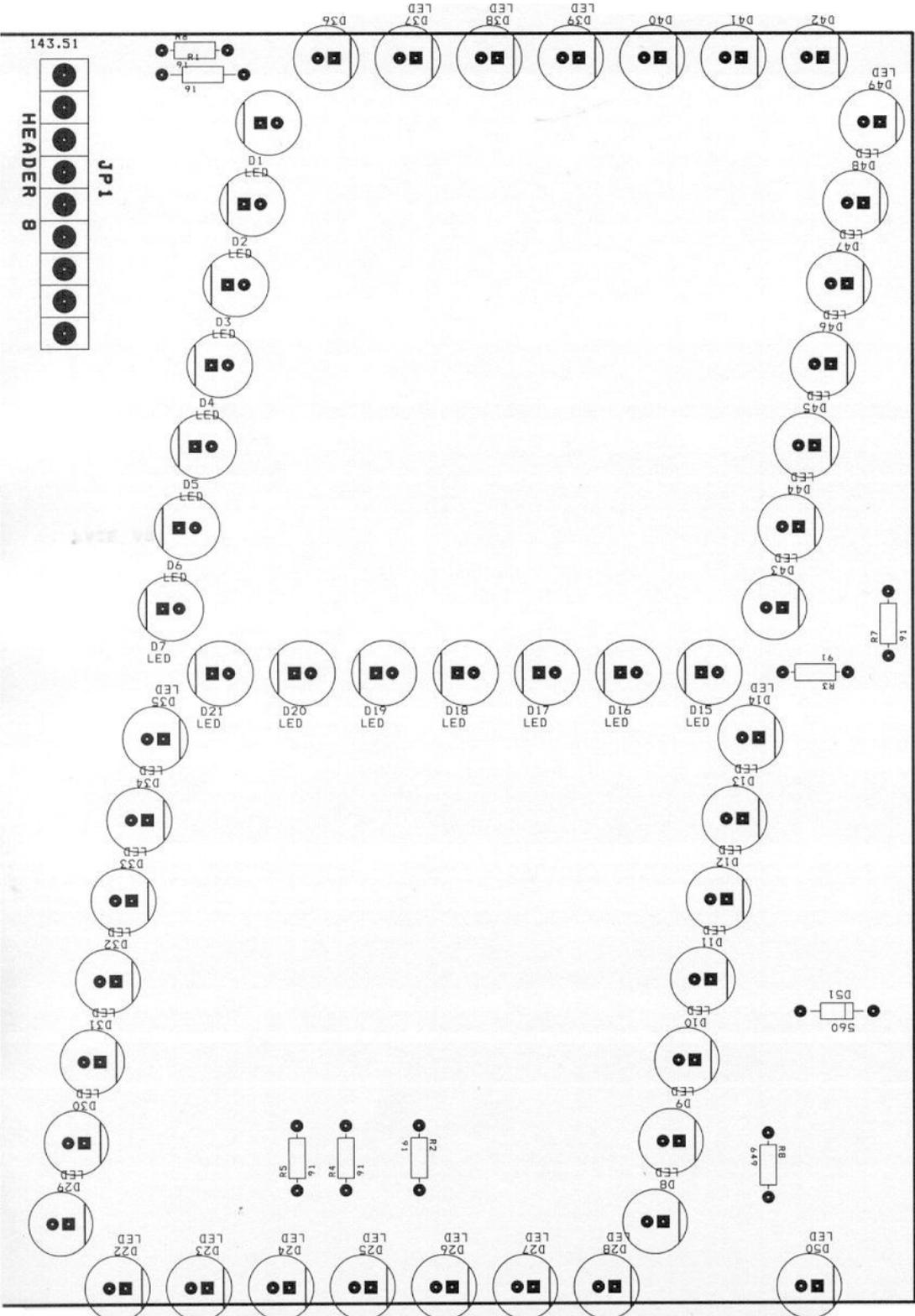
Annexe 1: Dessin effectué à la main pour l'emplacement des leds (Dessin personnel)

Annexe 2 : Schéma électrique sous Capture pour le prototype et test de l'emplacement des leds.



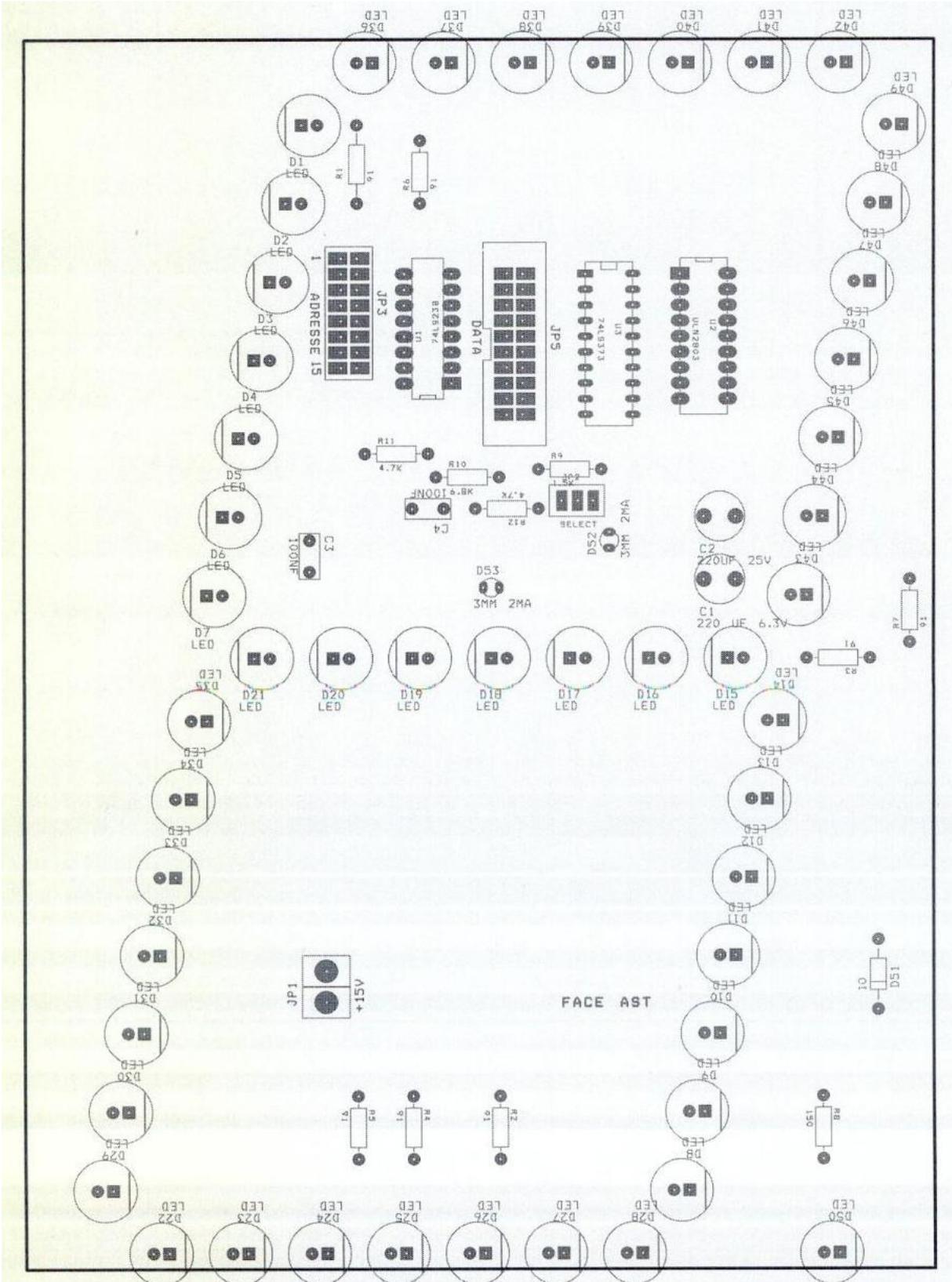
Annexe 2: Schéma électrique du prototype (Schéma personnel)

Annexe 3 : L'emplacement des composants sur le typon test



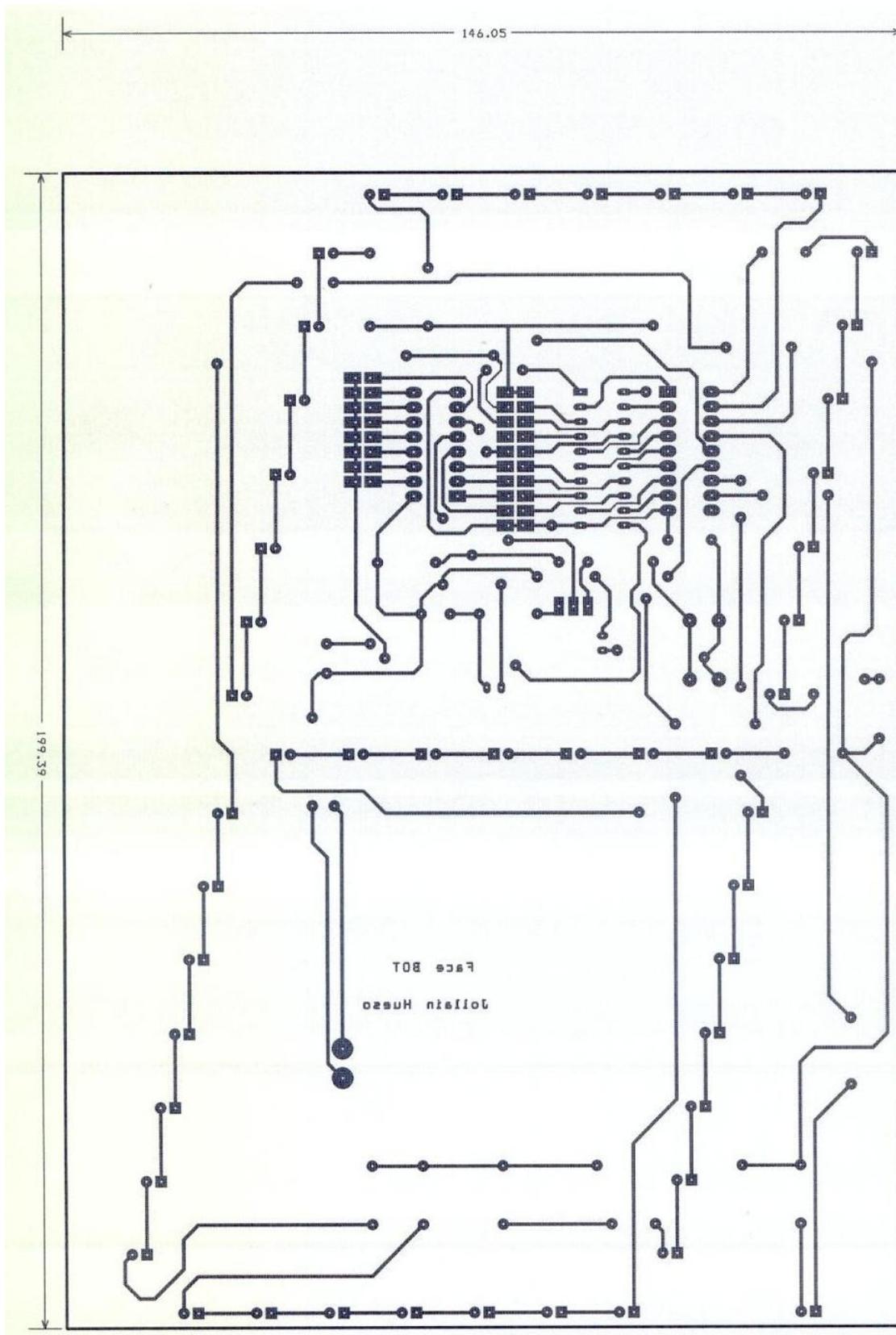
Annexe 3: Emplacement des composants pour le prototype (Production personnelle)

Annexe 4 : L'emplacement des composants sur le typon final



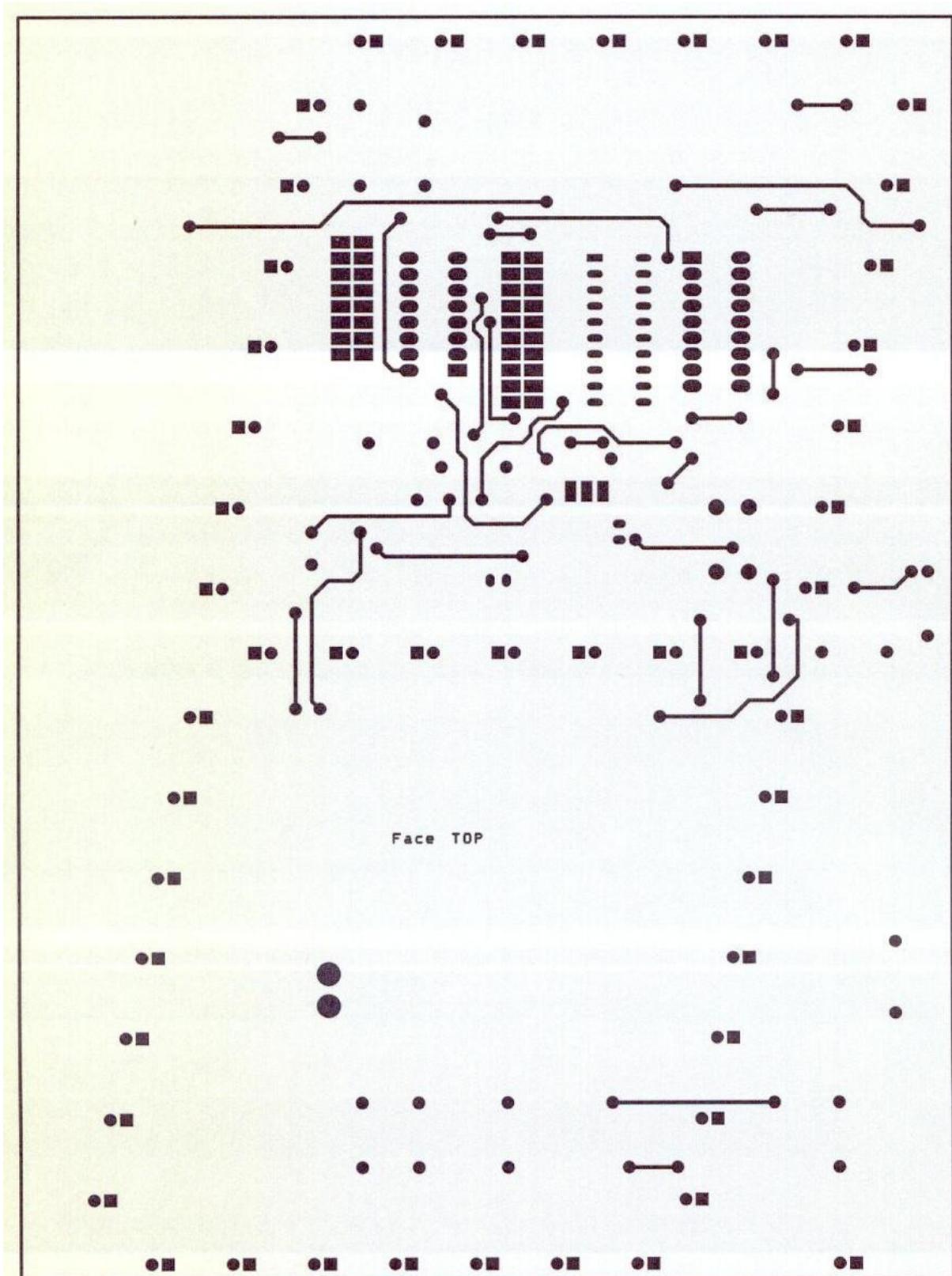
Annexe 4: Emplacement des composants sur l'afficheur en phase final (Production personnelle)

Annexe 5 : Les pistes de la carte finale (face Bot)



Annexe 5: Piste de l'afficheur finale face bottom (Production personnelle)

Annexe 6 : Les pistes de la carte finale (face Top : les straps)



Annexe 6: Les straps de l'afficheur finale (deuxième face, face top)(Production personnelle)

Annexe 7 : Caractéristique technique de la led de 10 mm de diamètre

page 1 [2]

TOSHIBA

TLRH190P

TOSHIBA LED Lamp InGaAlP Red Light Emission

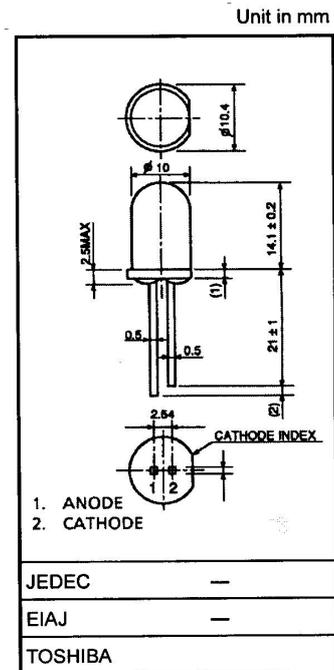
TLRH190P

Panel Circuit Indicator

- 10 mm diameter
- InGaAlP red LED
- All plastic mold type.
- Colorless clear lens
- Low drive current, high intensity red light emission
Recommended forward current: $I_F = 1\sim 20\text{mA}$ (DC)
- All plastic molded lens, provides an excellent on-off contrast ratio.
- Fast response time, capable of pulse operation.
- High power luminous intensity
- Without stand-offs
- Applications: Suitable for outdoor message signboard, safety equipment.

Maximum Ratings ($T_a = 25^\circ\text{C}$)

Characteristic	Symbol	Rating	Unit
Forward current (DC)	I_F	50	mA
Reverse voltage	V_R	4	V
Power dissipation	P_D	125	mW
Operating temperature range	T_{opr}	-30~85	$^\circ\text{C}$
Storage temperature range	T_{stg}	-40~120	$^\circ\text{C}$



Weight: 1.0 g

Electrical And Optical Characteristics ($T_a = 25^\circ\text{C}$)

Characteristic	Symbol	Test Condition	Min	Typ.	Max	Unit
Forward voltage	V_F	$I_F = 20\text{ mA}$	—	1.9	2.5	V
Reverse current	I_R	$V_R = 4\text{ V}$	—	—	50	μA
Luminous intensity	TLRH190P	$I_F = 20\text{ mA}$ (Note)	4760	19000	—	mcd
	TLRH190P (WX)		8500	—	41400	
Peak emission wavelength	λ_p	$I_F = 20\text{ mA}$	—	644	—	nm
Spectral line half width	$\Delta\lambda$	$I_F = 20\text{ mA}$	—	18	—	nm
Dominant wavelength	λ_d	$I_F = 20\text{ mA}$	—	630	—	nm

(Note): Lamps are classified into the following ranks according to their luminous intensity.

Measurement tolerance for each limit is $\pm 15\%$.

V: 5600~11200mcd, W: 10000~20000mcd, X: 18000~36000mcd.

Annexe 7 : Caractéristique technique de la led de 10 mm de diamètre

page 2

TOSHIBA

TLRH190P

Precaution

Please be careful of the followings

- Soldering temperature: 260°C max Soldering time: 3 s max
(Soldering portion of lead: Up to 2 mm from the body of the device)
- If the lead is formed, the lead should be formed up to 5 mm from the body of the device without forming stress to the resin. Soldering should be performed after lead forming.
- This visible LED lamp also emits some IR light. If a photodetector is located near the LED lamp, please ensure that it will not be affected by this IR light.

Annexe 7 : Caractéristique technique de la led de 10 mm de diamètre

page 3

TOSHIBA

TLRH190P

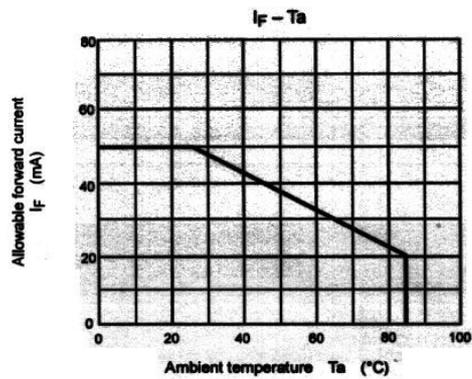
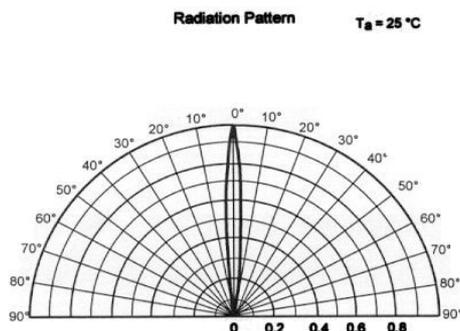
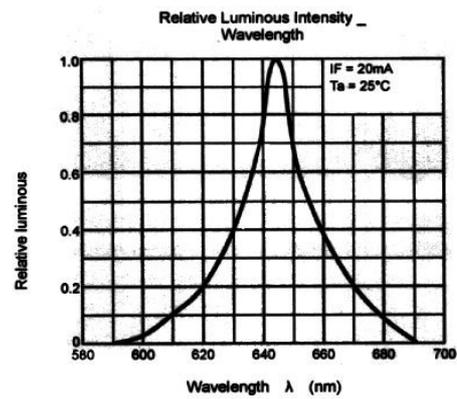
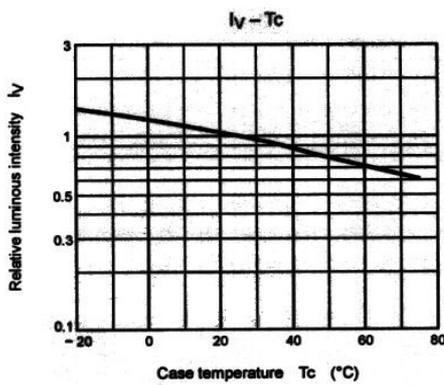
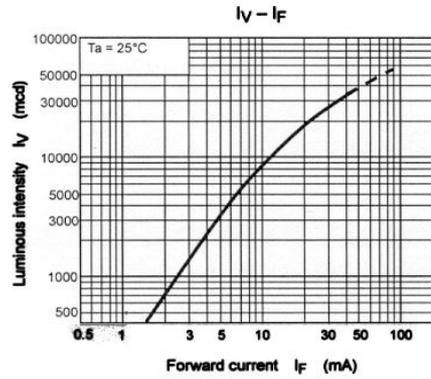
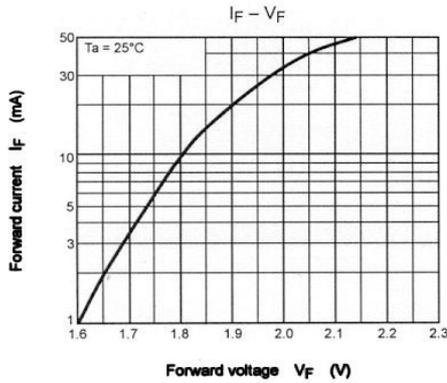


Table des illustrations

Annexe 1: Dessin effectué à la main pour l'emplacement des leds (Dessin personnel).....	21
Annexe 2: Schéma électrique du prototype (Schéma personnel).....	22
Annexe 3: Emplacement des composants pour le prototype (Production personnelle).....	23
Annexe 4: Emplacement des composants sur l'afficheur en phase final (Production personnelle).....	24
Annexe 5: Piste de l'afficheur finale face bottom (Production personnelle).....	25
Annexe 6: Les strapes de l'afficheur finale (deuxième face, face top)(Production personnelle) . .	26
Annexe 7: Caractéristiques techniques des leds utilisées pour l'afficheur[2].....	27
Annexe 8: Caractéristiques techniques des leds utilisées pour l'afficheur (suite) [led].....	28
Annexe 9: Caractéristiques techniques des leds utilisées pour l'afficheur(suite 2) [led].....	29