

Institut Universitaire de Technologie de Tours

Département Génie Electrique et Informatique Industrielle

PROJET :

COMMANDE

DE TRIAC

DEMAY Aymeric
THOMAS Nathanël
Groupe EEP2
Promotion 2000-2002

Enseignant : M. LEQUEU

SOMMAIRE

▫ Introduction

Cahier des charges	p5
Notions fondamentales sur le triac	p6
1) Description du triac	p6
2) Caractéristiques du triac	p7
3) Amorçage du triac par la gâchette	p7
4) Exemples d'application	p13
Commande de triac	p14
1) Présentation	p14
2) Synoptique du montage	p14
3) Descriptif du fonctionnement	p15
Réalisation	p20
1) Prototype	p20
2) Branchements des entrées/sorties	p23
3) Tests et modifications apportées	p23
Liste et prix des composants	p29
▫ Conclusion	
Bibliographie	p32
Annexes	p33

INTRODUCTION

L'objectif de ce projet est de réaliser la commande d'un triac qui alimente plusieurs lampes. Ce projet est la continuation du travail effectué par le binôme Gadin-Lejeune sur la commande éloignée de triac et du binôme David-Berthet sur l'étude d'un gradateur de lumière piloté par PC. Nous reprendrons donc certains éléments de leur recherche que nous essayeront d'améliorer.

Dans ce projet, nous devons utiliser un triac pour réaliser un jeu de lumière, c'est-à-dire un montage dont le but est de faire varier la vitesse ou cadence de clignotement des lumières ainsi que leur intensité lumineuse. Nous mettrons donc en œuvre une commande manuelle à l'aide de deux résistances ajustables.

Pour la première fois, nous choisissons le projet qui nous intéresse le plus : c'est donc "notre" projet. Il faut agir en conséquence et nous organiserons notre travail comme nous le désirerons et comme nous trouvons être la meilleure organisation. Cependant, il y a plusieurs paramètres qu'il faut tenir en compte et notamment la gestion du temps...

Ainsi, pour mieux comprendre le projet, nous aborderons dans un premier temps les notions fondamentales sur les triacs. Ensuite, nous étudierons la commande de triac qui nous amènera à la réalisation d'un prototype et enfin à notre produit final.

CAHIER DES CHARGES

Le jeu de lumières devra respecter les contraintes suivantes :

- la vitesse (ou la cadence) de clignotement des lumières et leur intensité lumineuse seront réglables à l'aide de résistances ajustables.

- la commande se fera par un triac pouvant commander une charge de 2 kW sous une tension de 220V.

- il faut tenir compte de l'isolation entre la partie puissance et la partie commande.

NOTIONS FONDAMENTALES SUR LE TRIAC

1) Description du triac

Le composant sur lequel repose le principe de notre montage est le triac. Ce composant est un interrupteur commandé.

En théorie, un triac possède deux modes de fonctionnement :

- il n'est pas amorcé : il est équivalent à un interrupteur ouvert ou à une résistance infinie
- il est amorcé : il est équivalent à un interrupteur fermé ou à un fil

Cependant, il arrive souvent que, dans la pratique, cela se révèle différent.

Le triac est composé de trois bornes :

- une électrode A_2
- une électrode A_1
- une électrode appelée gâchette G

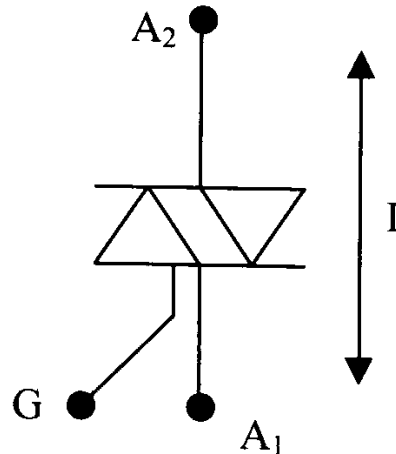


Figure1 : représentation schématique d'un triac

Le triac est conçu pour laisser passer le courant lorsqu'il est amorcé aussi bien de A_2 vers A_1 que de A_1 vers A_2 .

Le triac se rapproche du thyristor, mais ce dernier ne laisse passer le courant que dans un sens de A_2 vers A_1 (on parle d'anode pour A_2 et de cathode pour A_1). En fait, le triac est constitué de deux thyristors tête bêche.

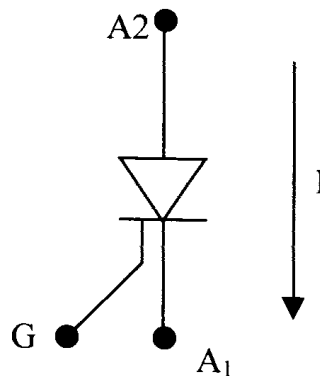


Figure 2 :représentation schématique du thyristor

2) Caractéristique du triac

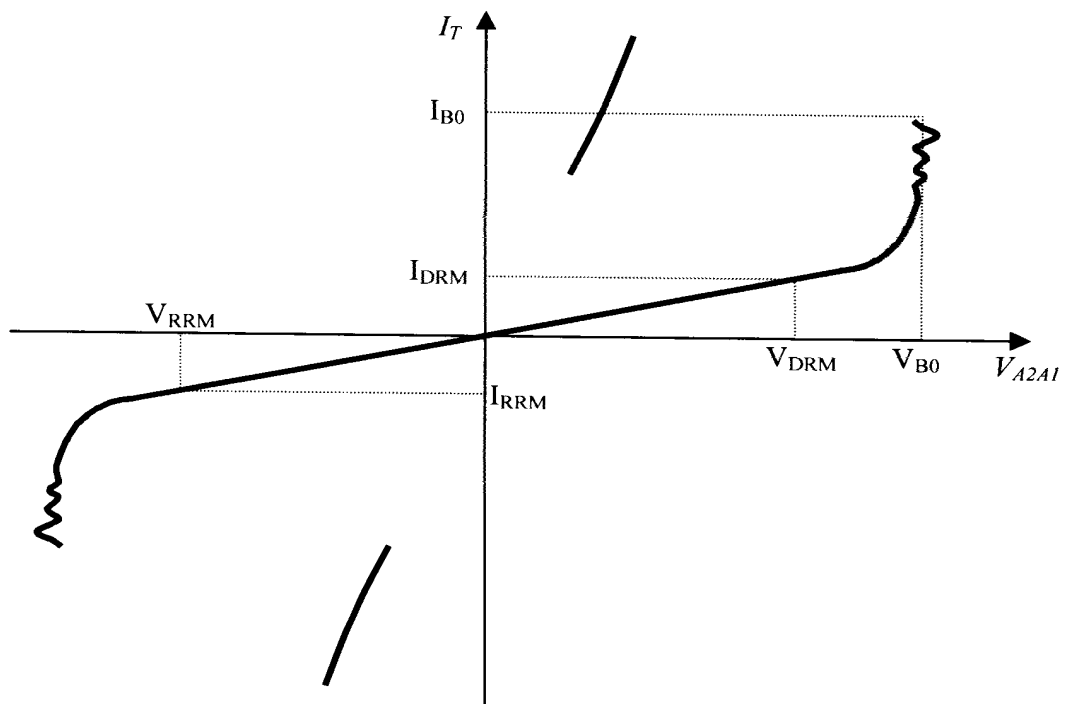


Figure3 : caractéristique courant-tension du triac

Nous observons qu'entre V_{RRM} et V_{DRM} , tensions de définition (de l'ordre de 600-800V) propres à chaque catégorie de triac, il existe un courant de fuite non négligeable (jusqu'à quelques mA à hautes températures). Au-delà de V_{DRM} , nous pouvons noter un changement d'allure jusqu'à V_{B0} appelée « tension d'avalanche ». Après cette tension, le triac commute et laisse passer le courant (il en est de même dans la partie négative).

Nous pouvons donc amorcer le triac en imposant une tension V_{B0} importante à ses bornes, mais cela présente un problème car ce type d'amorçage doit être exceptionnel. S'il est inévitable pour des raisons parasites, nous devons en mesurer les conséquences.

3) Amorçage du triac par la gâchette

Pour amorcer un triac, nous utilisons sa troisième borne, la gâchette. En injectant, entre G et A1, un courant de gâchette I_G supérieur à I_{GT} (caractéristique du composant), nous rendons le triac passant. Le courant principal du circuit traversant le triac I_T peut alors croître. Lorsque ce dernier dépasse le courant d'accrochage I_L (Latching Current), le composant est amorcé et I_G n'a plus d'influence, donc la gâchette peut être déconnectée. La seule manière de le désamorcer consiste à ramener le courant I_T en dessous du courant de maintien I_H (Holding Current).

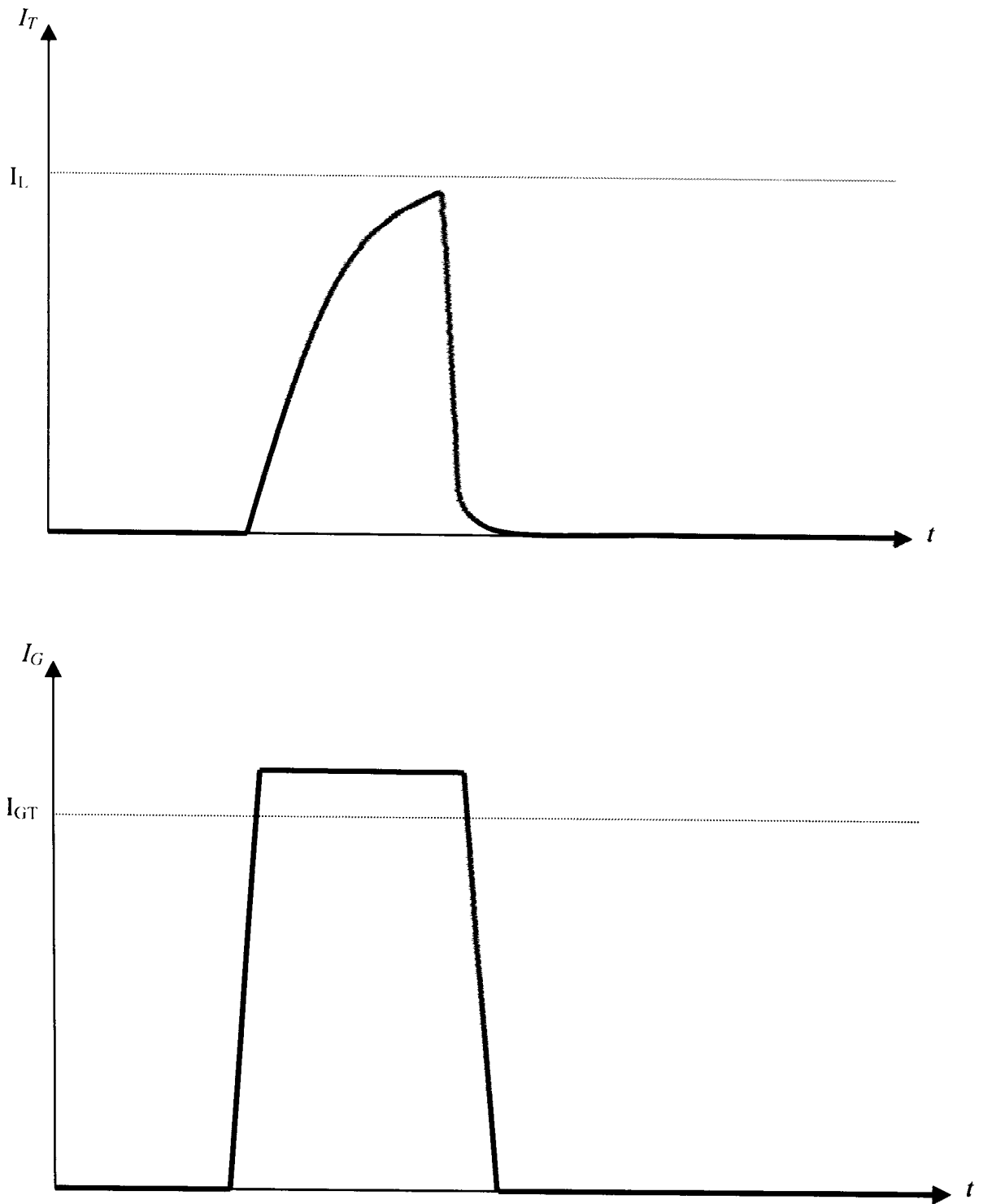


Figure 4 : exemple d'échec d'amorçage d'un triac

I_G n'est pas maintenu assez longtemps pour que le courant I_T dépasse le courant I_L : l'amorçage échoue.

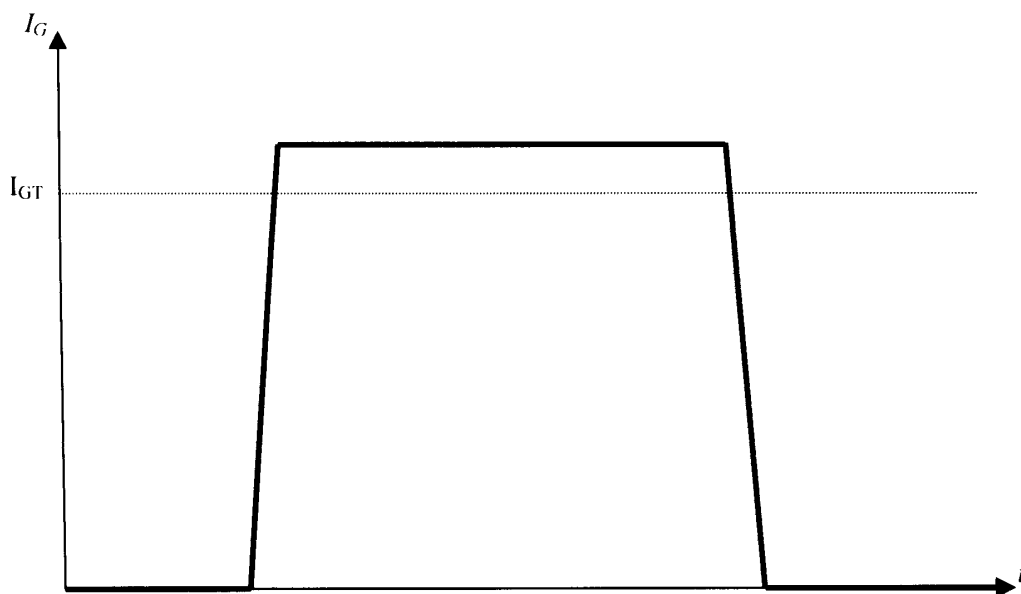
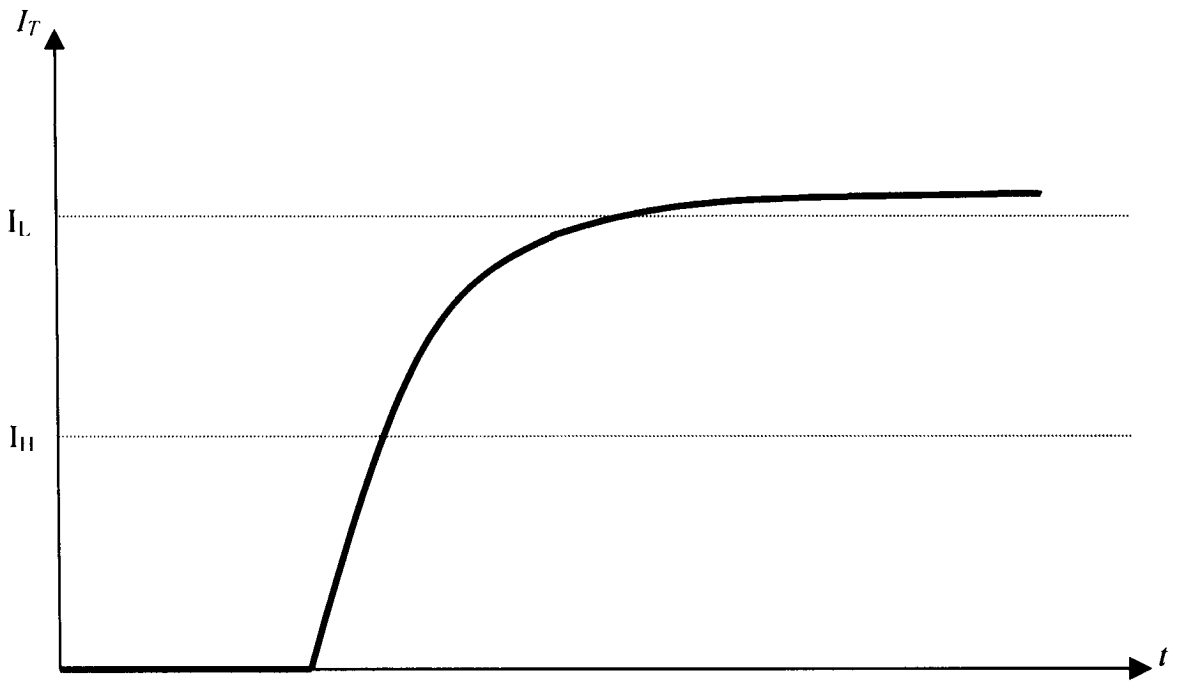


Figure 5 : exemple d'amorçage de triac

Lorsque le courant I_T dépasse le courant I_L , la gâchette n'a plus d'influence et le courant I_G peut descendre à zéro : le triac reste amorcé ($I_T > I_H$).

Plus précisément, la technique d'amorçage varie avec le sens des courants concernés (on parle de quadrants) :

Quadrant 1

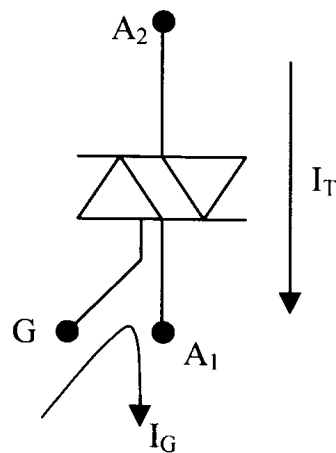


Figure 6 : schéma du triac pour le 1^{er} quadrant

Ce schéma correspond à une des quatre combinaisons possibles pour amorcer le triac :

- ⊠ le courant de gâchette I_G est injecté dans G et ressort et ressort par A1, on note la polarité positive « + »
- ⊠ le courant principal I_T traverse le composant de A_2 vers A_1 , on note la polarité positive « + »

C'est la première combinaison que l'on appelle « quadrant 1 » et qui est notée Q_1 .

Quadrant 2

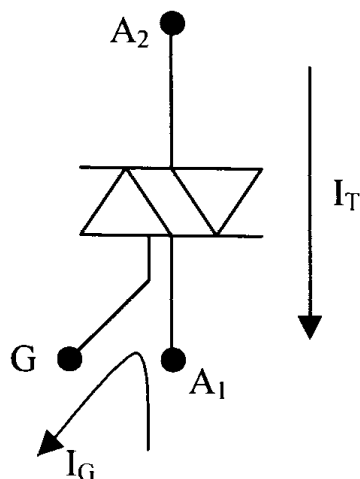


Figure 7 : schéma du triac pour le 2^{ème} quadrant

Dans ce second cas, I_T parcourt toujours le même chemin de A_2 vers A_1 , on note la polarité positive « + ». Mais cette fois-ci, I_G est injecté et ressort par la gâchette, on note donc la polarité négative « - ». Cette seconde combinaison est notée Q_2 .

Quadrant 3

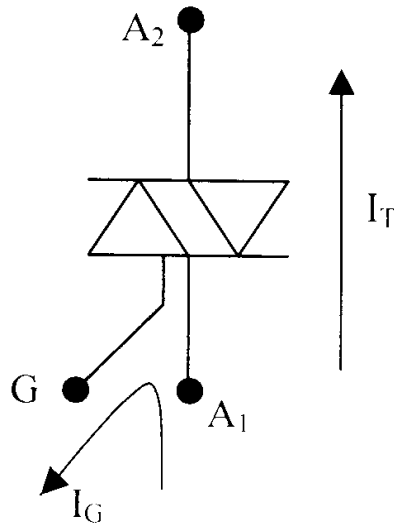


Figure 8 : schéma du triac pour le 3^{ème} quadrant

Cette troisième configuration impose que le courant I_T traverse le triac de A_1 vers A_2 , on note alors la polarité négative « - ». Le courant de gâchette doit circuler de A_1 vers G , on note la polarité négative « - ». Cette troisième combinaison est appelée « quadrant 3 » et est notée Q_3 .

Quadrant 4

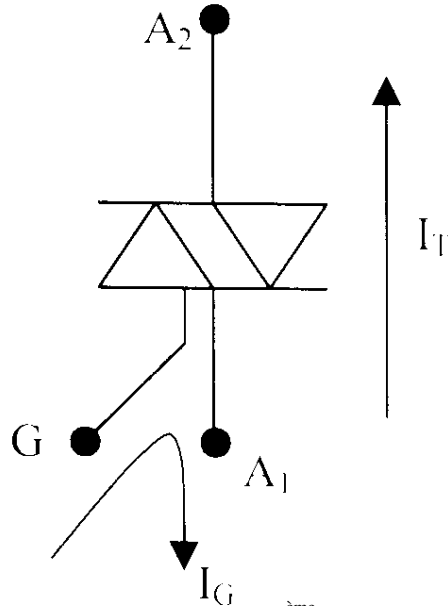


Figure 8 : schéma du triac pour le 3^{ème} quadrant

Cette dernière possibilité implique que le courant I_T aille de A_1 vers A_2 , on note la polarité négative « - ». Le courant I_G parcourt le triac de G vers A_1 , on note la polarité positive « + ». C'est la quatrième combinaison que l'on appelle « quadrant 4 » et est notée Q_4 .

Voici un tableau récapitulatif de toutes les combinaisons :

	Anode (A)	Gâchette (G)
Q1	+	+
Q2	+	-
Q3	-	-
Q4	-	+

Tableau 1 : les combinaisons des 4 quadrants

Il existe également des triacs constitués de trois quadrants (le quatrième ne s'amorce pas).

Le triac est toujours utilisé dans des circuits fonctionnant en alternatif. En effet de cette manière, il peut commuter suivant les alternances positives et négatives du courant :

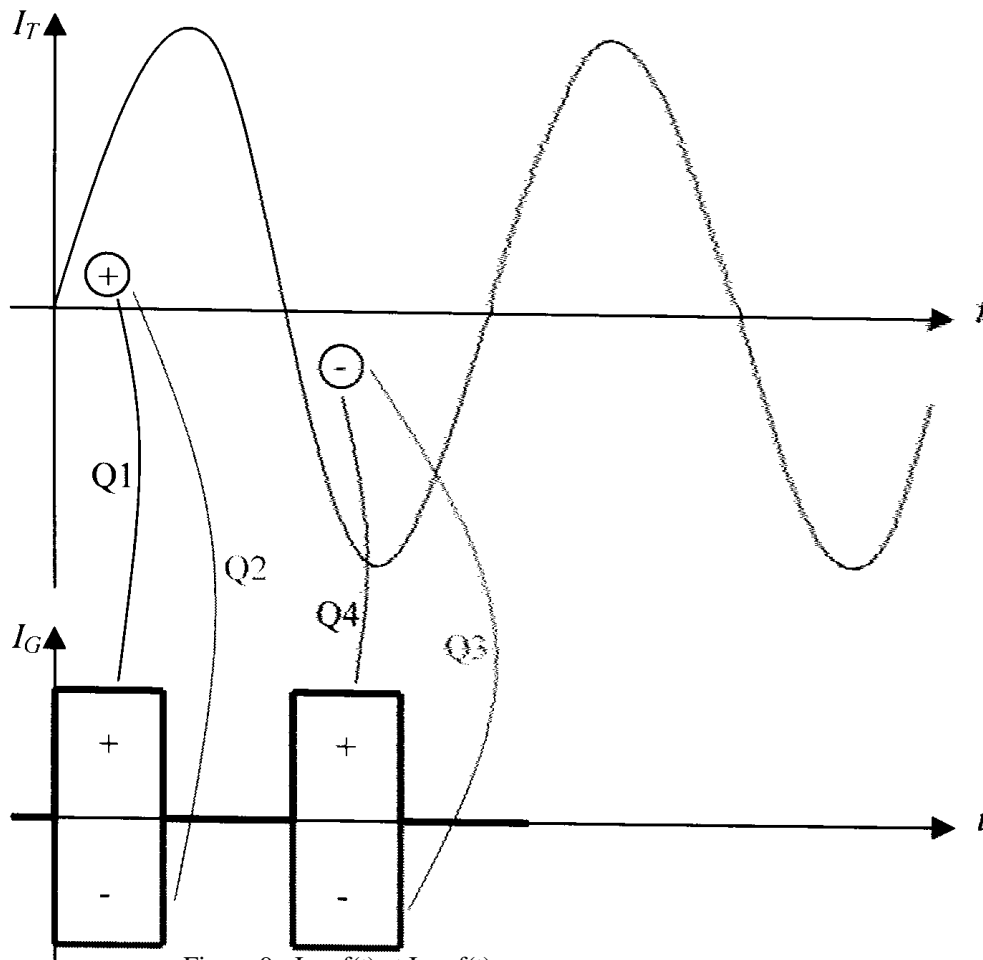


Figure 9 : $I_T = f(t)$ et $I_G = f(t)$

4) Exemples d'applications

Nous rencontrons des triacs dans de nombreuses applications domestiques :

- ⊠ robots ménagers
- ⊠ machines à laver
- ⊠ sèche-linges
- ⊠ télévisions
- ⊠ magnétoscopes
- ⊠ ordinateurs
- ⊠ chauffages
- ⊠ climatisations
- ⊠ variateurs de lumières

En fait, dès qu'un appareil nécessite un contrôle de puissance, il y a fortes probabilités pour que nous utilisions des triacs.

Dans les fours, par exemple, leur utilité est évidente mais des relais mécaniques sont encore utilisés car les triacs ne tiennent pas les conditions en température.

Nous rencontrons également des applications dans le domaine industriel, mais elles ne sont plus spécifiques (contrôles de moteurs...).

COMMANDE DE TRIAC

1) Présentation

Notre projet consiste à commander l'intensité lumineuse et la vitesse (ou la cadence) de clignotement d'une lampe. Nous avons donc créé deux cartes : une pour la partie puissance et une pour la partie commande.

La partie commande est utilisée pour le déclenchement de la gâchette du triac, principal élément de la carte de puissance. Les actions, pré-établies dans le cahier des charges, sont commandées par deux résistances ajustables. Le triac est commandé par le TCA785, circuit intégré conçu par Siemens, mais qui peut être commandé seulement en tension.

La partie puissance permet d'accepter une charge de 2kW à l'aide d'un triac qui admet un fort un courant et à l'aide d'un dissipateur.

La partie commande est isolée galvaniquement grâce à un optocoupleur qui la protège contre d'éventuels court-circuits sur la partie puissance.

2) Synoptique du montage

Pour mieux comprendre le fonctionnement de nos cartes, voici le synoptique qui nous a permis de concevoir notre projet :

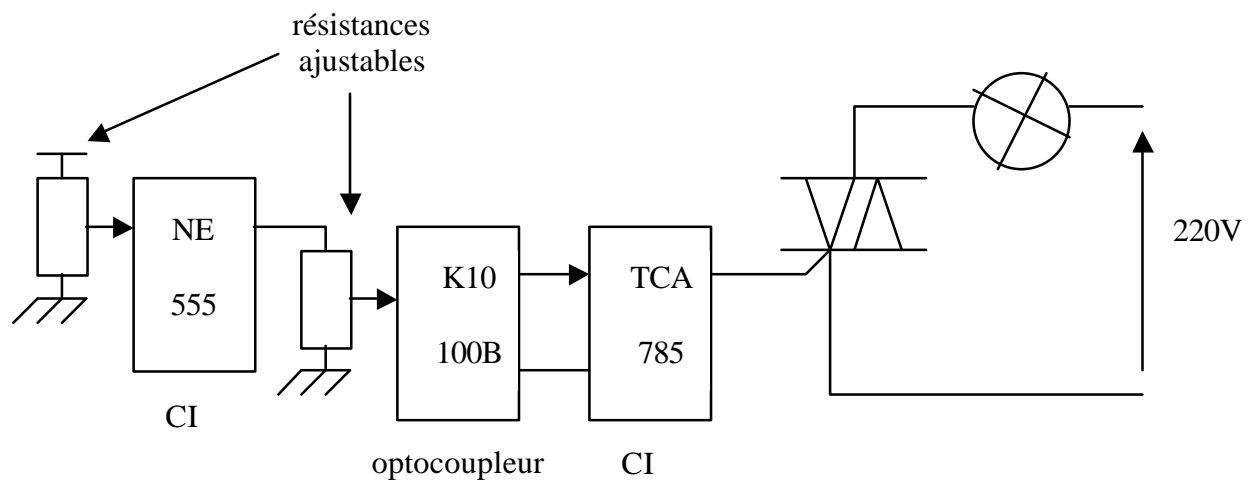


Figure 10 : synoptique du montage

3) Descriptif du fonctionnement

a) Partie commande

Nous utilisons le circuit intégré NE555 pour commander les impulsions que l'on envoie au triac. Nous avons déjà étudié ce composant en 1^{ère} année pour créer une horloge (ou un oscillateur).

D'après le mémotech, le brochage du NE555 est le suivant :

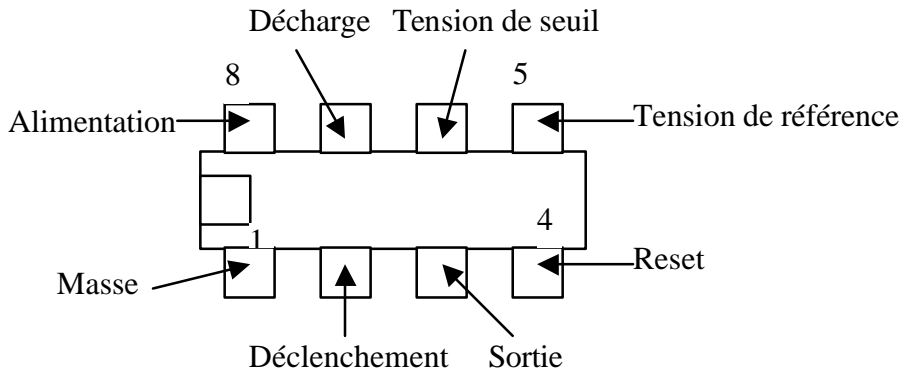


Figure 11 : brochage du NE555

La tension vue entre la broche 8 et la broche 1 doit être comprise entre 4,5V et 16V, d'où l'utilisation d'un transformateur que nous verrons par la suite. Nous choisissons un fonctionnement astable non synchronisé. Un montage astable est un circuit qui oscille tout seul. En sortie, nous avons un signal périodique avec un état bas et un état haut. La durée de la période dépend des valeurs des composants externes. Le schéma en bascule astable du circuit NE555 est donné en Annexe1.

Nous aurions pu calculer la valeur de chaque composant mais, par manque de temps, nous avons repris les valeurs données par un constructeur de jeu de lumières, sur lequel nous sommes basés lors de notre pré-projet. Nous effectuerons des tests pour apporter des changements s'il y a besoin.

Nous prenons donc : $P_1=47k\Omega$ $R_1=2,2k\Omega$
 $R_2=1,5k\Omega$ $C_4=33\mu F / 16V$ tantal

Nous réglons notre intensité grâce à un potentiomètre $P_2=10k\Omega$.

Nous alimentons notre carte de commande sous 10V, il nous faut donc utiliser un transformateur. Nous nous fixons une intensité de 500mA environ en sortie. Nous avons choisi un transformateur avec une entrée et deux sorties : 230V / 2*12V , 250mA.

Pour avoir 500mA dans le circuit, nous avons branché les sorties en parallèle, comme le montre le schéma suivant :

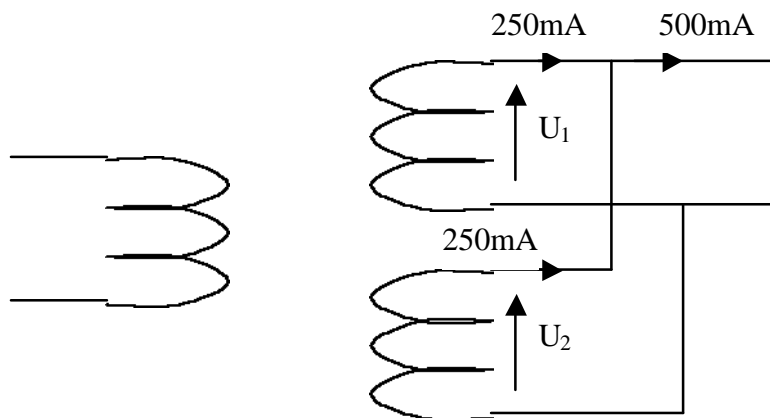


Figure 12 : transformateur 230V / 2*12V

Le transformateur fournit donc une basse tension alternative redressée par un pont de diodes pouvant supporter un courant d' 1A.

Un premier filtrage est assuré par le condensateur C_1 ($470\mu\text{F}/16\text{V}$). La tension est appliquée à un régulateur de tension 10V. Nous choisissons un régulateur L7812CV. Sur le site internet www.radiospares.com, nous avons trouvé son brochage ainsi que la forme du boîtier et la description du composant (cf Annexe 2).

Ensuite, un second filtrage est effectué par C_2 et C_3 . Ils permettent un découplage efficace de 10V.

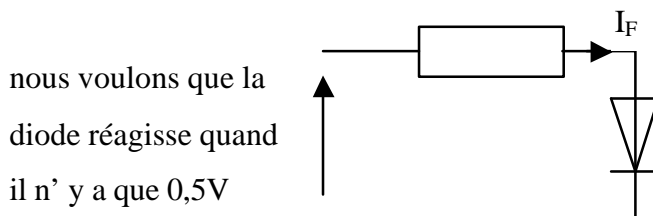
Le schéma de commande complet saisi sous OrCAD Capture est donnée à la page suivante.

b) Partie puissance

Dans ce montage, nous utilisons le TCA785 pour commander la gâchette du triac. Nous avons tout d'abord protégé notre partie commande de notre partie puissance à l'aide d'un optocoupleur à sortie transistor.

Lorsqu'une intensité traverse la diode émettrice infrarouge, celle-ci émet une intensité lumineuse qui est captée par un récepteur (photodiode ou phototransistor). Ce dernier laisse alors passer plus ou moins une intensité de collecteur. Cependant, le TCA785 est commandé uniquement en tension. Nous avons donc rajouté une résistance pour recevoir une tension à l'entrée du circuit intégré.

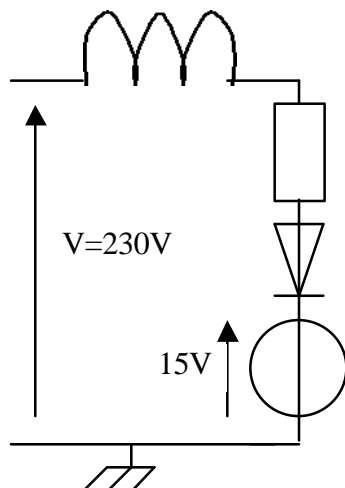
Pour qu'une diode infrarouge soit excitée, elle doit être traversée par un courant d'au moins $I_F=2\text{mA}$.



$$R = V / I = 0,5 / 0,002 = 250\Omega$$

Nous choisissons $R=150\Omega$ pour être sûr que la diode émette un signal. Ce choix se montra d'ailleurs bien adapté lors de nos tests.

Les calculs des composants pour la carte de puissance ont été effectués lors de la pré-étude. Il nous a fallu vérifier si la résistance R9 pouvait être une $4,7\text{k}\Omega / 8\text{W}$ ou devait être de 9W comme l'indiquait le constructeur. Nous n'avons pas trouvé de fournisseur vendant cette résistance.



$$V_{\text{eff}}^2 = 230^2 \text{ V}$$

$$U_{\text{eff}}^2 = 230^2 / 2 = 26450 \text{ V}$$

$$P = U_{\text{eff}}^2 / 4700 = 5,6\text{W} < 8\text{W}$$

Nous pouvons donc choisir $R_9=4,7\text{k}\Omega/8\text{W}$

La zener supprime la composante continue négative.

Le schéma du circuit de puissance sous OrCAD Capture est donné page suivante.

REALISATION

1) Prototype

Nous avons créé un prototype de la partie commande et un autre de la partie puissance. Cela nous a permis de réaliser les tests souhaités et d'apporter les modifications nécessaires au bon fonctionnement de nos circuits.

Nous avons par exemple constaté que nous avons utilisé de mauvaises empreintes physiques pour certains composants.

Sur les pages suivantes, se trouvent le typon saisi sous OrCAD Layout ainsi que l'emplacement des composants pour nos deux cartes.

Les empreintes physiques de nos composants sont données en annexe4.

2) Branchements des entrées/sorties

La plaque de commande comporte deux borniers :

- ⌘ en entrée pour alimenter le transformateur sous 230V
- ⌘ en sortie pour commander le TCA785

Il faut faire attention à ce dernier branchement car l'optocoupleur ne laisse passer le courant que dans un seul sens.

La plaque de puissance comporte trois borniers ou connecteurs :

- ⌘ un qui sert à alimenter nos lampes sous 230V
- ⌘ un pour mettre nos lampes en parallèle
- ⌘ un recevant la commande

3) Tests et modifications apportées

Sur notre plaque de commande, nous nous sommes protégés de la haute tension en cachant les pistes où il y avait des risques. Après l'avoir branché afin de la tester, nous nous sommes aperçus que le régulateur chauffait. Nous avons donc repris la documentation technique :

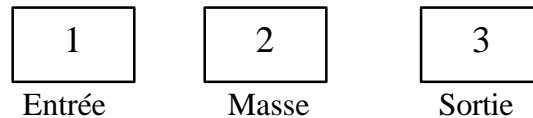


Figure 13 : implantation du régulateur L7812CV

Nous avons inversé la masse (patte 2) et la sortie (patte 3).

Après avoir effectué la modification, notre carte était toujours défectueuse. Nous avons alors testé le circuit intégré NE555. Il était bien alimenté entre les bornes 1 et 8. Cependant, lorsque que nous actionnions le potentiomètre P₁, la sortie (broche 3) ne changeait pas d'état. Nous avons alors vérifié l'implantation du potentiomètre qui est la suivante :

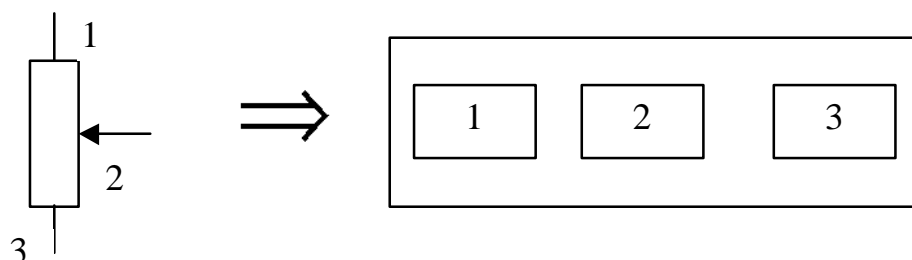


Figure 14 : implantation de P1

Nous avons inversé les pattes 2 et 3. La même erreur a été commise pour le potentiomètre P₂.

Après rectification, notre carte de commande fonctionnait correctement. Nous pouvions observer en sortie une variation des largeurs d'impulsions du signal et une variation de son amplitude grâce aux potentiomètres P₁ et P₂.

Sur notre plaque de puissance, nous avons tout d'abord testé notre alimentation du TCA785 en mettant +15V aux bornes du condensateur C₆. Nous retrouvons cette tension entre les bornes 1 et 16 du circuit intégré.

De plus il a fallu régler la rampe de notre TCA785. à l'aide de notre potentiomètre P₁. Or la valeur de C₁=47pF donnée par le constructeur est trop élevée. Nous avons donc choisi C₁=47nF.

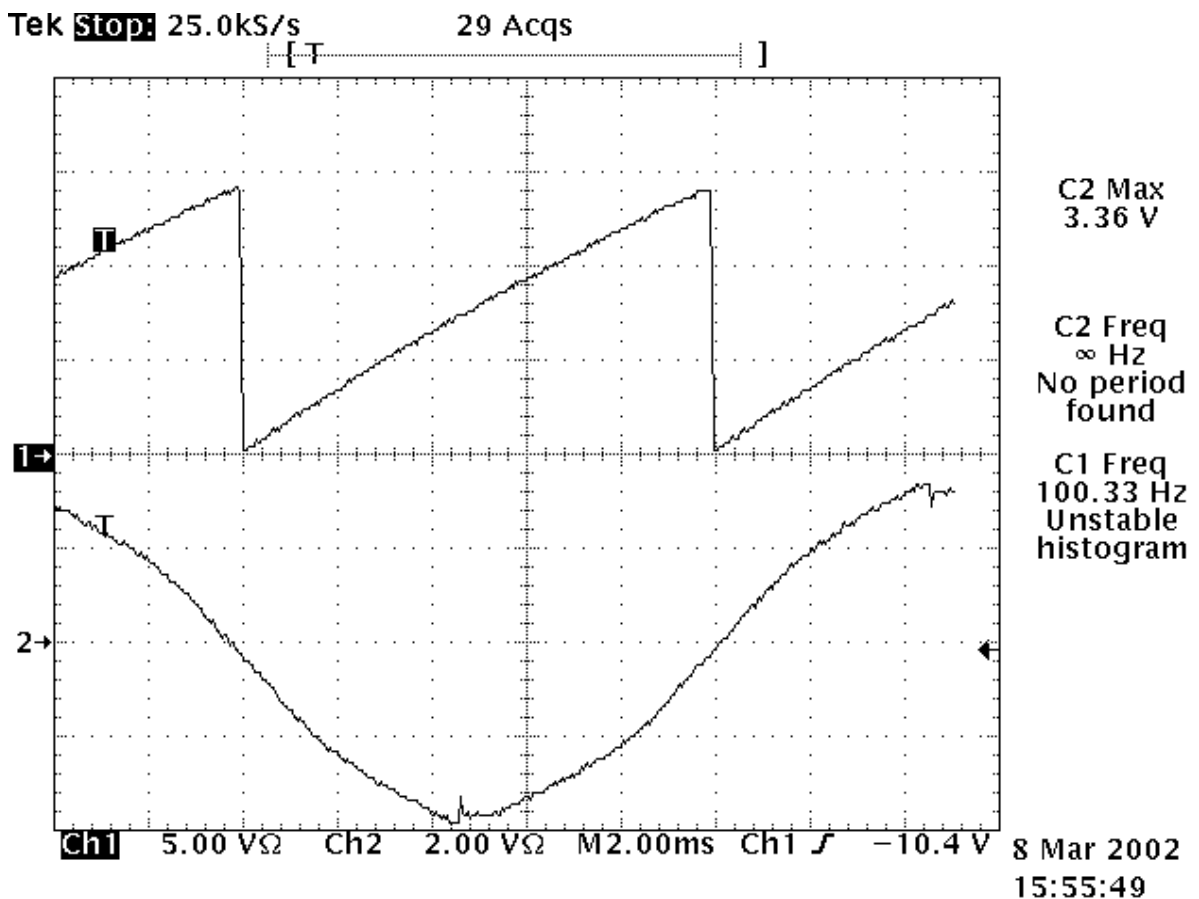


Figure 15 : oscillogramme de la rampe du TCA785

Nous avons ensuite regardé si nous retrouvions notre tension de commande à la sortie de l'optocoupleur. Nous n'avons aucune tension. Aucun courant ne pouvait circuler dans la diode car nous l'avions placée à l'envers. Le constructeur donne l'implantation suivante :

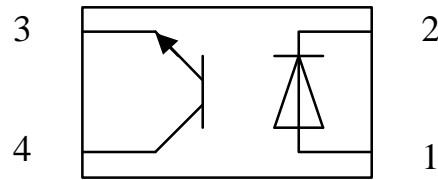


Figure 16 : implantation du K10100B

Après avoir rectifié cette erreur, notre carte de puissance fonctionnait.

Le but recherché était donc atteint et à l'aide de nos deux résistances ajustables de la partie commande, nous pouvons régler la vitesse (ou cadence) de clignotement d'une lampe ainsi que son intensité lumineuse.

Après avoir testé et modifié notre prototype, nous avons pu améliorer nos typns en diminuant la grandeur de nos plaques.

Sur les pages suivantes, se trouvent les typons et les emplacements des composants de la partie commande et de la partie puissance.

Ils comportent toutes les modifications et améliorations apportées : c'est notre schéma final.

LISTE ET PRIX DES COMPOSANTS

pour le circuit de puissance

composant	valeur	référence	fournisseur	UDV	quantité	prix en euro
fusible	10A-250V	420-016	Radiospres	10	1	2,50
condensateur d'antiparasitage	, μF- V	267-7292	Radiospres	5	1	4,09
condensateur	μf- V	122-3484	Radiospres	5	1	1,47
//	, μF (MKH)	228-6852	Radiospres	5	1	0,34
//	, μF	228-6830	Radiospres	5	1	0,34
//	, μF	188-6316	Radiospres	5	1	3,06
//	47pF	188-6300	Radiospres	5	1	2,10
//	150pF	220-7792	Radiospres	10	1	7,10
résistance	,kÙ-W	199-5757	Radiospres	5	1	5,84
//	kÙ	149-060	Radiospres	10	1	0,45
//	kÙ	148-815	Radiospres	10	1	0,45
//	kÙ	148-736	Radiospres	10	1	0,45
//	,kÙ	148-584	Radiospres	10	1	0,45
//	Ù	148-304	Radiospres	10	1	0,45
//			Radiospres	10	1	0,45
//			Radiospres	10	1	0,45
potentiomètre	kÙ	176-7726	Radiospares	5	1	1,58
diode	1N4005	261-182	Radiospares	10	1	0,73
//	1N4151	169-5075	Radiospares	10	4	2,76
diode zener	BZX79-15V	233-744	Radiospares	5	1	0,54
inductance	μH	173-5864	Radiospares	1	1	3,40
triac	BTA16-600B	251-2993	Radiospares	1	1	2,13
optocoupleur à transistor bipolaire	K10100B	395-6344	Radiospares	10	1	2,04
CI	TCA785	168-9014	Radiospares	1	1	7,60
disipateur thermique	RAWA400	169-9869	Radiospares	1	1	1,10
support CI	16 broches		Radiospares	10	1	15,04
support optocoupleur	4 broches		Radiospares	1	1	6,76
support fusible	10A - 250V	336_7851	Radiospares	10	1	5,80
bornier	2 plots		Radiospares	10	3	2,61
						coût total HT = , euros
						coût TVA = , euros
						coût total = , euros

LISTE ET PRIX DES COMPOSANTS

pour le circuit de commande

composant	valeur	référence	fournisseur	UDV	quantité	prix en euro
transformateur	1P-2S 230V/2*12V	173-9872	Radiospres	1	1	5,68
bornier	2 plots		Radiospres	10	2	2,61
pont de diodes	1A boîtier rond	262-141	Radiospres	5	1	1,64
condensateur	µF/V	267-4675	Radiospres	5	1	3,42
//	µF/V	267-4647	Radiospres	5	1	1,38
//	100nF mylar	179-4381	Radiospres	5	1	4,20
//	µF/V tantal	166-7592	Radiospres	5	1	6,38
régulateur de tension	10V	189-1302	Radiospres	1	1	0,77
potentiomètre	47kΩ	176-7528	Radiospres	5	1	10,58
//	10kΩ	176-7689	Radiospres	5	1	10,58
résistance	2,2kΩ	148-429	Radiospres	10	1	0,45
//	1,5kΩ	148-147	Radiospres	10	1	0,45
CI	NE555	305-478	Radiospares	1	1	0,59
support CI	8 broches		Radiospares	10	1	7,02
						coût total HT = ,euros
						coût TVA = ,euros
						coût total = ,euros

CONCLUSION

Nous avons mis au point durant ce projet une commande de triac permettant d'obtenir un gradateur de lumière à commande manuelle. La tension efficace aux bornes de la charge qui dans notre cas est une lampe(charge résistive) est réglable par l'intermédiaire d'un potentiomètre. Lorsque celui-ci est au maximum, la lampe est éteinte et lorsque que nous diminuons la résistance, la lampe éclaire de plus en plus jusqu'à son maximum.

En ce qui concerne la réalisation du projet en lui même, nous avons consacré deux séances pour le fonctionnement de la partie commande (car nous ne l'avions pas entièrement traitée dans le pré-projet). Puis, nous avons enchaîné sur la saisie du schéma sur OrCAD et la "création" de notre carte. Puis nous avons vérifié son fonctionnement et apporté des modifications à notre prototype. Finalement, nous avons réalisé notre produit final en essayant aussi d'optimiser la place. Le but recherché a donc été atteint.

Sur un plan plus pédagogique, ce projet nous a permis, pour la première fois depuis notre entrée à l'IUT, d'appréhender des problèmes liés à l'électronique, mais aussi à la conduite d'un projet personnel sur plusieurs mois :

- recherche d'informations afin de déterminer les meilleures solutions technologiques pour être en accord avec le cahier des charges
- rédiger notre rapport au fur et à mesure que nous avançons dans le projet
- gestion du temps et des informations accumulées au fil des séances...

Ceci pourrait nous être très utile pour notre stage de fin d'étude.

BIBLIOGRAPHIE

Magazines

- ✘ Electronique Pratique n°80 p110
- ✘ Nouvelle Electronique du 15/10/01 au 15/12/01 p43

Documents techniques

- ✘ MémoTech (révision en 1994), TCA785 p3.186, NE555 p2.134
- ✘ Radiospares Composants (septembre 2001 à janvier 2002)
- ✘ Farnell Composants

Livre

- ✘ Equivalences diodes, G. Féléto, éditions Radio, année 1989

Rapport de projet

- ✘ Gadin-Lejeune, Commande éloignée de triac, DATA 015, année 1999
- ✘ David-Berthet, Gradateur de lumière piloté par PC, DATA 179, année 2001
- ✘ pré-projet Demay-Thomas, Commande de triac, année 2002
- ✘ cahier de TR de 1^{ère} année, année 2001

Cours

- ✘ Cours d'électronique de M. Lequeu, les thyristors et triacs, année 2001
- ✘ Cours d'électronique de Mme Jouanne, gradateur et montage redresseur, année 2002

Sites internet

- ✘ www.radiospares.com
- ✘ www.eprat.com
- ✘ www.farnell.com
- ✘ www.siemens.fr
- ✘ <http://perso.wanadoo.fr/w.prevost/LETRONIC/C5.htm>
- ✘ <http://perso.clubinternet.fr/f5jtz/pjacquet/cal.rad.htm>
- ✘ <http://ac-nancy-metz.fr/pres-etab/lycom/electro/Electro-cours/ne555>

ANNEXES

Annexe 1 : documentation technique sur le NE555

Annexe 2 : documentation technique sur le régulateur de tension
L7800

Annexe 3 : documentation TCA 785 chez Siemens

Annexe 4 : empreintes physiques de nos composants