

*Projet de Physique P6-3*  
*STPI/P6-3/2011 – 49*

**MISE AU POINT D'UNE SOURCE  
LUMINEUSE A BASE DE DEL**



**Etudiants :**

**Antoine VEILLER**

**Elisa LARGE**

**Pierre-Loup NGUYEN KHANH**

**Ylias ASSANY**

**Bruno STUNER**

**Morgane SCOCOZZA**

**Vincent YVELIN**

**Enseignant-responsable du projet :**

**Philippe LEBAUDY**



Date de remise du rapport : 17/06/2011

Référence du projet : **STP/IP6-3/2011 – 49**

Intitulé du projet : **Mise au point d'une source lumineuse à base de DEL.**

Type de projet : **Expérimental**

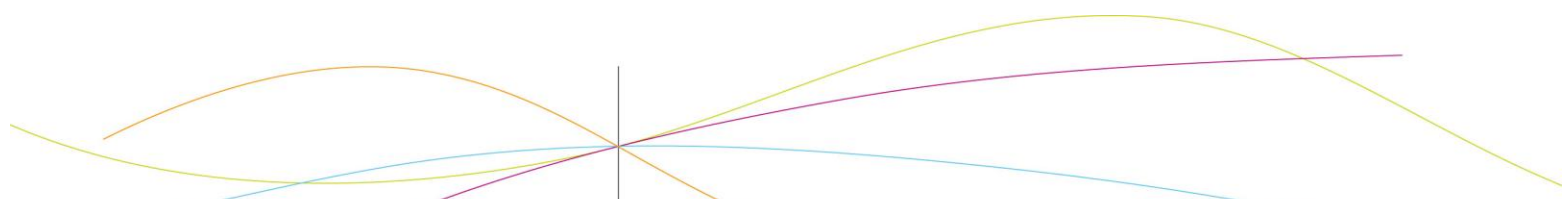
Objectifs du projet (10 lignes maxi) :

**L'objectif de ce projet est de créer un montage électronique qui module automatiquement l'intensité lumineuse produite par une LED en fonction de l'éclairement d'un point précis. Ceci dans le but de pouvoir réaliser des réactions de polymérisation qui ont besoin d'un éclairement de longueur d'onde spécifique et d'intensité constante.**

Mots-clefs du projet (4 maxi) : **Electronique et LED.**

## TABLE DES MATIERES

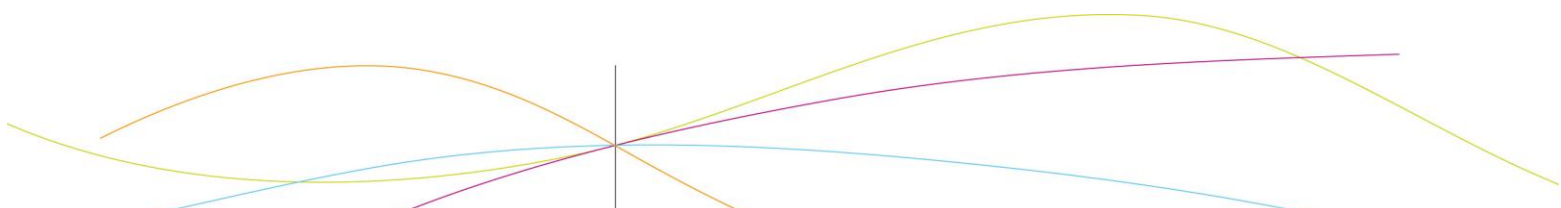
1. Introduction .....	6
2. Méthodologie / Organisation du travail .....	7
3. Travail réalisé et résultats .....	8
3.1. Composants nécessaires à la réalisation du projet .....	8
3.1.1. La diode .....	8
3.1.2. Le boîtier .....	9
3.1.3. Les alimentations .....	10
3.1.4. Support de la diode .....	11
3.1.5. Réalisation du support pour la fibre optique .....	11
3.2. Principe du montage .....	12
3.3. Wintypon .....	14
3.4. Résultats et Manipulation .....	15
3.4.1. Assemblage .....	15
3.4.2. Manipulation .....	16
4. Conclusions et perspectives .....	17
5. Bibliographie .....	20
6. Annexes .....	21
6.1. Annexe 1 : La polymérisation radicale .....	21



## NOTATIONS, ACRONYMES

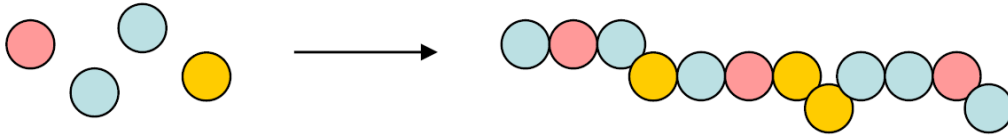
**DEL ou LED :** Les LED, de l'anglais Light-Emitting Diode, sont des diodes électroluminescentes qui émettent de la lumière lorsqu'elles sont parcourues par un courant électrique et qui produisent une lumière presque monochromatique.

**Electronique :** L'électronique est une science technique, ou science de l'ingénieur, constituant l'une des branches les plus importantes de la physique appliquée, qui étudie et conçoit les structures effectuant des traitements de signaux électriques, c'est-à-dire de courants ou de tensions électriques, porteurs d'information ou d'énergie.



## 1. INTRODUCTION

Un polymère est une molécule dite molécule géante, et est constitué par l'enchaînement de petites molécules appelées « monomères ». Ainsi, la polymérisation est définie comme étant la réaction chimique permettant la synthèse de polymères à partir de l'enchaînement des monomères.



Réaction de polymérisation

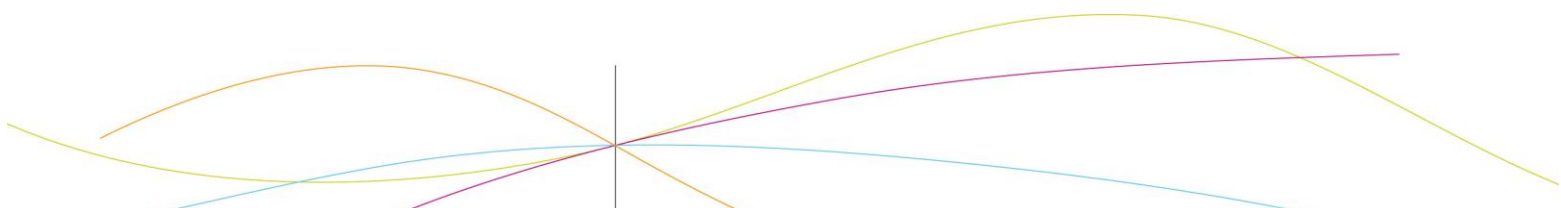
Les polymères synthétiques sont très nombreux, et peuvent être conçus de différentes manières. On les appelle plus couramment « matières plastiques ». Ils se présentent sous différentes formes selon les applications (fibre textile, peinture, matériaux compacts...)

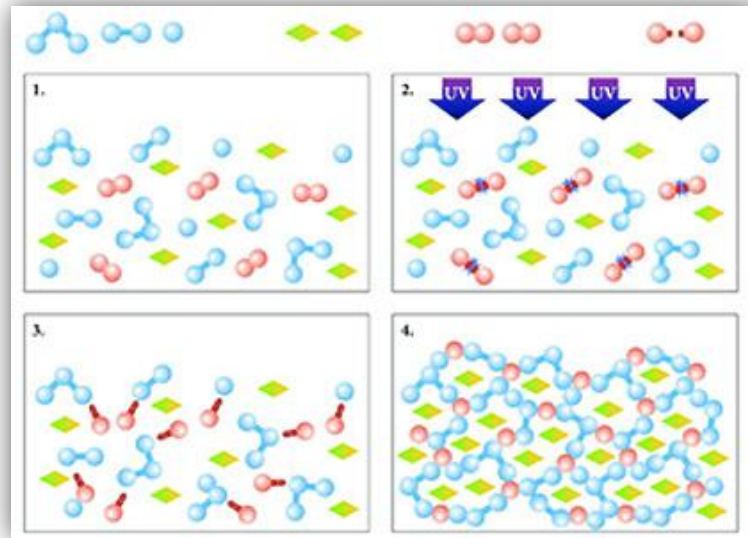
A	R	monomère	Polymère	Acronyme
H	H	éthylène	Poly(Ethylène)	PE
H	CH <sub>3</sub>	propylène	Poly(Propylène)	PP
H	Cl	Chlorure de vinyle	Poly(Chlorure de Vinyle)	PVC
CH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	Méthacrylate de méthyle	Poly(MéthAcrylate de méthyle)	PMMA
H	phenyl	Styrène	Poly(Styrène)	PS

La réaction de polymérisation se fait grâce à la rupture d'une liaison entre deux atomes de la molécule qui constitue un monomère. C'est cette liaison qui va permettre ensuite d'enchaîner deux monomères pour former un polymère. Il existe en fait deux manières de rompre cette liaison : la manière « ionique », et la manière « radicalaire ». C'est cette deuxième qui va nous intéresser dans ce projet.

La manière radicalaire consiste donc à rompre la liaison entre les atomes en apportant de l'énergie par un rayonnement UV. (Voir en annexe le détail d'une réaction de polymérisation radicalaire).

L'image ci-dessous résume le principe de réaction :





Polymérisation par rayonnement UV

Or, une molécule n'est sensible pour ce genre de réaction qu'à un certain rayonnement spécifique : le rayonnement apporté ne doit pas changer d'intensité.

C'est pourquoi, un outil utile pour activer ce genre de réaction est une source lumineuse prise à partir d'une L.E.D (Diode Électroluminescente) puisqu'elle a la particularité d'émettre une lumière quasiment monochromatique. Par ailleurs, un montage spécifique doit être réalisé pour que l'intensité apportée à la molécule ne soit pas changée malgré les mouvements que peut faire la lampe. En fait, il s'avère que ce montage module l'intensité lumineuse d'une diode.

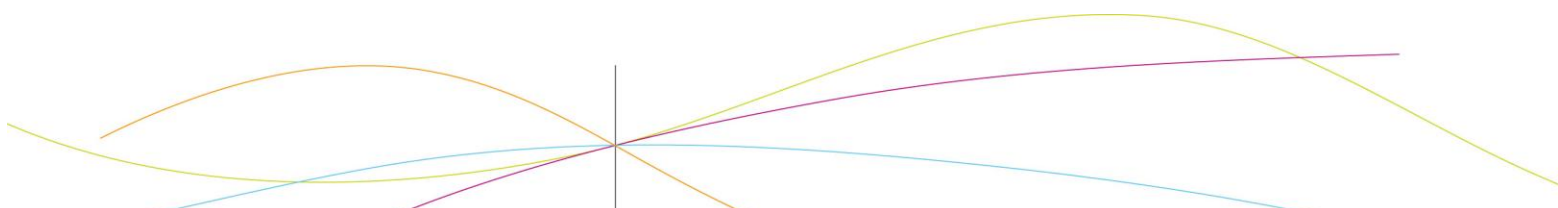
C'est cet outil que notre groupe de projet a voulu créer dans le cadre de la P6-3.

## 2. METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

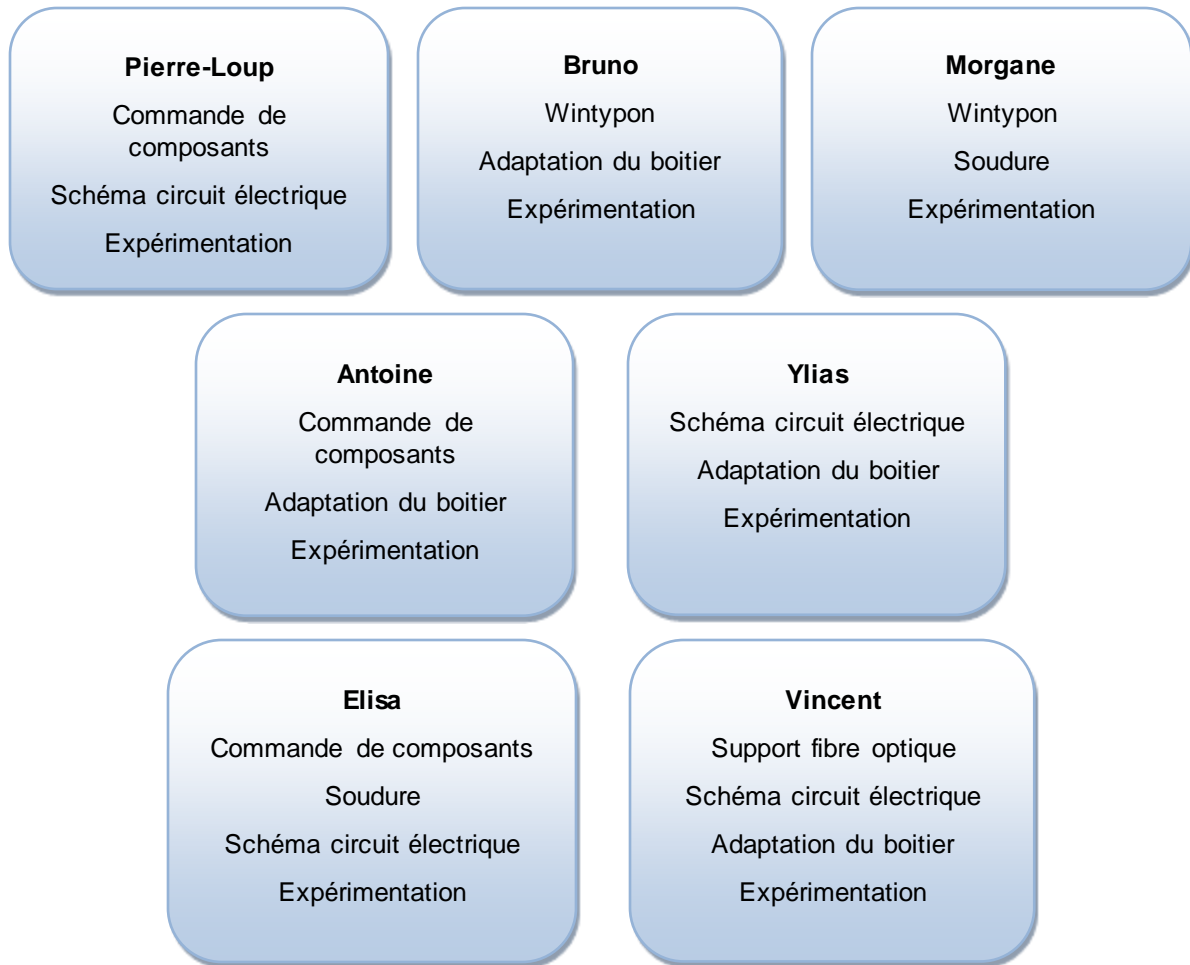
Le projet que nous avons mené consiste en la réalisation d'une source lumineuse à l'aide d'une DEL, en partant de la recherche théorique jusqu'à sa conception et son expérimentation. Nous nous sommes donc rapidement aperçus que nous devons procéder dans l'ordre des choses et que nous ne pouvions pas brûler certaines étapes.

Dès la première séance, nous avons pris conscience que le projet se divise en quatre principales étapes chronologiques. En effet, tout d'abord nous avons démarré par une recherche théorique pour comprendre le montage que nous devons réaliser. Ainsi, ces recherches nous ont amené à la deuxième étape qui a consisté à l'obtention de tous les composants et pièces dont nous avons eu besoin pour la troisième étape, l'assemblage. Et pour finir, une fois notre appareil terminé la quatrième et dernière étape a été de le tester lors d'une expérimentation.

C'est de manière naturelle que dans chacune des étapes nous nous sommes répartis les différents travaux à effectuer. Ainsi, nous avons la plupart du temps travaillé par groupe de 2 à 3 personnes.



**Organigramme :**



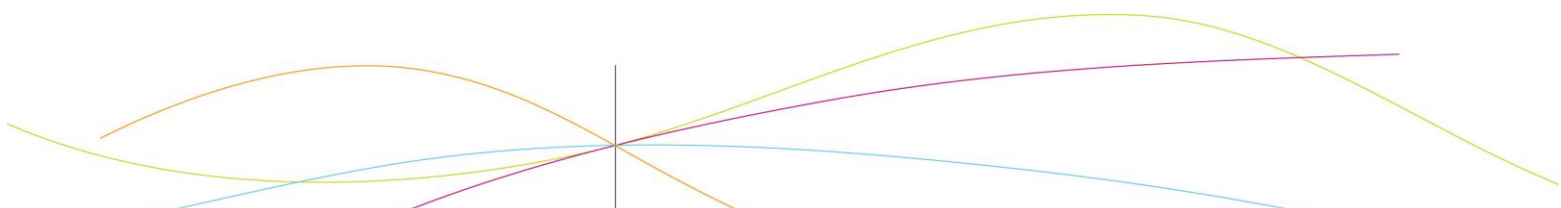
**3. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS**

**3.1. Composants nécessaires à la réalisation du projet**

Sur toute la durée du projet, nous avons eu besoin de commander plusieurs composants pour réaliser notre montage. Pour chacun d’entre eux, nous avons alors déterminé lors de chaque séance les caractéristiques techniques qui répondaient le mieux à nos exigences. Une fois les références et la documentation technique obtenues, nous les communiquons à M. LEBAUDY qui passait la commande et parvenait généralement à obtenir la pièce la semaine suivante.

**3.1.1. La diode**

Le choix de la diode utilisée a bien sûr été primordial. Il nous fallait une diode à haut rendement lumineux pouvant être couplée à une fibre optique, de manière à ce que l’utilisation en laboratoire sur une réaction polymérisée induite soit aisée. La diode finalement retenue est la suivante :







*High Luminous Efficacy Blue LED Emitter*  
(cf. Annexe Fiche technique de la diode utilisée)

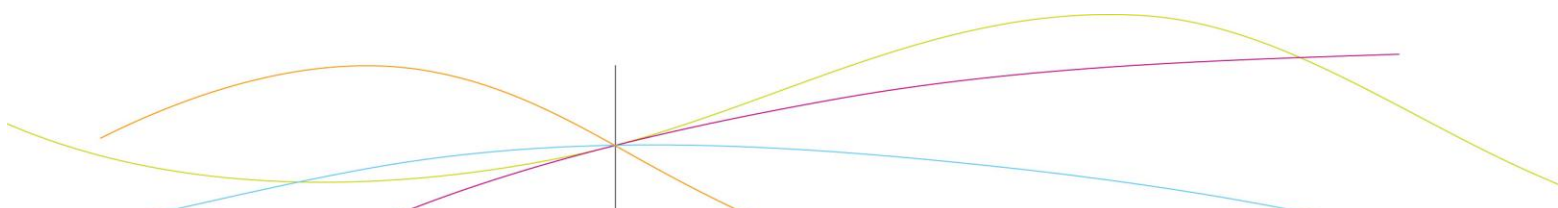
Elle délivre une lumière bleue d'une puissance de 5 Watt pour une petite surface d'éclairage. Elle est alimentée par un courant de 1.5 Ampère et soumise à une tension de 3.8 Volt. Elle peut de plus résister à de hautes températures sans perdre beaucoup de puissance, donnée importante puisqu'elle est destinée à être utilisée durant de longues périodes et donc à chauffer.

### **3.1.2. Le boîtier**

Pour rendre notre dispositif fonctionnel mais aussi esthétique, il nous fallait un volume suffisant pour contenir le circuit imprimé et l'ensemble de l'électronique, les alimentations et permettant l'implantation de la diode, d'un interrupteur et d'une sortie pour l'alimentation du système. Nous avons choisi un support en acier facilement usinable et disposant d'un rail de fixation pour le circuit imprimé.



figure 1 : Boîtier Solbox Retx, 250x100x160 mm



Le boîtier dispose d'une aération, permettant éventuellement l'installation d'un ventilateur pour ralentir l'élévation de température de la diode au cours de l'utilisation.

### 3.1.3. Les alimentations

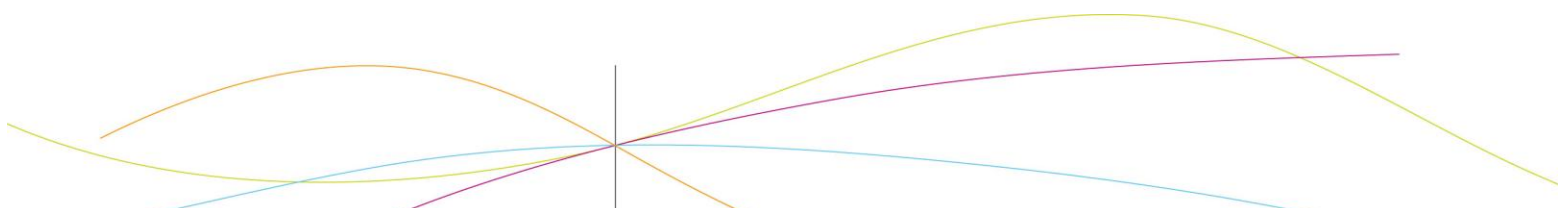
Nous avons eu besoin de 2 types d'alimentations : une alimentation de puissance pour la diode en elle-même et une alimentation de commande (très faibles courants) pour faire fonctionner le système de régulation électronique.



figure 2 : Alimentation de commande TML 30515C 15V 500-3000 mA (cf. Annexe Fiche technique alimentation de commande)



figure 3 : Alimentation de puissance R3 power 5V 6.0A



### 3.1.4. Support de la diode

Pour intégrer la diode au boîtier de façon solide, nous avons besoin d'un support adapté. Il se fixe facilement à l'aide de vis sur le support et intègre parfaitement la diode.

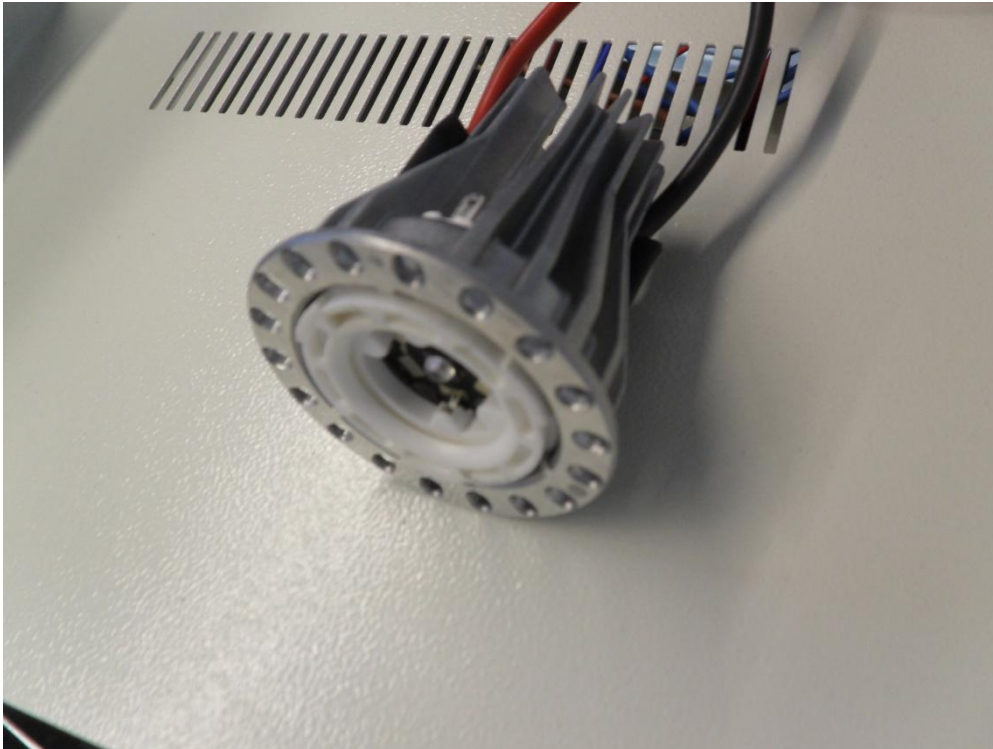


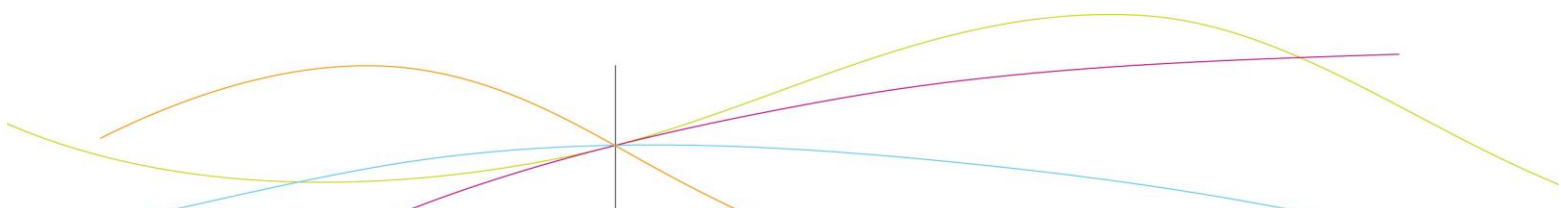
figure 4 : Support de la diode

### 3.1.5. Réalisation du support pour la fibre optique

Une des étapes de notre travail a été de résoudre le problème du positionnement et du maintien de la fibre optique par rapport à la DEL. En effet, nous avons d'un côté la DEL et son support que nous avons commandés et de l'autre la fibre optique avec son embout en forme de cylindre.

Il nous a fallu trouver une méthode pour positionner fixement la fibre optique face à la DEL et cela de telle sorte que l'installation soit hermétique à la lumière afin que la lumière ambiante ne puisse pas venir altérer la quantité de lumière émise sur la réaction chimique. De plus, nous devons faire en sorte que le système mis en place soit démontable dans le but de pouvoir accéder à la DEL et de pouvoir la changer une fois en fin de vie.

C'est pourquoi nous avons décidé de faire usiner une pièce en aluminium. Pour cela nous avons fait un dessin technique de la pièce que nous voulions en indiquant les cotes nécessaires à l'usinage de la pièce. N'étant pas encore très au point sur les différentes méthodes et outils d'usinage, notre dessin n'avait pas pour vocation de représenter exactement la pièce que nous attendions, mais de faire apparaître les cotations importantes non modifiables.



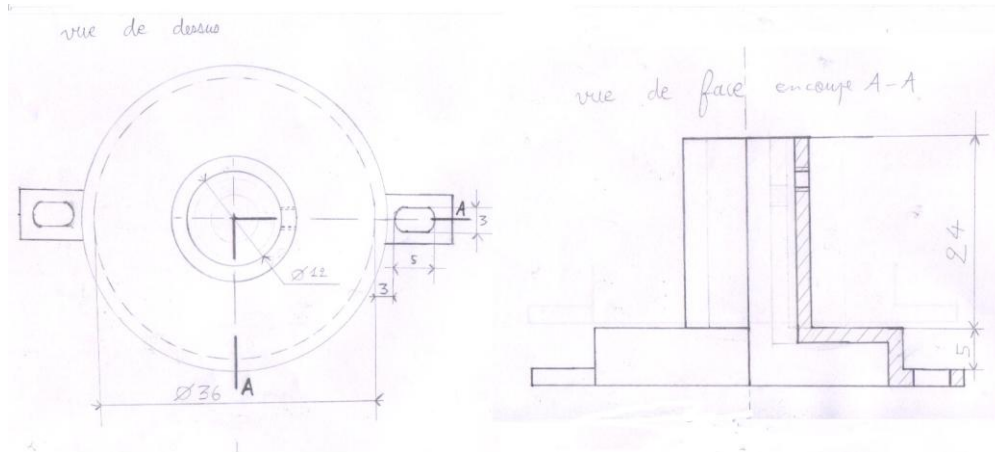


figure 5 : *Dessin du support de fibre optique*

Nous avons ensuite demandé à un technicien de l'atelier de Mécanique au sein de l'INSA de Rouen d'usiner notre pièce. Pour cela, nous lui avons donné notre dessin et nous lui avons expliqué l'assemblage que nous réalisons pour qu'il puisse comprendre ce que nous attendions de la pièce. Ainsi le technicien a pu réaliser une pièce légèrement différente de celle que nous avons dessinée, car plus facile à usiner et donc moins coûteuse, mais pour autant la pièce obtenue répond parfaitement à nos attentes.

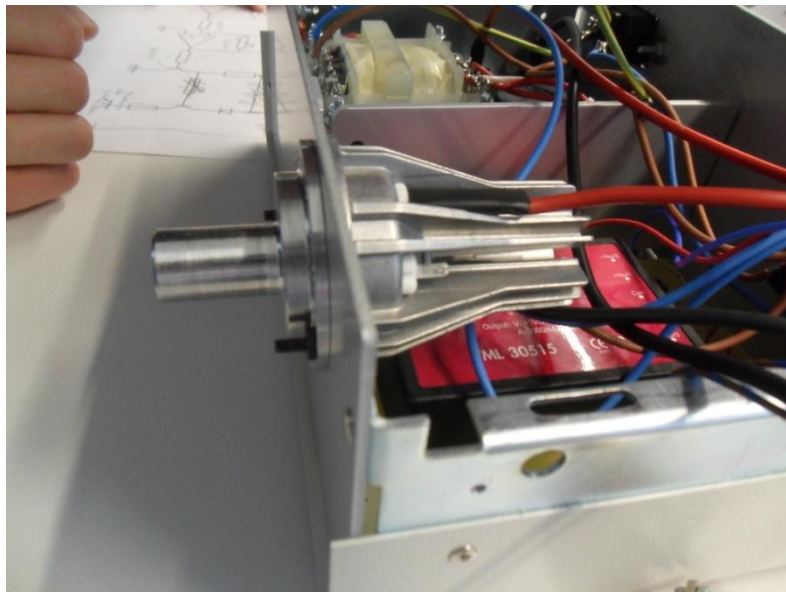
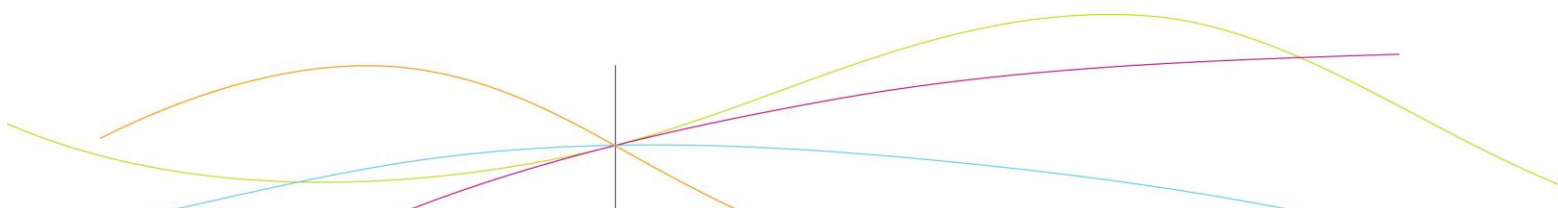


figure 6 : *Support en aluminium de la fibre optique et support de la LED*

### 3.2. Principe du montage

Le but était de concevoir un montage d'autorégulation de l'intensité lumineuse produite par la LED, il est composé de résistances, d'une LED, d'une photodiode, de deux condensateurs, de deux amplificateurs opérationnels et d'un générateur.

On récupère un signal électrique faible grâce à une photodiode sensible à une





certaine longueur d'onde (celle de la couleur de la LED) et on amplifie ce signal deux fois avec des amplificateurs opérationnels en montage amplificateur inverseur. On a décidé de placer des résistances variables afin d'affiner l'amplification, cependant les valeurs des résistances ont été établies empiriquement de telle sorte que l'on passe d'un courant de quelques milliampères à une tension d'un ou deux volts puis on amplifie de nouveau afin d'obtenir une tension environ égale à 14V, ainsi l'amplification sera suffisante pour avoir un réel impact sur l'éclairage de la LED. On procède donc à deux amplifications successives pour avoir un signal suffisamment intense pour qu'il soit effectif. On peut noter la présence de condensateurs en dérivation. Les condensateurs sont quant à eux utilisés pour assurer la stabilité du courant dans le circuit, ils nous permettent d'éviter des oscillations indésirables.

Le signal passe ensuite dans deux transistors, ceux-ci servent à inverser la réaction face à l'éclairage, pour ainsi avoir un signal de sortie inversement proportionnel à celui en entrée. Le transistor peut être considéré comme une résistance variable réglée par la tension en entrée. La tension sortant du premier transistor est donc proportionnelle à celle en entrée et peut se calculer grâce à un pont diviseur de tension, le deuxième transistor permet donc d'effectuer une contre réaction. Le but de ce montage est de garder une intensité lumineuse constante lorsque la LED se rapproche ou s'éloigne de la photodiode ou bien lorsqu'elle commence à chauffer, puisque son intensité lumineuse aura tendance à baisser. Ce changement sera détecté par la photodiode, ce qui aura pour effet d'augmenter ou de diminuer la tension en entrée dans la LED afin de garder une source lumineuse stable. Pour expliquer de façon plus schématique le fonctionnement des deux transistors ainsi placés, ils fonctionnent comme un robinet et lorsque le courant provenant de la photodiode sera plus intense le courant passant alors dans la LED sera moins intense et vice versa.

Le circuit est aussi pourvu de résistances : certaines de protection (R4, R5 et R6) dont la valeur est faible, qui permettent de ne pas endommager les composants en réduisant l'intensité du circuit ; et d'autres telles que la résistance variable (R3) du circuit permettent de faire varier la tension de sortie dans la LED et donc d'éclairer de manière plus ou moins intense. Les résistances R1 et R2, quant à elles, permettent de transformer le courant en tension et de l'élever à quelques volts.

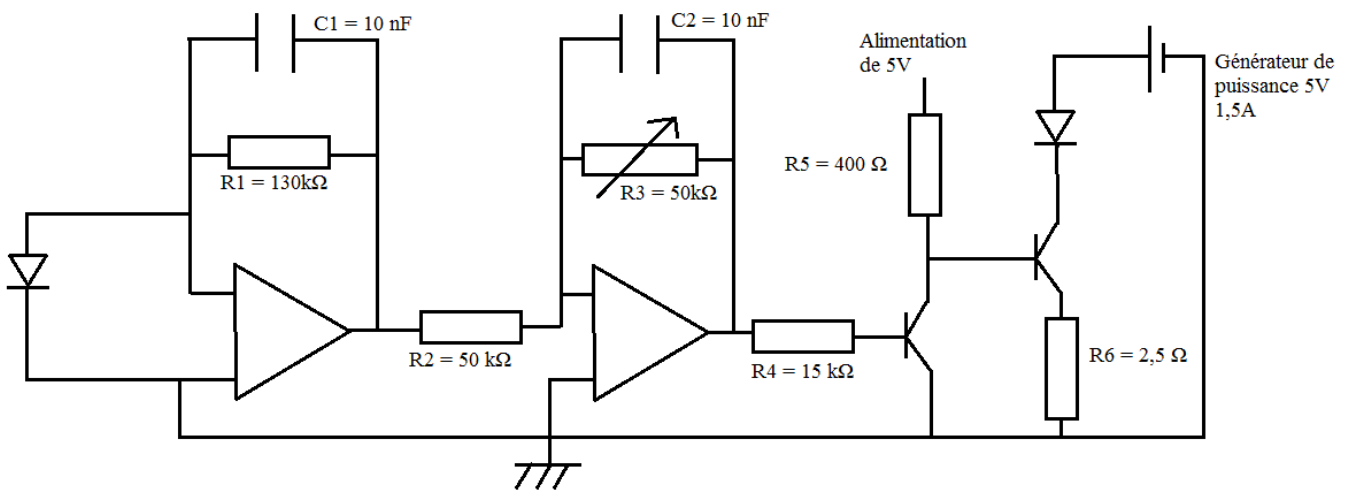
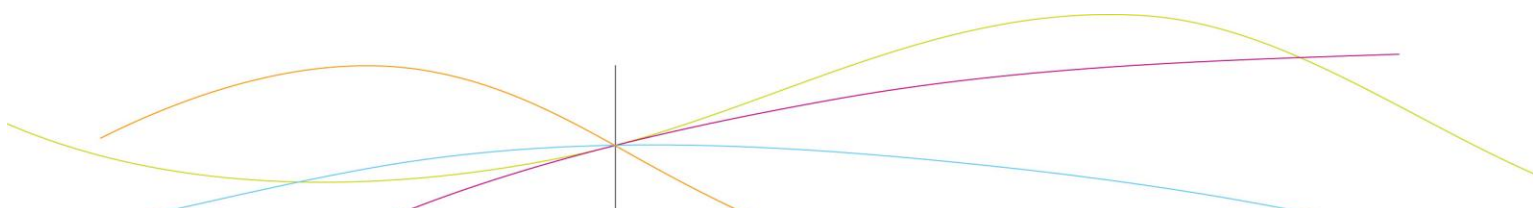


figure 7 : Schéma du montage



### 3.3. Wintypou

Après que nous ayons, avec l'aide de Monsieur LEBAUDY, trouvé un moyen de faire fonctionner le dispositif de notre projet, il nous fallait ensuite réaliser un circuit imprimé, c'est-à-dire une plaque nous permettant de relier électriquement chaque composant de façon sûre et en prenant le moins de place possible. En effet, la plaque devait rentrer dans le support que nous avons acheté. Notre enseignant nous a alors proposé de réaliser, au préalable, ce circuit par ordinateur avec le logiciel Wintypou.

Pour commencer le circuit nous devons connaître l'espace disponible dans notre support (celui de l'alimentation de la partie puissance), certains l'ont donc mesuré, puis nous devons aussi connaître la taille de l'alimentation (celle alimentant la partie de commande), ainsi que l'espace entre chaque sortie de ce composant. N'ayant pas encore reçu cette deuxième alimentation, une partie du groupe a donc fait des recherches sur internet pour trouver la fiche technique du produit et nous fournir les dimensions dont nous avons besoin. Une fois ces informations connues, nous avons commencé à utiliser le logiciel. Nous avons vraiment passé plusieurs séances sur ce logiciel car nous ne le connaissons pas et au premier abord il n'est pas si simple d'utilisation. Nous avons eu beaucoup de mal à trouver à quoi correspondaient nos composants sur le logiciel (nous devons les insérer sur le schéma afin de laisser l'emplacement nécessaire aux branchements de ceux-ci). Il fallait aussi bien organiser l'espace car les pistes du circuit ne devaient pas se croiser pour ne pas créer de court-circuit.

Les composants sont classés par dossiers tels que « bobine, relais, led... », et lorsqu'on clique sur un des éléments d'un des dossiers nous obtenons une visualisation de l'élément. Mais nous devons parfois chercher assez longtemps pour trouver une visualisation qui ressemblait à notre composant dans la réalité car par exemple pour les transistors, il y a avait plusieurs sortes de transistors qui ne se ressemblaient absolument pas et qui était dans le même dossier.

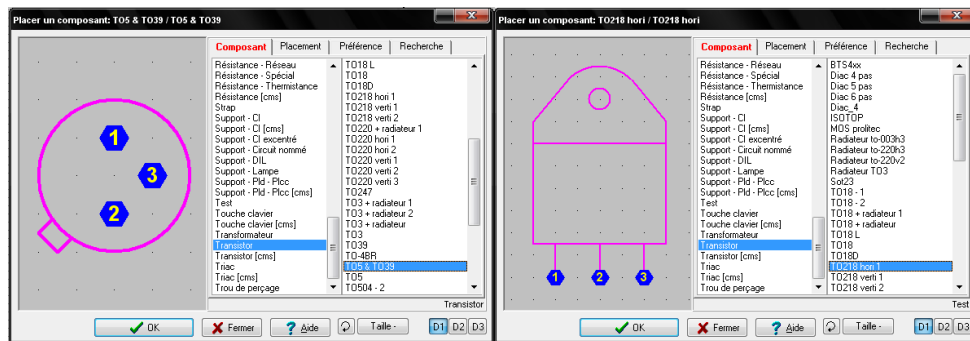


figure 8 : Exemple de composants sur Wintypou

Pour bien respecter les dimensions nous avons utilisé la grille en millimètre ainsi que la règle et, par exemple pour l'alimentation, nous avons veillé à ce que les sorties soient toutes représentées sur la même ligne et nous avons vérifié que l'espace entre chaque sortie correspondait bien.

Après plusieurs tentatives infructueuses nous avons finalement réussi à créer notre circuit imprimé qui respectait toutes les conditions que nous nous étions fixées. Mais à la séance suivante, notre enseignant nous a annoncé que les fournisseurs de l'alimentation que nous avons commandée n'en avaient plus en stock et qu'ils avaient donc proposé d'en envoyer une autre. Il a donc accepté, mais les mesures de notre circuit imprimé n'étaient donc plus bonnes. L'alimentation étant plus grande, nous avons essayé de tout réorganiser

notre circuit en déplaçant les composants et modifiant les pistes mais nous manquions de temps et cela était très long à refaire.

Monsieur LEBAUDY nous a donc donné un circuit qu'il avait lui-même fait pour que nous puissions continuer sans prendre trop de retard. Une fois le calque imprimé, notre enseignant est allé transmettre notre circuit pour que les techniciens l'impriment, c'est-à-dire qu'ils déposent une couche de cuivre à l'endroit où se situent les pistes, sur une plaque constituée d'un matériau isolant.

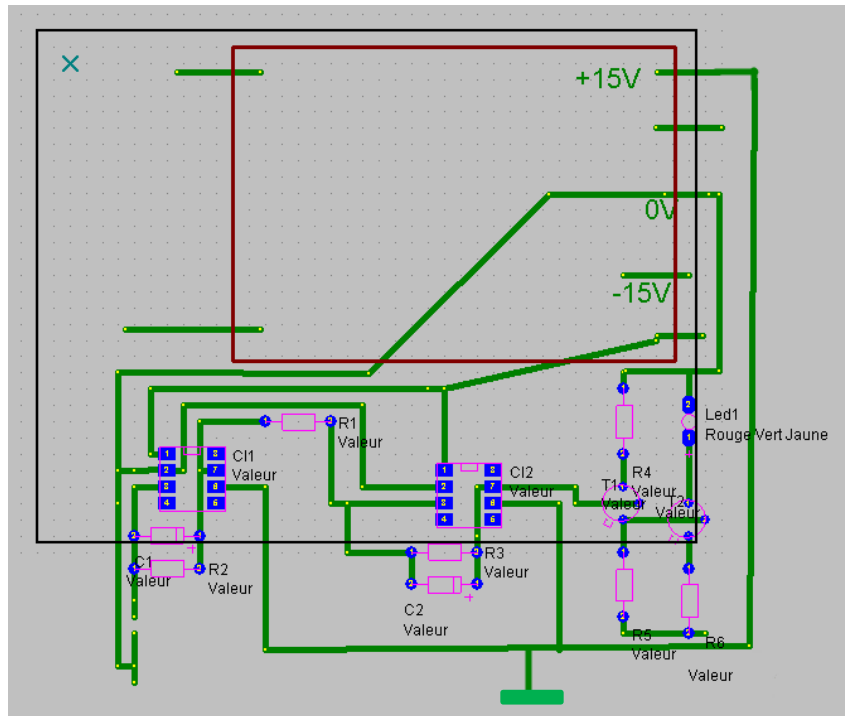


figure 9 : Notre schéma sur Wintypon

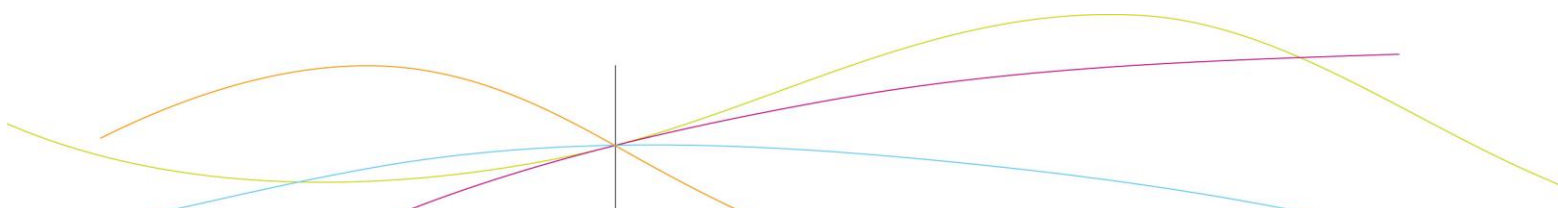
### 3.4. Résultats et Manipulation

#### 3.4.1. Assemblage

Nous avons travaillé sur les deux plaques faciales du boîtier afin d'y percer des trous pour les différents composants qui viendront s'y fixer comme montré ci-dessous.



figure 10 : Schémas représentant les trous percés



Une fois que nous avons le circuit imprimé nous avons dû repercer des trous qui n'étaient pas de dimension assez importante pour certains composants, puis nous avons soudés ces composants. Finalement nous avons placé des vis et des boulons de manière à ce que le circuit ne soit pas en contact avec la surface métallique du boîtier. Pour finir nous avons installés les composants aux plaques et monté le tout dans le boîtier pour obtenir le produit fini.

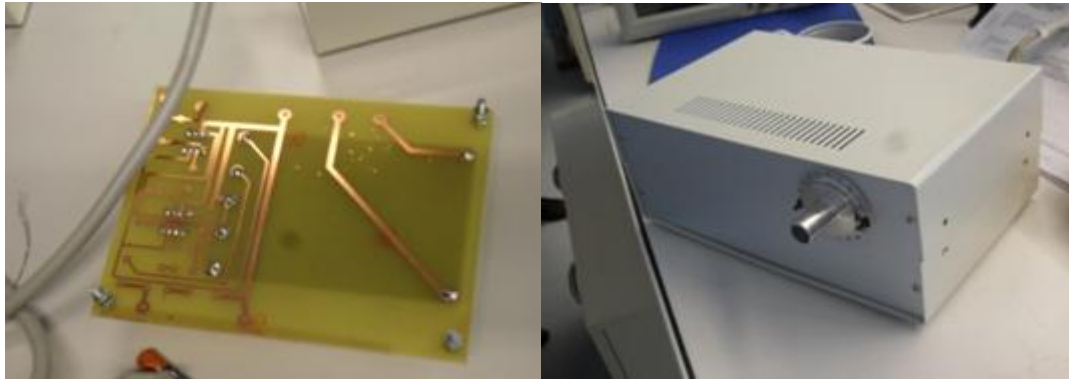


figure 11 : Le Circuit imprimé et le produit fini

### 3.4.2. Manipulation

Malheureusement nous n'avons pas pu faire l'expérience chimique avec notre appareil que nous avons prévu d'observer, mais notre enseignant nous a néanmoins expliqué le principe de cette expérience.

Comme nous l'avons mentionné dans l'introduction, notre appareil peut servir dans les réactions de polymérisation. Une des applications d'un tel appareil se trouve dans la photo calorimétrie à compensation de puissance. Cette technique d'analyse permet d'observer la consommation des espèces actives du système lors de la réaction de photo polymérisation en analysant le dégagement de chaleur.

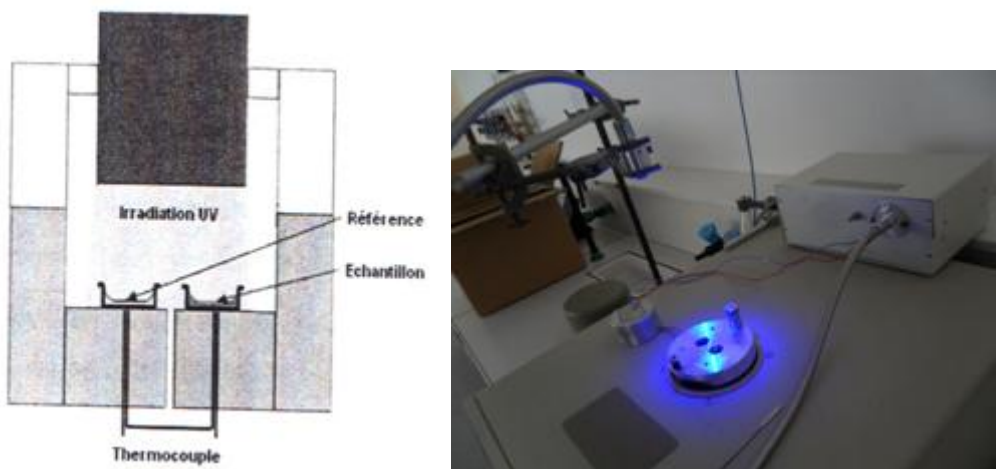
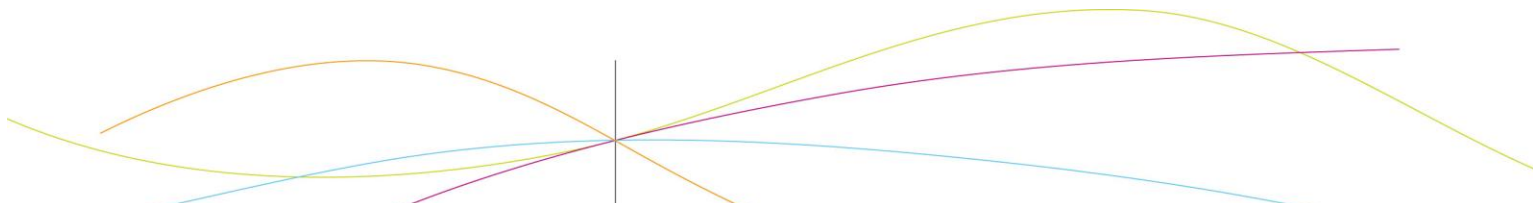


figure 12 : Schéma du procédé et une photo du montage





Dans cette expérience, notre appareil permet de procurer une irradiation constante de rayons lumineux ce qui est nécessaire à la polymérisation.

A partir de cette expérience, on peut observer le résultat suivant :

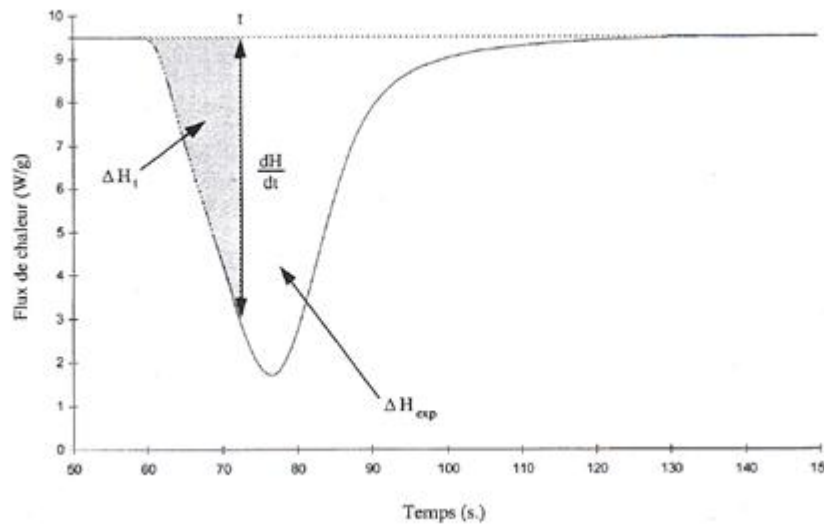


figure 13 : Thermogramme de photoréticulation du polyéther diméthacrylate de bisphénol A

#### 4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

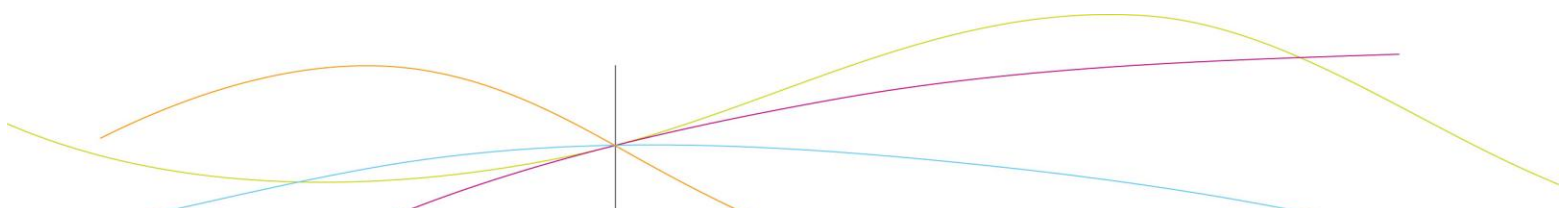
Le montage réalisé nous a donc permis d'avoir un rayonnement adéquat pour une réaction entraînant la formation de polymères.

Pour cela, il a fallu en premier lieu trouver le modèle de montage électrique qui allait nous servir, et se procurer les différentes pièces et outils dont nous aurions besoin. Dans un deuxième temps, nous avons dû modéliser le circuit électrique en utilisant le logiciel Wintypon, et enfin, nous avons pu assembler les différents éléments qui constituent la source lumineuse à base de LED. La dernière étape étant une manipulation ayant pour résultat une réaction de polymérisation.

Par ailleurs, sur un projet, on peut se rendre compte que chacun a un ressenti différent à la fin du travail :

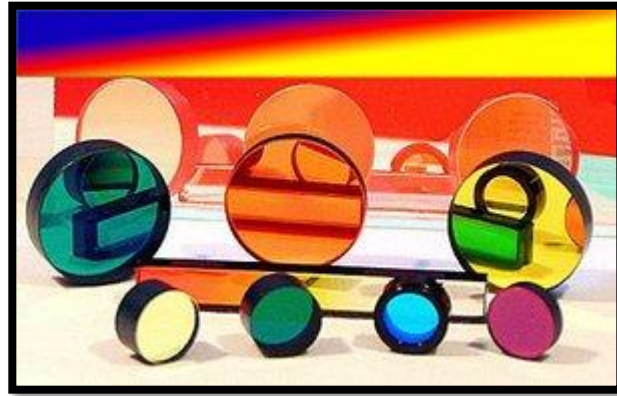
- **Elisa** : C'était la première fois que l'on se retrouvait à travailler sans choisir les personnes avec qui on allait monter le projet. Nous avons déjà eu quelques expériences de travail en groupe auparavant, mais ceci a amené une nouveauté dans la gestion d'un projet. Etant donné que l'on ne se connaissait pas forcément au départ, c'est une difficulté qui a été ajoutée. Par ailleurs, la connaissance scientifique que j'ai pu acquérir, et l'expérience même du projet ont été très enrichissantes pour moi.

- **Morgane** : Personnellement j'ai beaucoup aimé travailler sur ce projet et ceci avant tout parce que Monsieur LEBAUDY a grandement insisté sur le fait que ce que nous allions faire allait lui servir. En effet, c'est une motivation non négligeable pour moi et si l'on arrive au bout du projet cela procure une certaine satisfaction personnelle de se dire que notre travail n'a pas été fait en vain. De plus, le travail de groupe n'a pas été difficile car tout le monde a travaillé de façon équitable et dans une bonne ambiance. J'ai aussi pu approfondir mes connaissances en électronique ce qui a été très intéressant et parfois un peu compliqué.
- **Pierre-Loup** : L'intitulé du sujet ne correspondant pas à mes domaines de prédilection, je n'éprouvais pas une motivation très conséquente au début du projet. Mais après les premières séances et les nombreuses explications fournies par M. LEBAUDY, j'ai rapidement compris les enjeux des objectifs poursuivis et la nécessité de s'investir pleinement dans ce projet. Il a été de plus plaisant de travailler au sein d'une équipe agréable, et de s'apercevoir qu'un tel travail demandait des savoirs et compétences variés. Cette expérience m'a donc été bénéfique pour l'avenir, car elle a mis en valeur l'esprit d'ouverture nécessaire pour les travaux de l'ingénieur.
- **Antoine** : Ce projet s'est révélé intéressant pour moi car ce que nous avons produit a une réelle application et sera utilisé par les chimistes de l'INSA de Rouen, de plus ça a été l'occasion de travailler avec des personnes avec lesquelles je n'avais pas l'habitude de travailler. C'était aussi l'opportunité d'en apprendre plus sur la conception d'un appareil électronique : les étapes, les difficultés qui peuvent être rencontrées et bien suivre un cahier des charges assez précis.
- **Bruno** : Ce projet m'a permis de me réconcilier avec l'électronique, mais aussi d'agir dans une dynamique de groupe dans la réalisation de quelque chose de concret. En effet on a construit étape par étape un système répondant à des critères et qui sera désormais utilisé, ce n'est pas un projet que l'on a fait juste pour faire un projet.
- **Vincent** : Ce premier projet de physique a été très enrichissant et cela sur plusieurs points. Tout d'abord, ce projet a été pour moi la première occasion de travailler dans un groupe aussi conséquent, 7 personnes. J'ai pu alors me rendre compte l'importance d'organiser le travail à effectuer et de se le répartir. De plus, ce projet m'a donné l'opportunité de réaliser de bout en bout un appareil électrique et plus précisément une source lumineuse à base de DEL avec rétroactivité. Cela m'a permis de me familiariser avec les différentes étapes de conception. Aussi, ce projet nous a amenés à travailler avec des personnes extérieures à notre groupe de travail, comme par exemple avec l'atelier de Mécanique de l'INSA. On a donc pu apprécier la nécessité d'une bonne réactivité au sein de l'institut. Enfin, l'appareil réalisé durant ce projet a pour but d'être utilisé dans le futur au cours d'expérience chimique. Son utilité a donc été un facteur supplémentaire d'intérêt et de motivation.
- **Ylias** : Ce projet a été très intéressant de par le travail de groupe demandé et la réalisation d'un projet « utile ». Dans mon cas je trouve très gratifiant le fait que notre projet sera utilisé à des fins autres que scolaires. De plus cette expérience a été aussi enrichissante qu'amusante.



Il est également intéressant de réfléchir au futur de notre projet, et par conséquent aux perspectives d'avenir qu'on peut y voir. La prochaine étape d'un tel travail aurait été de rajouter au montage un filtre d'interférence.

Un filtre d'interférence sert à éliminer tout rayon lumineux qui ne vient pas de la diode (lumière ambiante, appareil allumé un peu plus loin...) afin de ne pas avoir de réactions parasites.



Filtres d'interférences lumineuses



## 5. BIBLIOGRAPHIE

### Documents Imprimés

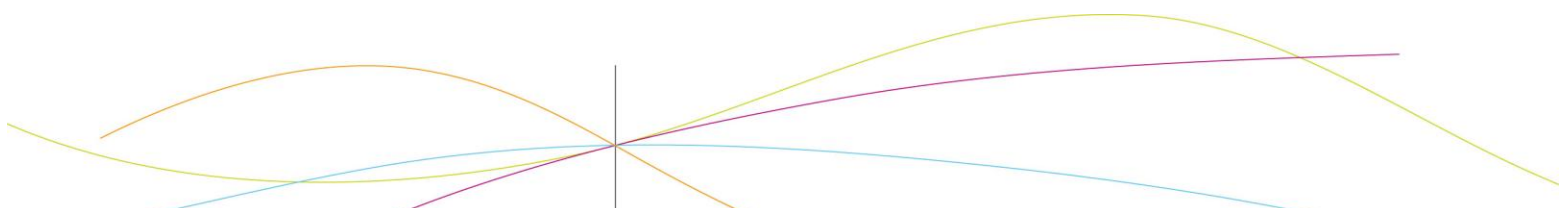
Cours STPI2 de CO de Mr DUPAS

Cours STPI2 de C3 de Mr PAPAMICKAEL

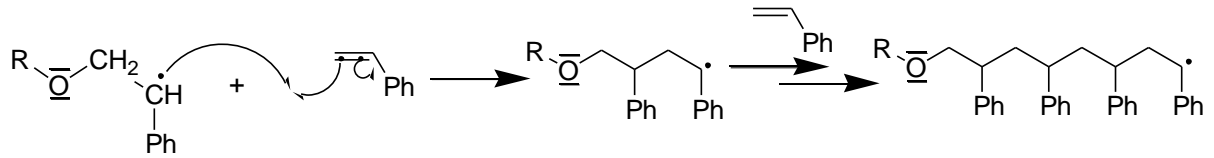
### Sites Internet

<http://www.typonrelais.com/index.php?page=wintypon> (valide à la date du 17/06/2011).

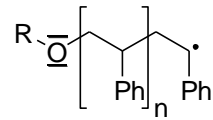
[http://fr.wikipedia.org/wiki/Circuit\\_imprim%C3%A9](http://fr.wikipedia.org/wiki/Circuit_imprim%C3%A9) (valide à la date du 17/06/2011).







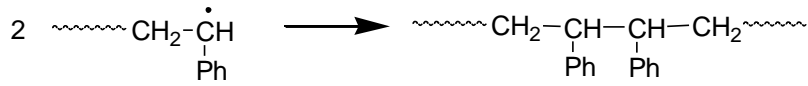
Par polyaddition de  $(n+1)$  styrènes nous arrivons à :



Et si  $n$  est grand alors R-O- devient négligeable.

### Terminaison :

\* Couplage



\* Dismutation

