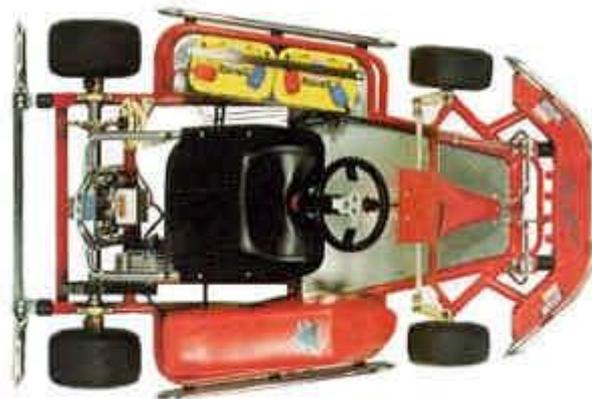


## Détection du Karting pour l'épreuve du 50m départ arrêté



Université François-Rabelais de Tours  
Institut Universitaire de Technologie de Tours  
Département Génie Électrique et Informatique Industrielle



## Détection du Karting pour l'épreuve du 50m départ arrêté

Éric THOMAS & Loïc GHIBAUDO  
Décembre 2008 – Groupe P1  
Promotion 2007-2009

Enseignants  
Thierry LEQUEU  
Sophie LAURENCEAU

# Sommaire

Introduction.....	4
1. Présentation des bornes de départ et d'arrivée pour l'épreuve de e-Kart du 50m départ arrêté.....	5
1.1. Présentation de l'épreuve.....	5
1.2. Présentation du projet existant.....	6
1.2.1. Généralités.....	6
1.2.2. Description des éléments réalisés de la borne.....	8
2. Présentation de notre projet.....	11
2.1. Cahier des charges et planning.....	11
2.2. Recherche de la technologie à employer.....	13
2.2.1. Détection par faisceau laser.....	13
2.2.2. Détection d'une lumière blanche par photorésistance.....	13
2.2.3. Détection d'une lumière blanche par photodiode.....	15
2.3. Réalisation du projet final.....	20
2.3.1. Schémas de principe.....	21
2.3.2. Réalisation du prototype.....	23
2.3.3. Coût du montage.....	27
2.3.4. Mode d'emploi.....	28
Conclusion.....	33
Résumé.....	34
Index des illustrations.....	35
Bibliographie.....	37
Annexes.....	38

# Introduction

Au 3e semestre, il est proposé aux étudiants de l'IUT Génie Électrique et Informatique Industrielle de TOURS de réaliser en travaux d'étude et réalisation un projet technologique. Mené en binôme et concernant des sujets multiples (parfois au choix des étudiants si il est réalisable), ce projet permet d'acquérir diverses connaissances sur de multiples domaines. En effet, on se perfectionne tout d'abord sur les technologies fondamentales de notre sujet, on élabore et suit un plan de travail (cahier des charges, planning...), on découvre les innombrables problèmes techniques que l'on peut rencontrer sur la création de systèmes réels, on apprend également l'importance de la communication avec son équipe, bref grâce à cette matière on peut se donner (à une petite échelle) une idée de la réalité des choses dans le monde industriel.

Ainsi, nous allons dans ce rapport vous présenter notre sujet: la détection de Karting. Il nous a été proposé par notre enseignant M. Thierry LEQUEU et intègre un projet complet que nous allons présenter: les bornes de départ et d'arrivée pour le 50m départ arrêté. Ce projet avait auparavant déjà été traité mais des inconvénients trop contraignants empêchent une bonne utilisation des bornes. Il nous a donc été demandé d'améliorer le système de détection.

Notre sujet intégrant un projet plus vaste, il est tout d'abord important de présenter l'intégralité du système et les parties déjà existantes. Ensuite, nous rentrerons dans la réalisation de notre projet en exposant le cahier des charges, nos recherches, nos tests, notre solution retenue et sa création.

# 1. Présentation des bornes de départ et d'arrivée pour l'épreuve de e-Kart du 50m départ arrêté

## 1.1. Présentation de l'épreuve

Tout d'abord, il est important d'expliquer dans quel contexte sera utilisé le projet en définissant l'épreuve dans laquelle le système sera utilisé.

Le 50m départ arrêté consiste à mesurer les performances en accélération des kartings électriques. L'épreuve s'effectue donc sur une ligne droite de 50m. Le pilote s'arrête sur la ligne de départ et attend le signal du commissaire. Au signal, le pilote démarre et le commissaire lance le chronomètre. Après 50m, sur la ligne d'arrivée, le commissaire arrête le chronomètre. Le karting le plus performant en accélération sera donc le vainqueur de cette épreuve.

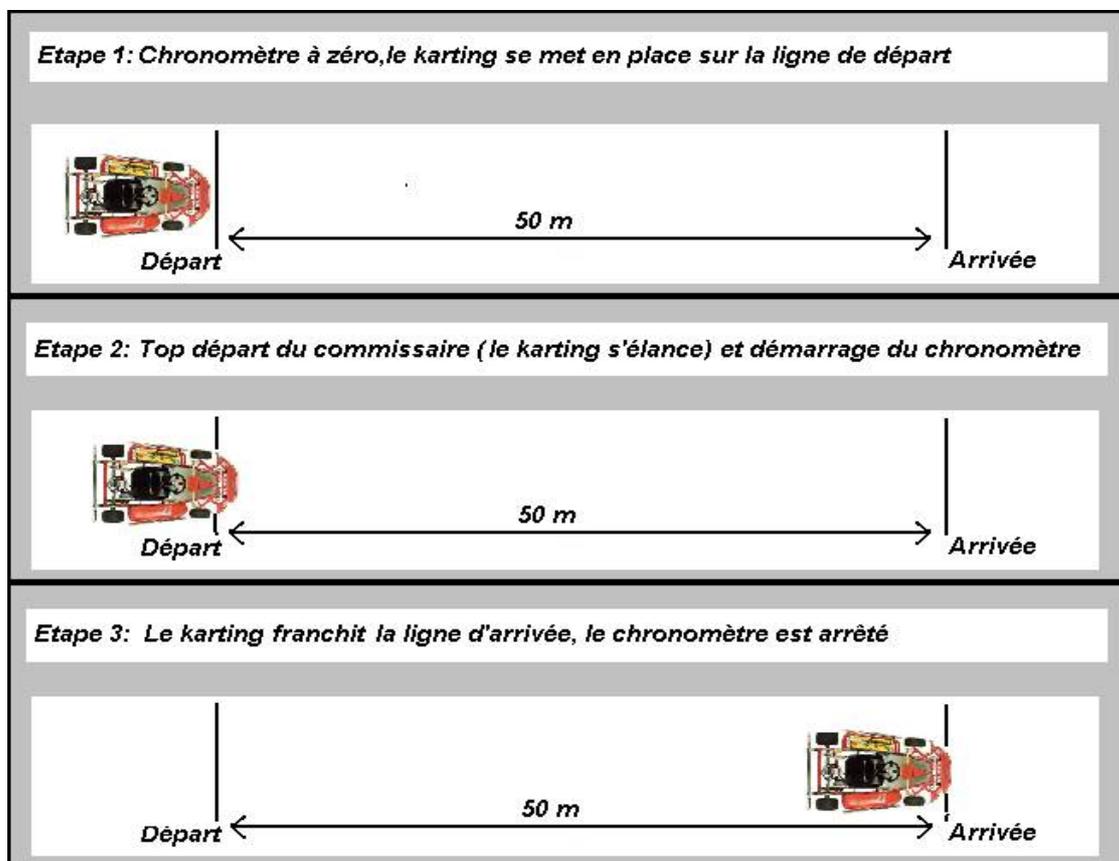


Illustration 1: Épreuve du 50m départ arrêté

## 1.2. Présentation du projet existant

En analysant le déroulement de l'épreuve présentée au paragraphe précédent, l'idée s'est présentée de réaliser un système automatique de chronométrage, simplifiant la tâche du commissaire et augmentant la précision des mesures. Depuis deux années, des étudiants développent donc des bornes de détection des kartings. Nous allons ici présenter ce système dans sa globalité et dans son état actuel. Cela nous permettra de réaliser un produit compatible et intégrable aux bornes.

### 1.2.1. Généralités

Les bornes pourraient être simplement constituées d'une détection au départ et d'une détection à l'arrivée demarrant en arrêtant un simple chronomètre, mais le travail sur le projet de nombreux binômes ces deux dernières années ont permis de réaliser un système plus étoffé.

Tout d'abord ce n'est pas une mais deux détections à chaque borne qui doit être réalisées. Ainsi, on exploitera ces mesures pour d'une part détecter un possible faux-départ du karting et d'autre part calculer la vitesse de passage du karting au niveau de la borne d'arrivée. Le fonctionnement pour la borne de départ sera donc le suivant: Un feu tricolore est disposé sur la borne de départ. Lorsque le feu orange clignote, le karting peut être mis en position, c'est-à-dire en coupant le premier faisceau mais pas le second. Lorsqu'il est en position, le feu passe au feu vert clignotant et le pilote du karting démarre quand il le souhaite. Dans ce mode, lorsque le karting coupera le second faisceau, le chronomètre sera lancé. Dans le cas où le karting coupe les deux faisceaux avant que le feu passe au vert clignotant, un faux départ sera détecté et le feu passera au rouge clignotant.

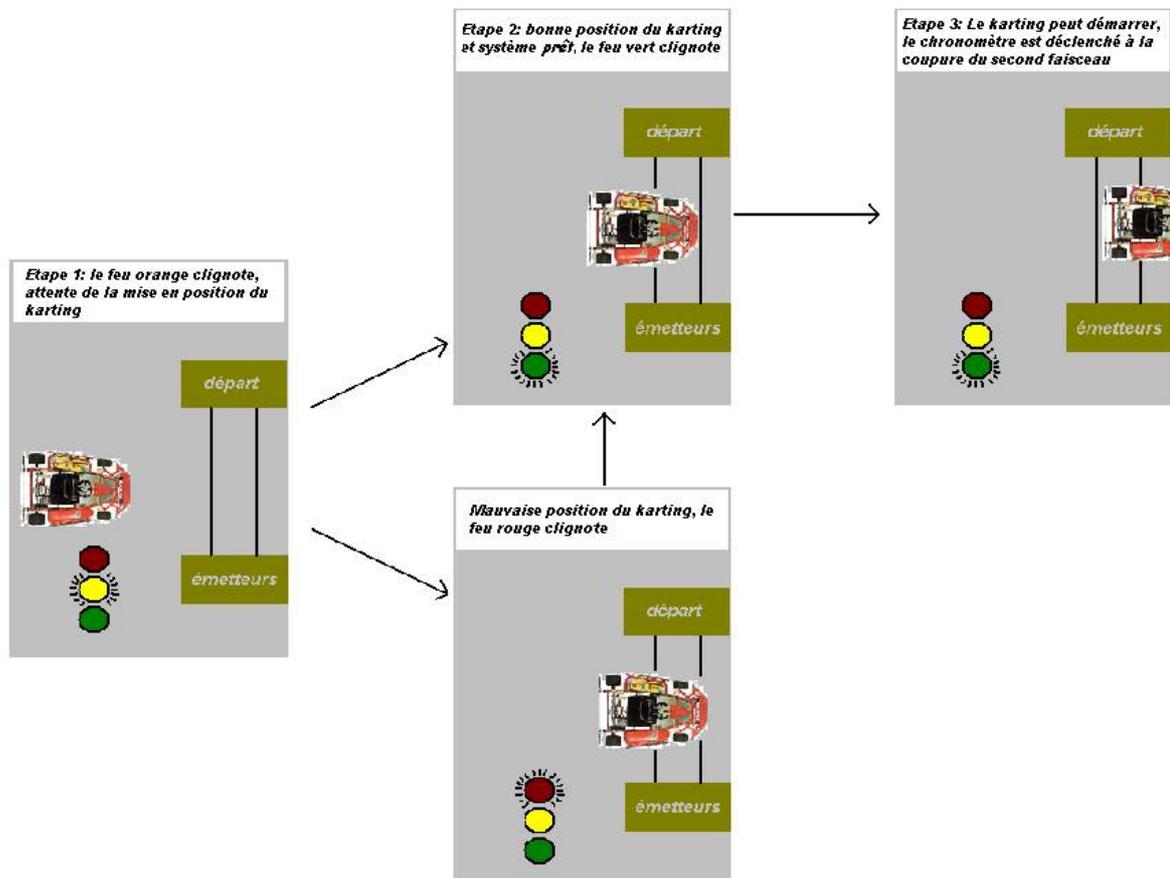


Illustration 2: Principe de la borne de départ

La borne d'arrivée possède également deux détéctions (NB: les deux bornes seront en fait identiques, ce qui pourra permettre d'utiliser chacune d'elle soit au départ soit à l'arrivée). Ainsi, une mesure de la vitesse de passage du karting peut être effectuée en mesurant le temps écoulé entre les deux détéctions. Connaissant la distance entre les deux faisceaux et grâce à la formule de la vitesse  $V=D/T$  (avec  $V$  la vitesse en  $m.s^{-1}$ ,  $D$  la distance entre les deux faisceaux en m. et  $T$  le temps passé entre les deux fronts de détéctions en s), on pourra grâce au microcontrôleur calculer la vitesse en km/h.

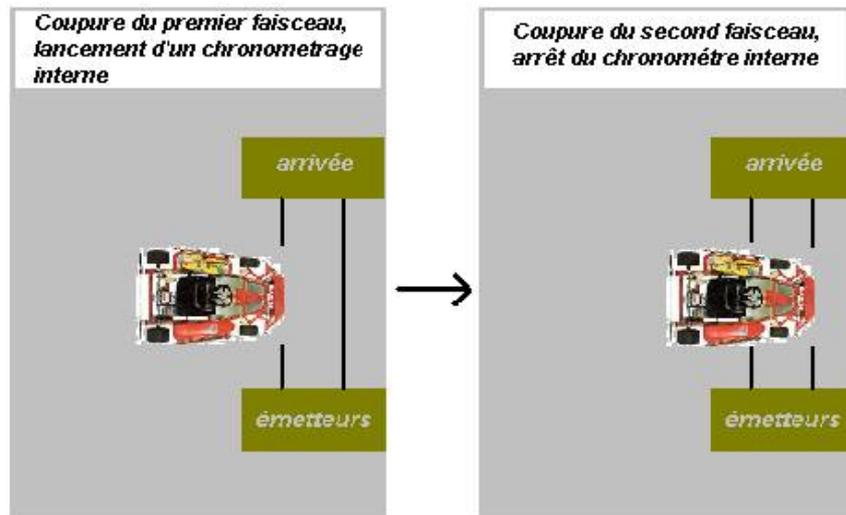


Illustration 3: Principe de la borne d'arrivée

On peut donner le relevé théorique des détéctions:

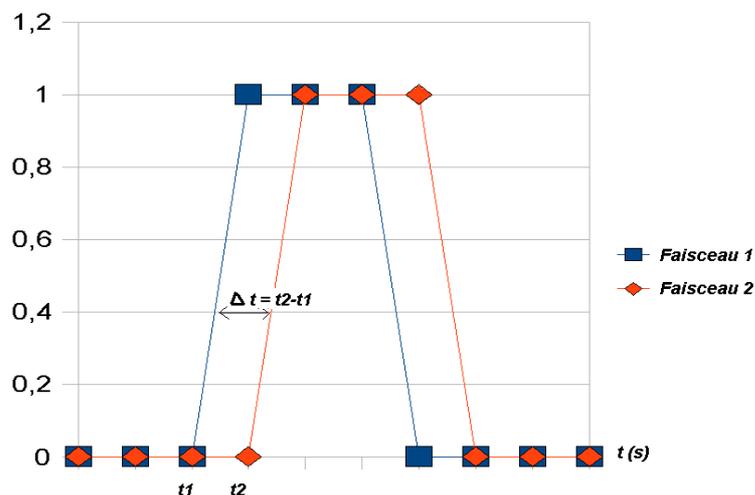


Illustration 4: Coupure des faisceaux en fonction du temps

Le premier faisceau est coupé à  $t_1$ , le chronomètre est donc lancé à  $t_1$ .

Le second faisceau est coupé à  $t_2$ , donc le chronométrage s'arrêtera à  $t_2$ .

On peut donner un exemple de cette application: si on dispose les faisceaux à 30cm l'un de l'autre, et que le temps  $t_2-t_1$  à été mesuré à 12 ms, le calcul suivant doit donc être effectué:

$$V(\text{m.s}^{-1}) = 30 \cdot 10^{-2} / 12 \cdot 10^{-3} = 25 \text{m.s}^{-1}.$$

On peut donc donner la vitesse en km/h:

$$V(\text{km/h}) = V(\text{m.s}^{-1}) \cdot 3,6 = 25 \cdot 3,6 = 90 \text{km/h}$$

### 1.2.2. Description des éléments réalisés de la borne

Le principe de fonctionnement général, fondamental pour notre conception, est maintenant clair. On peut maintenant décrire les éléments existants sur la borne. Cela va permettre de réaliser un projet de détection compatible avec le reste du système.

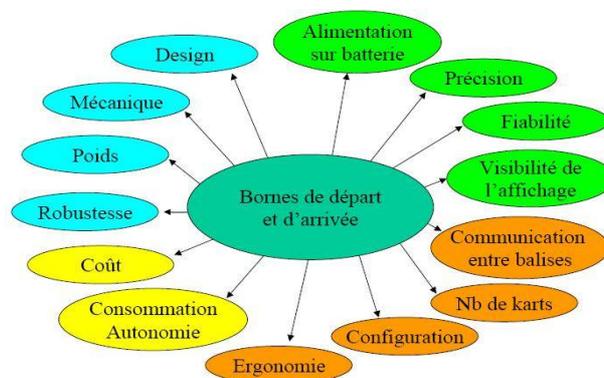


Illustration 5: Environnement technique du projet

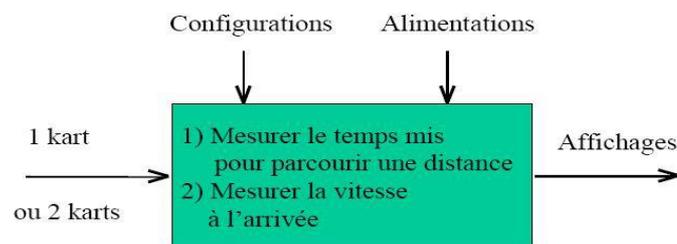


Illustration 6: Synoptique de niveau 1

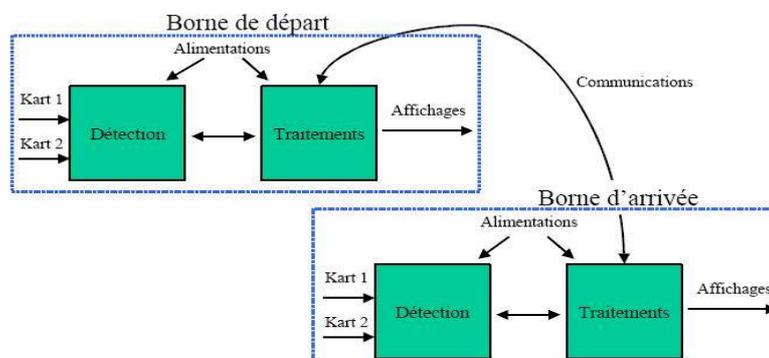


Illustration 7: Synoptique de niveau 2

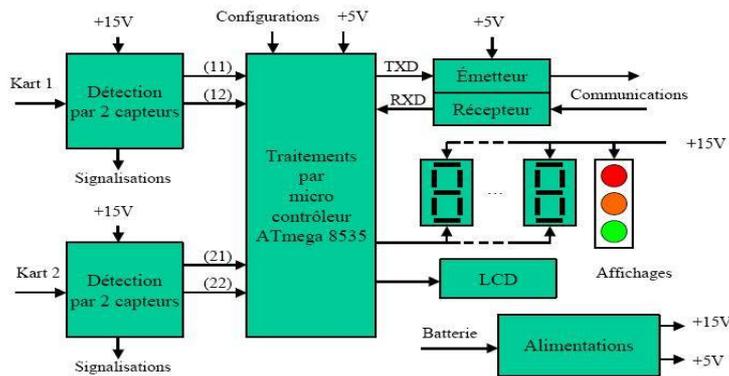


Illustration 8: Synoptique de niveau 3

Tout d'abord, nous allons présenter les alimentations disponibles. Chaque borne est alimentée par une batterie OPTIMA 12V 48AH. De cette batterie une carte d'alimentation à été réalisée fournissant deux niveaux de tension: +5V, réalisée avec un hacheur BUCK et +15V, réalisée avec un hacheur BOOST. On pourra donc utiliser ces deux alimentations pour les éléments présents sur la borne.



Illustration 9: Carte d'alimentation des bornes: +12V vers +5V & +15V

Ensuite, la programmation de la borne s'effectue avec un microcontrôleur Atmega. Pour notre projet, il est nécessaire pour que le microcontrôleur traite les informations de réaliser une détection à un niveau de tension TTL (0-5V).

Comme énoncé précédemment, une des bornes à un afficheur de grande taille, réalisé avec des LED hautes luminosités, permettant une visibilité à plus de 50m. De plus, un feu tricolore donne les informations de départ au pilote.

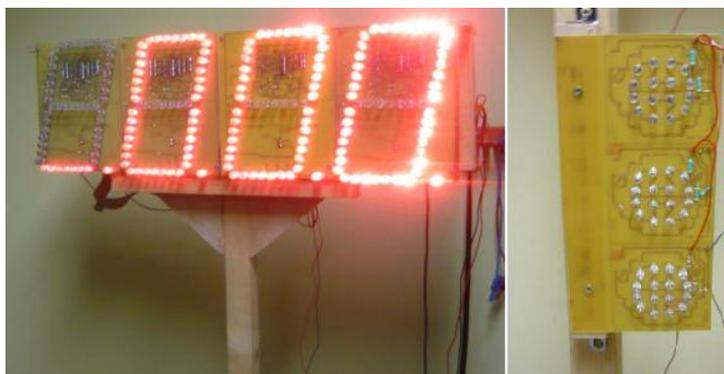


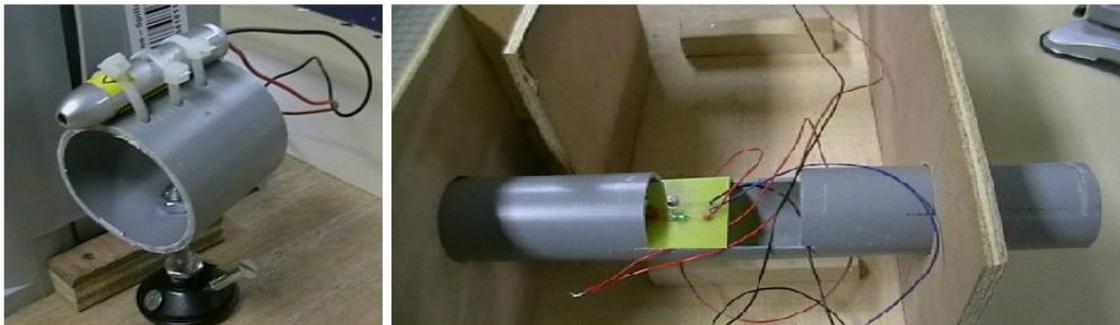
Illustration 10: Afficheur visible à 50m et feu tricolore

De plus, un système de communication entre les bornes a été réalisé. Cette communication est une transmission FM.



*Illustration 11: Module émetteur - récepteur FM*

Enfin, plusieurs systèmes de détection ont déjà été mis en place. La dernière version était une détection par faisceau laser.



*Illustration 12: Système de détection existant: faisceau laser (émission à gauche et réception à droite)*

Nous avons eu l'occasion de tester ce système, et nous avons pu voir que malgré un bon fonctionnement, le système est difficile à mettre en place. En effet, le récepteur laser ne mesure que 1mm de diamètre. Le faisceau doit donc être réglé au millimètre près pour viser le récepteur. Par contre, on a remarqué les techniques de montages intéressantes, comme la fixation de l'émetteur sur une liaison pivot. De plus, d'autres techniques de détection ont déjà été essayées comme l'infrarouge, mais dans ce cas des soucis entre les deux récepteurs d'une même borne apparaissent. En effet, chacun des récepteurs recevaient des signaux des deux émetteurs.

Le projet dans lequel notre système va être intégré est donc désormais connu, nous pouvons maintenant présenter notre réalisation.

## 2. Présentation de notre projet

### 2.1. Cahier des charges et planning

Notre première tâche a été de réaliser notre cahier des charges. Il résume les contraintes et les attentes du système à réaliser. Ainsi, nous avons fixé les impératifs suivants: notre création doit:

- ✓ s'intégrer à la borne
- ✓ être alimenté par les sources de la borne
- ✓ ne pas être influencé par les conditions météorologiques (ensoleillement, pluie)
- ✓ laisser un passage de 3 mètres au karting
- ✓ être facilement transportable
- ✓ détecter rapidement le karting pour avoir une précision convenable
- ✓ être compatible avec l'ATmega

Voici les synoptiques de niveau 1 et 2 de notre projet:

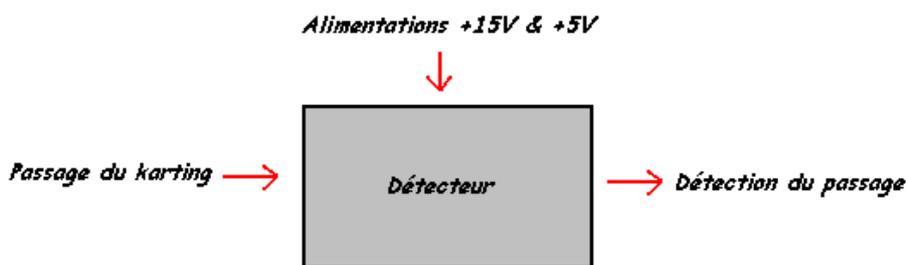


Illustration 13: Synoptique de niveau 1

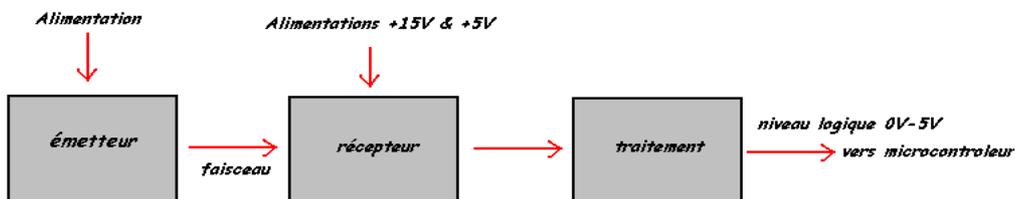


Illustration 14: Synoptique de niveau 2

Un planning prévisionnel a aussi été réalisé pour nous aider à gérer notre temps. Nous avons donc superposé le planning prévisionnel et le planning réel.

Tâches	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	
Recherche d'information																				
Identification et élaboration de plusieurs solutions																				
Choix d'une solution																				
Réalisation du schéma électrique																				
Réalisation de la carte																				
Test de la carte																				
Programmation																				
Rédaction du document de synthèse																				

Illustration 15: Planning du projet. Bleu : prévisionnel Rouge : réel

## **2.2. Recherche de la technologie à employer**

Ici, nous allons présenter les différentes idées que nous avons eu, les tests de certaines d'entre elles ainsi que le choix de la technologie qui selon nous était la meilleure.

Dès le départ, nous nous sommes tourné vers une solution qui serait plutôt optique, avec l'émission d'un faisceau lumineux pointant un récepteur. Ainsi, nous avons voulu nous diriger soit vers une technologie laser (amélioration du système existant) soit par une détection par une simple lumière blanche. Pour faire notre choix, nous avons choisi de prendre en compte deux critères principaux: La rapidité de la réception et la facilité et simplicité de mise en œuvre.

### **2.2.1. Détection par faisceau laser**

Nous avons donc tout d'abord observé la technologie utilisée l'an dernier, le laser. Nos tests ont été brefs car nous nous sommes vite rendu compte de la difficulté de l'alignement entre l'émetteur et le récepteur. Nous en avons déduit que cette technologie peut être très efficace sur un système fixe, mais que dans notre cas, elle ne pouvait pas satisfaire notre impératif de facilité de déplacement et de mise en place.

### **2.2.2. Détection d'une lumière blanche par photorésistance**

Par la suite nous avons dirigé nos tests vers une réception de lumière blanche, pouvant être émise par une lumière blanche classique. Nous avons trouvé trois familles de récepteurs pour ce type de détection: la photorésistance, la photodiode et le phototransistor.

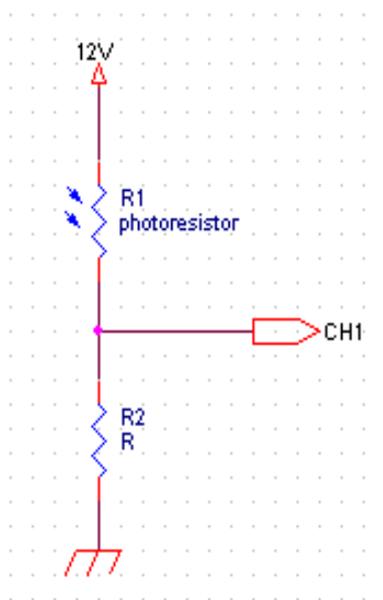
Nous avons donc tout d'abord testé la détection possible grâce à la photorésistance. Le principe de ce capteur réside dans une variation de la résistance qui est fonction de la luminosité.

Pour simplifier les tests, nous avons réalisé un moyen de couper automatiquement le faisceau à l'aide d'un ancien moteur d'essui-glasse présent dans la salle:



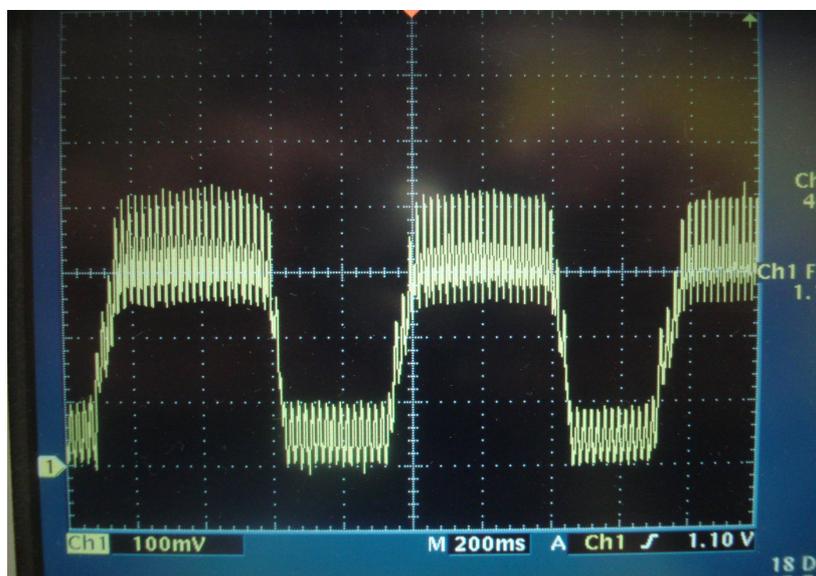
*Illustration 16: Coupage du faisceau "maison"*

Un montage simple à donc été réalisé pour tester la photorésistance :



*Illustration 17: Test sur la photorésistance*

Nous avons réalisé un premier test avec le montage ci dessus, en éclairant la photorésistance par une lampe classique à environ 1m30. Dès lors, nous avons obtenus le résultat suivant :



*Illustration 18: Réception d'une photorésistance*

Ce que l'on peut remarquer sur cet oscillogramme, c'est tout d'abord que le signal est bruité. En effet, nous nous sommes rendus compte que c'était la lumière ambiante de la salle : les néons produisaient les oscillations.

De plus, nous pouvons remarquer le temps de montée de la détection qui est de 50 ms. Or ce temps à paru trop élevé. En effet, un temps de réponse trop élevé donnerait au système une imprécision, surtout pour le calcul de la vitesse à l'arrivée. En effet, nous avons vus au paragraphe 1.2.1 que si le karting passait à 90 km/h, le temps entre les deux détections était de 12ms. Or imaginons que la seconde détection est un retard de 50 ms, le temps donné entre les deux détections sera de  $12 + 50 = 62\text{ms}$ . Dès lors, le calcul de la vitesse sera:

$$V(\text{m.s}^{-1}) = 30 * 10^{-2} / 62 * 10^{-3} = 4,8 \text{m.s}^{-1}.$$

$$V(\text{km/h}) = V(\text{m.s}^{-1}) * 3,6 = 4,8 * 3,6 = 17 \text{ km/h}.$$

Le système sera donc d'une très grande imprécision car au lieu de donner une vitesse de 90 km/h, elle sera donnée à 17 km/h, soit une erreur de 81%!

Rien que cet inconvénient nous à fait écarter cette solution.

### 2.2.3. Détection d'une lumière blanche par photodiode

Nous nous sommes donc intéressés à une seconde technologie de détection adaptée à la lumière blanche: la photodiode. Nos tests ont été réalisés sur la photodiode BPW21, adaptée à la détection de lumière visible.

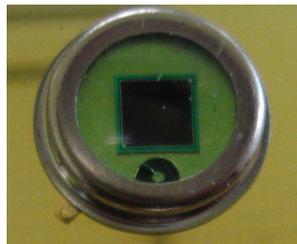


Illustration 19: photodiode BPW21

Le principe de la photodiode est le suivant: la photodiode est polarisée en inverse du sens classique de polarisation. Cette photodétection est basée sur la variation de courant : lorsque la photodiode n'est pas éclairée ( dans l'obscurité ), elle est traversée par un courant quasi- nulle ( courant d'obscurité pour la BPW21 = 2nA ), et lorsqu'elle est éclairée, le courant atteint quelques dizaines de micro ampère.

Nous avons donc effectué le test suivant :

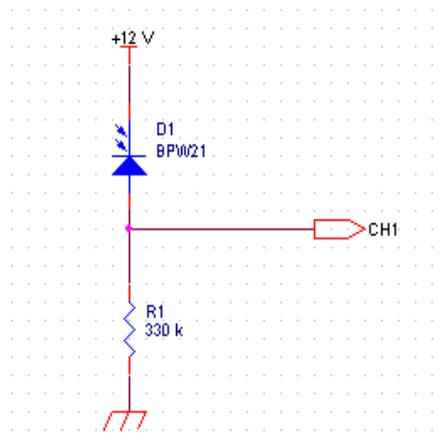


Illustration 20: Test sur la photodiode

Le résultat de ce test à été le suivant :

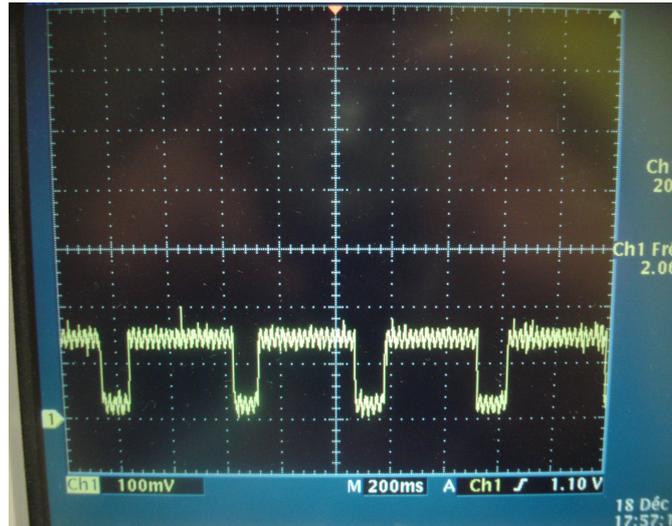


Illustration 21: Réception d'une photodiode

Comme pour la photorésistance, on remarque que la réception est troublée par la lumière ambiante.

Ensuite, nous pouvons observer que la différence entre les niveaux haut et bas du signal est de 120 mV, ce qui nous paru plutôt faible pour le réglage d'un futur seuil de comparaison.

Par contre, le temps de montée à été largement amélioré. La rapidité de la photodiode est donc suffisante pour notre application.

Nous avons donc réfléchi à des solutions pour régler les problèmes de lumière ambiante et de delta insuffisant. En ce qui concerne l' amplitude crête à crête du signal, on peut rappeler que la photodiode laisse passer un courant proportionnel à la luminosité qu'elle reçoit, ainsi si l'on associe en parallèle plusieurs photodiode, on augmente le courant.

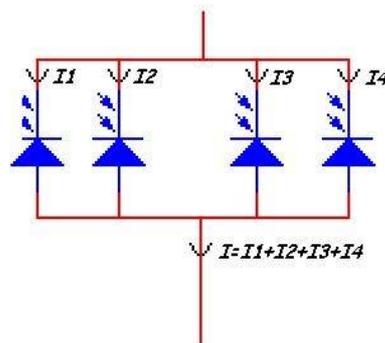


Illustration 22: Augmentation du courant par les photodiodes

On réalise et on test donc la modification suivante :

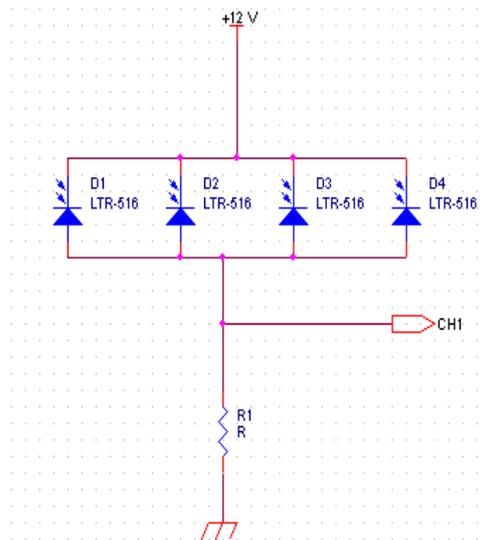


Illustration 23: Test sur quatre photodiodes

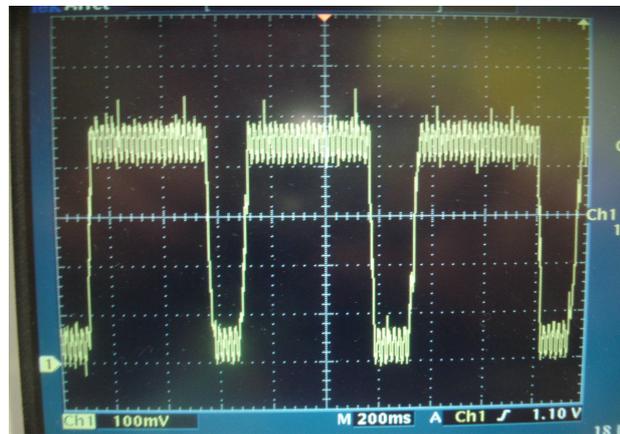


Illustration 24: Réception de quatre photodiodes en parallèle

Ainsi nous avons désormais une différence de niveau multipliée par quatre , soit d'environ 400 mV. Il nous sera donc plus facile de régler une tension de seuil dans cette plage.

Il ne nous reste donc à résoudre l'influence de la lumière ambiante sur notre système. Il faut donc trouver un moyen d'isoler les photodiode de la lumière. Nous avons donc pensé à placer les photodiodes dans un tube de PVC.

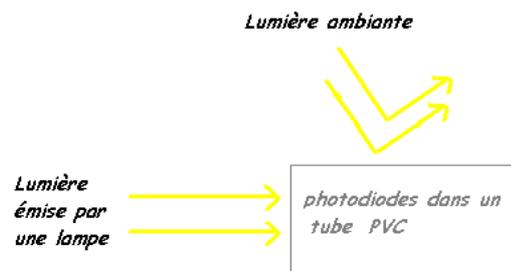


Illustration 25: isolation de la lumière ambiante par un tube

Ainsi nous avons réussi à obtenir un signal bien moins troublé par les facteurs extérieurs :

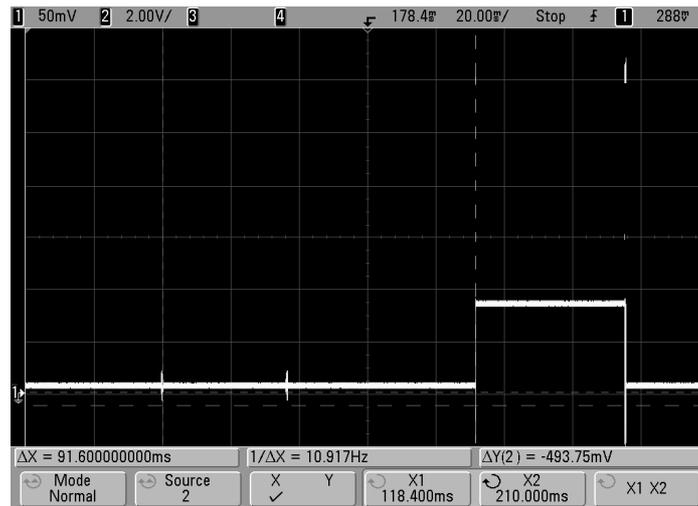


Illustration 26: Réception de 4 photodiodes dans un tube PVC éclairé à 3 mètres

Cependant nous pouvons remarquer que nous perdons de l'amplitude sur le signal si nous laissons une distance de trois mètres entre l'émission et la réception. En effet, nous avons tester plusieurs sources lumineuses ( halogène, lampe à LED...) et notre constat à été que la lumière blanche émet un faisceau trop divergent et donc plus le récepteur est loin de la source, plus l'intensité lumineuse qu'il recevait était faible. Il nous fallait donc trouver un moyen de créer ou d'obtenir une source de lumière créant un faisceau le moins divergent possible, et nos recherches ont abouti à une lampe torche à focus réglable : La maglite. Cette lampe donc une particularité forte intéressante pour notre application puisque l'on peut concentrer le faisceau.

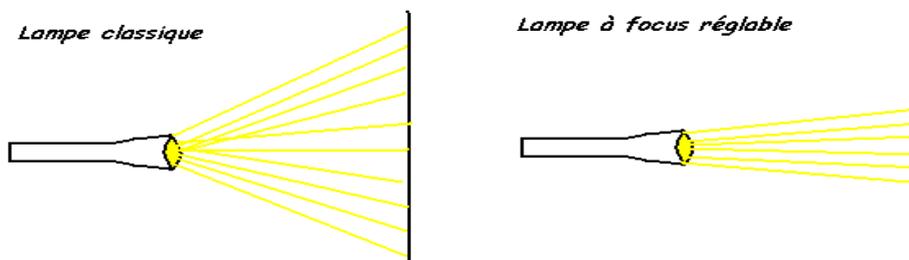


Illustration 27: Comparatif de sources de lumière



Illustration 28: Lampe utilisée dans notre projet: la maglite

Donc, grâce à ce type de lampe, nous avons pu réaliser un faisceau de lumière blanche assez convergent pour espérer un bon éclairage des photodiode à 3 mètres. Ainsi nos résultats ont été encourageant :

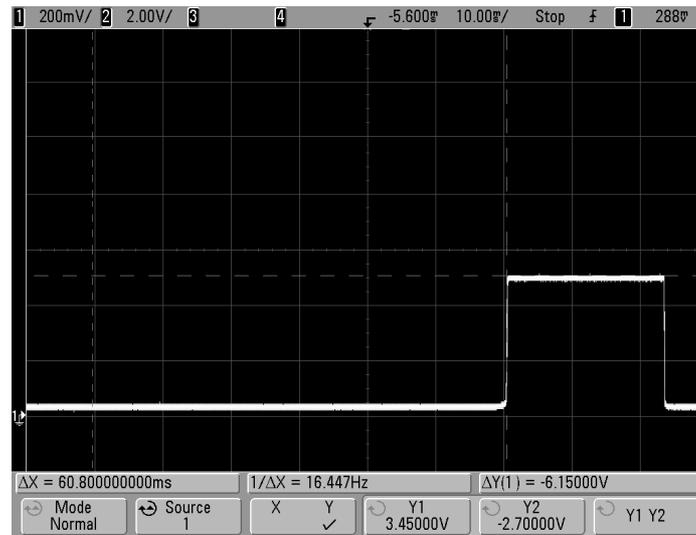


Illustration 29: Réception des 4 photodiode placées dans un tube PVC et éclairée à 3 m par une maglite

Ainsi, comme nous pouvons le voir, la réception est très satisfaisante: l'amplitude de presque 500 mV est très bonne pour une détection à trois mètres, ce signal peut donc par la suite être assez facilement traité. La rapidité est très satisfaisante, et on remarque enfin que la sensibilité à la lumière ambiante est inexistante. Cette solution a donc tout les avantages espérer, notre solution partiras donc de cette réception.

### Récapitulatif des solutions :

Solution envisagée	Rapidité de détection	Influence de la lumière ambiante	Amplitude de la détection	Validation de la solution
Photorésistance	Insatisfaisant ( 50 ms )	Élevée	Assez bonne	Solution rejetée
1 photodiode	Satisfaisante	Élevée	Insuffisante	Solution rejetée
4 photodiode avec lampe classique	Satisfaisante	Élevée	Insuffisante à 3 m	Solution rejetée
<b>4 photodiode dans un tube PVC avec maglite</b>	<b>Satisfaisante</b>	<b>nulle</b>	<b>Assez bonne</b>	<b>Solution choisie</b>

Tableau 1: Récapitulatif des solutions envisagées

Notre solution de détection à été trouvée, il faut maintenant traiter ce signal pour pouvoir l'utiliser l'information de détection dans la programmation de la borne.

### 2.3. Réalisation du projet final

Notre idée est de désormais rendre notre détection compatible avec l'ATmega. Dans ce sens, il nous est demandé de créer des fronts entre 0 et 5V. Une solution simple et efficace est d'utiliser un AOP en simple comparateur. En effet, nous allons comparer deux tensions : la tension au borne de la résistance en série avec les quatre photodiodes, qui est en fait l'image de l'éclairement (appliqué à  $V_-$ ), et une tension de seuil, que l'on préférera garder réglable (appliqué à  $V_+$ ). Par la suite, il s'agit du fonctionnement de l'AOP en comparateur: si on alimente l'AOP entre  $+V_{sat} = 5V$  et  $-V_{sat} = 0V$ , la sortie sera à 5 V si  $V_+ > V_-$  et à 0V si  $V_+ < V_-$ .

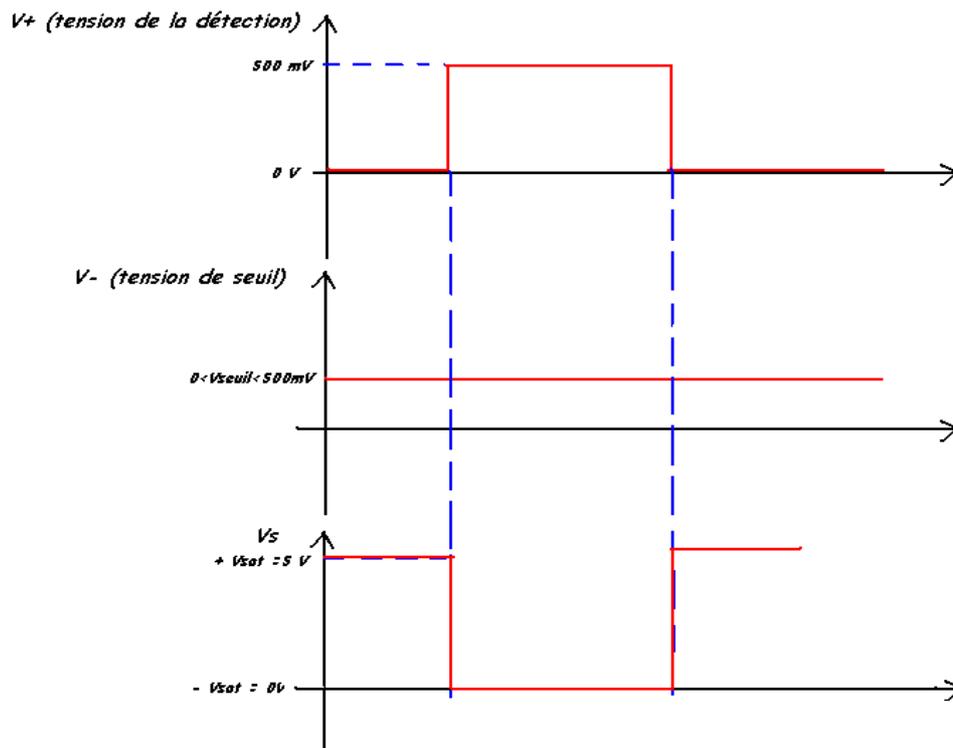


Illustration 30: fonctionnement de l'aop en comparateur

Nous avons donc effectué des premiers tests de comparaison sur un AOP TL081. Cependant, les résultats n'ont pas été concluants car, à la sortie de l'AOP, au lieu de commuter entre 0 et 5 V, la sortie variait plutôt entre 1 et 3V. En effet, cet AOP est plus adapté à l'amplification qu'à la comparaison. Nous avons donc par la suite utilisé un LM 311, plus précis dans la comparaison, et comprenant un transistor en sortie. Ainsi, par une résistance de tirage entre la sortie de l'AOP et le +5 V, la tension peut être ramenée au niveau voulu. Notons aussi qu'avec le transistor, le signal est inversé par rapport au fonctionnement classique de l'AOP.

### 2.3.1. Schémas de principe

Nous allons donc ici présenter et expliquer le schéma électrique de notre système que nous avons élaboré. Ce schéma décrit une seule détection, chaque détection étant identiques :

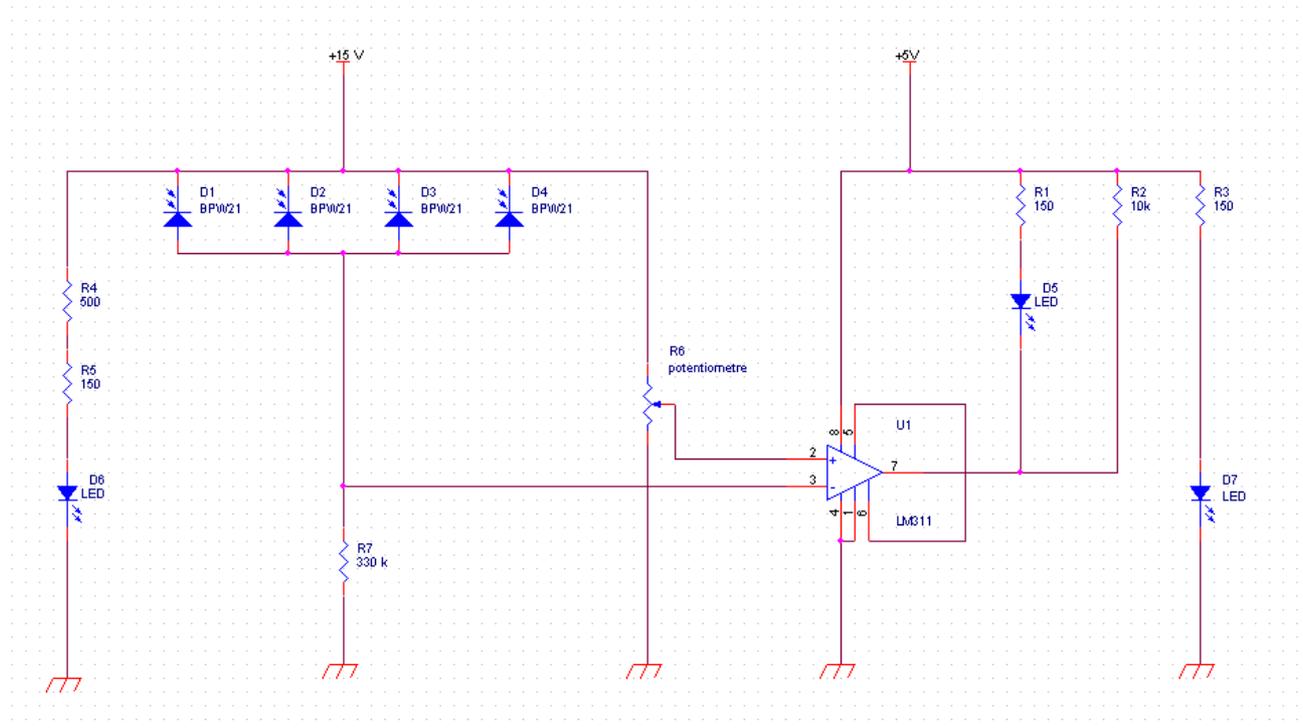


Illustration 31: schéma de principe d'une détection

#### **Choix des composants:**

Les photodiodes D1, D2, D3, D4 sont les BPW21 présentées au paragraphe 2.2.3.

La résistance R7 en série avec les photodiodes a été choisie d'une grande valeur. En effet le courant qui la traverse est proportionnel à l'éclairement des photodiodes. Lorsqu'elles sont éclairées, ces photodiodes laissent au maximum parcourir un courant de quelques dizaines de micro ampères chacune. Ainsi il faut une assez grande résistance pour avoir une tension, image de ce faible courant, qui puisse être convenable ( $U=RI$  donc si R est augmentée, U augmente).

On utilise le potentiomètre R6 pour faire varier le seuil de commutation.

Deux LED d'alimentation D6 et D7 permettent d'indiquer la mise sous tension du montage. On associe à chacune d'entre elles une résistance en série pour avoir des grandeurs convenables de courant et de tension pour les LED. En effet elles doivent être traversées par un courant de 20 mA et doivent avoir une tension à leurs bornes de 1,7V. Ainsi, pour calculer la résistance à associer à chaque LED, il faut effectuer le calcul:  $R = (U - 1,7) / (20 \cdot 10^{-3}) \Omega$  avec U la tension d'alimentation

Ainsi pour l'alimentation 5V :  $R = (5 - 1,7) / (20 \cdot 10^{-3}) = 165 \Omega$  On choisira donc R3 = 150  $\Omega$

et pour l'alimentation 15V :  $R = (15 - 1,7) / (20 \cdot 10^{-3}) = 665 \Omega$  On choisira donc R4 = 500  $\Omega$  en série avec R3 = 150  $\Omega$

On a également prévu un diode en sortie de l'AOP pour indiquer l'état de cette sortie. La différence de potentiel sera au maximum de 5V au bornas du couple R1 et D5 ( en effet si  $V_s = 5V$ , la DDP est de  $5-5=0V$  et si  $V_s = 0V$ , la DDP est de  $5-0=5V$ , on remarque d'ailleurs que la LED allumée ne signifie pas  $V_s = 5V$ ). Donc le calcul de R1 est identique à celui de R3 donc  $R1 = 15 \Omega$

Enfin, la résistance R2 de  $10k\Omega$  est la résistance de tirage du transistor à collecteur ouvert en sortie de l'AOP.

Maintenant, nous pouvons nous intéresser aux lampes utilisées. En effet il serait plus pratique de ne plus dépendre des piles alimentant les torches. Ainsi nous avons réalisés une alimentation pour celle-ci. Elle sont donc alimentée par deux pile 1,5V. Il faut donc réaliser une source de tension de 3V. Pour ce faire, nous allons utiliser un régulateur de type LM 2574-ADJ, dont la tension de sortie est ajustable. La documentation du composant nous amène donc à ce schéma:

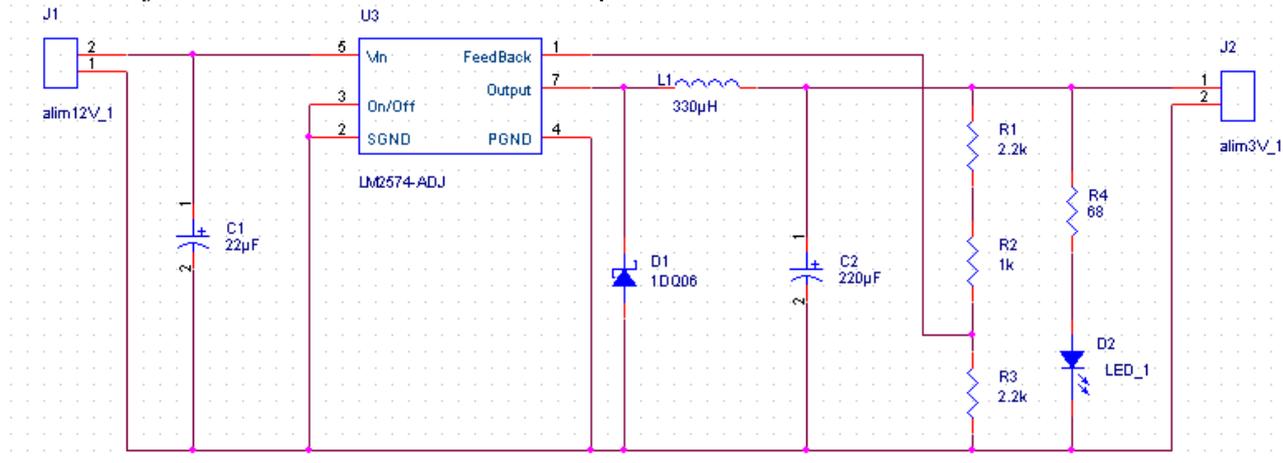


Illustration 32: schéma de l'alimentation des maglites

### Choix des composants:

Les composants C1, C2, L1 et D1 sont déduit de la documentation constructeur.

L'ajustement de la tension de sortie se fait grâce à un rapport entre les résistances R1, R2 et R3. Considérons  $R_{\text{eq}} = R1 + R2$ . La tension de sortie est donnée par la relation :  $V_s = 1,23(1 + R_{\text{eq}}/R3)$ . De plus, il est conseillé de prendre R3 entre 1 et 5 k $\Omega$ . Ainsi si l'on prend  $R3 = 2,2k\Omega$  et que l'on fixe  $V_s = 3V$ , on obtient:  $R_{\text{eq}} = ((3/1,23) - 1) * 2,2 * 10^3 = 3,15k\Omega$ . On prendra donc  $R1 = 2,2k\Omega$  et  $R2 = 1k\Omega$ .

Enfin nous avons ajouté une LED informant la présence de la tension de sortie. On calcule donc R4:

$$R = (3 - 1,7) / 20 * 10^{-3} = 65. \text{ On choisira donc } R4 = 68\Omega.$$

### 2.3.2. Réalisation du prototype

Le schéma de principe d'un détection à été divisé en deux parties dans la réalisation. D'une part, une carte où il y aura seulement les quatre photodiodes sera placée dans un tube PVC, et le reste du montage sera effectuer sur une seconde carte placée dans un boîtier. Les deux cartes seront reliées par des connecteurs. Enfin, puisque chaque borne ne comportent deux détections, il n'y aura qu'un seul boîtier pour les deux détections.

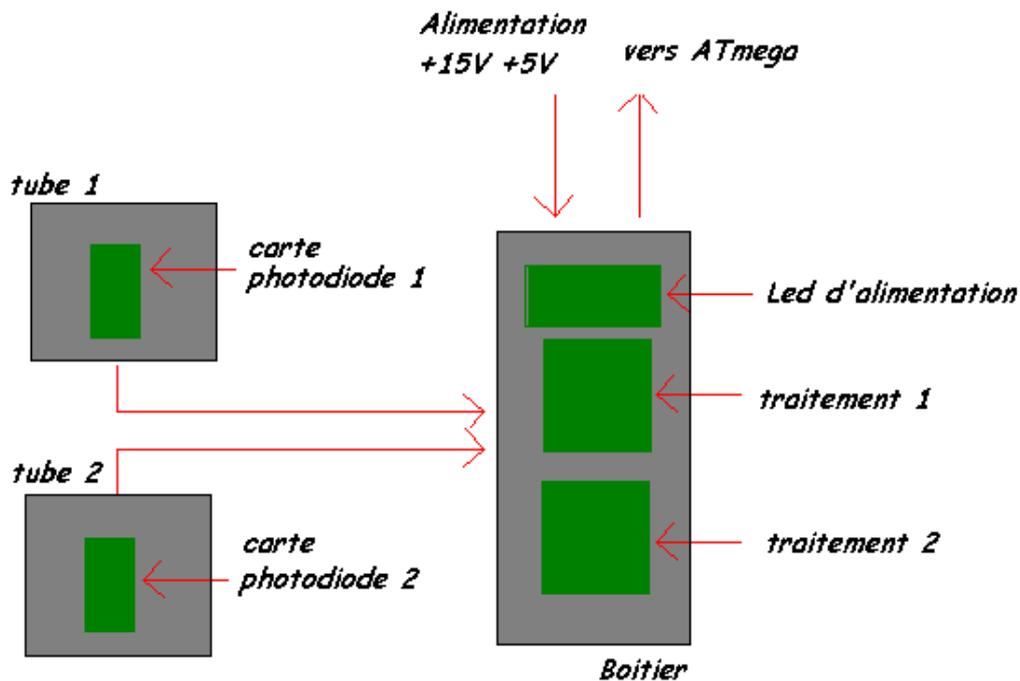
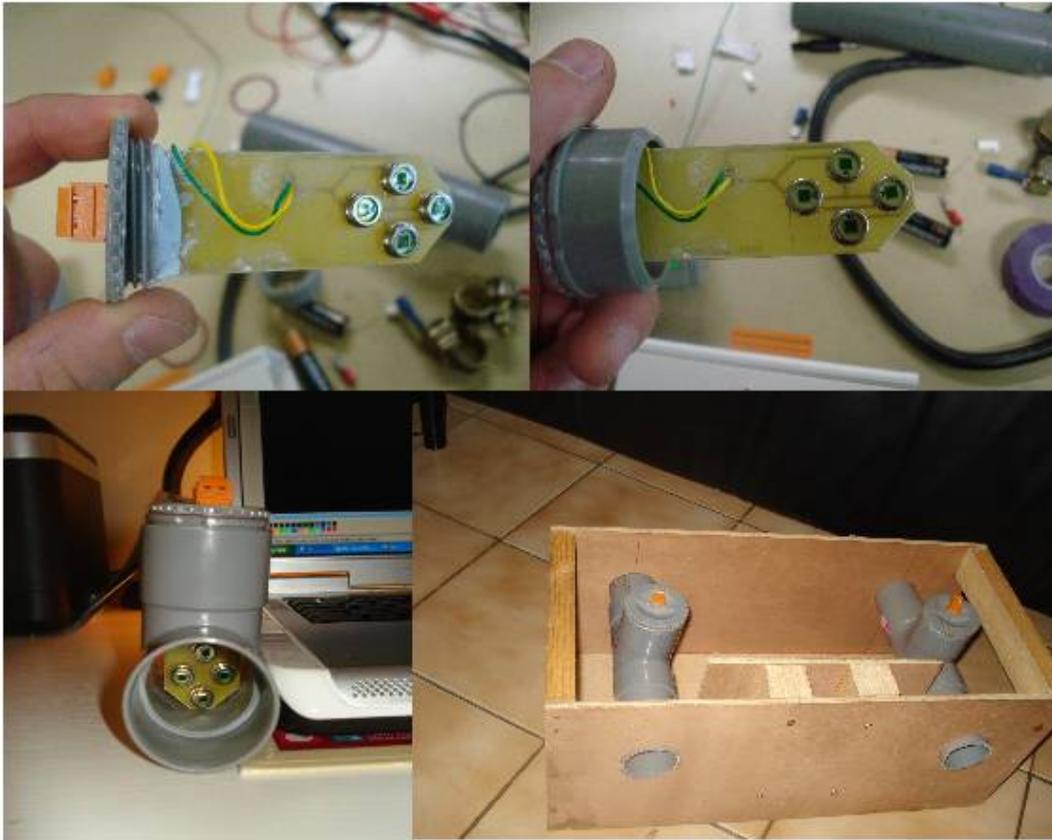


Illustration 33: Schéma du montage du projet

Le seul impératif concerne de taille de carte électronique concerne les cartes photodiode. En effet, pour simplifier leurs mise en place dans les tubes en PVC, on choisi de les fixer sur l'intérieur du bouchon d'un Té en PVC. Nos mesures nous ont donc amenés à un impératif de 76mm sur 30mm.

Nous avons donc construit nos schéma nécessaire à une borne entière (2détections). Ces schéma ainsi que les typons sont donnés en annexes.

Nos cartes réalisées, nous avons commencé le montage du projet. Pour débiter, nous avons fixé les carte photodiodes sur les bouchons des Té. Puis nous avons placé les tubes sur le socle réalisé par M. Thierry LEQUEU



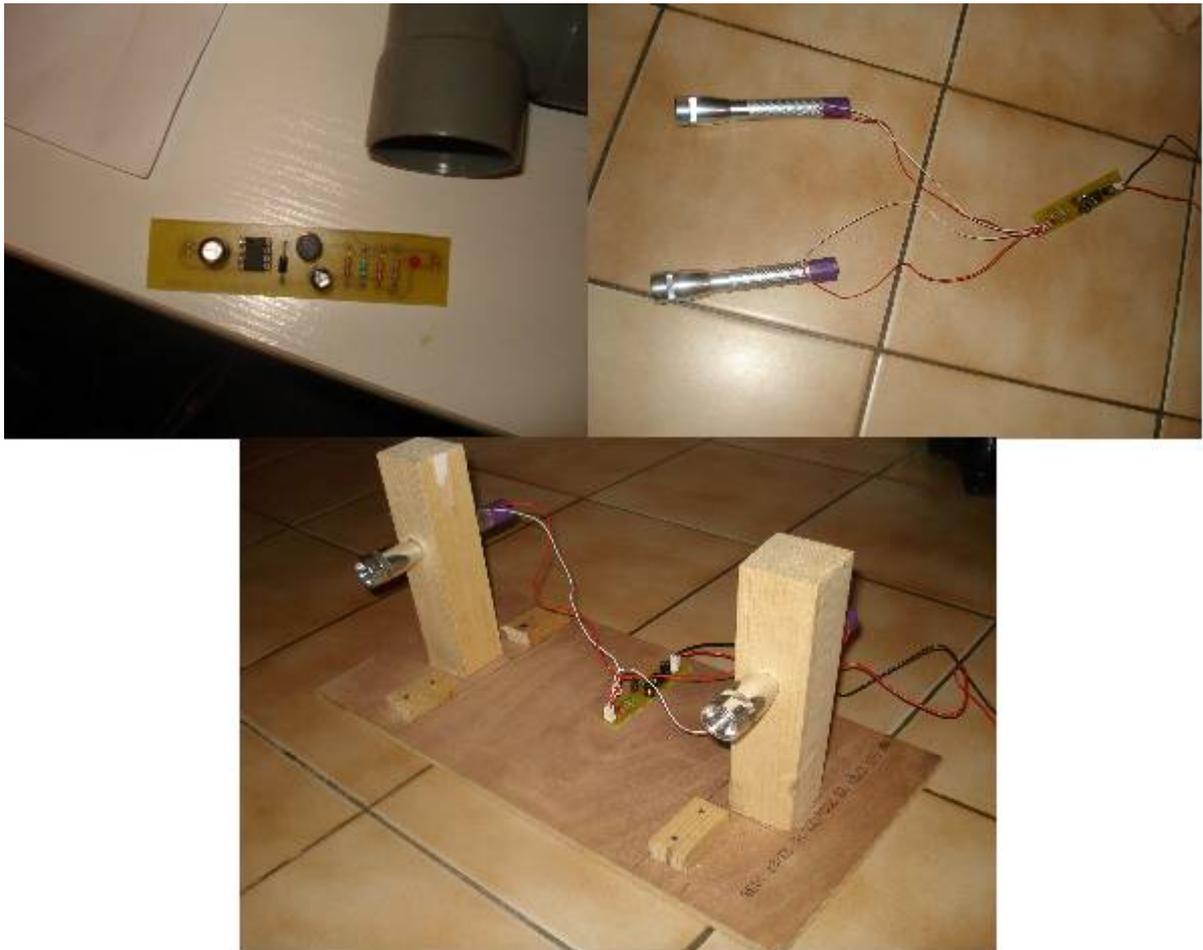
*Illustration 34: Montage de la carte photodiodes*

Ensuite nous avons réalisé le reste du montage dans un boîtier réalisé par nos soins:



*Illustration 35: Montage du boîtier*

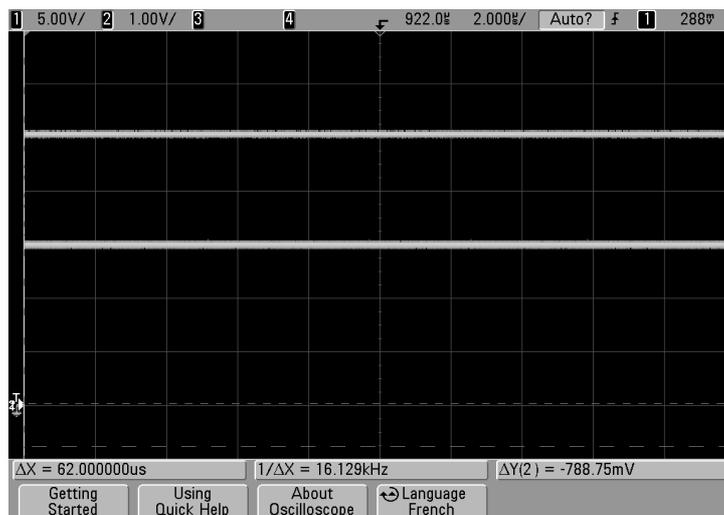
Enfin nous avons mis en place l'alimentation des maglites, puis nous les avons montés sur les support en bois réalisés par M. Thierry LEQUEU:



*Illustration 36: Montage de l'alimentation des maglites*

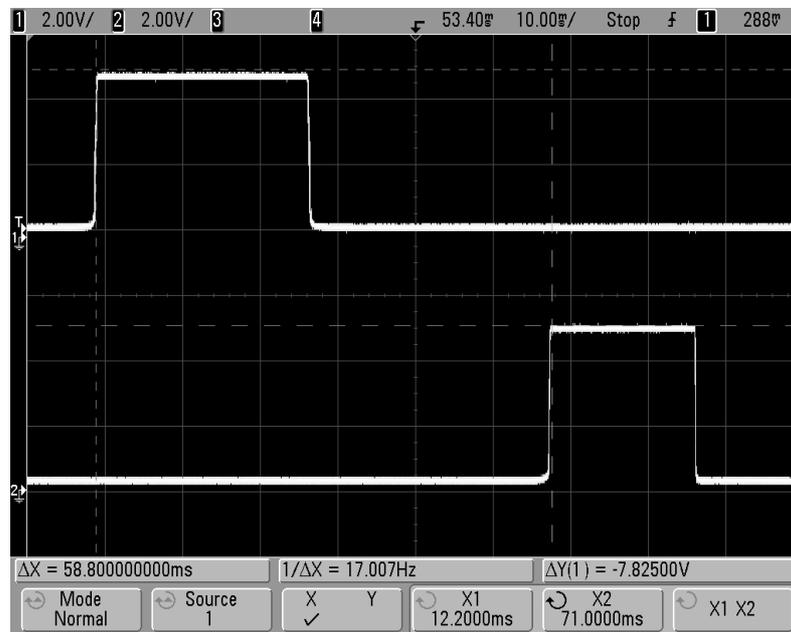
Ainsi nous avons tester notre prototype fini:

En premier lieu nous avons vérifier les alimentations des cartes:



*Illustration 37: Vérification des alimentations (+15 ok et +5 ok)*

Les alimentations vérifiées, nous avons pu connectés les AOP et exercer les tests de fonctionnement. Au départ nous avons remarquer que les détections apparaissaient, mais que la commutation s'effectuait entre 0 et 3,5V et non entre 0 et 5V. Après réflexion, ce dysfonctionnement est due au fait que la résistance de tirage (R2 sur le schéma de principe) n'est pas présente sur nos carte car il est conseiller de la mettre au plus proche du microcontrôleur. Nous avons donc fait un test en plaçant ces résistances de tirage provisoirement et nous avons constaté un fonctionnement conforme au cahier des charges:



*Illustration 38: Test de fonctionnement du prototype*

La commutation s'effectue entre 0 et 5 V, la détection est rapide, le signal n'est pas influencé par la lumière ambiante.

### 2.3.3. Coût du montage

Nous allons ici donner la description des composants et leurs prix

Désignation	Référence	Caractéristiques	Prix à l'unité HT	Quantité	Prix HT
Lampe maglite	Mini r6	Focus réglable	21,09	4	84,36
Condensateur	EEUFC1E221	220 $\mu$ F-25V radial polarisé	1,54	2	3,08
Condensateur	EEUFC0J221	220 $\mu$ F-6,3V radial polarisé	0,90	2	1,80
Photodiodes	BPW21	Boîtier TO39 plage de longueur d'onde: 350 à 820 nm courant d'obscurité : 2nA	6,72	15	100,80
Diode schottky	1DQ06		1,00	2	2,00
LED rouge	L-934HD	3mm 2V-20mA	0,25	6	1,50
LED verte	L-934GD	3mm 2V-20mA	0,24	4	0,96
Inductance 330 $\mu$ H			4,00	2	8,00
Résistance 150 $\Omega$			0,05	8	0,40
Résistance 2,2k $\Omega$			0,05	4	0,20
Résistance 1k $\Omega$			0,05	2	0,10
Résistance 68 $\Omega$			0,05	2	0,10
Résistance 330 k $\Omega$			0,05	4	0,20
Résistance 500 $\Omega$			0,05	2	0,10
Potentiomètre 47k $\Omega$			1,24	4	4,96
AOP	LM311MF	Boîtier dip8	2,34	4	9,36
Régulateur	LM2574N-ADJ/NOPB	Boîtier dip8	1,93	2	3,86
<b>TOTAL HT</b>					<b>221,78</b>

### 2.3.4. Mode d'emploi

Afin de faciliter l'installation et la mise en place du système de détection, ou même pour informer les personnes voulant améliorer ce projet, nous allons donner dans ce paragraphe un mode de mise en place du système. Cette explication concerne l'installation d'une borne.

**Constitution:** Le système contient:

- 1 boîtier



*Illustration 39: Boîtier*

- 2 chambres de détections avec leurs cartes photodiodes:



*Illustration 40: chambre de détection*

- 1 socle pour les tubes PVC :



*Illustration 41: socle des tubes*

- 1 socle pour les maglites



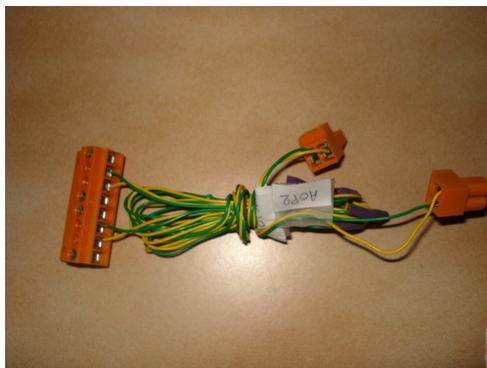
*Illustration 42: socle pour les maglites*

- 1 jeu de lampes avec leurs alimentation



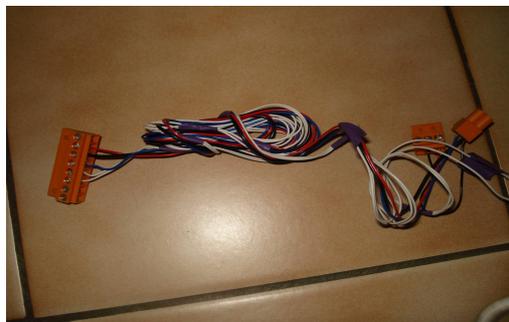
*Illustration 43: Lampes et alimentation*

- 1câble vert et jaune



*Illustration 44: Câble de liaison entre le boîtier et les tubes*

- 1 câble bleu, rouge, noir et blanc



*Illustration 45: Câble d'alimentation et de détection*

### Mise en marche :

- Positionner les cartes photodiodes dans les tubes



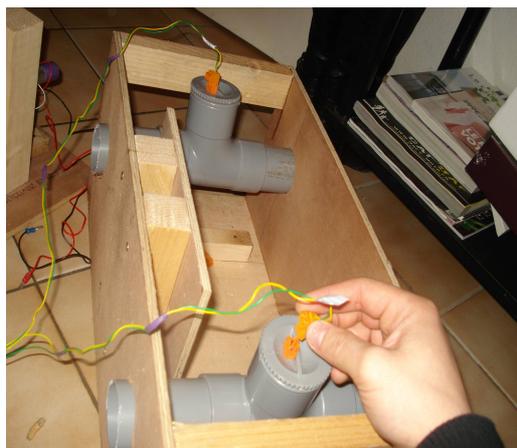
*Illustration 46: Mise en place de la carte photodiode*

- Placer les tubes sur le socle en bois



*Illustration 47: Mise en place des chambres de détections*

- Connecter le câble vert et jaune sur chaque tube (indication: le fil vert correspond aux anodes des photodiodes et le fil jaune à leurs cathodes)



*Illustration 48: Branchement des tubes*

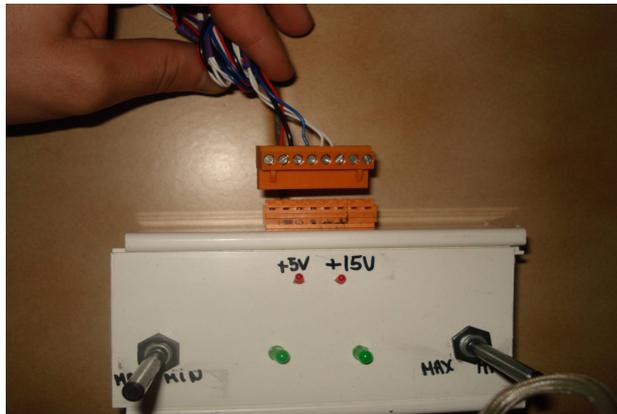
- Connecter l'autre extrémité des fils vert et jaune au-dessous du boîtier.



*Illustration 49: Connections du boîtier*

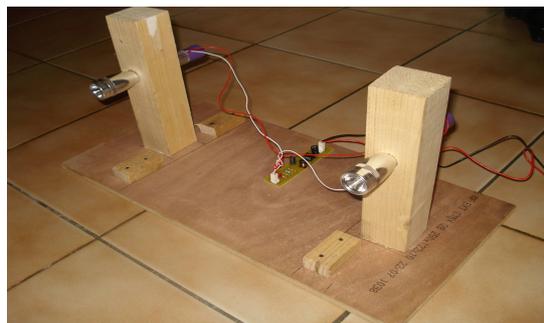
- Brancher le connecteur d'alimentation au boîtier

(indication: rouge = +15V, bleu = +5V, noir = 0V et blancs = fronts de détections)



*Illustration 50: raccorder l'alimentation*

- Brancher ensuite les alimentations et les détection
- Mettre les potentiomètres au MAX
- Disposer les maglites sur leurs supports



*Illustration 51: Lampe maglite sur leur support*

- Éclairer l'intérieur des tubes tout en réglant le focus de la lampe, jusqu'à ce que la LED verte soit allumée.
- Diminuer la valeur du potentiomètre jusqu'à trouver la limite de coupure de la LED et régler de façon à avoir la LED correctement allumée au plus près de cette limite

## Conclusion

Le projet que nous vous avons présenté et que nous avons réalisé en étude et réalisation du 3<sup>e</sup> semestre à l'IUT GEII de TOURS nous a permis de nous impliquer dans un projet intéressant. En effet, même si les connaissances techniques n'étaient pas obligatoires à l'aboutissement de notre sujet, cette période nous a néanmoins montré un aspect différent du travail que l'on fournit d'habitude en classe. En effet la confrontation à la réalisation d'un produit réel donne un parfait avant goût des méthodes et des problèmes que l'on pourra rencontrer dans la vie active. En effet, nous avons réalisé un cahier des charges et un planning, et nous avons tenté de suivre les engagements en résultat et en temps qu'ils ont impliqués.

Aussi, nous avons plus d'une fois, au cours des séances d'étude et réalisation, été confronté à des problèmes techniques, nous montrant qu'il faut savoir constamment s'adapter et adapter notre projet.

Enfin, nous avons été satisfait de voir un produit fini respectant le cahier des charges. Nous avons même analysé notre prototype et nous pensons que des améliorations peuvent encore être apportés ( diode de protection et double connecteur en sortie pour les alimentations des maglites, mise en place de détections de chaque côté de la borne avec un amélioration des connecteurs, comme l'idée de passer en JACK pour les cartes photodiodes..).

Tout en gardant des enseignements, nous espérons que cette détection pourra éventuellement intégrer un produit fini de bornes.

## Résumé

Notre projet était de trouver une solution de détection pour les karting dans l'épreuve du 50 départ arrêté. Nos recherches nous ont donc conduit à des tests sur la photorésistance et la photodiode. Nous avons réalisé que la photodiode était plus adaptée à notre utilisation. Par la suite nous avons réglé des problèmes liés d'une part à des perturbations de la lumière ambiante et d'autre part à l'amplitude du signal à traiter. Nous avons donc choisi d'utiliser les diodes BPW21, placée dans un tube en PVC et éclairée par des lampes à focus réglable. Ainsi nous avons réalisé les circuits électroniques pour rentrer dans la conformité du cahier des charges. Après avoir effectué tous les montages, nous avons eu une entière satisfaction car nous avons réalisé le fonctionnement demandé. Ainsi ce projet nous a apporté des connaissances techniques, mais aussi sur les difficultés de mise en œuvre d'un système de A à Z.

153 mots

## Index des illustrations

Illustration 1: Épreuve du 50m départ arrêté.....	5
Illustration 2: Principe de la borne de départ.....	6
Illustration 3: Principe de la borne d'arrivée.....	7
Illustration 4: Coupure des faisceaux en fonction du temps.....	7
Illustration 5: Environnement technique du projet.....	8
Illustration 6: Synoptique de niveau 1.....	8
Illustration 7: Synoptique de niveau 2.....	8
Illustration 8: Synoptique de niveau 3.....	9
Illustration 9: Carte d'alimentation des bornes: +12V vers +5V & +15V.....	9
Illustration 10: Afficheur visible à 50m et feu tricolore.....	9
Illustration 11: Module émetteur - récepteur FM.....	10
Illustration 12: Système de détection existant: faisceau laser (émission à gauche et réception à droite).....	10
Illustration 13: Synoptique de niveau 1.....	11
Illustration 14: Synoptique de niveau 2.....	11
Illustration 15: Planning du projet. Bleu : prévisionnel Rouge : réel.....	12
Illustration 16: Coupure du faisceau "maison".....	13
Illustration 17: Test sur la photorésistance.....	14
Illustration 18: Réception d'une photorésistance.....	14
Illustration 19: photodiode BPW21.....	15
Illustration 20: Test sur la photodiode.....	15
Illustration 21: Réception d'une photodiode.....	16
Illustration 22: Augmentation du courant par les photodiodes.....	16
Illustration 23: Test sur quatre photodiodes.....	17
Illustration 24: Réception de quatre photodiodes en parallèle.....	17
Illustration 25: isolation de la lumière ambiante par un tube.....	17
Illustration 26: Réception de 4 photodiodes dans un tube PVC éclairé à 3 mètres.....	18
Illustration 27: Comparatif de sources de lumière.....	18
Illustration 28: Lampe utilisée dans notre projet: la maglite.....	18
Illustration 29: Réception des 4 photodiode placées dans un tube PVC et éclairée à 3 m par une maglite.....	19
Illustration 30: fonctionnement de l'aop en comparateur.....	20
Illustration 31: schéma de principe d'une détection.....	21
Illustration 32: schéma de l'alimentation des maglites.....	22
Illustration 33: Schéma du montage du projet.....	23
Illustration 34: Montage de la carte photodiodes.....	24
Illustration 35: Montage du boîtier.....	24
Illustration 36: Montage de l'alimentation des maglites.....	25
Illustration 37: Vérification des alimentations (+15 ok et +5 ok).....	25
Illustration 38: Test de fonctionnement du prototype.....	26
Illustration 39: Boîtier.....	28
Illustration 40: chambre de détection.....	28
Illustration 41: socle des tubes.....	28
Illustration 42: socle pour les maglites.....	29
Illustration 43: Lampes et alimentation.....	29
Illustration 44: Câble de liaison entre le boîtier et les tubes.....	29
Illustration 45: Câble d'alimentation et de détection.....	29
Illustration 46: Mise en place de la carte photodiode.....	30

Illustration 47: Mise en place des chambres de détections.....	30
Illustration 48: Branchement des tubes.....	30
Illustration 49: Connexions du boîtier.....	31
Illustration 50: raccorder l'alimentation.....	31
Illustration 51: Lampe maglite sur leur support.....	31

**Sources des illustrations:**

Illustrations 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12 : Thierry LEQUEU Projet 50m DA

Illustrations 1, 2, 3, 4, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51 : réalisation personnelle

## **Bibliographie**

Catalogue Radiospare, Octobre 2008-Septembre 2009, matériel électronique et industriel

Thierry Lequeu, <[www.thierry-lequeu.fr](http://www.thierry-lequeu.fr)> , mise a jours le 15/12/08

## **Annexes**

### Sommaire des annexes:

Schémas du projet.....p.39

Typons de projet.....p.43