

Spécialité Informatique Industrielle

3ème année

2012 – 2013

Rapport de projet de remise à niveau

Conception d'un système de lévitation magnétique

Apprentis:

Benjamin PATTE
Pierre LESPAGNOL

Tuteur : Pascal MAKRIS

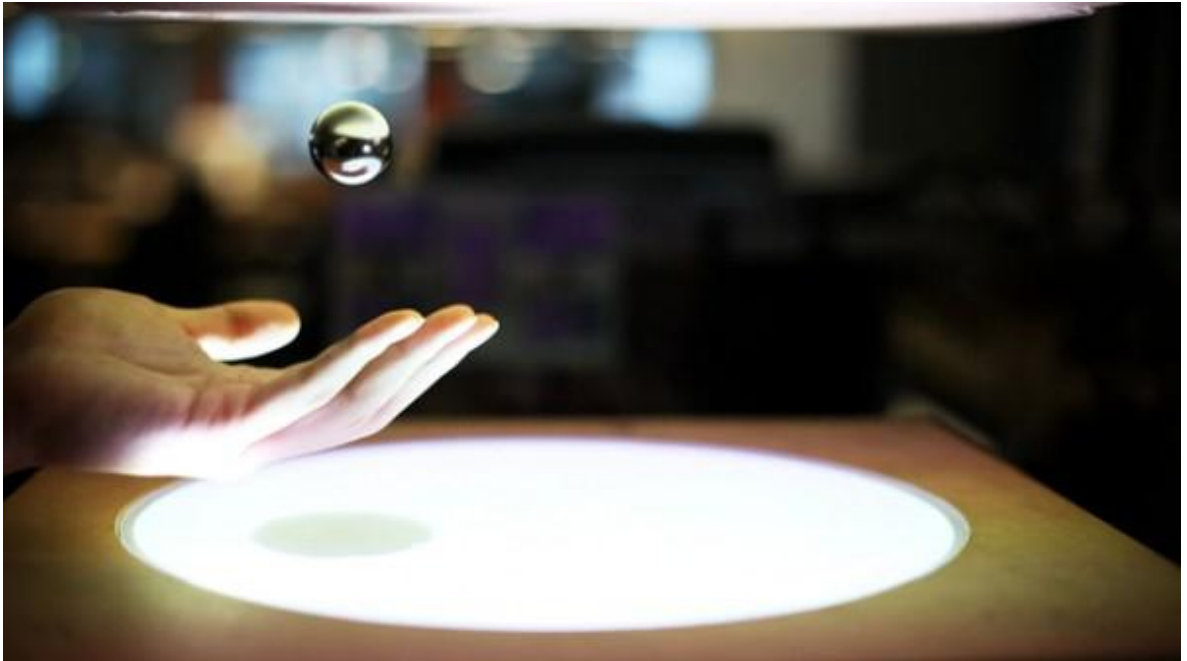
Sommaire

1. Cahier des charges.....	2
1.1. Description générale	2
1.2. Objectifs personnels.....	3
2. Étude de faisabilité.....	4
2.1. Les différents moyens de réaliser ce projet	4
2.2. Le choix des composants.....	4
3. Le principe de la lévitation magnétique.....	5
4. La réalisation	7
4.1. Le schéma de principe	7
4.2. Le détail et les fonctionnalités des composants	8
4.2.1. La LED1	8
4.2.2. L'amplificateur opérationnel U1A	8
4.2.3. La résistance R2 et le condensateur C1.....	8
4.2.4. Le récepteur Infrarouge T1.....	8
4.2.5. L'amplificateur opérationnel U1B	8
4.2.6. Le transistor Q1 et la bobine L1	9
5. Les tests	10
6. Les courbes.....	11
6.1. Les courbes aux points A et B.....	11
6.2. Les courbes aux points A et D	12
7. Conclusion	13
8. Bibliographie.....	14

1. Cahier des charges

1.1. Description générale

Le but du projet est de réaliser une maquette électronique qui puisse réaliser la lévitation d'un petit objet.



Dans notre cas, le système fera léviter une balle de ping-pong.

Ce projet est de type universitaire (il n'y a pas donc pas de client). Il a été proposé par M. Pascal MAKRIS.

Ce projet a déjà été étudié par d'autres étudiants les années passées, ces études ont permis la réalisation d'un prototype.

1.2. Objectifs personnels

En concertation avec M. MAKRIS et au vu nos compétences très limitées dans le domaine de l'électronique, il a été défini les objectifs suivants :

- Étude et compréhension du système (schéma électronique)
- Commande des composants électroniques
- Réalisation d'un prototype fonctionnel (optionnel)

Ce projet sera pour nous l'occasion d'entrer dans le monde de l'électronique avec un projet très intéressant et ludique, ce qui est pour nous une source de motivation vers un résultat fonctionnel.

2. Étude de faisabilité

2.1. Les différents moyens de réaliser ce projet

Nous avons compris très tôt que pour réaliser ce système nous aurions besoin d'utiliser un asservissement, nous expliquerons ce procédé plus en détails dans la partie 3 (le principe de la lévitation magnétique).

Cet asservissement peut être réalisé de deux manières : numérique (DSP) ou analogique (amplificateurs opérationnels).

La solution numérique (grâce à un DSP), n'a pas été étudiée car pour nous avons déjà étudié les DSP dans notre formation antérieure. Nous avons donc préféré une autre approche (analogique) pour nous former à l'électronique et plus précisément aux Amplificateurs Opérationnels (AOP).

2.2. Le choix des composants

Nous n'avons actuellement pas les compétences ni l'expérience pour déterminer si un composant est mieux qu'un autre pour remplir les fonctionnalités dont nous avons besoin.

Après des recherches sur internet, nous avons pu sélectionner plusieurs composants pour répondre à notre besoin :

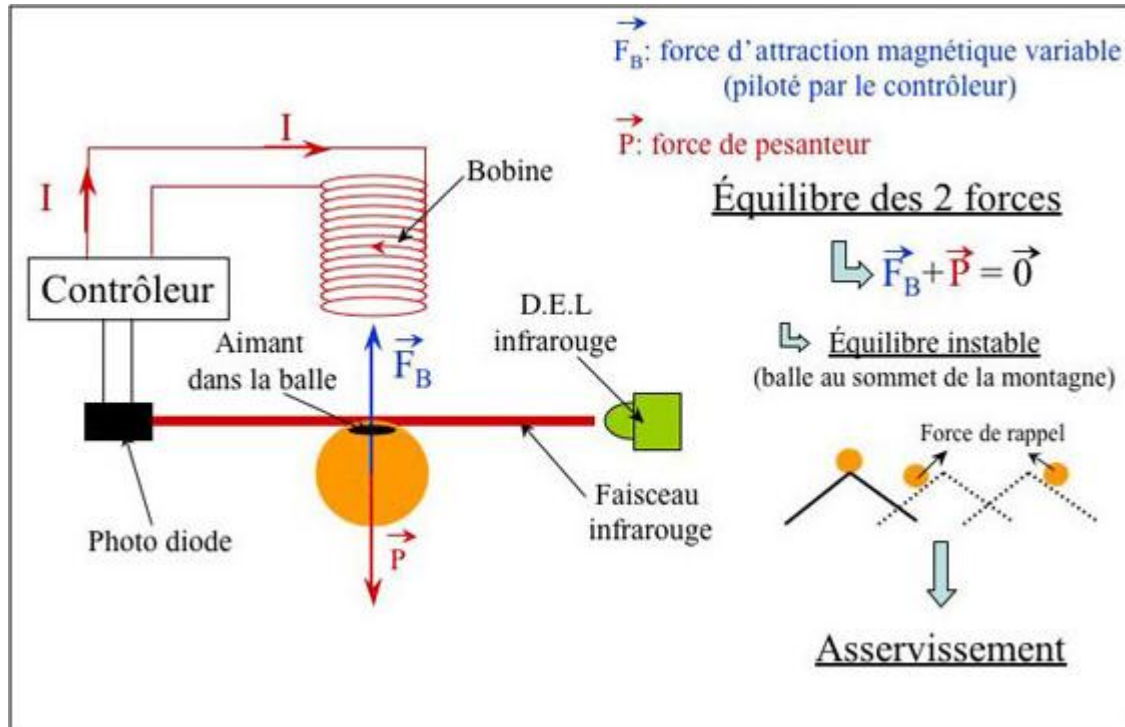
- 1 transistor Darlington
- 9 résistances
- 2 Amplificateurs opérationnels
- 2 LED
- 1 bobine
- 1 condensateur
- 2 Diodes

L'ensemble de ces composants va permettre de réaliser un asservissement analogique.

3. Le principe de la lévitation magnétique

Avant de plonger dans le cœur de l'électronique qui va constituer notre système, il faut tout d'abord comprendre comment une balle de ping-pong peut léviter dans l'air.

Le principe de lévitation magnétique est en fait très simple, il s'agit de d'utiliser le champ magnétique crée par une bobine alimentée en courant.



La balle, dans les conditions normales, est soumise à une unique force qui est son propre poids \vec{P} (masse de la balle * 9,81). Cette force a pour effet d'attirer la balle vers le sol.

Pour compenser cette force, on va utiliser le champ magnétique créé par la bobine. Cette force \vec{F}_B va agir dans le sens inverse du poids et attirer la balle vers la bobine.

On a placé dans la balle un petit aimant de ferrite afin que la balle soit sensible au champ magnétique.

Dans ce cas de figure, la balle viendra se coller à la bobine. Il faut trouver une solution pour stabiliser la balle de ping-pong.

Le principe de cette stabilisation est également très simple :

- Si la balle tombe, on l'attire vers la bobine
- Si la balle monte, on la laisse retomber

Concrètement, pour attirer la balle, on va faire passer du courant dans la bobine : on crée un champ magnétique. Pour faire tomber la balle, nous n'alimentons plus la bobine (plus de champ magnétique) : la balle tombe.

Cela paraît donc simple de maintenir la balle en lévitation. Cependant l'étude énergétique de ce système (balle + bobine) montre que le point d'équilibre est énergétiquement instable. Le maintien

en lévitation revient donc à vouloir faire tenir une balle au sommet d'une montagne (voir figure) ou alors faire tenir un crayon sur sa pointe. Pour effectuer cette stabilisation, nous allons utiliser un asservissement.

Pour ce faire nous allons utiliser un faisceau infrarouge pour éclairer une photodiode. C'est l'éclairement de celle-ci qui fixe la valeur du courant I .

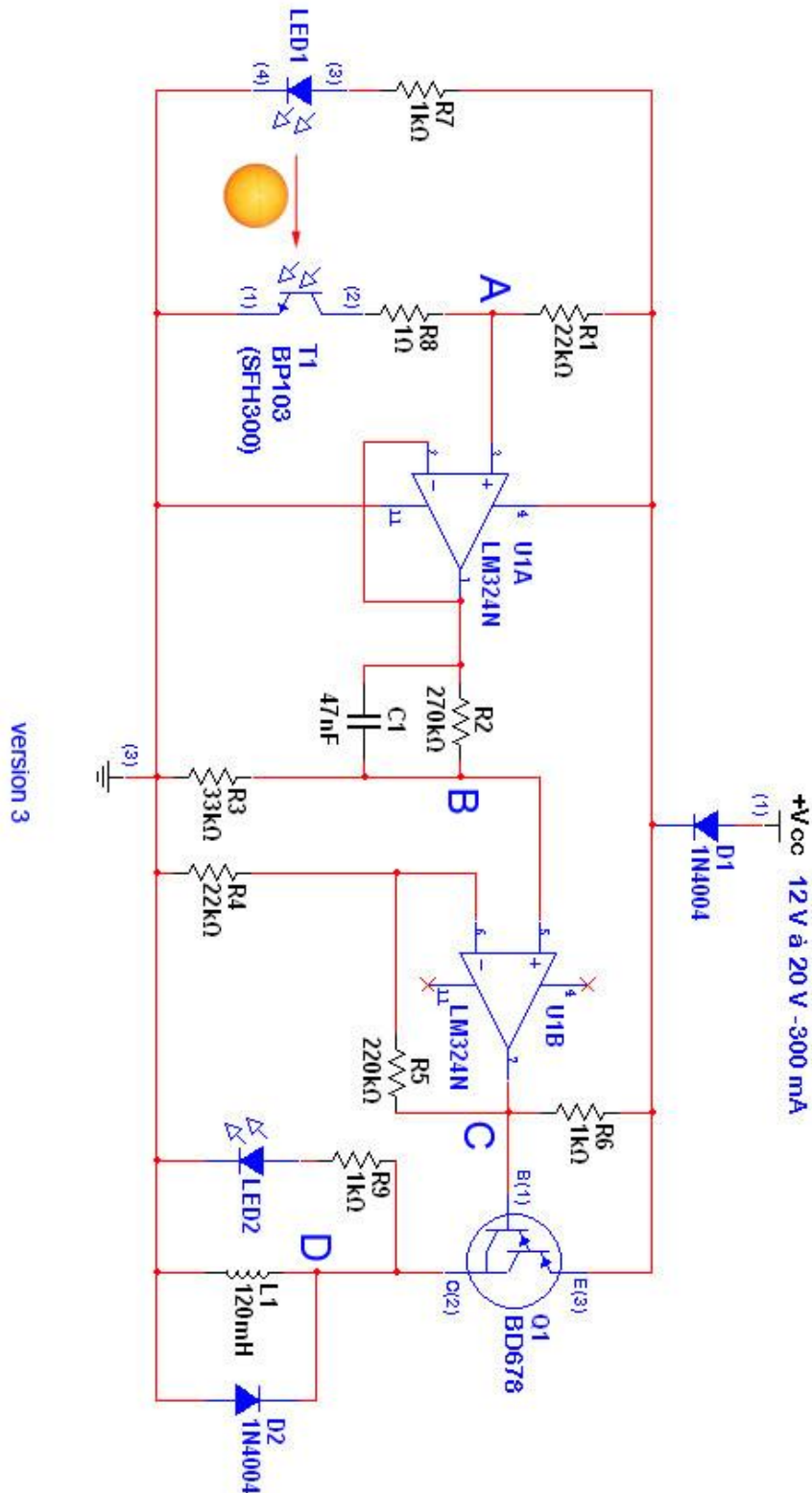
Voici les étapes les étapes de l'asservissement :

- La balle ne coupe pas le faisceau
- On alimente la bobine : la balle remonte
- La balle coupe le faisceau
- On n'alimente plus la bobine : la balle retombe

4. La réalisation

4.1. Le schéma de principe

La solution finale se présente sous la forme d'un montage électrique dont voici le schéma :



4.2. Le détail et les fonctionnalités des composants

4.2.1. La LED1

Cette LED est de type infrarouge. Elle émet un faisceau qui n'est pas perceptible par l'œil humain. Pour faire fonctionner cette LED, il est nécessaire d'ajouter une résistance pour limiter l'intensité qui y entre. C'est le rôle de la résistance R7.

4.2.2. L'amplificateur opérationnel U1A

Cet amplificateur est monté en tant que suiveur. On peut remarquer plusieurs choses :

- La résistance en entrée du montage est infinie
- Le courant d'entrée est nul

L'AOP suiveur permet de prélever la tension de sortie sans la perturber. Ce qui est différent d'une alimentation par exemple. On peut également préciser que la tension d'entrée est égale à la tension de sortie.

Les résistances R1 et R8 permettent de créer un diviseur de tension, ce qui va permettre de choisir la tension d'entrée de l'AOP en fonction des valeurs de résistance.

Un rapide calcul permet de voir cette tension d'entrée : $V_e = V_{CC} * \frac{R8}{(R1+R8)}$

$V_e = 0.0005V$ quand le récepteur IR agit en tant qu'interrupteur fermé

4.2.3. La résistance R2 et le condensateur C1

Ces deux composants permettent de créer un déphasage variable du signal en fonction de la fréquence d'oscillation de l'objet. Il permet de diminuer l'amplitude des oscillations.

Sans ce dispositif, les oscillations de la balle ont tendance à augmenter (en amplitude) et l'objet finit par ne plus être aimanté par la bobine.

4.2.4. Le récepteur Infrarouge T1

Le récepteur infrarouge va permettre de capter le faisceau émis par la LED1 quand il n'est pas masqué par la balle. Ceci permet le passage du courant. Par conséquent, la tension d'entrée dans l'AOP U1A est quasi-nulle

En revanche, si la balle coupe le faisceau, le récepteur se bloque. Ceci implique que le courant ne passe plus, on a donc 12V à l'entrée de l'AOP U1A.

4.2.5. L'amplificateur opérationnel U1B

L'amplificateur opérationnel est monté en amplificateur non inverseur avec les résistances R4 et R5.

La tension au point C au point est calculée par la formule suivante : $V_C = \left(\frac{R_4+R_5}{R_4}\right) \times V_B = 11 V_B$

L'amplificateur non inverseur permet donc de multiplier la tension par 11 la tension qui est appliquée en entrée. La tension V_c à la sortie de l'amplificateur non inverseur est donc égale à la tension au point A ($V_c = 11 V_a$).

4.2.6. Le transistor Q1 et la bobine L1

La tension au point C sera donc égale à 12V (pas d'amplification car la limite de tension est de 12V). La tension au point A doit être au minimum de 10V pour avoir une différence de potentiel de 2V au maximum entre l'émetteur et la base du transistor.

Il existe donc deux cas :

- $V_c = 12V$, le transistor est bloqué, et la bobine n'est pas alimentée
- $V_c \approx 10V$, le transistor est passant, et la bobine est alimentée

En théorie, et s'il n'y avait pas la résistance R6, la tension au point C aurait été de 0V, mais avec la résistance R6, un courant passe dans cette résistance R6, un courant passe dans la résistance R5 et un courant passe dans la résistance R6, ce qui a pour effet que l'on a des tensions aux bornes de ces 3 résistances. La tension au point D est donc la différence entre, la somme des tensions aux bornes des résistances R4 et R5 d'une part, et de la tension aux bornes de la résistance R6 d'autre part.

Autour de la bobine ont été placés quelques composants :

- Une diode de roue libre, pour permettre au courant de continuer à circuler en boucle fermée lors d'une rupture brutale de courant
- Une LED en série avec une résistance, afin de pouvoir voir quand la bobine est alimentée

La succession de tous les éléments électroniques permet donc d'arriver au but final : alimenter la bobine lorsque la photodiode reçoit le rayon infrarouge (balle de ping pong en dessous du rayon).

5. Les tests

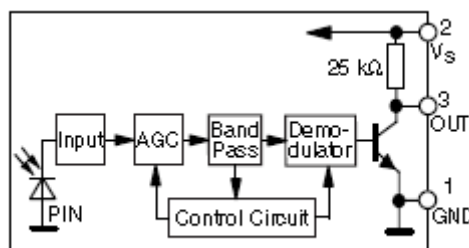
Après avoir commandé les composants nécessaires au montage, nous avons placé les composants sur une plaque d'essai, afin de pouvoir tester le fonctionnement réel.

Nous avons cependant rencontré plusieurs problèmes. Nous avons donc essayé de déboguer la maquette.

Le premier problème, que nous avons pu résoudre, concerne les AOP que l'on a commandé. En effet, ces composants ont été commandés en CMS, qui sont en fait des composants plus petits que ceux pouvant être utilisés sur des plaques d'essai. Pour résoudre ce problème, nous avons soudé des « queues de résistances » sur les entrées et sorties dont nous avons besoin.

Le second problème que nous avons pu résoudre était que tous les composants n'étaient pas alimentés. On a trouvé que la maquette d'essai était divisée en deux, et que certaines lignes ne couraient pas d'un bout à l'autre de la maquette. Grâce à quelques fils bien placés, ce problème a été facilement résolu.

Le troisième problème concerne les récepteurs infrarouges que nous avons commandés. En effet, ces récepteurs ont une architecture interne qui ne permet pas de les utiliser pour cette application.

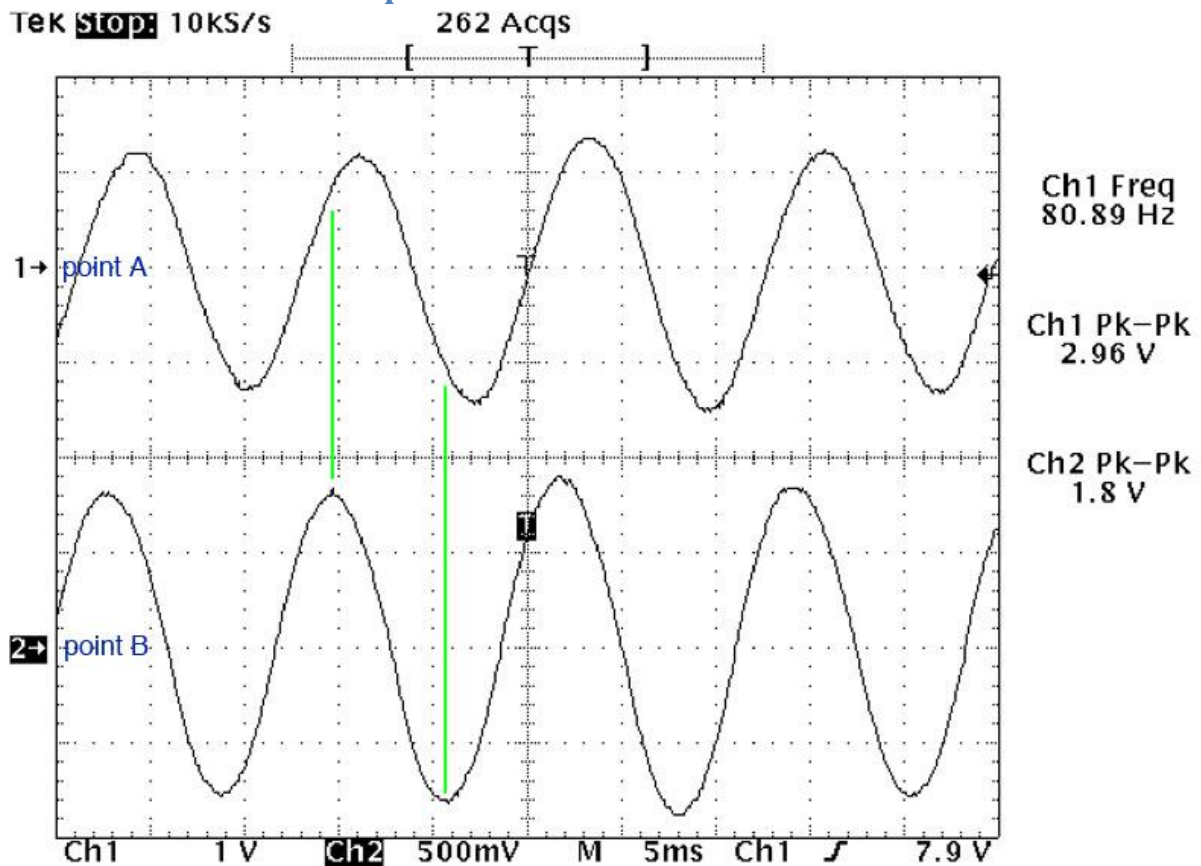


Ce composant permet en fait de réagir à une suite d'impulsions infrarouges, et non pas un rayon infrarouge constant. On a pu voir lors de nos tests que la sortie du composant changeait d'état que pendant un très court instant, au moment d'un changement d'état de la réception du rayon infrarouge.

Ce composant étant essentiel à la réalisation du prototype, nous n'avons pas pu faire fonctionner la maquette correctement.

6. Les courbes

6.1. Les courbes aux points A et B



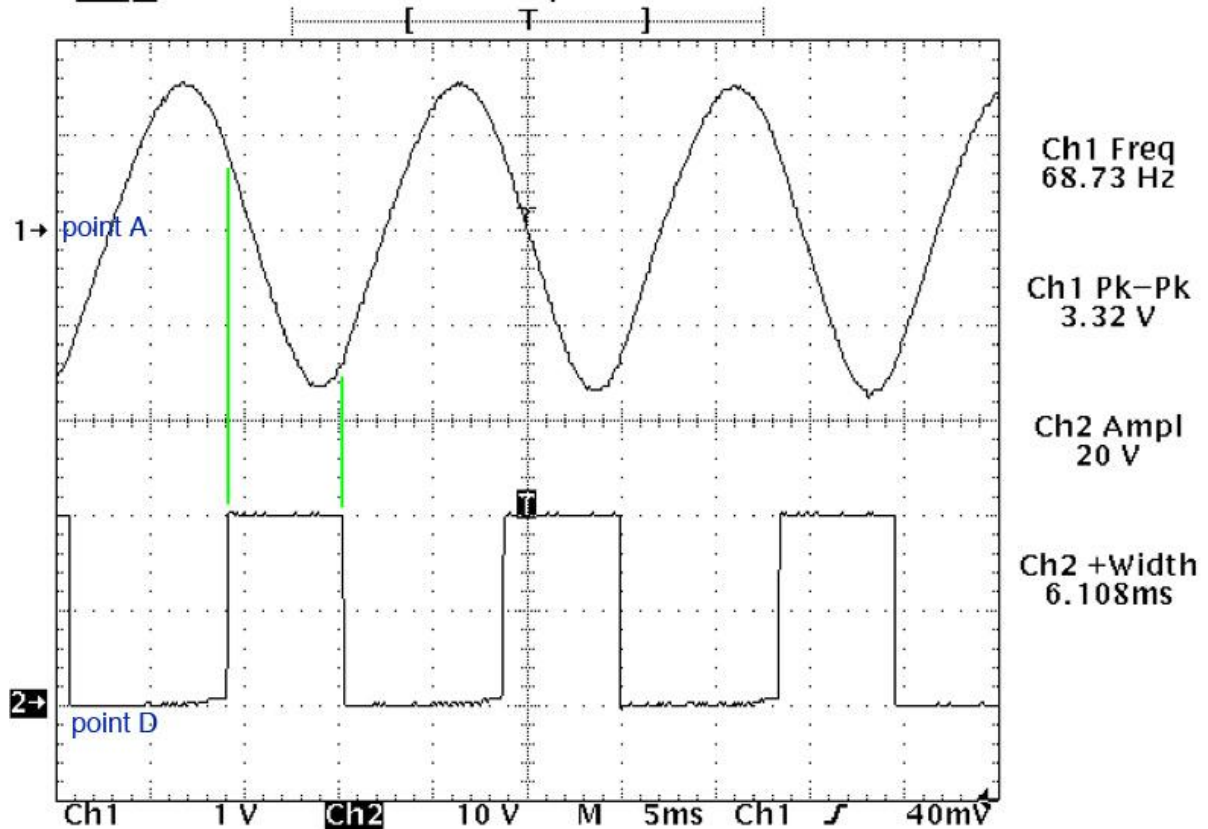
On voit que la courbe B est en avance par rapport à la courbe A, ceci est dû au réseau RC qui, en fonction de la fréquence d'oscillation de l'objet, crée un déphasage variable du signal. Ceci tend à diminuer l'amplitude des oscillations (valeur de la résistance).

Sans ce dispositif, les oscillations ont tendance à augmenter en amplitude et la balle finit par tomber ou se coller à la bobine.

6.2. Les courbes aux points A et D

TEK **stop** 10KS/s

18 Acqs



Sur la courbe au point A, on peut voir la réception du rayon infrarouge. Le rayon infrarouge est reçu lorsque la tension est au minimum de sa valeur. Le rayon infrarouge n'est pas reçu lorsque la tension est au maximum de sa valeur.

On peut voir qu'on alimente la bobine seulement après que la photodiode ne reçoit plus du tout le rayon infrarouge, et qu'on arrête de l'alimenter un tout petit peu après que la photodiode reçoit le rayon infrarouge. C'est grâce aux composants RC détaillés précédemment qui servent à éviter les trop grandes oscillations qui pourraient faire chuter la balle.

7. Conclusion

Dans ce projet, nous avons donc pu atteindre plusieurs de nos objectifs, comme :

- L'étude et la compréhension du système (schéma électronique)
- La commande des composants électroniques
- La réalisation d'un prototype (même s'il n'est pas fonctionnel)

Nous avons pu apprendre et/ou revoir certaines notions importantes de l'électronique, même si certaines notions ne sont pas encore très claires, certaines ont pu être acquises.

On a pu voir qu'il faut faire plus attention lorsque l'on commande des composants, faire attention à prendre le bon type (pas du CMS) et le bon composant qui pourra être utilisé dans le montage électronique.

Pour finir, on a pu voir comment déboguer une maquette électronique qui ne marche pas. Malgré que nous n'ayons pas pu arriver à un résultat fonctionnel, on sait aujourd'hui pourquoi une partie du montage ne marche pas.

8. Bibliographie

<http://www.photology.fr/indexlevitation.html>