



INSTITUT
NATIONAL
des SCIENCES
APPLIQUÉES



Projet de Physique P6-3
STPI/P6-3/2008 – 038

Nom des étudiants

Camille FEUGRAY

Arturo MONDRAGON

Olivier GAREZ

Taieb BADIS

Alexandre SEITE

Enseignant(s)-responsable(s) du projet

Michel CLEVERS



TELEMETRE A ULTRASONS



À TAILLE
HUMAINE
À L'ECHELLE
DU MONDE

Date de remise du rapport : **23/06/2008**

Référence du projet : **STPI/P6-3/2008 – 038**

Intitulé du projet : ***étude et réalisation d'un télémètre à ultrasons***

Type de projet : ***expérimental***

Objectifs du projet (10 lignes maxi) :

Le but de notre projet est de réaliser la construction d'un télémètre à ultrason, c'est-à-dire d'utiliser la propriété des ultrasons à se déplacer dans l'air à une vitesse de 340 m/s pour mesurer une distance.

TABLE DES MATIERES

1. Introduction	5
2. Méthodologie / Organisation du travail	5
3. Travail réalisé et résultats	6
3.1. Émission de l'onde	6
3.1.1. Générer le signal.....	6
3.1.2. Amplifier le signal	7
3.1.3. Émettre le signal	7
3.2. Réception de l'onde.....	8
3.2.1. Réception de l'onde.....	8
3.2.2. Filtrer / Amplifier le signal	8
3.2.3. Traiter le signal.....	10
3.2.4. Afficher le résultat	12
3.3. Acquisition de la mesure	12
3.4. Schéma final	13
4. Conclusions et perspectives.....	15
5. Bibliographie	16
6. Annexes (non obligatoire)	17
6.1. Propositions de sujets de projets (en lien ou pas avec le projet réalisé)	17
6.2. Documentation technique.....	17

1. INTRODUCTION

Comment peut-on mesurer une distance sans contact physique? Nous pouvons utiliser un télémètre, qui nous permettra de mesurer une distance en utilisant les ondes et plus particulièrement les ultrasons. Les ultrasons sont des ondes sonores possédant une fréquence de 40kHz et déplaçant dans l'air à une vitesse de 340 m/s. Ces ondes ne sont pas audibles par l'homme.

Du fait de l'abondance des perturbations, la distance ne peut excéder 3m sinon la mesure pourrait devenir incohérente. Dans le commerce, il existe d'autres types de télémètres fonctionnant à de plus grandes distances tel que le télémètre laser.

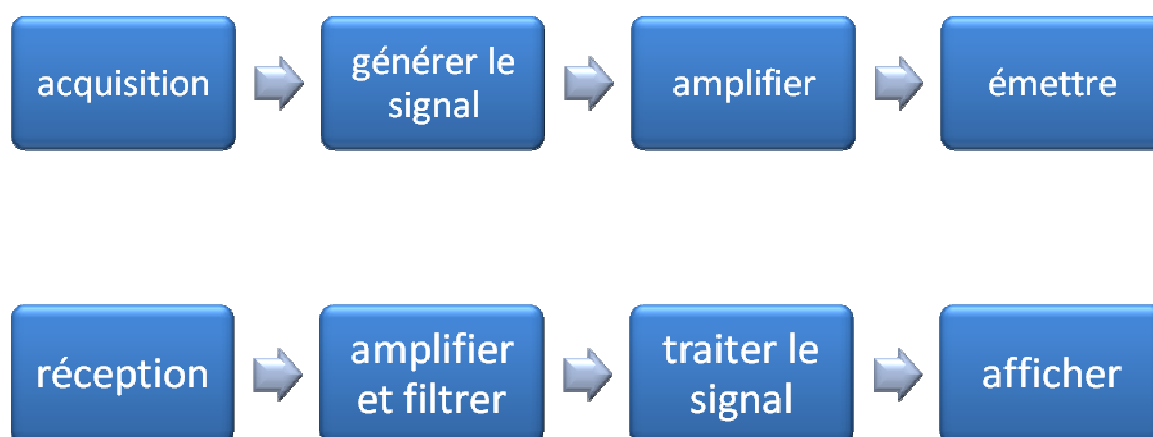
Notre objectif pour ce projet est de concevoir et réaliser un télémètre à ultrasons avec une précision de l'ordre du centimètre avec l'aide de M. Clevers. Le télémètre enverra une onde ultrason qui se répercutera sur un objet et reviendra sur le télémètre. Ce dernier donnera à l'aide d'un afficheur la distance entre l'objet observé et lui même. Le principe de cette mesure est basé sur le temps que l'onde met pour aller et venir.

En ce qui concerne l'affichage, M. Clevers a lui-même réalisé cette fonction. Nous nous sommes cependant occupés d'adapter le signal pour l'affichage.

2. METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Lorsqu'on nous a donné le projet, nous avons tout d'abord cherché à décomposer le télémètre en différentes fonctions qu'il devait remplir pour réaliser ce pourquoi il était créé. Nous avons identifié 2 chaînes : la première pour émettre le signal à partir d'un ordre donné, et la seconde pour réceptionner l'onde en question et afficher la distance télémètre-objet.

On obtient le graphique suivant :



À partir de ce diagramme, nous avons pu séparer les tâches, en s'attaquant tout d'abord à l'émission de l'onde puis à la réception et à l'affichage.

Chaque groupe de travail a d'abord regardé ce que devait faire la fonction dont il s'occupait avec, dans un premier temps l'étude puis la conception de cette fonction.

Chaque groupe devait communiquer ce qu'il faisait aux autres car il paraît évident que les fonctions du télémètre interagissent entre elles. En réalisant l'organigramme du télémètre à ultrasons, nous avons défini les fonctions et les flux entre ces fonctions, ce qui a donné une base commune à tous les groupes pour savoir ce qu'ils avaient en entrée et ce qu'ils devaient fournir en sortie.

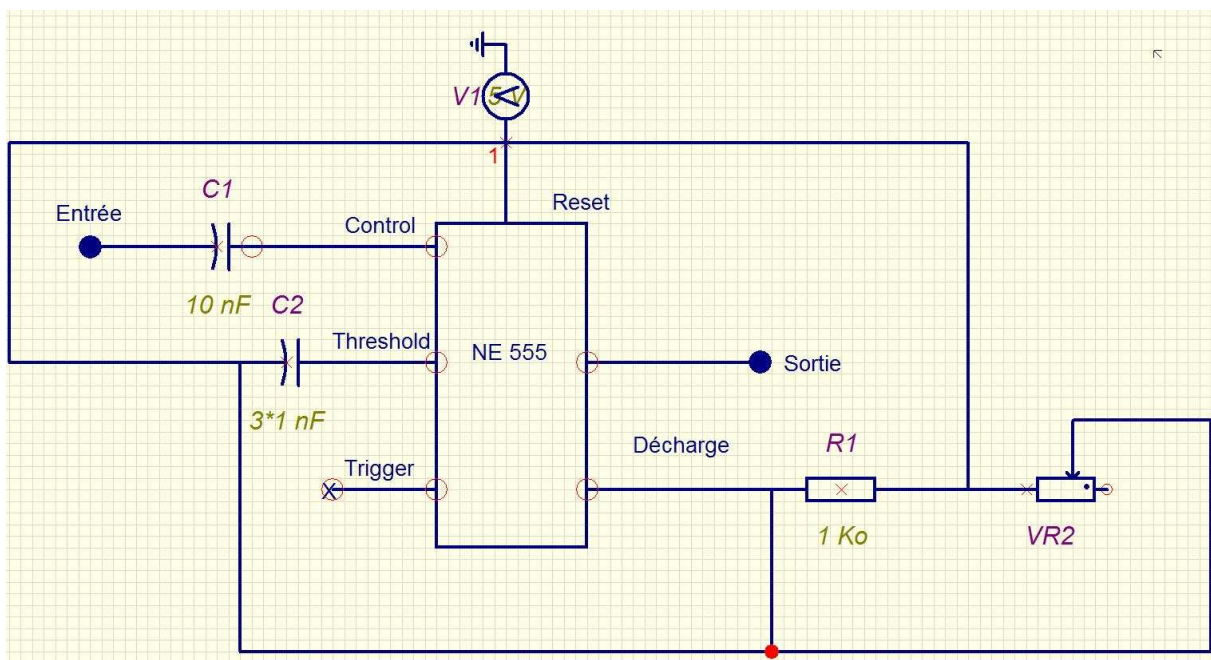
3. TRAVAIL RÉALISÉ ET RÉSULTATS

3.1. Émission de l'onde

3.1.1. Générer le signal

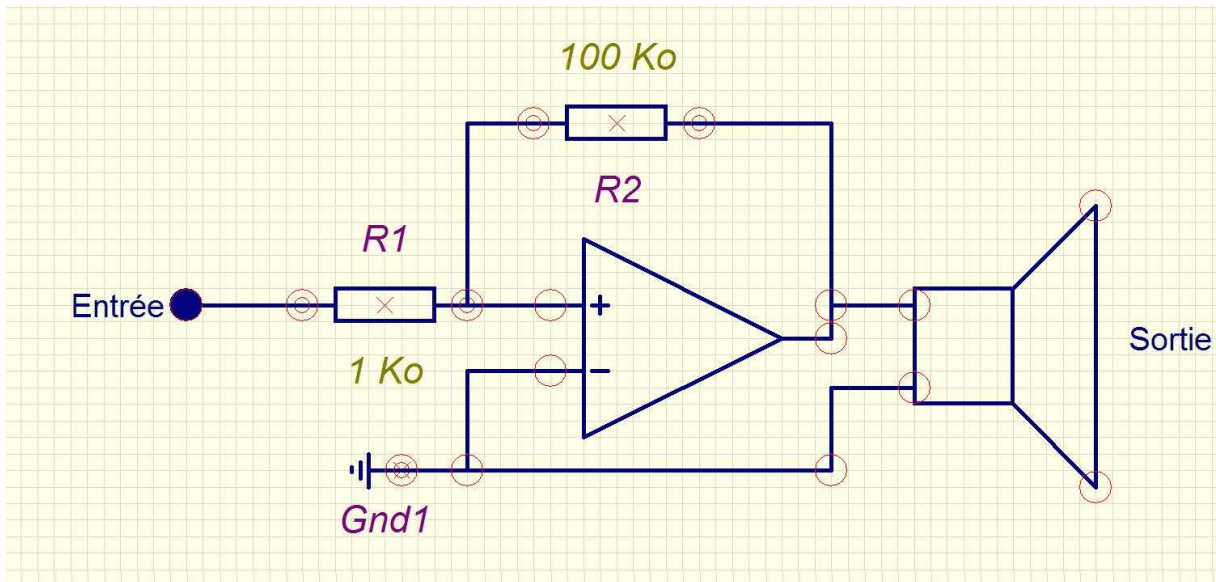
Le signal est généré par ordre de l'utilisateur. Celui-ci provient d'un bouton poussoir qui délivre un signal électrique continu.

Pour générer le signal, nous avons décidé d'utiliser une puce électronique de type NE555, qui est capable de délivrer un signal périodique en fonction de son montage. Nous avons donc lu la fiche technique du NE555, et choisis le montage « monostable operation ». Ce montage permet de générer, à partir d'un signal électrique continu, un signal électrique périodique sinusoïdal. Notre signal ultrasons doit avoir une fréquence de 40 kHz, en effet il s'agit de la fréquence d'oscillation des transducteurs à ultrasons. Nous avons donc réalisé ce montage et essayé diverses valeurs de composants afin d'arriver à une fréquence la plus proche possible de 40 kHz.



3.1.2. Amplifier le signal

Notre signal perd de l'amplitude au cours du temps ce qui est normal puisqu'il subit des interférences extérieures. Pour que notre signal puisse être réceptionné correctement sans trop de parasites, nous avons dû l'amplifier avant de l'émettre. Pour ce faire, nous avons simplement utilisé un amplificateur opérationnel en montage non inverseur. En effet nous avons besoin d'amplifier notre signal mais pas de l'inverser, ce montage s'adapte donc parfaitement à nos contraintes. On a donc le montage suivant :



A partir de nos connaissances, nous avons pu aisément déterminer les valeurs de résistance dont on avait besoin. On considère $i^+ = i^- = 0$; $V^+ = V_{signal}$. On peut observer que l'on a un pont diviseur de tension pour l'entrée V^- .

$$\text{On a donc } V^- = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sortie}$$

Etant donné que $V^+ = V^-$:

$$\text{On a donc } V_{Sortie} = V_{Signal} \times \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

Notre montage est non inverseur car V_{signal} et V_{sortie} sont de même signe. Pour amplifier notre signal, on a donc besoin que $V_{sortie} > V_{signal}$ et donc que $100 > 1 + \frac{R_2}{R_1} > 1$.

Nous limitons l'amplification du signal car, au-delà d'un certain coefficient d'amplification, le gain diminue très fortement. Nous avons calculé que l'amplification ne devait pas excéder un coefficient supérieur à 100.

Nous avons donc déterminé qu'il nous fallait : $R_1 = 1k\Omega$ et $R_2 = 100k\Omega$

3.1.3. Émettre le signal

Pour émettre le signal, nous utilisons les émetteurs ultrasons des TP de P6. Ces émetteurs reçoivent en entrée un signal périodique de fréquence 40 kHz et délivre en sortie une onde ultrason de même fréquence.

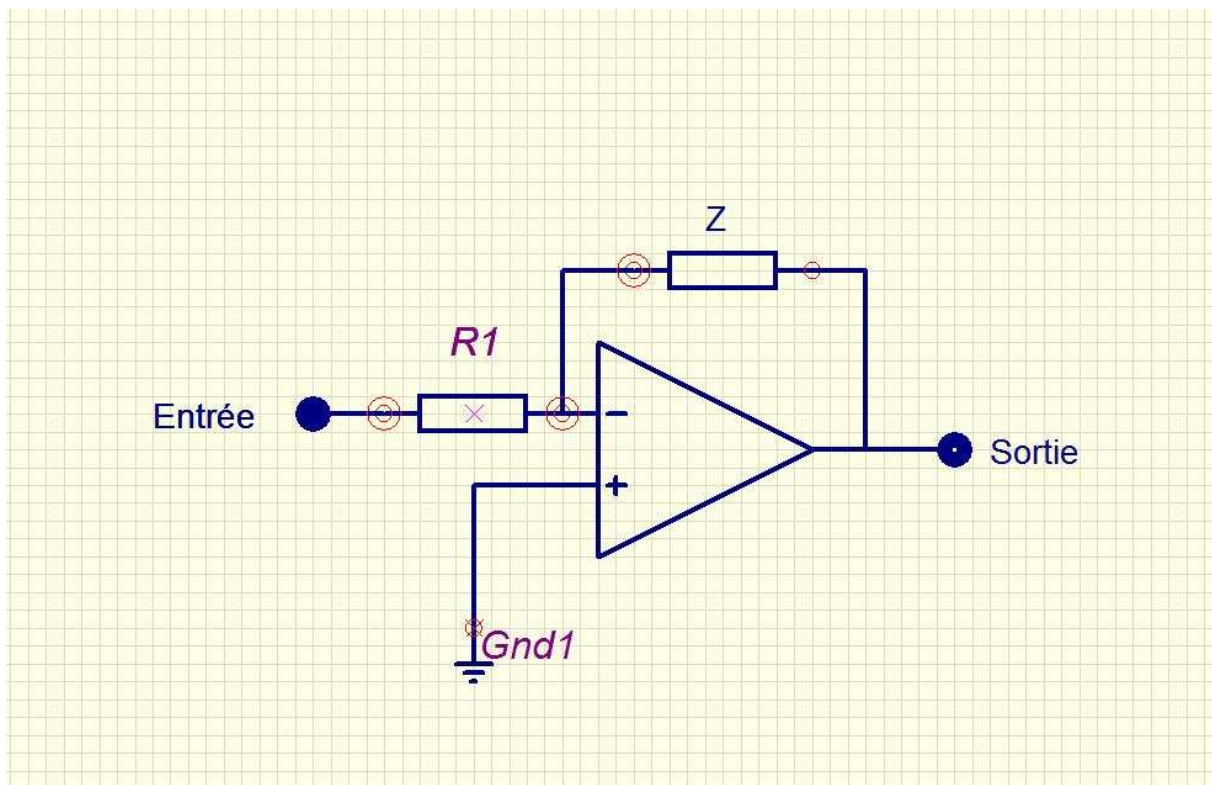
3.2. Réception de l'onde

3.2.1. Réception de l'onde

Pour réceptionner l'onde ultrasons, on utilise encore le matériel des TP de P6. Ces récepteurs reçoivent en entrée l'onde ultrason, qui s'est répercutée sur une surface, et délivre un signal électrique en sortie. Cependant ce signal possède beaucoup de parasites du fait de la distance qu'il a parcourue dans l'air et des autres ondes présentes. Nous devons donc filtrer et amplifier ce signal pour le traiter correctement.

3.2.2. Filtrer / Amplifier le signal

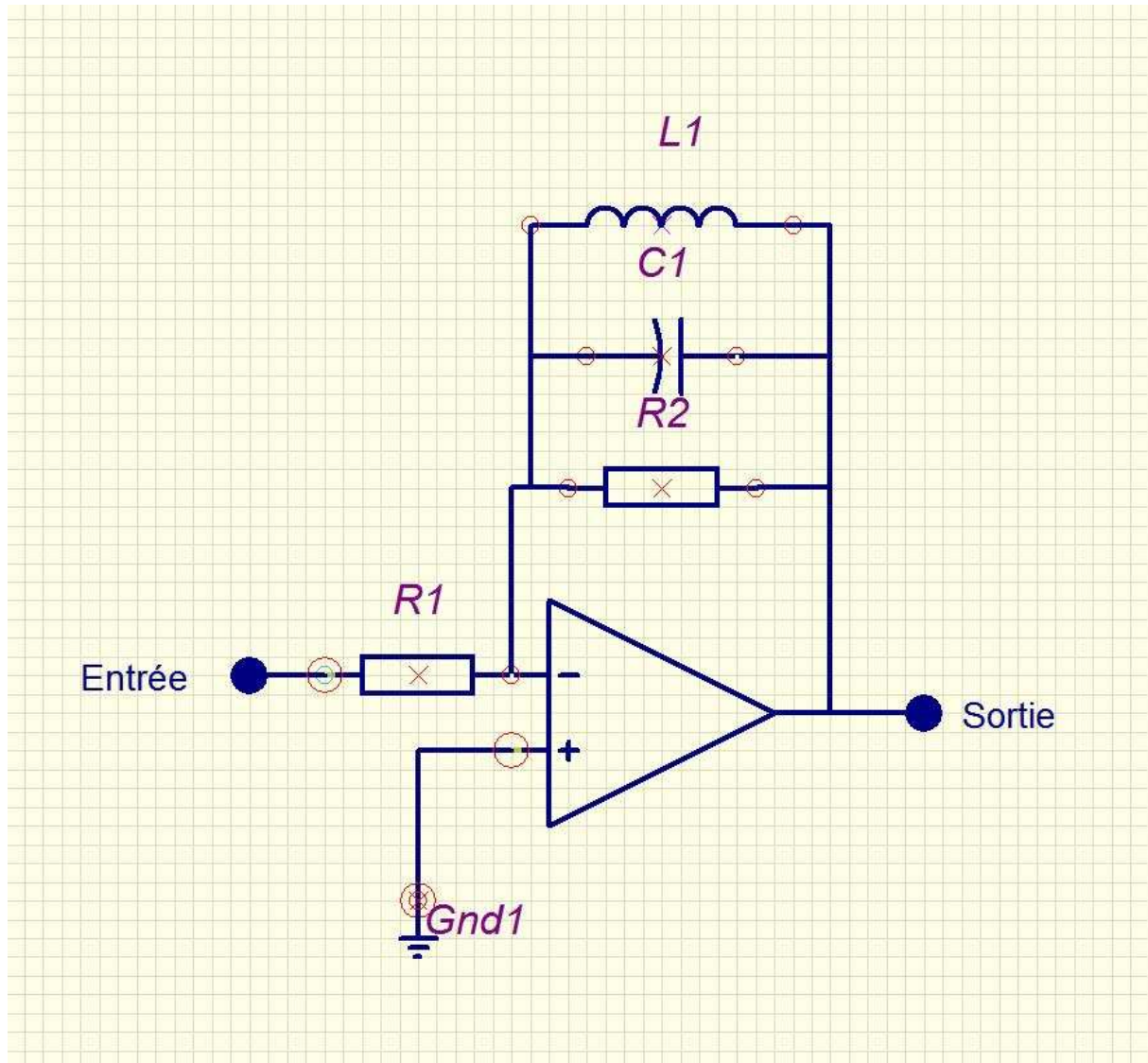
Afin de supprimer tous les parasites et d'avoir un signal utilisable, nous avons besoin d'amplifier et de filtrer le signal. Nous amplifions le signal comme en émission du signal, à l'aide d'un amplificateur opérationnel en montage non inverseur. Au départ nous avons pensé utiliser un filtre passe bande ou passe haut qui serait dissocié de l'amplification. Cependant, après conseil de notre professeur et recherche sur internet, nous avons trouvé un montage nous permettant de combiner l'amplification et le filtrage. Ce schéma est le suivant :



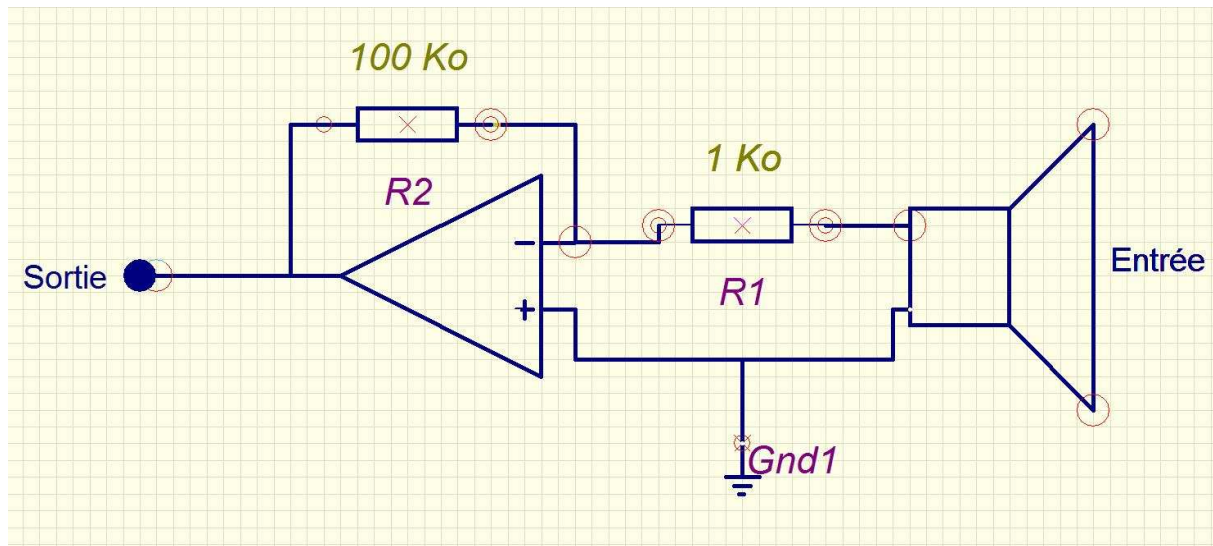
On peut voir qu'il s'agit toujours d'un amplificateur opérationnel en montage non inverseur mais sur lequel on a plus une résistance R2 mais un composant d'impédance Z. Ce composant est constitué d'une résistance, d'un condensateur et d'une bobine montés en série. On sait que $Z_C = \frac{1}{jC\omega}$ et $Z_L = jL\omega$; les éléments étant montés en parallèles, on a

donc : $Z = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{jL\omega} + jC\omega}$. Cependant nos connaissances ne nous permettent pas

d'approfondir cela et d'obtenir la fonction de transfert. Ce montage est un filtre passe bande, très sélectif.



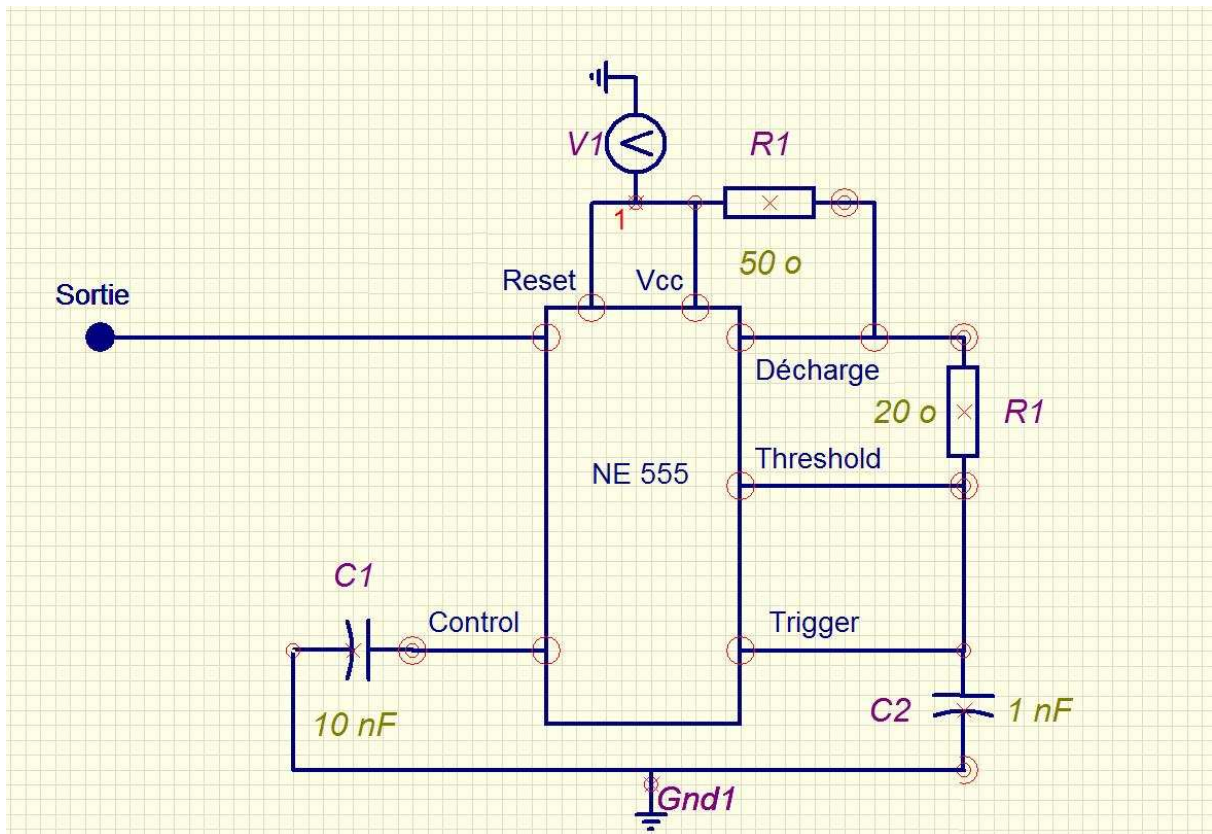
Lors de nos expériences, nous avons vu que si nous amplifions en émission et en réception du signal nous n'aurions pas besoin de filtrer le signal, nous obtenons donc le montage suivant.



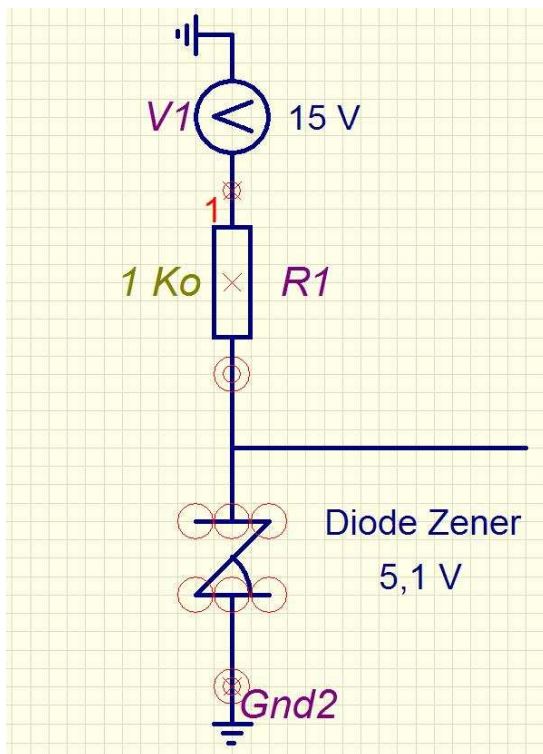
3.2.3. Traiter le signal

Pour traiter le signal, nous avons besoin de compter le nombre d'impulsion du signal (front montant ou descendant) pour ensuite dire à l'affichage d'afficher telle ou telle valeur. Nous avons choisi d'utiliser un compteur CD74HC 4518. Pour que le compteur puisse fonctionner correctement il a besoin de trois entrées : une horloge (« clock »), un déclencheur (« enable »), et d'une remise à zéro (« reset »). Le déclencheur sera effectué par le signal lui-même et la remise par le bouton poussoir (nous verrons comment dans la suite du rapport).

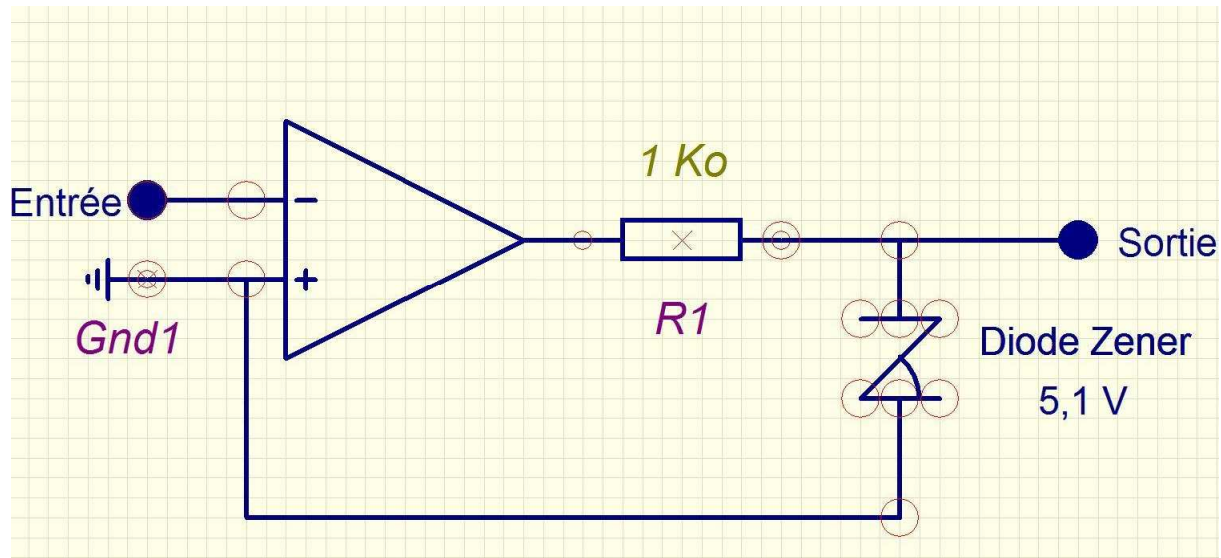
Nous avons réalisé l'horloge avec un NE555. Toujours en lisant la fiche technique, nous avons déterminé qu'un montage en « astable operation » sera le mieux. En effet, avec ce montage il nous suffit d'alimenter le NE555 pour qu'il sorte un signal périodique qui nous servira d'horloge. Pour déterminer la période du signal en sortie, il faut seulement suivre la formule donnée par la fiche technique. C'est ici qu'il faut être vigilant. Si on veut mesurer la distance appareil-objet et que l'on compte les fronts d'onde qui nous reviennent, il faut tenir compte du fait que ces fronts d'onde ont parcouru la distance deux fois : un aller et un retour. Il est donc nécessaire que l'horloge divise le temps par deux pour compter la bonne distance. Sachant que les ultrasons parcourent 340 m/s, l'onde mettra donc $29,23\mu\text{s}$ pour parcourir 1 centimètre. Comme le signal fait l'aller-retour, le temps sera donc de $58,47\mu\text{s}$. L'horloge aura donc une fréquence de 17kHz. Par l'expérience on détermine les valeurs des différents composants afin d'avoir la valeur de fréquence la plus proche possible.



Tous nos appareils sont alimentés en 15V, c'est ce qui adéquat. Or le compteur a besoin d'être alimenté en 5V. Dès lors, comment pouvons-nous avoir une tension de 5V à partir d'une tension d'alimentation de 15V? Nous utilisons une diode Zener montée en série avec une résistance. Nous avons donc calculé les valeurs suivantes : une résistance de 1k Ω et une diode Zener de 5,1V.



En sortie de l'amplification notre signal est exploitable mais de forme sinusoïdale. Or le compteur a besoin d'avoir en entrée un signal périodique de forme carrée et d'amplitude 0-5V. Nous utilisons donc un amplificateur opérationnel sans montage particulier qui va nous permettre de transformer le signal sinusoïdal en signal carré. Notre signal est désormais carré mais toujours d'amplitude -15 +15V. Pour résoudre ce problème, nous utilisons encore une diode Zener et une résistance avec les mêmes valeurs que précédemment. Notre signal est donc carré d'amplitude 0-5V et ainsi parfaitement exploitable par notre compteur.



3.2.4. Afficher le résultat

Pour la partie de comptage et d'affichage, nous n'avons pas eu les connaissances nécessaires pour la concrétisation finale du projet. Nous avons donc dû découvrir le fonctionnement de cette partie avec notre professeur qui s'est lui-même occupé de cette partie.

Lors du lancement d'une mesure, la sortie Q de la bascule R\S\ (montage utilisant des portes logiques) est à 1 et l'oscillateur 555 A peut alors entrer en oscillation à une fréquence de 17kHz. Sa sortie va directement attaquer les compteurs, tous placés en cascade (compteurs 4518 du type BCD, deux par boîtier). Les compteurs ou tout du moins les trois premiers vont générer trois mots BCD représentatifs respectivement des unités, dizaines et centaines. Le quatrième compteur va quant à lui servir à la détection de dépassement de la capacité de mesure. Les trois mots BCD représentatifs des unités des dizaines centaines, ne peuvent pas commander directement l'afficheur, il faut passer par trois circuits d'afficheurs qui sont ici des 4543. Ces circuits reçoivent donc en entrée un mot de 4 bits BCD et génèrent en sortie un mot de 7 bits qui pilotera chacun des segments.

3.3. Acquisition de la mesure

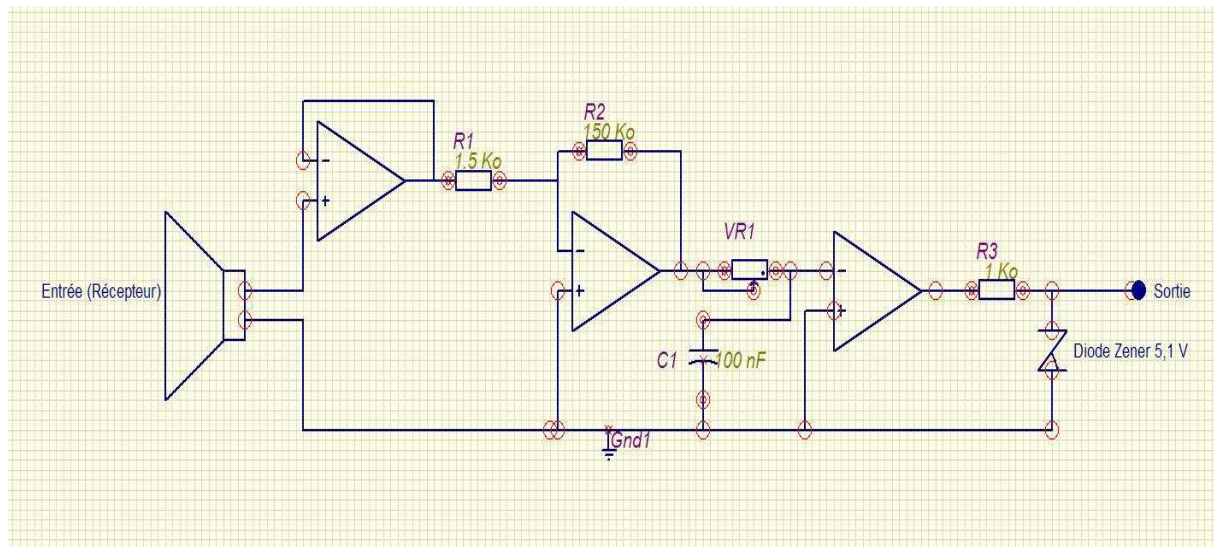
Nous avons besoin que le bouton poussoir déclenche la mesure, la mesure déclenchera elle-même le comptage. Cependant pour arrêter le comptage nous avons besoin d'un ordre d'arrêt. Le bouton poussoir déclenchera donc la mesure et l'arrêt du comptage à l'aide d'un montage à bascule (montage utilisant des portes logiques).

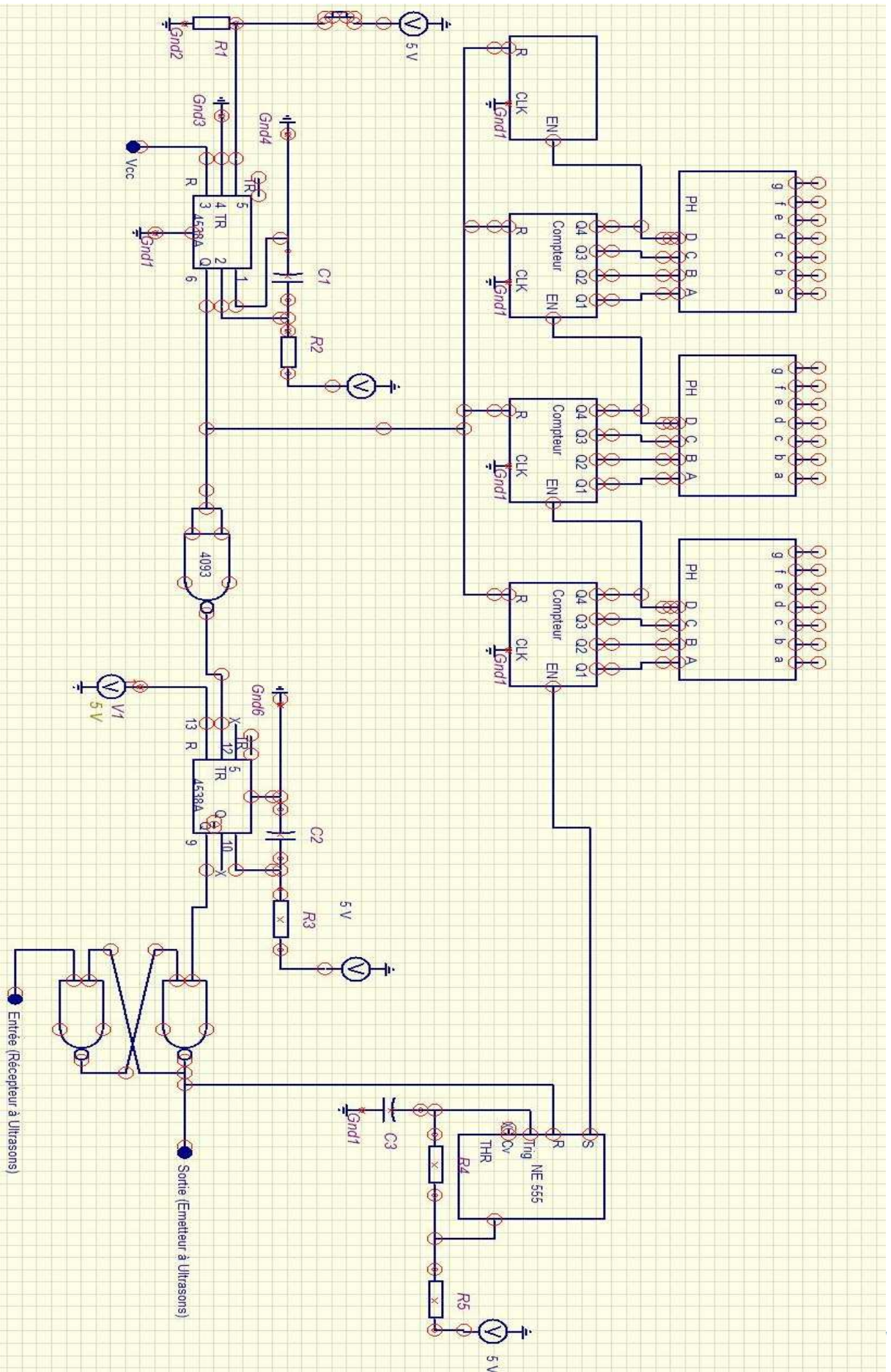
Le bouton poussoir est placé en série avec une résistance de rappel à la masse, et va ensuite attaquer le premier étage d'un circuit monostable 4538, dont l'entrée est sensible au front descendant. La durée de son état instable est fixée à 290 ms environ. Cette impulsion sert au reset des compteurs.

Cette même impulsion est également envoyée à l'entrée d'un inverseur de Schmitt dont la sortie attaque le second monostable qui, lui-même sensible au front montant, va, pendant une durée de 10 microsecondes, imposer un zéro logique à l'entrée S\ (mise à 1) de la bascule R\S\, provoquant ainsi la mise à 1 de la sortie Q de notre bascule constituée de deux portes ET NON (Nand).

3.4. Schéma final

Nous obtenons donc le schéma final suivant, nous avons choisi de ne mettre que la partie récepteur car c'est celle qui est la plus complexe avec cette partie de l'affichage. Nous avons réalisé ce schéma avec notre professeur afin d'optimiser nos différents montages, nous avons donc quelques variantes par rapport à nos schémas de départ. Il y a notamment la mise en place d'un filtre passe-bas.





4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Au tout début du sujet, nous ne savions pas comment aborder la conception de l'appareil lui-même, pour autant nous ne voulions pas nous lancer dans la masse du projet sans réelle méthodologie. Nous avons donc appris à décomposer un système en différentes fonctions qu'il doit remplir et réaliser ces fonctions une à une, ce qui simplifie le travail.

On peut dire que cette UV nous a appris à aborder un projet dans son ensemble, c'est-à-dire savoir découper le problème principal en petits problèmes pour mieux le résoudre. Nous avons également appris à travailler en équipe, à savoir nous répartir le travail et s'organiser en fonction des aléas de chacun. Nous avons pu également mettre en application ce que nous avons appris en cours sur un sujet concret, ce qui est gratifiant. Il est aussi intéressant de fabriquer nous même un système tel que celui-ci. Grâce à ce projet, nous avons pu vérifier que les éléments de notre cours avaient un réel impact sur notre monde. Ex : les interférences ne nous semblaient pas être aussi importantes. Nous avons dû faire appel à nos connaissances pour pallier ce problème.

Pour les années à venir, nous pensons qu'il serait intéressant que les élèves assistent, voire participent, à la réalisation du circuit imprimé et rendent complètement autonome le télémètre. On l'utilisera alors comme une vulgaire télécommande avec laquelle on pourrait mesurer des distances.

5. BIBLIOGRAPHIE

Pour les documentations techniques : www.datasheet.com

<http://l.lefebvre.free.fr/>

6. ANNEXES

6.1. Propositions de sujets de projets (en lien ou pas avec le projet réalisé)

Fabrication d'un robot spatial type robot sonde envoyé sur mars. Ce robot serait décomposé en plusieurs projets afin de fabriquer les différents outils du robot. Ces projets seraient :

La fabrication d'un robot capable de se déplacer sur un sol accidenté.

La fabrication de l'antenne du robot : capacité à transmettre et à recevoir des informations.

La fabrication d'un bras articulé capable de faire des mouvements plus ou moins complexes.

La fabrication de divers instruments de mesures : télémètre par exemple.

6.2. Documentation technique

Documentation du NE555

Documentation du MAN3640

Documentation du CD4538