

Projet de Physique P6-3
STPI/P6-3/2011 – 31

TELEMETRE A ULTRASONS



Etudiants :

Lu DING

Romain BALSIER

Benjamin MARTINEZ

Juan Carlos BERMUDEZ

Pierre-Emmanuel JEAN

Loïc BRISSOT

Enseignant-responsable du projet :

François GUILLOTIN

Date de remise du rapport : **17/06/2011**

Référence du projet : **STPI/P6-3/2011 – 31**

Intitulé du projet : **Télémètre à ultrasons**

Type de projet : **expérimental**

Objectifs du projet (10 lignes maxi) :

Le but de ce projet est de concevoir et de réaliser un télémètre à ultrasons. Ce type d'appareil fonctionne grâce au phénomène de propagation des ondes ultrasonores dans l'air.

Mots-clefs du projet (4 maxi) : **télémètre, ultrasons, mesure.**

TABLE DES MATIERES

1. Introduction.....	6
2. Méthodologie / Organisation du travail.....	7
3. Travail réalisé et résultats.....	7
3.1. Émission de l'onde.....	7
3.1.1. Introduction.....	7
3.1.2. Oscilloscope.....	8
3.1.3. Monostable.....	9
3.1.4. NAND et AOP.....	10
3.2. Réception de l'onde.....	12
3.2.1. Recevoir le signal.....	12
3.2.2. Filtrer et amplifier le signal.....	12
3.2.3. Le pont de Wien.....	13
3.2.4. Traitement du signal après amplification.....	14
3.2.5. Lissage.....	14
3.2.6. Compateur.....	15
3.2.7. Traitement final, le passage en logique.....	16
3.3. Traiter le signal.....	17
4. Conclusions et perspectives.....	18
5. Bibliographie.....	19
6. Annexes.....	20

NOTATIONS, ACRONYMES

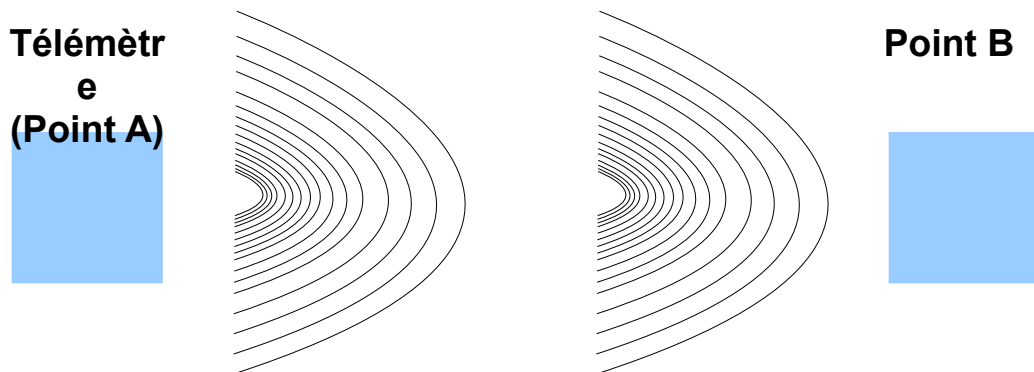
AOP : Amplificateur Opérationnel

NAND : Porte NON AND

1. INTRODUCTION

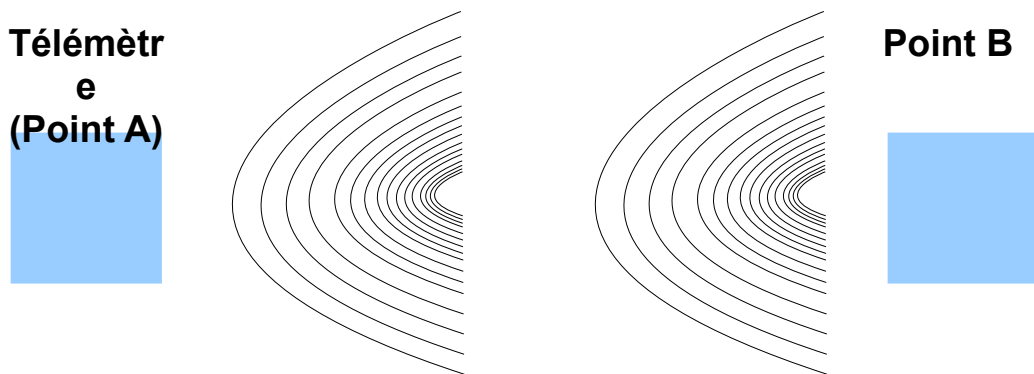
Le but du télémètre est de mesurer une distance de manière non intrusive.

Pour mesurer la distance entre les points A et B, on se place au point A avec le télémètre et on émet des ultrasons en direction du point B.



Dessin 1: Principe de fonctionnement : Aller

Une fois que les ultrasons ont atteint le point B, une partie des ondes émises revient vers le télémètre par effet de ricochet.



Dessin 2: Principe de fonctionnement : Retour

La distance AB est la moitié de la distance parcourue par les ondes, et celle-ci est égale au temps de trajet multiplié par la vitesse des ondes. C'est-à-dire :

$$AB = \frac{v \cdot t}{2} \quad \text{où} \quad v = 340 \text{ m.s}^{-1} \text{ est la vitesse des ondes ultra sonores dans l'air}$$

et t est l'intervalle de temps entre l'émission et la réception des premières ondes.

2. MÉTHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Notre groupe de 6 élèves s'est scindé en deux sous-groupes de 3 personnes. Le premier sous-groupe, constitué de Benjamin MARTINEZ, Lu DING et Romain BALSIER, a été affecté à la réalisation de l'émetteur. Le second sous-groupe, composé de Juan Carlos BERMUDEZ, Loïc BRISSOT et Pierre-Emmanuel JEAN, s'est occupé du récepteur.

Dans le groupe de l'émetteur,

Et pour le montage récepteur, Juan Carlos s'est chargé du filtre, Loïc du système de lissage et Pierre-Emmanuel du comparateur.

Bien que chacun ait eu une tâche précise, nous avons d'abord travaillé ensemble afin de définir plus facilement le travail à réaliser. Lors des premières séances, M. Guillotin nous a présenté le sujet et exposé quelques uns des problèmes liés à la réalisation d'un télémètre à ultrasons.

En premier lieu nous avons réaliser un expérience pour déterminer la fréquence à laquelle nous devons émettre les ultrasons. Une simulation sur Synchronie nous a permis de réaliser un diagramme de Bode. Nous avons trouvé que la fréquence optimale est de 40kHz.

3. TRAVAIL RÉALISÉ ET RÉSULTATS

3.1. Émission de l'onde

3.1.1. Introduction

L'onde doit faire un aller-retour entre le télémètre et l'obstacle, l'amplitude du signal émis doit donc être suffisante pour le permettre de plus, les différentes salves d'onde doivent être espacées afin qu'elles ne se superposent pas avec l'onde suivante.

Sachant que l'ultrason fonctionnait le plus efficacement possible à 40kHz, c'est à dire il perd le moins de qualité pendant la propagation, nous avons réglé notre montage de façon à émettre des bouffées d'onde, composé d'une dizaine signaux carrés à 40kHz chaque 60ms. Nous souhaitons que notre télémètre puisse mesurer des distances allant jusqu'à dix mètres. Ces 60ms correspondent à la distance maximale de portée du télémètre (autrement la bouffée d'onde reçue sera visualisée avec la bouffée d'onde émise juste après le retard serait décalé d'une période). Nous devons donc faire un signal oscillant à 40kHz et un autre à 17Hz, il fallait ensuite moduler la forme du second signal afin qu'il ait la largeur d'une dizaine de bouffées d'onde à 40kHz, les deux signaux doivent être associés afin d'obtenir le signal contenant les bouffées d'onde, pour finir il faut amplifier le signal et l'émettre.

Les différents montages qui nous permettaient cette émission sont les suivants :

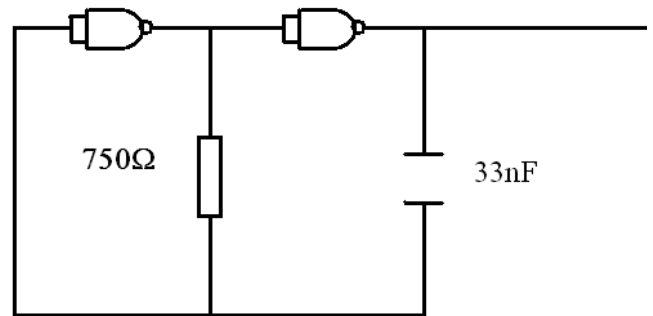
- oscillateur à portes NAND,
- monostable,
- amplificateur opérationnel.

Nous allons à présent vous expliquer les différentes parties du montage ainsi que leurs fonctions.

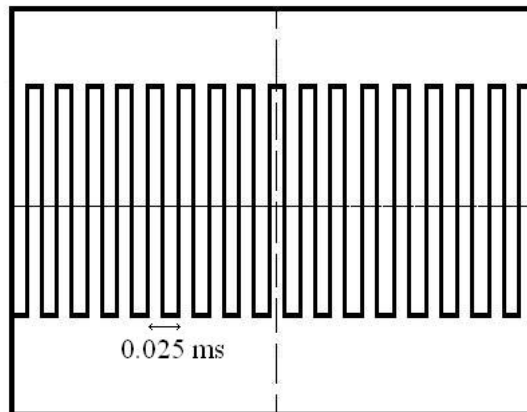
3.1.2. Oscilloscope

1. Oscilloscope à 40 kHz

Le choix pour les résistances et les condensateurs étaient selon la formule $T=R*C$, ($f=1/(R*C)$). Dans notre expérience, pour le premier signal de 40kHz, nous avons choisi un condensateur de capacité fixée à 33nF, et mis la résistance à 750W (en théorie). A l'aide de l'oscilloscope et de la résistance réglable, nous avons ajusté, en modifiant R, la fréquence à 40kHz. La valeur de la résistance trouvée correspondait à la formule $T= R*C$ du montage.



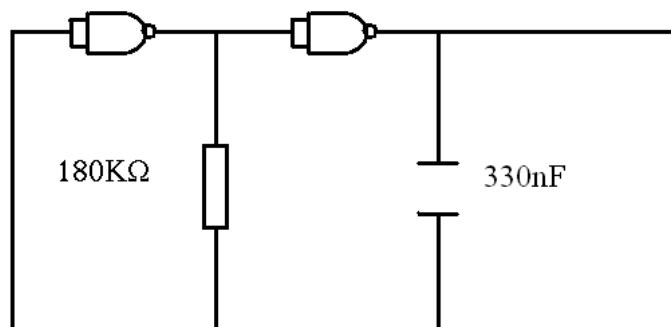
Le signal ainsi obtenu était théoriquement le suivant :



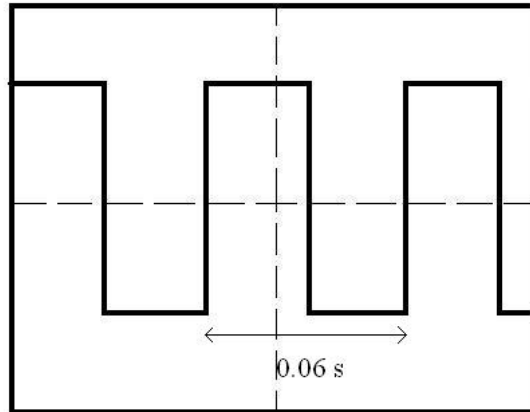
Le signal expérimental correspond aux attentes (voir illustration 16 en annexe).

2. Oscilloscope à 17 kHz

De la même façon, et avec la même formule, les composants qui correspondaient à une fréquence de 17Hz étaient une résistance de 180kW et un condensateur de 330nF.



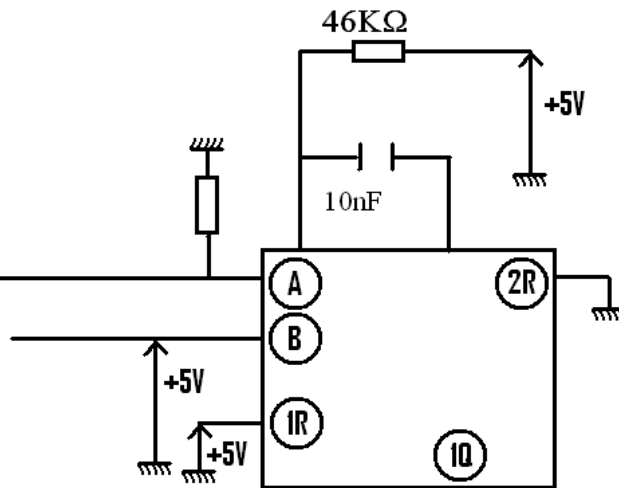
Le signal ainsi obtenu était théoriquement le suivant :



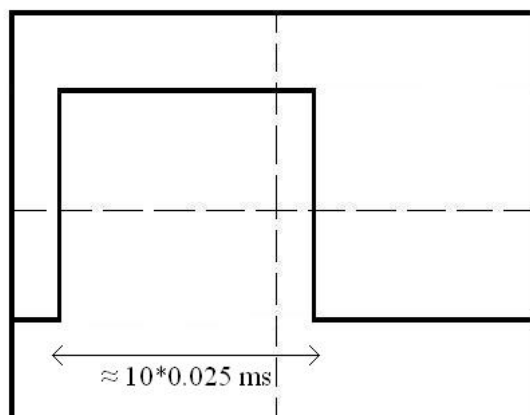
Pour le signal expérimental (voir illustration 17 en annexe).

3.1.3. Monostable

Afin d'obtenir une dizaine d'impulsion par bouffées d'onde il nous fallait modifier le signal sortant de l'oscillateur à 17Hz pour cela nous avons eu recours à un monostable CD4538 celui ci nous permettait en choisissant le condensateur adéquat et en utilisant une résistance ajustable de choisir la largeur de l'impulsion et ainsi le nombre de bouffées d'onde qu'elle contiendrait. Les valeurs de 46 kΩ et 10 nF étaient celles qui correspondaient à la dizaine de pulsations que nous souhaitions envoyer.



Le signal ainsi obtenu est ressemblant à celui espéré (voir illustration 18 en annexe).



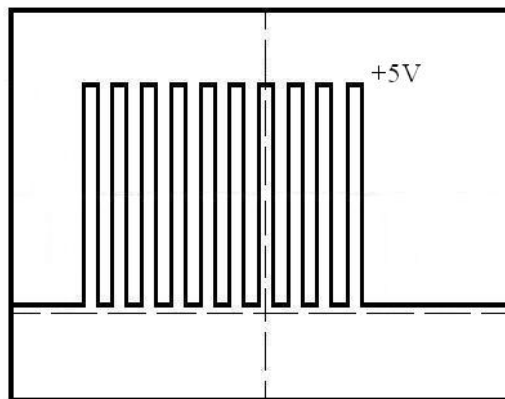
3.1.4. NAND et AOP

1. NAND

Les NAND nous ont permis de modéliser le signal désiré, en effet la logique de ce composant se résume à un tableau très simple :

Entrée 1	Entrée 2	Sortie
1	1	0
1	0	1
0	0	1
0	1	1

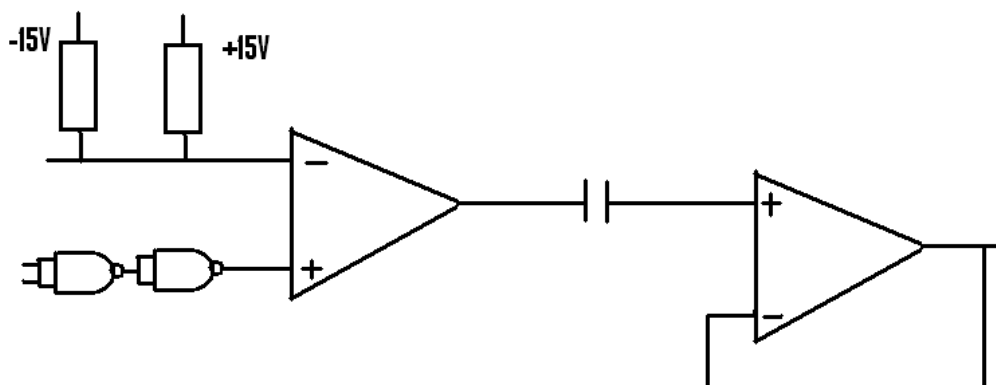
Grâce à cela le signal espéré est le suivant, le signal obtenu est l'illustration 19 en annexe.



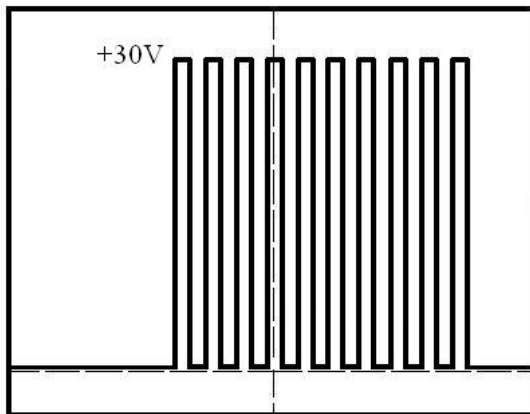
2. AOP

Le premier amplificateur opérationnel amplifie les valeurs que l'on obtient à la sortie du montage, en effet au lieu d'avoir des salves de 0 à 5V nous avons des salves qui font du -15 +15 ce qui est plus en adéquation avec notre projet.

Nous avons utilisé un montage suiveur en fin de montage afin d'améliorer la qualité du signal. Ce suiveur permet aussi de ramener la valeur du signal entre deux salves à 0 et ainsi on obtient des salves de 0 à 30 qui correspondent à une amplitude suffisante pour un télémètre ayant une portée de 10m.



Le signal final obtenu est le suivant, et le montage qui nous a permis de l'obtenir le signal sur l'illustration 20 en annexe.



Le montage final est le suivant:

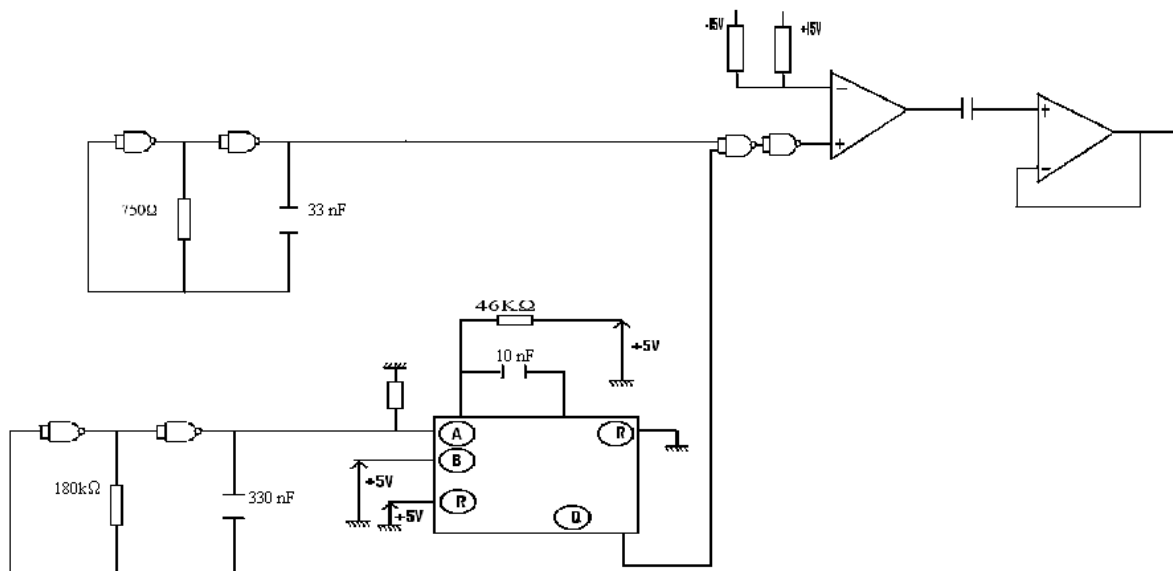


Illustration 1: Circuit d'émission complet

3.2. Réception de l'onde

3.2.1. Recevoir le signal

Quand l'onde ultra sonore est émise, elle rebondit sur un obstacle puis est renvoyée vers le récepteur. Celui-ci délivre un signal électronique en sortie. Malgré cela, cette onde reçue devient très faible pendant le parcours et en plus elle est accompagnée de bruits parasites. Il faut donc traiter cette information. Ce traitement consiste en un filtrage et une amplification.

3.2.2. Filtrer et amplifier le signal

Pour pouvoir supprimer tous les parasites et pouvoir utiliser le signal, un amplificateur et un filtre sont nécessaires. Voici un schéma du circuit mis en place pour le système amplificateur-filtre.

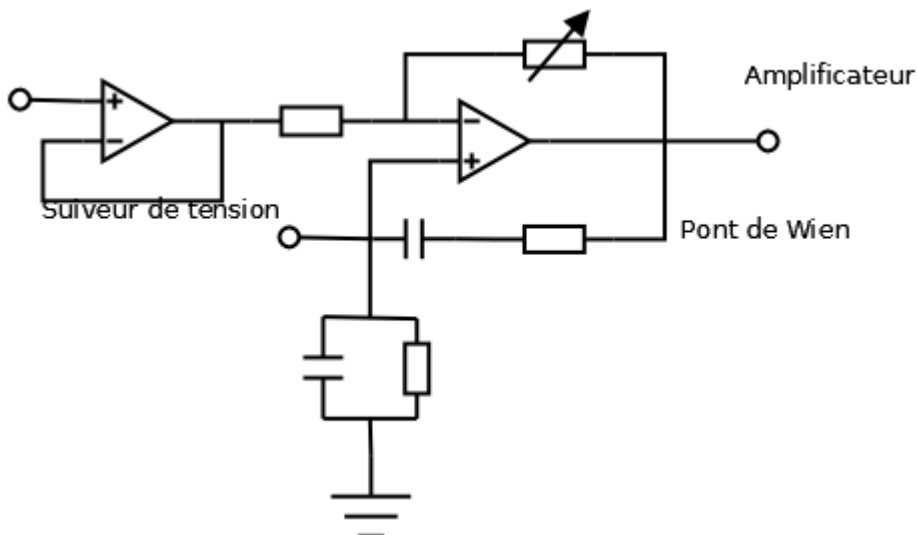


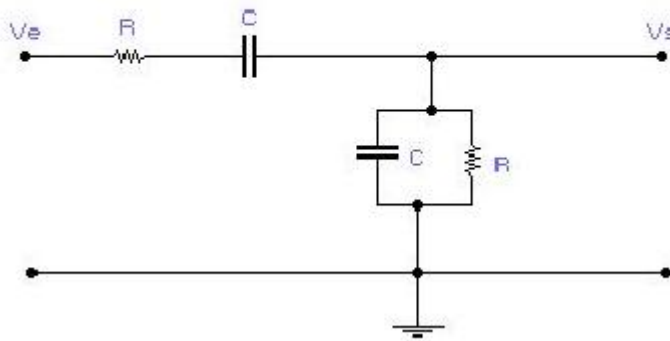
Illustration 2: Traitement du signal reçu

Une fois le signal reçu, celui-ci est amplifié par un amplificateur suiveur de tension. Le suiveur de tension permet de prélever la tension de l'onde sans la perturber.

Suite au passage du signal par l'amplificateur, il passe par un filtre. On a choisi, suite à la recommandation de notre enseignant, d'utiliser un pont de Wien comme filtre.

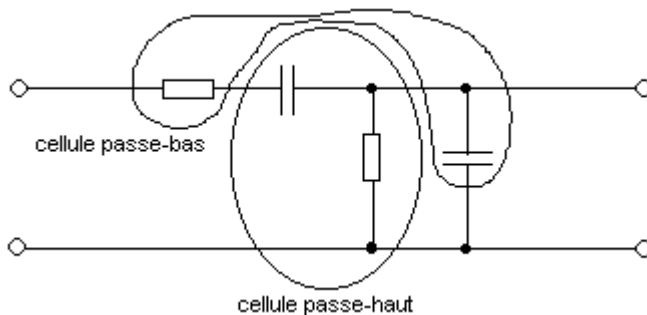
3.2.3. Le pont de Wien

Pont de Wien

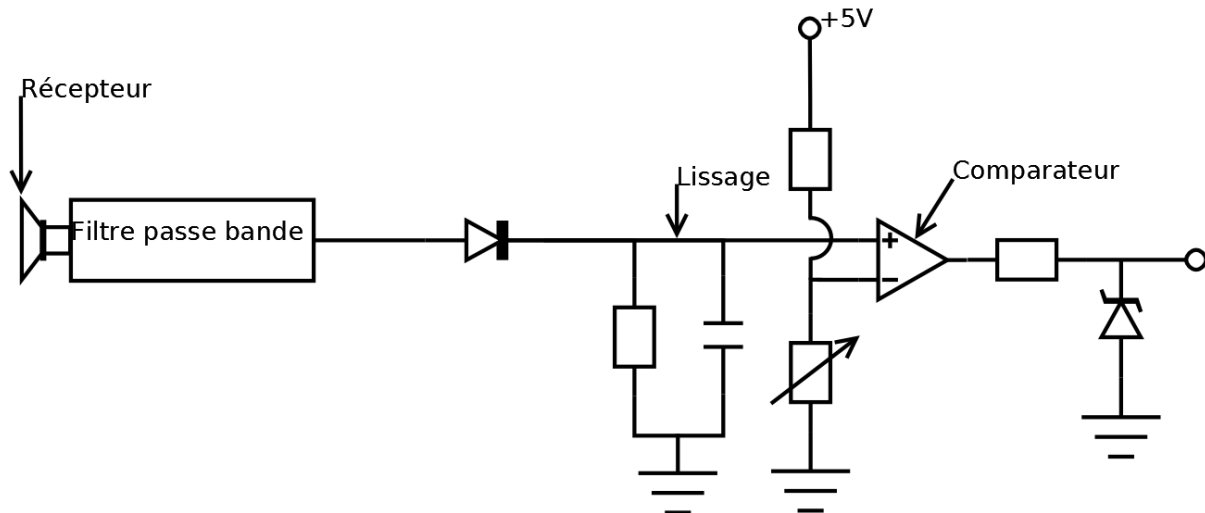


Le pont de Wien, est composé de deux impédances en série. La première est constituée d'une résistance et d'un condensateur en série, la deuxième, d'une résistance et d'un condensateur en parallèle.

Le filtre en pont de Wien est composé de deux filtres R-C couplés. Une cellule est montée en filtre passe-haut et l'autre en filtre passe-bas. On a réglé ces deux cellules afin d'avoir une bande passante comprise entre 35 et 42 Hz vu que notre fréquence de coupure est proche de 40 Hz (légèrement inférieure).



3.2.4. Traitement du signal après amplification



Une fois le signal reçu, il est amplifié et filtré directement dans l'ampli opérationnel. La plupart des parasites sont supprimés car le filtre ne laisse passer que les signaux ayant une fréquence proche de 40 HZ. Pour pouvoir traiter le signal informatiquement, il faut transformer le signal brut en signal logique (+5V=VRAI et 0V=FAUX). C'est pourquoi nous avons effectué le montage suivant.

3.2.5. Lissage

Le principe du lissage est très simple. Pour un signal très oscillant, il permet d'obtenir un nouveau signal plus constant.

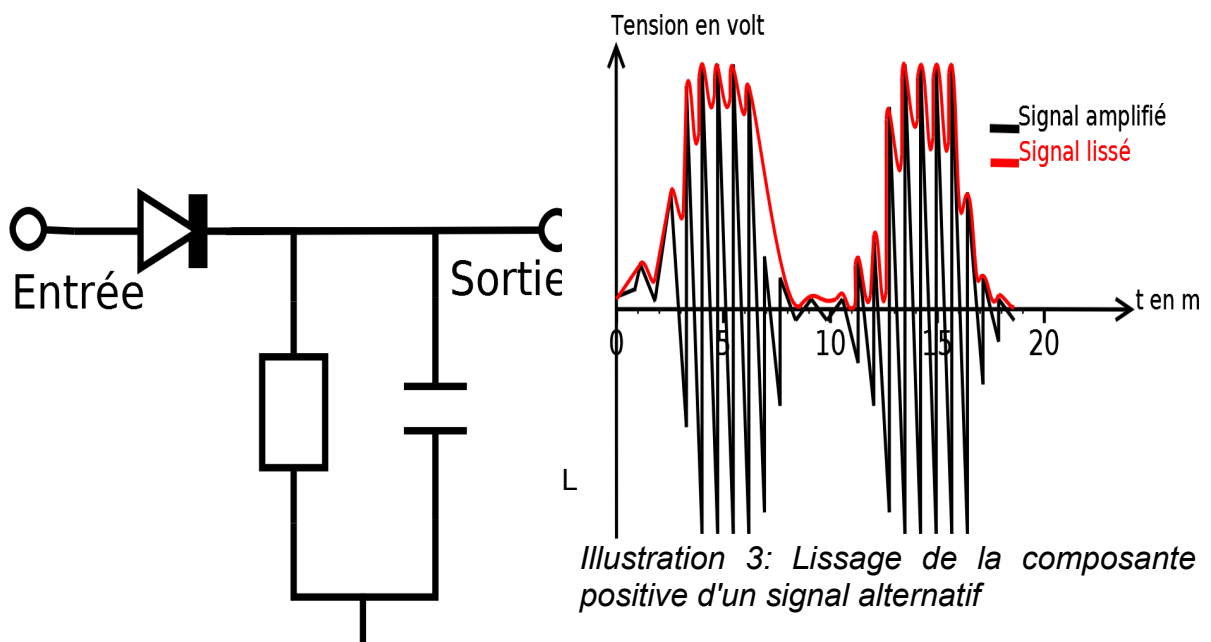


Illustration 3: Lissage de la composante positive d'un signal alternatif

La diode sert à sélectionner la composante positive du signal que l'on veut traiter. Les valeurs de la résistance et du condensateur sont quant à elles expérimentales. Il faut faire un compromis entre la valeur moyenne voulue et le temps de déchargement du condensateur. Dans les deux cas, si le choix n'est pas judicieux, la détection des crêteaux sera faussée.

La constante de temps théorique d'un tel circuit est: $\tau = R \times C$

La résistance permet au condensateur de se décharger. Plus elle sera importante, plus la décharge sera rapide, donc la valeur moyenne du signal sera plus faible. On choisira plutôt la résistance en fonction du condensateur que l'inverse. Il est en effet plus simple de sélectionner la bonne valeur de résistance que celle d'un condensateur. Il ne faut cependant pas que le condensateur soit trop faible pour que la tension de sortie soit suffisante.

3.2.6. **Comparteur**

Le comparateur est un montage de base avec les amplificateurs opérationnels. On compare une tension en entrée avec une tension de référence. Si elle est supérieure, le montage sort du +15 V, sinon du -15V.

Dans notre cas la tension de référence ne doit pas être trop basse pour ne pas détecter de crêteaux dû seulement à des interférence. Elle ne doit pas être trop haute non plus car le signal reçu peut être très faible en fonction de la distance à laquelle il est émis. C'est encore une fois une question de compromis.

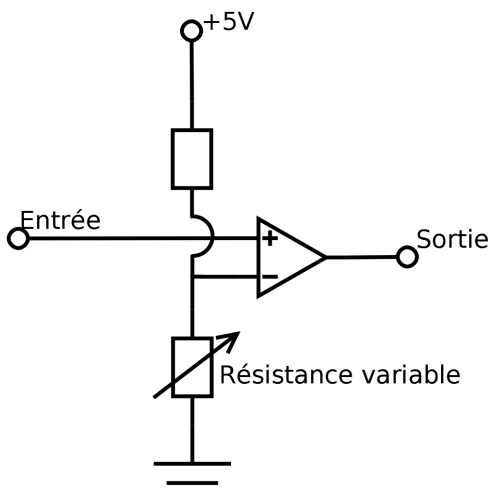


Illustration 6: Montage du comparateur

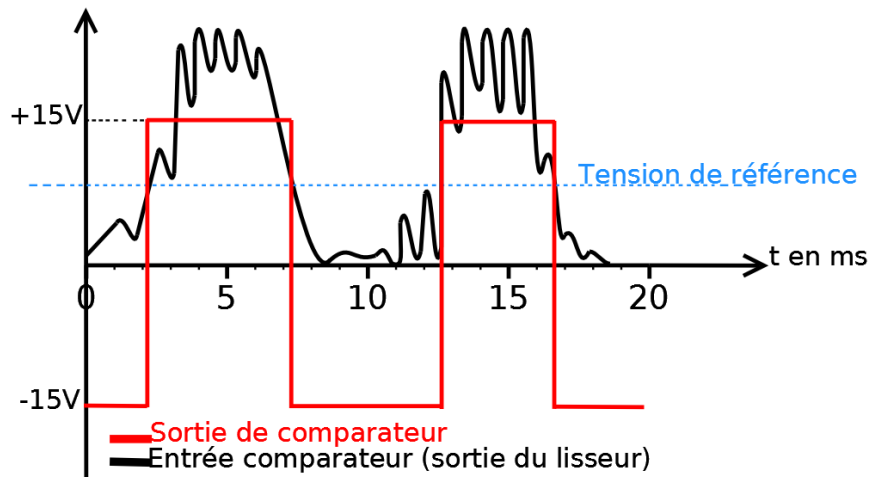


Illustration 5: Signal du comparateur

La tension de référence est réglée grâce à la résistance variable qui peut donc, à terme, être remplacée par une résistance classique dont la valeur aura été déterminée expérimentalement.

3.2.7. Traitement final, le passage en logique

Pour transformer, le dernier signal en logique, on utilise une diode Zener. On considère que la saturation est immédiate, n'ayant ainsi aucun effet sur la mesure.

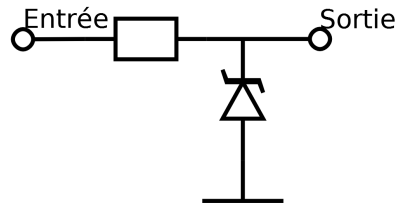


Illustration 7: Montage Zener

On voit bien que le signal de sortie est en +5V – 0V, ce qui en fait un signal utilisable par un ordinateur ou un montage électronique classique.

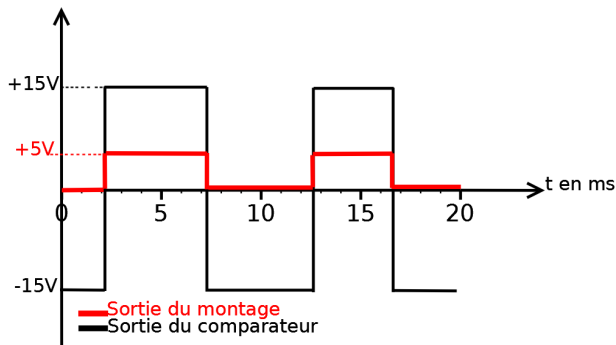


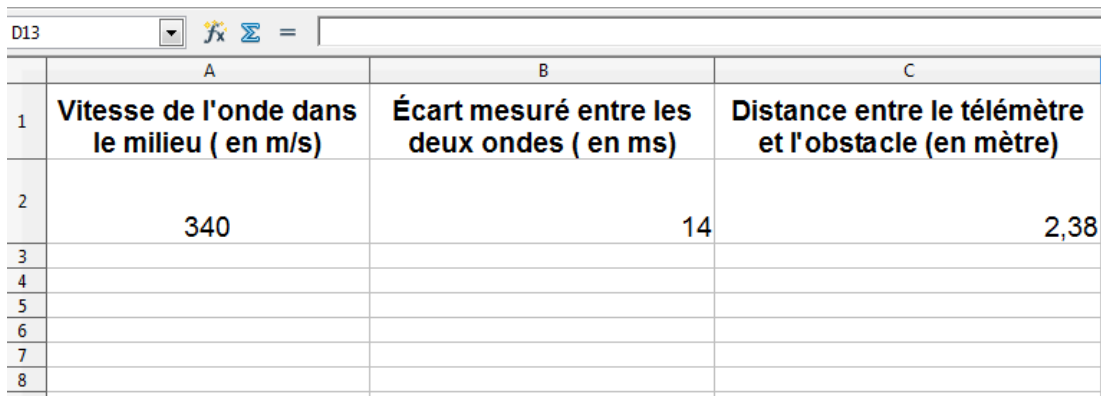
Illustration 8: Signal de sortie du montage

///

3.3. Traiter le signal

Une fois que le signal émis et le signal reçu ont pu être sur le même oscilloscope l'écart mesuré entre les deux ondes nous donnait par la formule $d = V \cdot t$ la distance d cependant celle-ci étant la distance d'aller-retour de l'onde en la divisant par deux on trouvait la distance du télémètre à l'obstacle. Nous avons à l'aide d'une feuille de calcul fait différents essais puis mesuré la distance réelle entre les objets et constaté que la différence entre ces deux valeurs étaient très faible.

La feuille de calcul nous permet de modifier la vitesse de l'onde ainsi que l'écart entre les deux signaux afin d'obtenir la distance du télémètre à l'obstacle.



	A	B	C
1	Vitesse de l'onde dans le milieu (en m/s)	Écart mesuré entre les deux ondes (en ms)	Distance entre le télémètre et l'obstacle (en mètre)
2	340	14	2,38
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Illustration 9: Feuille de calcul

4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

C'est donc après un peu moins de cinq mois que nous avons mis un terme à notre projet de physique. Cette expérience fut enrichissante pour de nombreuses raisons aussi diverses qu'elles soient.

Tout d'abord sur le point humain, car grâce à ce projet, nous avons travaillé en groupe, mais aussi appris à communiquer ce qui était très important pour l'avancement du projet. Ceci n'était bien sur pas notre première expérience de travail en collaboration, mais ce fut nouveau car nous ne nous connaissions pas ou très peu avant le projet. Nous avons pu constater qu'une bonne entente et cohésion au sein du groupe était indispensable pour pouvoir travailler dans les meilleures conditions et pour le bon avancement de notre projet.

Nous pouvons rajouter aussi que durant ce projet nous étions séparés en deux sous-groupes de trois, l'un travaillant sur l'émission de l'onde tandis que l'autre travaillait sur la réception de celle-ci. C'est la raison pour laquelle les deux sous-groupes devaient travailler chacun de leur côté mais aussi ensemble, afin que l'un des deux ne soient pas trop en avance sur l'autre. Chaque sous-groupe s'organisait comme bon lui souhaitait, il suffisait juste que la collaboration fonctionne.

En plus de l'apport sur le travail de groupe que nous a apporté ce projet, il a pu nous faire enfin travailler sur un réel projet de physique. Nous avons pu ainsi essayer de réfléchir sur le fait de comment construire un télémètre à ultrason. Il nous a permis aussi d'approfondir certaines notions que nous avons vu en première année lors des cours de P3.

Nous sommes satisfait de notre projet car nous avons pu le mener principalement à termes et qu'il fonctionne. En ce qui concerne un projet futur, nous considérons qu'il serait intéressant de réaliser le circuit imprimé afin de rendre le télémètre indépendant. Il serait aussi envisageable de construire un télémètre à onde radio, tel que le radar.

5. BIBLIOGRAPHIE

Liens internet :

- http://l.lefebvre.free.fr/tele/tele_01.html (valide à la date du 05/04/2011).
- <http://www.electronique-radioamateur.fr/elec/schema/montage-aop.php> (valide à la date du 19/04/2011).
- <http://pdesurmont.free.fr/cybertronic/p/montage042.htm> (valide à la date du 29/03/2011).
- http://patrick.furon.free.fr/_elecnumerique/_cours_electronum/_Oscillateurs1.htm (valide à la date du 29/03/2011).
- http://fr.wikiversity.org/wiki/Portes_logiques/Portes_%C3%A9volu%C3%A9es (valide à la date du 10/05/2011).
- <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/80443/NSC/CD4538.html> (valide à la date du 10/05/2011).
- <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/circuitos/regfase/CD4538BC.pdf> (valide à la date du 17/05/2011).

6. ANNEXES

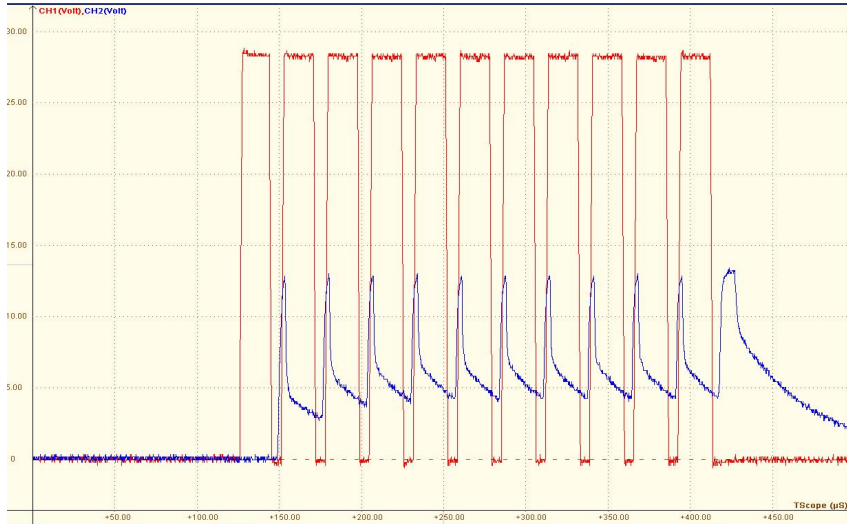


Illustration 10: Courbe de lissage



Illustration 11: Courbe finale décalée

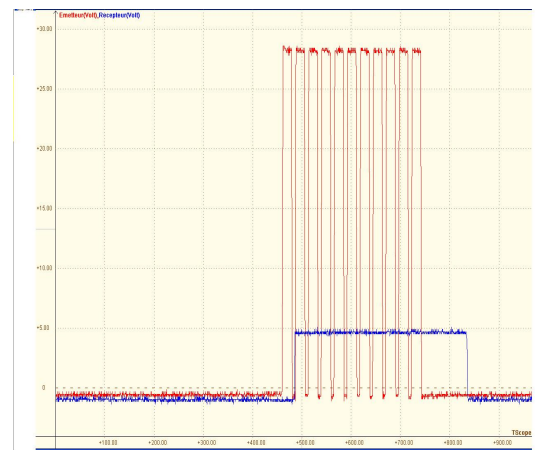


Illustration 12: Courbe finale idéale

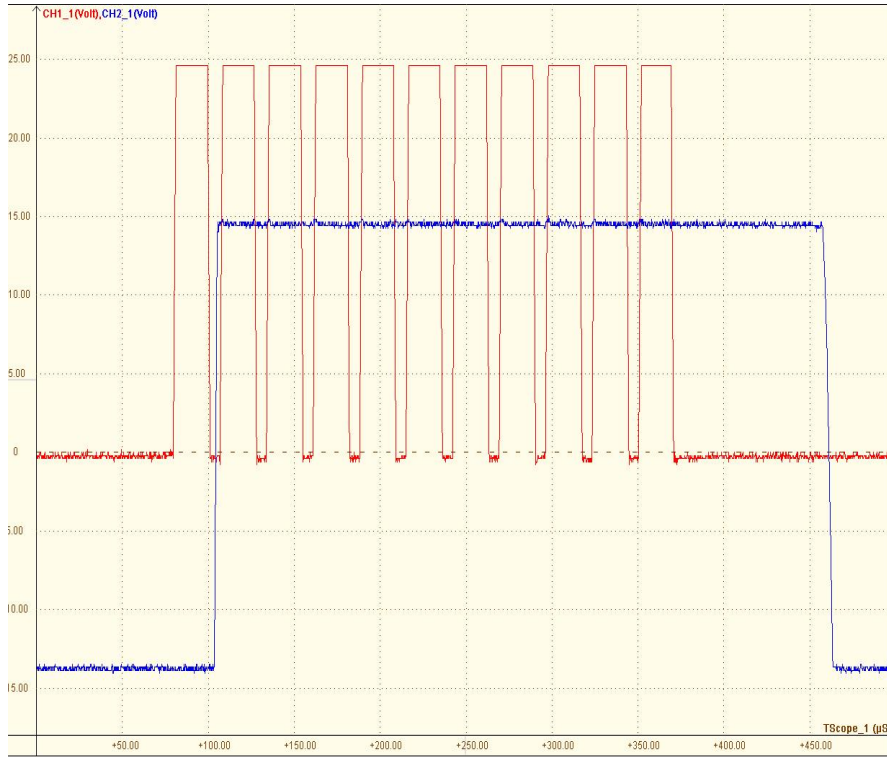


Illustration 13: Courbe sortie comparateur

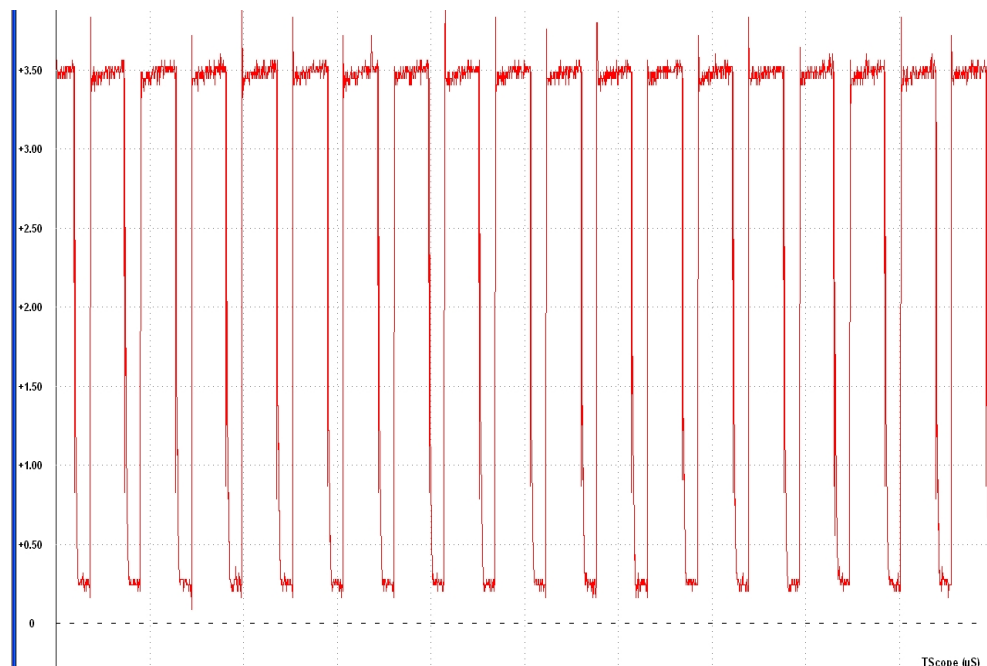


Illustration 14: Graphe 40kHz

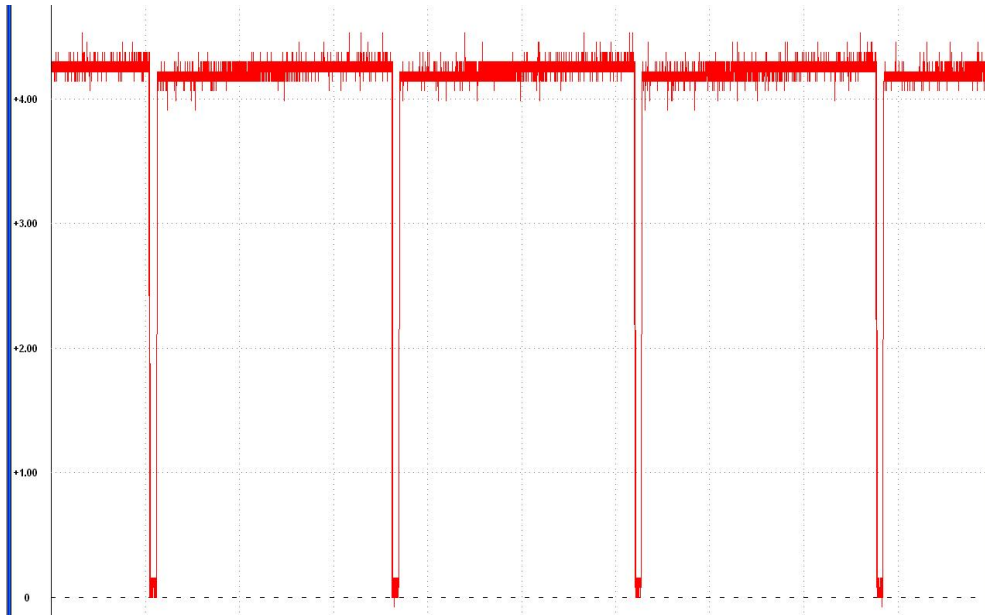


Illustration 15: Graphe 16Hz

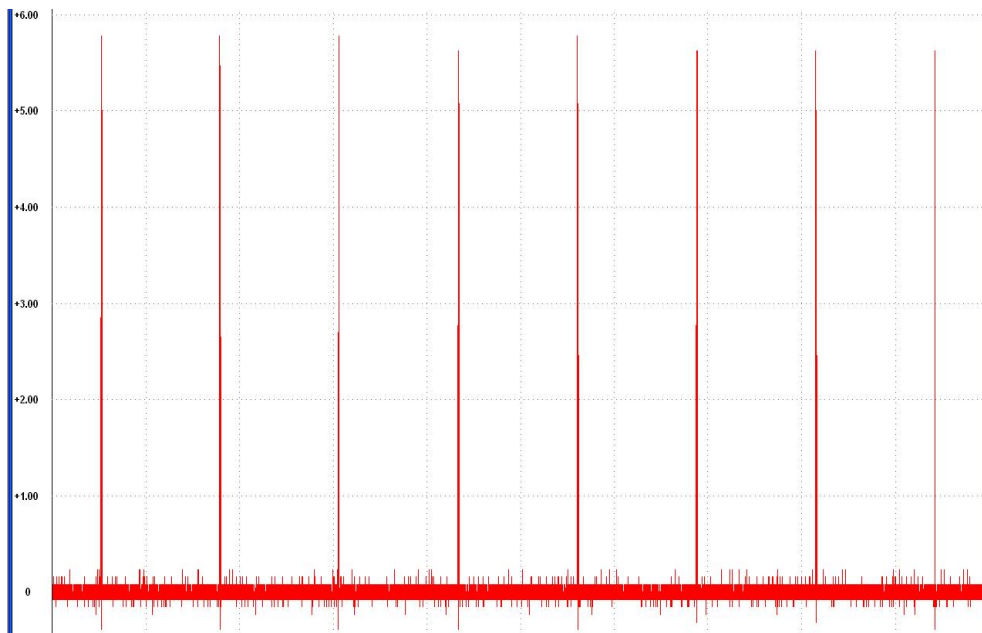


Illustration 16: Sortie Monostable

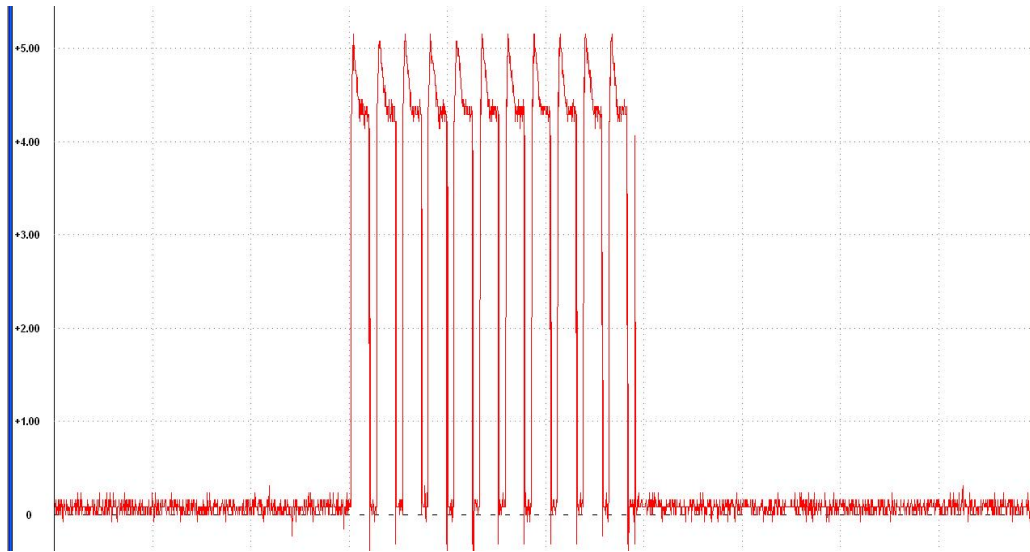


Illustration 17: Sortie porte Nand

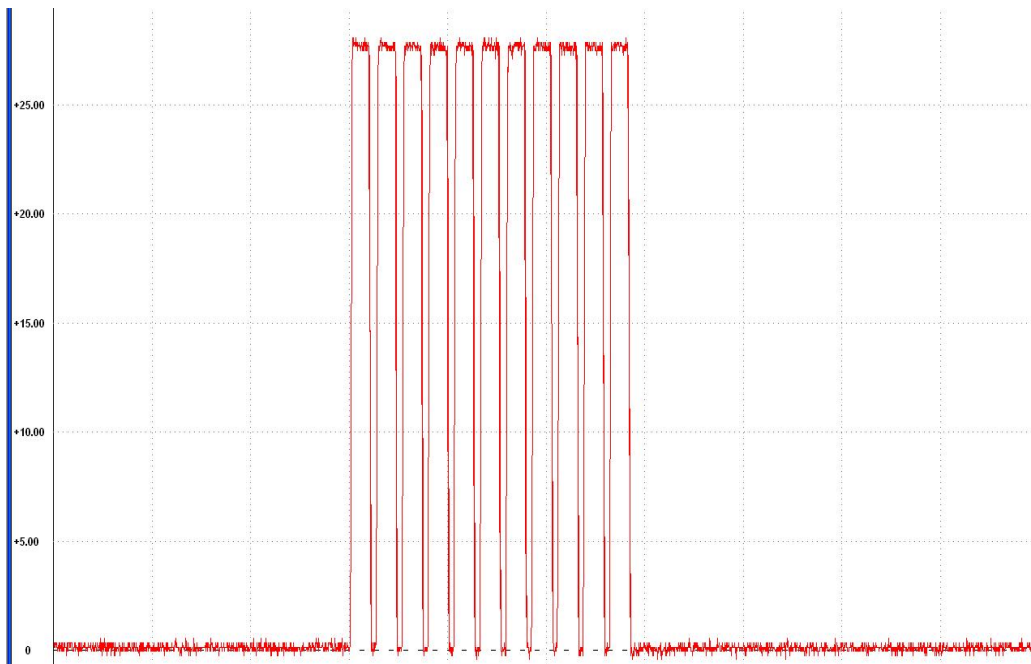


Illustration 18: Sortie finale