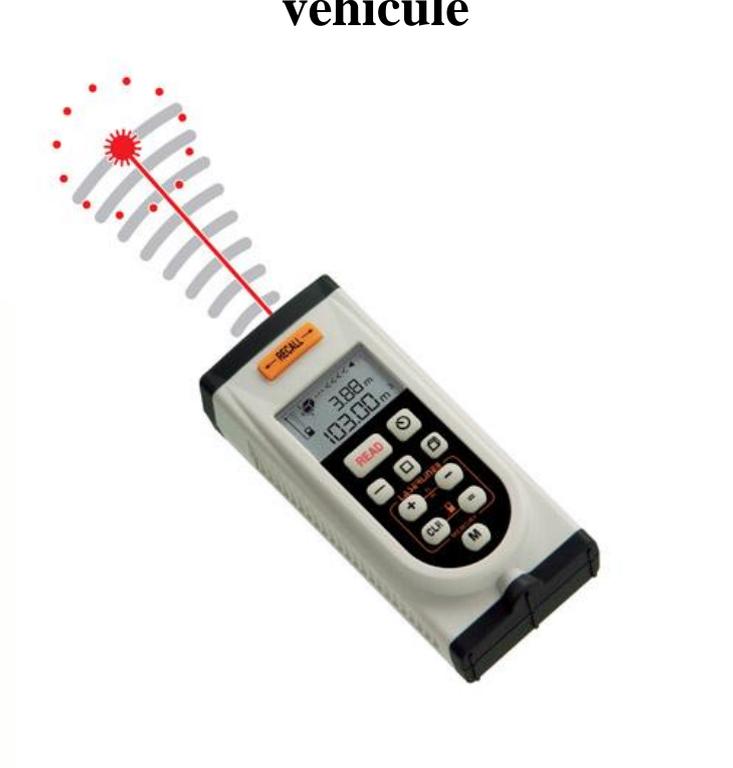


Télémètre à ultrason ou radar de recul pour véhicule



Etudiants :

Etienne BARRÉ
Cécile HAUCHEMAILLE

Quentin MATÉ
Thibaud ROY

Nathalie STAVRATIS

Enseignant-responsable du projet :

Michel CLEVERS

Date de remise du rapport : 22/06/09

Référence du projet : STPI/P6-3/2009 – 24

Intitulé du projet : *Télemètre à ultrason ou radar de recul pour véhicule*

Type de projet : *Expérimental*

Objectifs du projet (10 lignes maxi) :

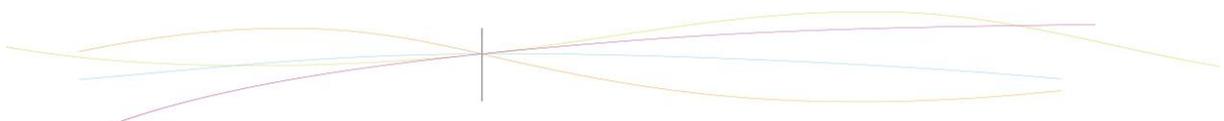
Le but de notre projet est de réaliser la construction d'un télémètre à ultrason. On utilisera le fait que les ultrasons se déplacent dans l'air à 340 m/s pour mesurer une distance de 5 m au plus.

TABLE DES MATIERES

NOTATIONS, ACRONYMES.....	5
1. Introduction.....	6
2. Méthodologie / Organisation du travail.....	6
3. Travail réalisé et résultats.....	7
3.1. Vue d'ensemble.....	7
3.2. Module de Commande.....	7
3.2.1. Initialisation du signal.....	7
3.2.2. Multivibrateur monostable 74HC 4538.....	7
3.2.3. Fonctionnement.....	8
3.3. Module d'émission.....	9
3.4. Module de Réception.....	11
3.4.1. Entrée, sortie.....	11
3.4.2. Réception de l'onde ultrasonore.....	11
3.4.3. Masse virtuelle utilisée dans le module.....	12
3.4.4. Amplification.....	12
3.4.5. Filtrage.....	13
3.4.6. Numérisation.....	13
3.5. Module d'affichage.....	13
3.5.1. Rôle de la bascule R/S.....	13
3.5.2. Logique combinatoire et séquentielle.....	14
3.5.3. Rôle du NE 555.....	15
4. Conclusions et perspectives.....	16
5. Bibliographie.....	17
6. Annexes.....	18
6.1. Documentation technique.....	18
6.2. Schémas de montages, plans de conception.....	19

NOTATIONS, ACRONYMES

AO : Amplificateur Opérationnel



1. INTRODUCTION

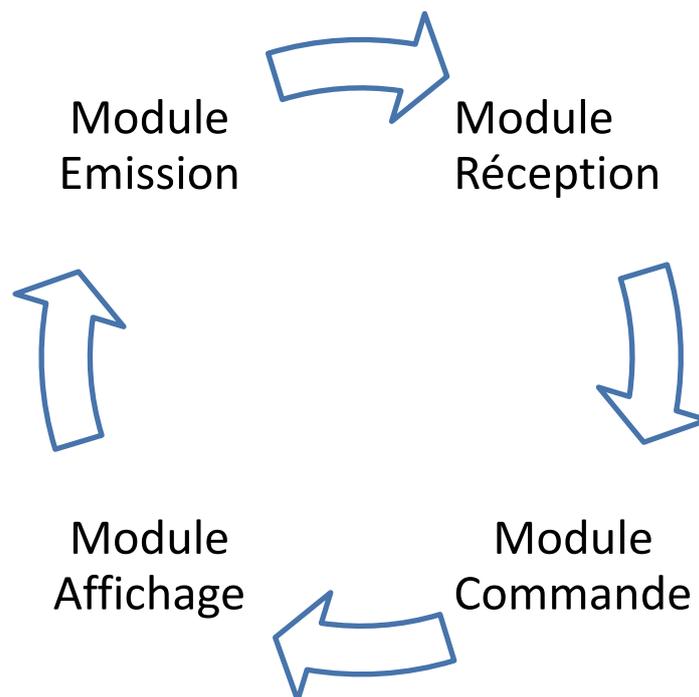
Le télémètre à ultrason, est un outil efficace qui permet de mesurer de manière non intrusive une distance. Le principe, inspiré de la chauve-souris, est d'envoyer une salve d'ultrasons vers un objet réfléchissant (mur, voiture...) et de capter l'écho renvoyé par cet objet. Le télémètre mesure le temps que parcourt une onde ultrason entre un corps et le télémètre lui-même. Connaissant la vitesse du son dans l'air (340 m.s^{-1}), on en déduit facilement la distance cherchée.

Nous nous sommes concentrés sur la réalisation d'un télémètre à ultrason en laboratoire. Nous avons pour objectifs :

- réaliser un télémètre portatif alimenté par une pile de 9V
- mesurer une distance de l'ordre de quelques mètres
- afficher cette distance, en cm, sur trois chiffres.

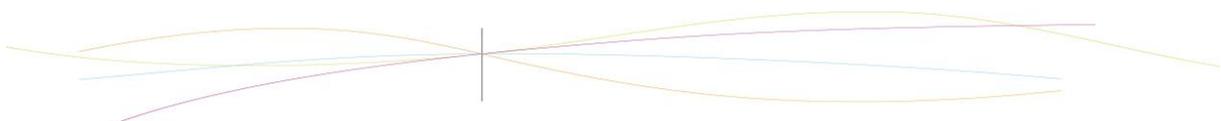
2. METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Pour réaliser ce projet, nous nous sommes partagé différentes tâches qui s'associent aux différents modules du télémètre à ultrason.



Nous détaillerons par la suite le rôle de chaque module. Bien évidemment, nous étions en permanence en relation, puisqu'il est important de comprendre chaque partie du télémètre pour pouvoir étudier son module.

Avant de se séparer les tâches, nous avons étudié ensemble certains composants de base du télémètre que nous détaillerons dans notre rapport par la suite.



3. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS

3.1. Vue d'ensemble

Pour réaliser un télémètre à ultrason, on a procédé par module. Le schéma du télémètre est disponible en annexe. Le procédé sera développé en intégralité dans la suite du rapport. De façon générale, le télémètre à ultrason fonctionne ainsi :

L'activation du télémètre génère un signal électrique carré de fréquence 40Khz. Ce signal est amplifié de sorte que l'onde ultrasonore ait le temps de faire un aller retour. Une fois initialisé, l'afficheur est mis à zéro, puis une horloge commande à incrémenter le compteur. Dès que le récepteur reçoit l'onde ultrasonore, et après une remise en forme, un signal est adressé à l'horloge pour arrêter de compter. Le choix de la fréquence de comptage est choisi en prenant en compte que la distance est égale au temps mis pour parcourir la distance divisé par 2 par la vitesse de l'onde (340 m.s^{-1}).

3.2. Module de Commande

3.2.1. Initialisation du signal

L'appui sur le bouton poussoir déclenche l'émission du signal ainsi que l'initialisation du compteur. C'est donc l'impulsion émise qui lancera le compte du temps. Afin d'assurer l'arrêt de l'horloge une fois le signal reçu, on utilise une bascule logique à fonction mémoire sur laquelle nous reviendrons plus tard dans ce rapport.

Le bouton poussoir est monté en série avec une résistance de tirage à la masse autour du premier étage 4538 monostable.

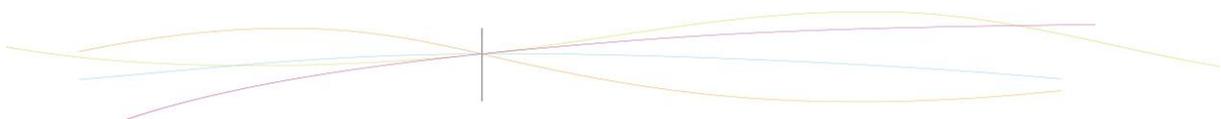
3.2.2. Multivibrateur monostable 74HC 4538

Le 4538 monostable est composé de :

- Une entrée de commande E (son changement de niveau, sur front montant ou descendant, déclenche le monostable et provoque l'impulsion de sortie).
- Une sortie S délivrant l'impulsion calibrée dans le temps.

Un multivibrateur monostable peut avoir en sortie deux états : haut ou bas.

Une courte impulsion sur son entrée active la sortie à l'état haut, qui va revenir à son état initial après une période de temps déterminée par le temps de charge du condensateur. Si, toutefois, l'impulsion est maintenue, la sortie ne pourra pas revenir à son état initial. Elle y retournera une fois l'impulsion arrêtée. C'est donc un monostable non-redéclenchable.



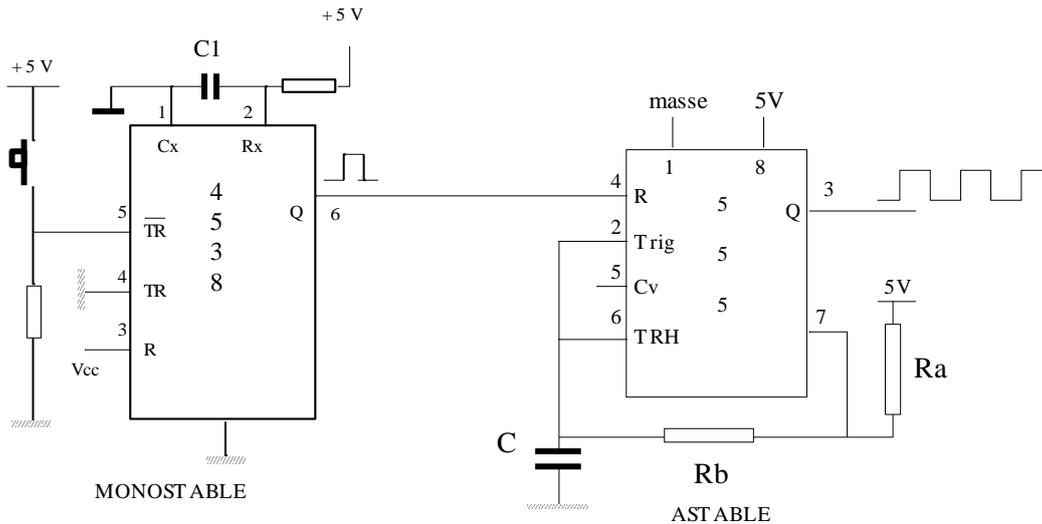


Figure 1

3.2.3. Fonctionnement

L'intérêt de ce composant dans le montage est de fournir une impulsion calibrée dans le temps. Dans le cas du premier 4538, la durée de l'état instable (au niveau haut ou niveau logique 1) doit être inférieure à la période d'horloge du compteur, c'est-à-dire $0,058ms$, afin d'effectuer la remise à zéro du compteur (reset). La durée de l'état instable dépend directement du condensateur et de la résistance connectés au monostable. Nous avons utilisé un condensateur de capacité $C = 10nF$ et une résistance $R = 2.2K\Omega$, ainsi $T = RC = 0,022ms$.

Cette impulsion est ensuite envoyée dans un circuit RC qui la transforme en un signal bref servant au reset des compteurs. Elle est également envoyée vers un trigger de Schmitt 4093.

Le trigger de Schmitt est un montage appelé aussi bascule à seuil. En effet deux seuils sont créés entre le niveau logique 0 et 1. Ainsi quand le signal atteint le seuil haut la sortie du circuit bascule à 1 et quand le signal dépasse le seuil bas la sortie passe à 0.

Le rôle de ce trigger est de basculer de manière franche la sortie S alors que la tension des entrées E varie. La différence entre les niveaux hauts et bas pour les seuils de déclenchement s'appelle l'hystérésis.

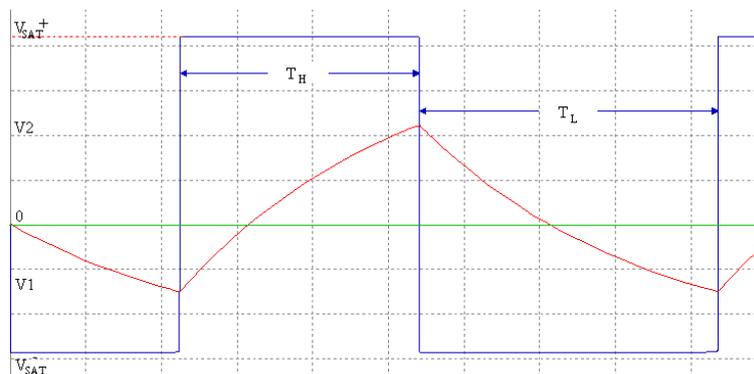


Figure 2 : Fonctionnement du Trigger de Schmitt



La période T du signal de sortie, carré et inversé, est trop courte pour correspondre à l'autorisation d'émettre. Pour pallier ce problème, le signal attaque le second monostable 4538 sensible au front montant (entrée sur la broche TR). Celui-ci est connecté à un condensateur de capacité $C = 100nF$ et une résistance $R = 2.2K\Omega$, ainsi la durée de l'état instable (niveau bas ou niveau logique 0) est de $T' = 0,22ms$ soit $10T$. L'autorisation d'émettre est 10 fois plus longue, la salve d'onde sera suffisamment longue pour être utilisable.

La sortie S du 4538 va imposer un zéro logique, de par son niveau bas, à l'entrée R de la bascule R/S qui était mise à 1.

3.3. Module d'émission

Lorsque l'utilisateur presse le bouton, il lance parallèlement la remise à zéro du compteur et l'ordre d'émettre une onde. Cette partie traitera du module responsable d'émission de l'onde adéquate.

Le module de l'émission comprend deux parties :

- émission du signal adéquat
- amplification de ce signal avant diffusion

La deuxième partie est composée essentiellement d'un transistor qui amplifie l'onde reçue. Cependant, nous ne nous sommes pas penchés en détail sur son fonctionnement, donc nous ne l'aborderons pas.

Le montage du module de l'émission est constitué de différents composants entourant un circuit intégré NE555.

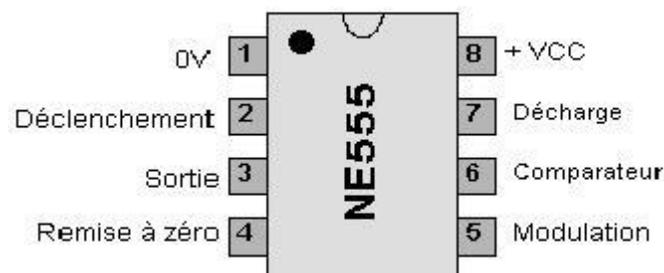


Figure 3 : Brochage (vue de dessus)

Brochage du NE555 :

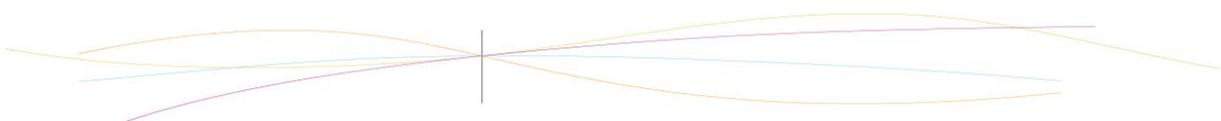
GND : Masse du boîtier.

TRIG : (déclenchement) Commande l'état de sortie. Amorçe la temporisation.

OUT : Sortie du boîtier.

RESET : (RAZ) Remise à zéro du signal de sortie. Stoppe la temporisation.

CONT : (référence) Tension de référence. $\frac{2}{3}$ de VCC).



THRES : (seuil) Commande l'état de sortie. Signale la fin de la temporisation lorsque la tension dépasse $\frac{2}{3}$ de VCC

DISCH : (décharge) Décharge le condensateur de temporisation.

VCC : Alimentation du boîtier.

Le NE555 peut être monté en mode monostable, astable ou bistable. Notre montage est en mode astable, puisqu'il est nécessaire d'envoyer plusieurs périodes d'onde d'affilée pour faire une mesure correcte de la distance. En effet, un signal astable signifie passe en permanence d'un état logique '1' à un état logique '0' (signal carré par exemple)

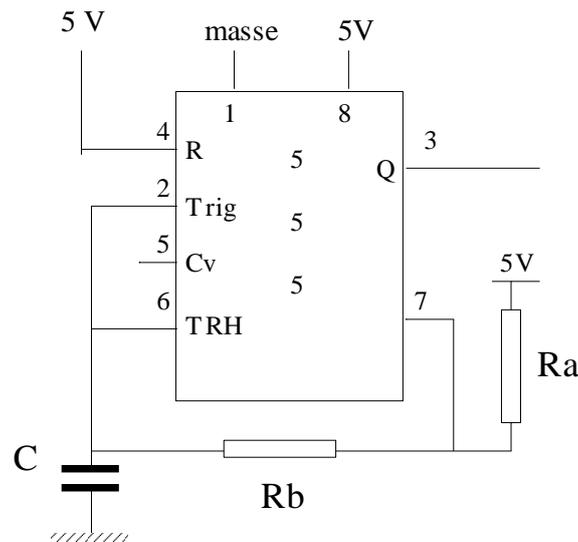


Figure 4 : Multivibrateur Ne 555 en mode astable

Nous rencontrerons également le NE 555 dans le module d'affichage.

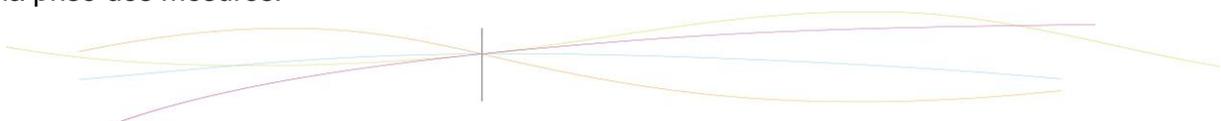
Dans un montage en mode astable, les résistances servent à paramétrer la fréquence de l'onde que l'on va envoyer. En jouant sur leur valeur des résistances on obtient la fréquence souhaitée.

Lors de nos premières séances, nous avons étudié le gain obtenu sur des fréquences allant de 38 kHz à 42 kHz. Nous nous sommes aperçus que le gain maximal est obtenu pour une fréquence d'environ 40 kHz. Pour savoir quelle fréquence nous allons obtenir, nous utilisons l'équation suivante (avec une petite marge de tolérance due à la précision des résistances) :

$$f = \frac{1,44}{(R_a + 2 * R_b)C}$$

Cf. annexe : diagramme de Bode

Nous avons donc réglé les résistances pour obtenir un gain maximum et faciliter ainsi la prise des mesures.



Le signal construit par le 555 passe ensuite par un transistor BC547, dont le rôle est l'amplification du signal. En effet, si la fréquence du signal est convenable, il est doté cependant d'une trop faible puissance pour parcourir plusieurs mètres et être exploitable. Si l'onde est envoyée en sortie du NE 555, il serait impossible de prendre une mesure, puisque l'onde revient considérablement affaiblie en fonction de la distance à parcourir. L'amplifier est donc absolument nécessaire pour une prise de mesure efficace.

Le signal est ensuite reçu par le module réception.

3.4. Module de Réception

3.4.1. Entrée, sortie

Le principe de ce module est d'amplifier le signal sinusoïdal issu du récepteur ultrasonore, puis de le convertir en signal carré de même fréquence utilisable par la bascule RS composée de circuits logiques (conçue pour recevoir une tension continue de 0 ou 5V).

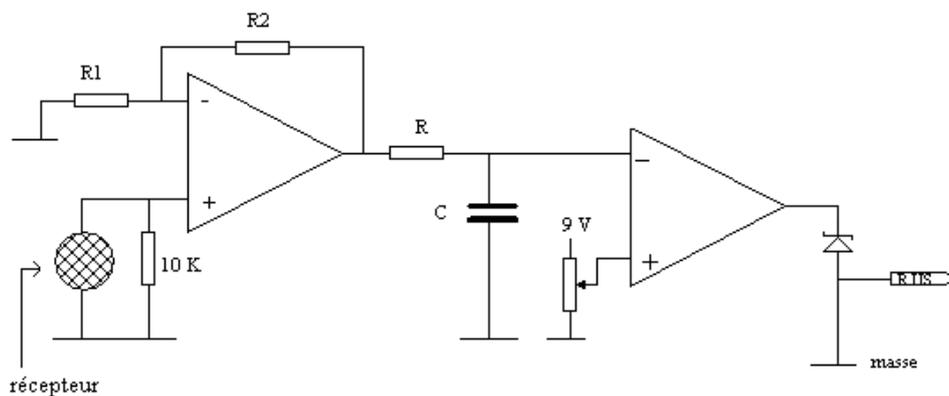
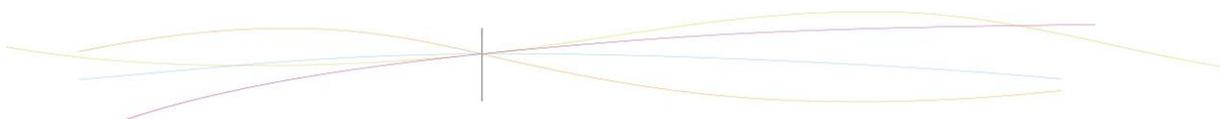


Figure 5: Schéma du montage réalisé sur pupitre

3.4.2. Réception de l'onde ultrasonore

Pour établir un ordre de grandeur de l'amplitude du signal ultrasonore en fonction de la distance parcourue, on alimente un émetteur avec une tension sinusoïdale d'amplitude crête à crête 9V et de fréquence 40 kHz, et on mesure la tension à la sortie du récepteur.

<i>Distance émetteur récepteur (cm)</i>	8	30,5
<i>Amplitude CC du signal transmis par le récepteur (V)</i>	7	0,150



Sachant que l'on veut mesurer des distances de l'ordre de quelques mètres, on constate qu'il est indispensable d'amplifier le signal reçu. Dans notre montage nous avons choisi une amplification de rapport $1 + \frac{R_2}{R_1}$.

Il ne faut pas oublier que le récepteur transmet également des ondes parasites. Le montage comportera donc un filtre dont la fréquence de coupure sera de $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$.

3.4.3. Masse virtuelle utilisée dans le module

Une fois amplifié et filtré, le signal peut être numérisé au moyen d'un montage comparateur de tension. Ce montage, ainsi que l'amplificateur de tension, utilisent des amplificateurs opérationnels, alimentés en $+V_{cc}$ et $-V_{cc}$. La pile du télémètre ne fournissant qu'une tension continue de 9V, il faut utiliser une masse virtuelle dans le montage, de potentiel 4,5V par rapport à la masse. Les AO, reliés à la pile et à la masse, reçoivent -4,5V et +4,5V par rapport à cette masse.

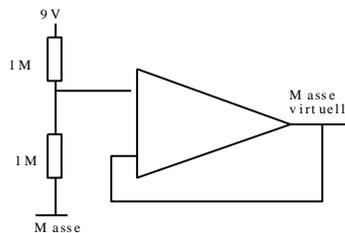


Figure 6 : Schéma de la masse virtuelle

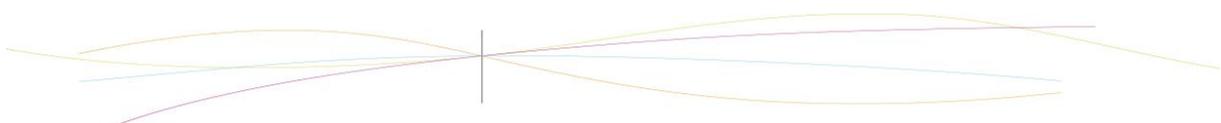
Du fait du pont diviseur de tension, l'entrée non inverseuse de l'AO reçoit 4,5V. Comme les résistances sont très grandes, l'intensité du courant traversant l'AO est très faible. La différence de potentiel entre son entrée et sa sortie est négligeable. On a ainsi une tension continue stable de 4,5V entre la masse réelle et la sortie de ce montage.

Lors de nos expériences en laboratoire, nous avons effectué un montage sur pupitre. Nous disposons d'alimentations en +15 et -15V. Nous n'avons pas utilisé donc cette masse, mais la masse du pupitre pour tout le module.

3.4.4. Amplification

Le montage amplificateur non-inverseur, comprend un AO en régime linéaire et un pont diviseur de tension, composé de deux résistances R_1 et R_2 . La tension de sortie est $U_s = U_r \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$ (U_r est la tension envoyée par le récepteur).

Le produit gain-bande des AO, indiqué par le fabricant, est $Gf_c = 4 \text{ MHz}$ (avec f_c la fréquence de coupure) Sachant que la fréquence doit être $f = 40 \text{ kHz}$ pour ne pas altérer le signal, le gain du montage ne peut pas excéder $G = 100$. On choisit en conséquence les résistances suivantes : $R_1 = 1k\Omega$ et $R_2 = 100k\Omega$. Ainsi nous amplifions au maximum permis le signal en retour.



3.4.5. Filtrage

Une partie des signaux parasites est déjà éliminée car le récepteur d'ultrasons comporte déjà un filtre, dont la bande passante est comprise entre 38 et 42 kHz environ (cf annexe, figure 12). Le filtre passe-bas (RC) ajouté élimine les parasites dus au secteur, de fréquence 50Hz. La fréquence de coupure $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$ est proche de 40 kHz (légèrement supérieure).

3.4.6. Numérisation

Afin d'être utilisé par la bascule R/S, le signal sinusoïdal reçu a besoin d'être transformé en signal carré de valeur 0-5V et de même fréquence. C'est le rôle du comparateur et de la diode Zéner. Le comparateur simple placé à la suite du filtre permet d'obtenir une tension en créneau de valeur 0- 5V de la tension sinusoïdale. La tension d'entrée e_- du comparateur est comparée à une tension continue e_+ , ajustable au moyen d'un potentiomètre. En l'absence de signal provenant du récepteur, $e_- < e_+$ la tension de sortie est alors $u_a = -V_{sat}$. Au moment de l'impulsion, $e_- > e_+$ et $u_a = +V_{sat}$.

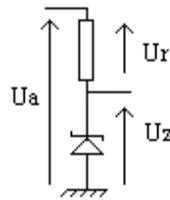


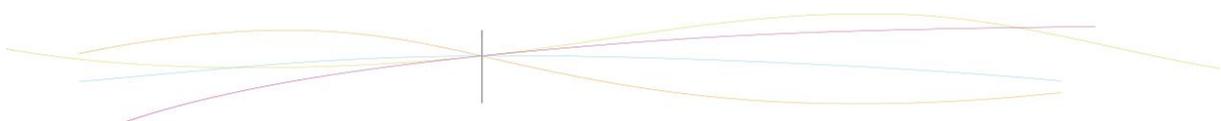
Figure 7 : Stabilisateur de tension

La diode Zéner stabilise la tension issue du comparateur ($\pm V_{sat}$), à la tension de Zéner +5V. Si $u_a = -V_{sat}$, le sens du courant est celui de la diode. Celle-ci se comporte alors comme une résistance nulle: $u_z = 0$. Si $u_a = +V_{sat}$, $u_z = 5,1V$, tension Zéner de la diode, quelque soit $u_a - u_r$. La résistance est placée pour limiter le courant de diode.

3.5. Module d'affichage

3.5.1. Rôle de la bascule R/S

Dans notre circuit, lorsque le signal est reçu, on obtient un niveau logique à 1 (+5V), mais celui-ci est instable, car le signal passe successivement au-dessus et en dessous du seuil. Afin de stabiliser le niveau logique à 1, on utilise une bascule R/S. Cette dernière donne une sortie constante dès le premier niveau logique 1 détecté en entrée. Et ce, grâce à sa fonction mémoire.



3.5.2. Logique combinatoire et séquentielle

Rappelons quelques définitions brèves de logique combinatoire et séquentielle :

Un système combinatoire est tel que l'état de ses sorties ne dépend que de l'état des entrées. Il est souvent représenté par une table de vérité. L'avantage de ce système est que l'équation logique de chacune des sorties peut être établie uniquement à partir des entrées.

Un système séquentiel possède une fonction mémoire. Cela signifie qu'il dépend non seulement de la combinaison de variables d'entrées mais aussi de l'état dans lequel se trouve la sortie S à un instant donné.

C'est ici qu'intervient la bascule R/S. En effet, les bascules logiques du type Reset/Set sont les éléments les plus simples qui constituent les mémoires. La fonction mémoire peut stocker une information jusqu'à ce que cette dernière soit effacée par une autre information.

L'opération de stockage s'appelle SET tandis que l'opération d'effacement se nomme RESET.

La fonction mémoire est réalisée grâce à la porte logique de type NAND d'équation $S = a * \bar{b}$

Dans ce fonctionnement, toutes les combinaisons sont possibles sauf celle où $R = S = 1$, qui correspond à la demande simultanée de remise à zéro et de mise à 1. En effet, ces deux instructions sont incompatibles car contradictoires dans notre circuit.

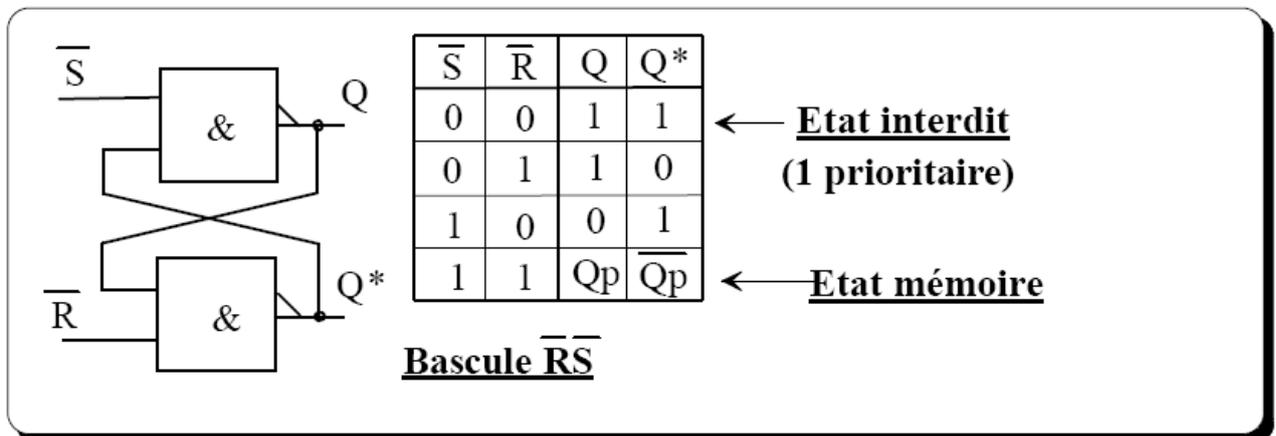
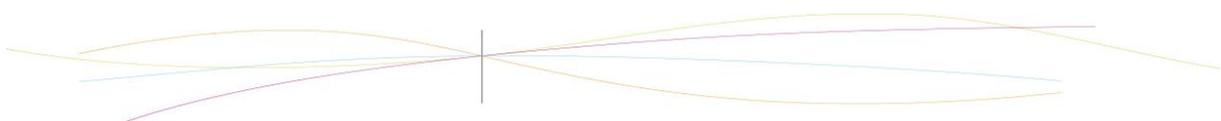


Figure 8 : Bascule RS

En ce qui concerne notre circuit, la bascule R/S reçoit une tension instable provenant de la sortie du comparateur. Le signal reçu met l'entrée S en position 1, l'entrée R restant à 0, la sortie Q* se met alors à 1. Cette dernière est reliée à l'entrée Reset du NE 555 A. L'entrée Reset se positionne donc en 1 et le NE 555A se met alors à osciller à la fréquence de 17 kHz. L'entrée Set se positionne également en un et lance le comptage.



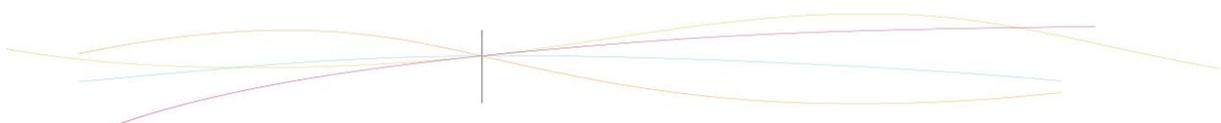
Par ailleurs, la sortie Q^* de la bascule est également reliée à l'entrée Reset d'un autre multivibrateur NE 555. Lorsque cette dernière est mise en 1, elle envoie un signal à l'émetteur.

3.5.3. Rôle du NE 555

Afin que le signal soit traité, il faut compter le nombre d'impulsions qu'il envoie pour que l'on puisse afficher sa valeur respective. Pour qu'un compteur puisse fonctionner correctement, il est nécessaire qu'il ait trois entrées, à savoir une horloge «clock », une remise à zéro « reset » et un déclencheur « enable ».

L'horloge est réalisée grâce à un NE 555. Tout d'abord, il est nécessaire de faire le choix entre un multivibrateur astable ou monostable. En effet, il est plus judicieux d'utiliser un montage en « astable opération » car grâce à celui-ci, il nous suffit simplement d'alimenter le NE 555 pour qu'il sorte un signal périodique qui servira d'horloge. La période du signal de sortie est déterminée par la formule indiquée sur la fiche technique. Cependant, il ne faut pas oublier que la distance entre l'appareil et l'objet est déterminée par le comptage de fronts d'ondes qui nous reviennent. Hors, ces derniers font un aller-retour entre l'appareil et l'objet parcourant ainsi la même distance deux fois. Il faut en tenir compte en choisissant la fréquence d'horloge.

Plus précisément, l'onde met 29,23 microsecondes pour parcourir un centimètre (les ultrasons parcourent 340m/s). Pour un aller-retour, l'onde mettra 58,47 microsecondes. Par conséquent, il faut que l'horloge ait une fréquence de 17 kHz. Dans notre montage nous avons utilisé différents composants dont les valeurs ont été déterminées expérimentalement dans le but d'obtenir une fréquence avoisinant les 17 kHz.



4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

En conclusion de ce projet, nous n'avons pas pu atteindre tous nos objectifs. En effet, intégrer le télémètre dans un boîtier alimenté par une pile s'avérait être une opération complexe. Nous ne disposons pas des ressources et du temps suffisant pour réaliser la plaquelette support et câbler l'ensemble des composants. Malgré cela, nous avons monté sur pupitre un télémètre qui fonctionne, et avons compris le principe de l'appareil.

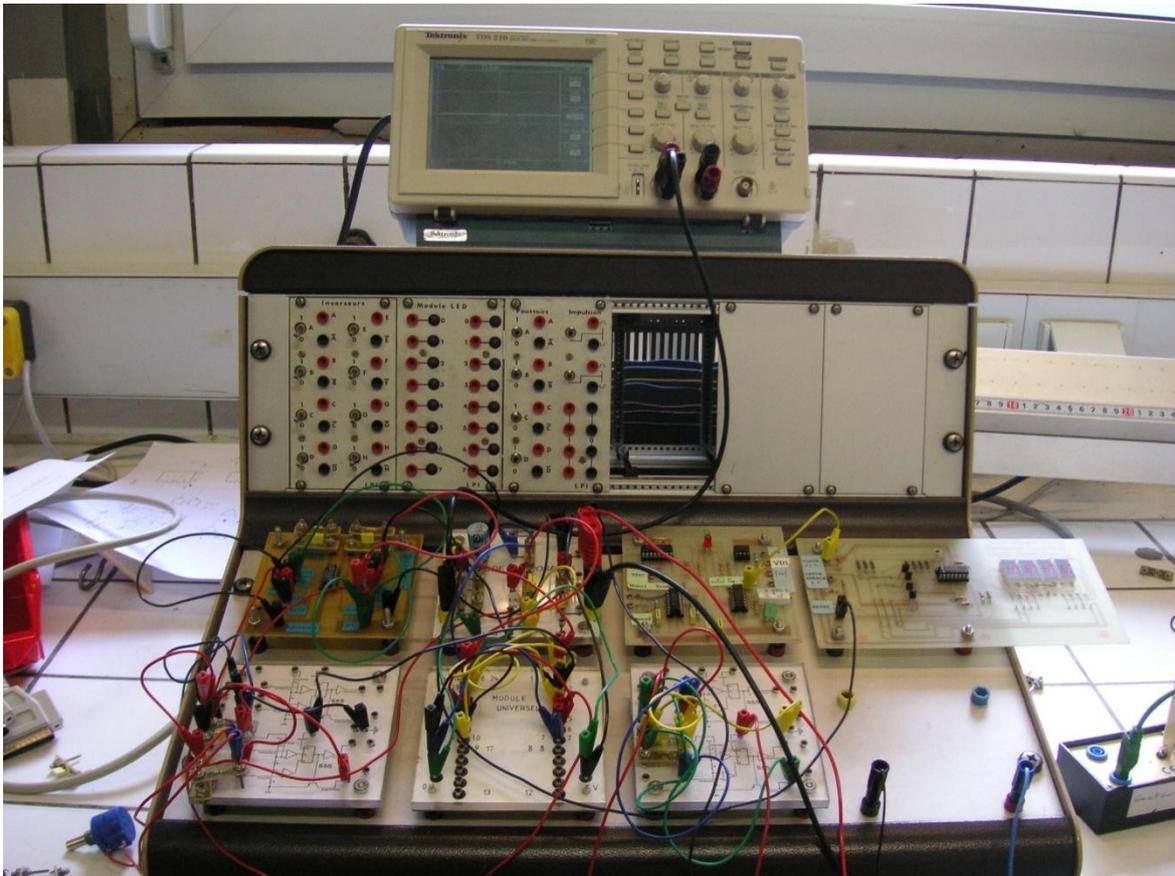
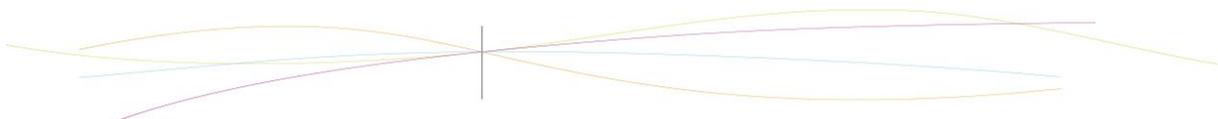


Figure 9 : Télémètre à ultrason

Cette UV, nous a appris à diviser un problème complexe en sous-problèmes. De plus, nous avons assimilé comment travailler en groupe. Enfin cette UV, nous aura permis d'appliquer la théorie enseignée à l'INSA. Pour résumer, nous avons acquis une démarche de travail, nous savons maintenant comment à partir d'un projet complexe sur papier aboutir à nos objectifs et travailler en groupe.

Pour la suite, il faudrait envisager la possibilité de concevoir le circuit imprimé, afin de rendre le télémètre totalement autonome. De plus, pourquoi ne pas s'orienter vers la réalisation d'un télémètre à onde radio, tel que les radars de contrôle routier. Le principe reste sensiblement le même, et ce type de radar a pour caractéristique une plus grande portée ainsi qu'une plus grande précision. Toutefois, la réalisation pourrait s'avérer être plus complexe.



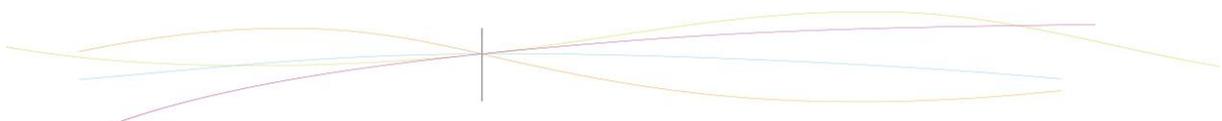
5. BIBLIOGRAPHIE

Livres :

- H.LILEN, « Introduction à la micro-informatique, du microprocesseur au micro-ordinateur », Editions Radio, cinquième édition
- P. GRÉCIAS, J.P. MIGEON : « Physique Sup. MPSI et PTSI, cours et exercices d'application », Editions Technique & Documentation, 1999

Liens Internet :

- <http://www.robotix.fr> (valide à la date du 19/06/2009)
- <http://www.wikipedia.fr> (valide à la date du 19/06/2009)
- <http://www.iut-bethune.univ-artois.fr/~tredez/doc/aopch1/aopch1-4.html> (valide à la date du 19/06/2009)
- lyc-mgenevoix-ingre.tice.ac-orleans-tours.fr/.../logseq.pdf (valide à la date du 19/06/2009)
- http://www.premiumorange.com/daniel.robert9/Digit/Pratique/Digit_4P.html (valide à la date du 19/06/2009)
- http://fr.wikiversity.org/wiki/Bascules_%C3%A9lectroniques/RS (valide à la date du 19/06/2009)
- <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/12185/ONSEMI/MC74HC4538A.html> (valide à la date du 19/06/2009)
- <http://etronics.free.fr/dossiers/num/num06/triggers.htm> (valide à la date du 19/06/2009)



6. ANNEXES

6.1. Documentation technique

Documentation du Ne555

Documentation du CD4538

6.2. Schémas de montages, plans de conception...

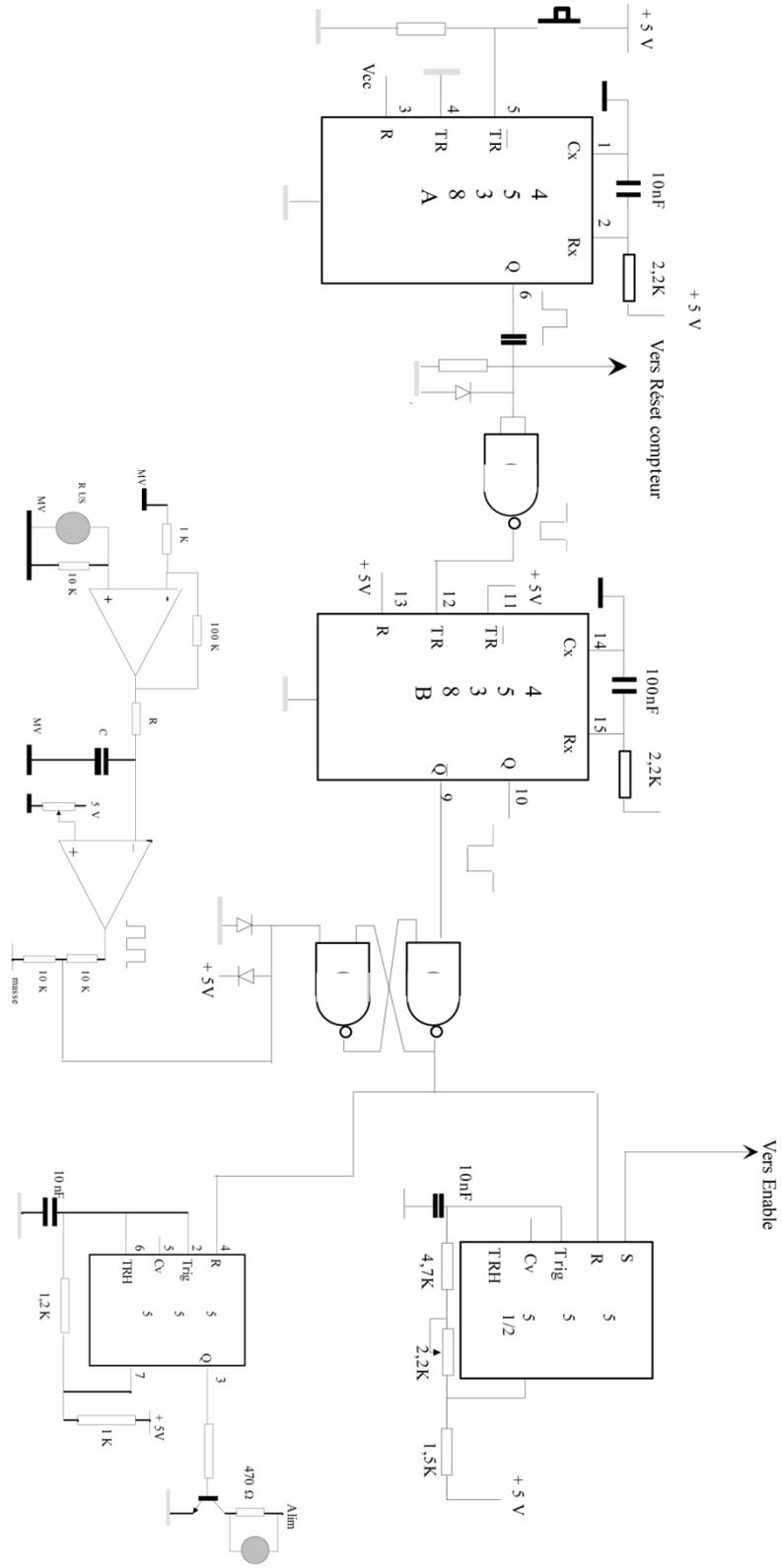
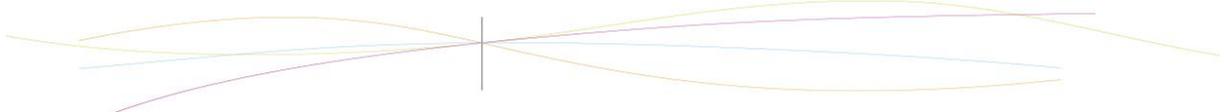


Figure 10 : Schéma Général



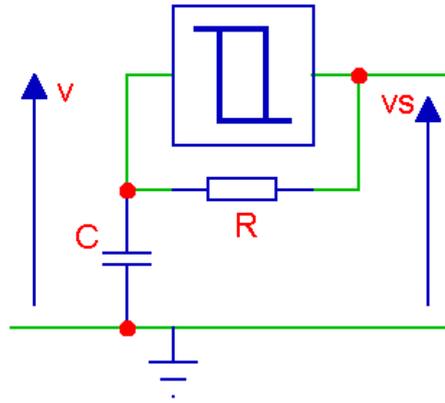
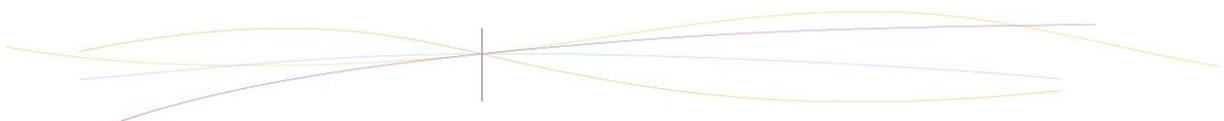


Figure 11 : Oscillateur astable - Trigger de Schmitt



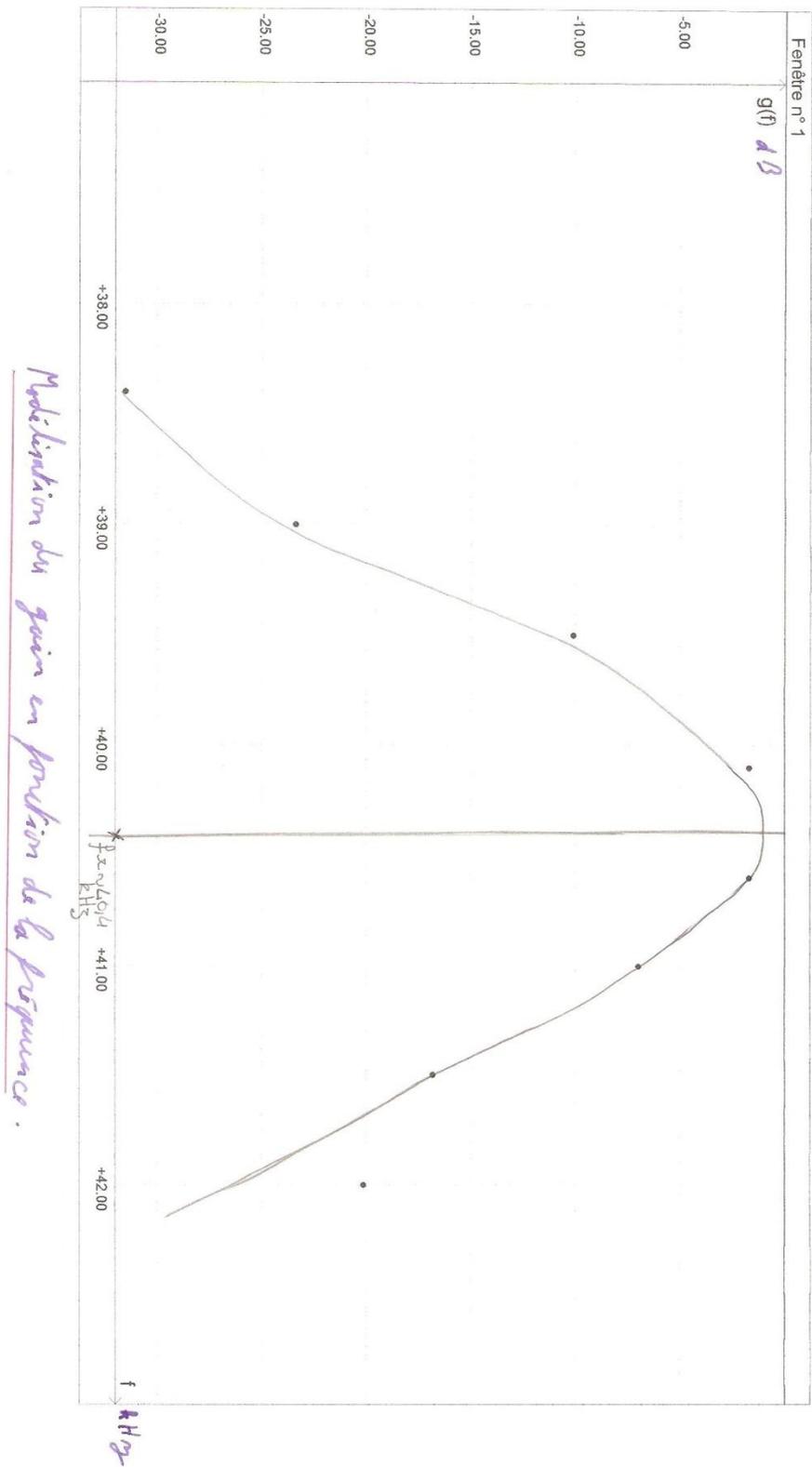


Figure 12 : Diagramme de Bode

