

TRANSMISSION DE SIGNAUX : PAR MLI ET MODULATION DE FREQUENCE

Etudiants :

Menghan LU

Mathilde CUSNIR

Yi ZHENG

Van Hung NGUYEN

Thao Lan NGUYEN HOANG

Yikai SHEN

Enseignant-responsable du projet :

Mr François GUILLOTIN

Date de remise du rapport : **18/06/2010**

Référence du projet : **STPI/P6-3/2010 – 24**

Intitulé du projet : Transmission de signaux : par MLI et modulation de fréquence.

Type de projet : ***expérimental***

Objectifs du projet (10 lignes maxi) :

Le but de ce projet est d'étudier en groupe la transmission de signaux sur une chaîne de transmission, par deux méthodes de modulation du signal d'entrée : modulation de largeur d'impulsion et modulation de fréquence. Nous avons étudié la qualité des signaux après la transmission ; notre projet relève donc d'une étude expérimentale avant tout .

TABLE DES MATIERES

1. Introduction	6
2. Méthodologie / Organisation du travail	6
3. Travail réalisé et résultats	7
3.1. Etude d'une chaîne de transmission	7
3.1.1. La fibre optique c'est quoi ?	7
3.1.2. Avant -propos sur la modulation /démodulation	8
3.2. Transmission de signaux par modulation de largeur d'impulsion	9
3.2.1. Partie théorique : qu'est ce que la MLI ?	9
3.2.2. Partie pratique : manipulations effectuées	11
3.3. Transmission de signaux par modulation de fréquence	14
3.3.1. Composants associés au CD4046	15
3.3.2. Étude du VCO	15
3.3.3. Fonctionnement de la chaîne de transmission complète	17
4. Conclusions et perspectives	20
5. Bibliographie	20
6. ANNEXES	21
6.1. Documents techniques	21
6.2. Propositions de sujets de projets (en lien ou pas avec le projet réalisé)	21

NOTATIONS, ACRONYMES

AO : Amplificateur Opérationnel

R : Résistance

C : Condensateur

MLI : modulation largeur d'impulsion

LED : Light-Emitting Diode

TP : Travaux Pratiques

1. INTRODUCTION

De nos jours, ce phénomène nous entoure en permanence : communication, radio, TV ; le phénomène de modulation/démodulation est partout. C'est à cela que nous nous intéressons dans notre projet.

Notre groupe comporte six étudiants dont cinq de nationalité étrangère : trois étudiants chinois, deux étudiants vietnamiens. De ce fait ce projet qui est un travail de groupe a nécessité beaucoup d'efforts de chaque côté pour arriver à communiquer et à se faire comprendre sans problème. Nous avons travaillé dans la salle de TP Physique chaque mercredi, de 11h30 à 13h. Dès les premières séances nous nous sommes réparti les tâches ; nous avons ainsi partagé les différentes parties du projet. Le professeur a toujours été là pour nous donner des explications et aussi des conseils concernant les montages ou la documentation. Le but du projet était de comprendre les principes de fonctionnement de transmission des signaux par modulation de largeur d'impulsion et par modulation de fréquence ; et de pouvoir réaliser certains montages simples pour voir plus concrètement comment ça marche.

2. METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Comme on l'a mentionné ci-dessus, depuis le premier jour de notre projet, pour partager le travail, nous avons divisé le groupe en 2 sous-groupes :

Un groupe qui travaillait sur les montages (Yikai, Yi, Menghan). Ils réalisaient les montages des années précédentes et puis mettaient en place leurs propres montages pour avoir des idées plus claires.

Un autre groupe (Van Hung, Thao Lan, Mathilde) chargé de la documentation, sur les notions de modulation, les différentes techniques utilisées dans la transmission des signaux et aussi de l'utilisation de KidCad .

Nous échangeons nos idées pour nous aider mutuellement à comprendre la totalité du projet. Au début de chaque séance, nous passons en revue ce qui avait été fait la semaine précédente et à l'aide des indications du professeur, nous avons au fur et à mesure pu avancer notre projet en y apportant une touche personnelle par rapport aux projets traitant du même sujet réalisés les années précédentes.

Chronologie :

- *Les 3 premières semaines* : documentation

On a utilisé les rapports des années précédentes pour avoir une idée de ce qu'il fallait faire pour notre projet. Et ensuite on a fait des petites recherches sur Internet avec l'assistance du professeur sur la modulation et la démodulation.

- *Les 5 semaines suivantes* : partage des tâches (montage/documentation sur Modulation de Fréquence)

Groupe 1 a commencé à réaliser les montages de modulation avec des filtres passe-bas, d'abord en utilisant le montage de l'année précédente (examiner le résultat obtenu, vérifier avec la théorie) ; et puis, après que le groupe 2 ait décidé d'un schéma, on a recommencé ces opérations.

Groupe 2 a d'abord commencé par apprendre à utiliser le logiciel KidCad, qui nous a permis de faire des montages électroniques sur ordinateur.

Les 4 semaines suivantes : nous avons travaillé sur la modulation d'amplitude par méthode MLI.

Les 3 dernières semaines : nous avons fini le projet, en innovant par rapport aux anciens projets, et en incluant une partie sur la modulation de fréquence par VCO.

3. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS

3.1. Etude d'une chaîne de transmission

Voici le schéma général de la chaîne de transmission que nous avons en partie étudié au cours de notre projet.

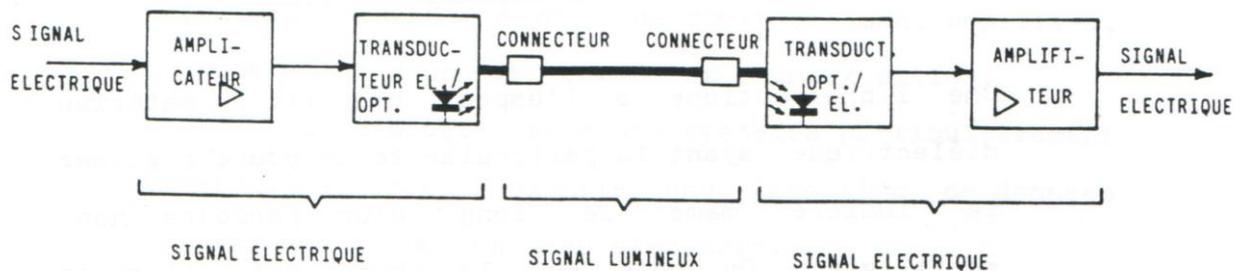


FIG. N. 1
SCHEMA A BLOCS D'UN BRANCHEMENT FIBRE OPTIQUE

En fait, notre but est de transmettre un signal par fibre optique, et on va procéder par deux méthodes : avant même que le signal électrique ne soit converti en signal lumineux, on va moduler ce signal ; soit en largeur d'impulsion, soit en fréquence .

Le principe de fonctionnement de cette chaîne de transmission est simple : le signal (qui est préalablement modulé) traverse une LED qui le transforme en signal lumineux ; ce signal lumineux continue son parcours à travers la fibre optique ; une fois arrivé le signal lumineux traverse un phototransistor qui régénère un signal électrique ; enfin on passe à la démodulation (grâce à un filtre passe bas) pour obtenir un signal électrique similaire au signal injecté en entrée avant modulation. (exemple : si en entrée on a un signal sinusoïdal, on doit avoir la même chose en sortie après démodulation.)

3.1.1. La fibre optique c'est quoi ?

Une **fibre optique** est un fil en verre ou en plastique très fin qui a la propriété de conduire la lumière et sert dans les transmissions terrestres et océaniques de données. Elle offre un débit d'informations nettement supérieur à celui des câbles coaxiaux et supporte un réseau « large bande » par lequel peuvent transiter aussi bien la télévision, le téléphone, la visioconférence ou les données informatiques. Entourée d'une gaine protectrice, la fibre

optique peut être utilisée pour conduire de la lumière entre deux lieux distants de plusieurs centaines, voire milliers, de kilomètres. Le signal lumineux codé par une variation d'intensité est capable de transmettre une grande quantité d'informations. En permettant les communications à très longue distance et à des débits jusqu'alors impossibles, les fibres optiques ont constitué l'un des éléments clef de la révolution des télécommunications optiques. Ses propriétés sont également exploitées dans le domaine des capteurs (température, pression, etc.), dans l'imagerie et dans l'éclairage.

3.1.2. Avant-propos sur la modulation /démodulation

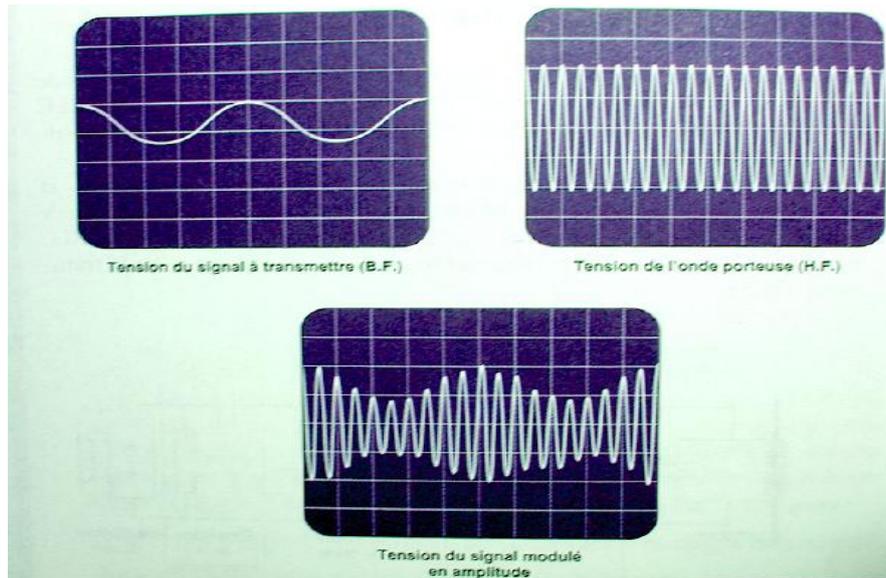
La modulation et la démodulation sont une étape dans la communication d'une information entre deux utilisateurs. Le type de modulation employé doit être adapté d'une part au signal ,aux performances demandées (taux d'erreur), et aux caractéristiques de la ligne. La **modulation** permet donc d'une manière générale de translater le spectre du message dans un domaine de fréquences qui est plus adapté au moyen de propagation et d'assurer après démodulation la qualité de ce signal. On dispose de multiples procédés pour effectuer une transposition de fréquences. D'abord on génère une sinusoïde pure de fréquence assez élevée pour être largement contenue dans la bande passante du support de transmission. Cette sinusoïde s'appelle la porteuse. On sait qu'une sinusoïde est définie par trois paramètres : son amplitude "A", sa fréquence "F", sa phase 'phi' Nous prenons pour porteuse la sinusoïde suivante :

$$p = A \sin(2 \pi F. t + \Phi)$$

Chacun des trois paramètres de la porteuse peut être séparément rendu proportionnel au signal à transmettre. Ce qui donne lieu aux trois types fondamentaux de modulation : la modulation d'amplitude, la modulation de fréquence, et la modulation de phase. Dans notre projet, nous nous intéressons uniquement à la modulation de largeur d'impulsion (MLI) et la modulation de fréquence. Nous aborderons tout de même de manière succincte la modulation d'amplitude (AM) pour la comparer à la modulation de fréquence(FM) :

La modulation de fréquence présente des avantages par rapport au système de modulation d'amplitude (AM) : l'avantage le plus important du système FM est sa plus grande tolérance vis-à-vis des interférences et de l'électricité statique. De nombreuses perturbations radioélectriques, telles que celles causées par les orages et les systèmes d'allumage de véhicules, créent des signaux radio de modulation d'amplitude, qui sont reçus comme du bruit par les récepteurs AM. Un récepteur FM correctement conçu n'est pas sensible à de telles perturbations lorsqu'il est réglé sur un signal FM suffisamment puissant. Le rapport (intensité du signal / intensité du bruit) d'un système FM est beaucoup plus élevé que celui d'un système AM. Enfin les stations de radiodiffusion FM peuvent fonctionner dans les bandes de très haute fréquence sur lesquelles les interférences AM sont souvent importantes. L'expression de la tension modulée est la suivante $u_s = U_s \cos(2\pi f_s t)$ et la

tension de l'onde porteuse est $u_p = U_p \cos(2\pi f_p t)$ et en notant la tension de décalage U_0 , la tension ainsi modulée prend de ce fait la forme suivante :
 $u = [U_s \cos(2\pi f_s t) + U_0]. [U_p \cos(2\pi f_p t)]$. L'amplitude est exprimée ainsi :
 $A = U_p [U_s \cos(2\pi f_s t) + U_0]$. Voici une image qui permet de mieux comprendre ce phénomène de modulation :



Concernant la modulation de fréquence, il suffit de remplacer dans la formule de la porteuse la fréquence par une fonction linéaire du signal :

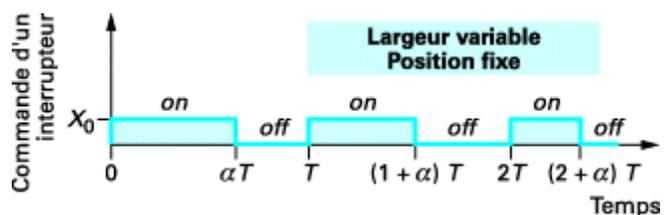
$s_m = A \sin(2 \pi (F_0 + k \cdot a \sin(2 \pi f \cdot t + \phi)) \cdot t + \Phi)$. Une fois le signal modulé, il a parfois besoin d'être démodulé. Le principe de la démodulation est simple : reconstituer le signal électrique basse fréquence précédemment modulé, afin de l'exploiter à la réception. Le principe repose sur les éliminations de l'onde porteuse et de la composante continue.

3.2. Transmission de signaux par modulation de largeur d'impulsion

3.2.1. Partie théorique : qu'est ce que la MLI ?

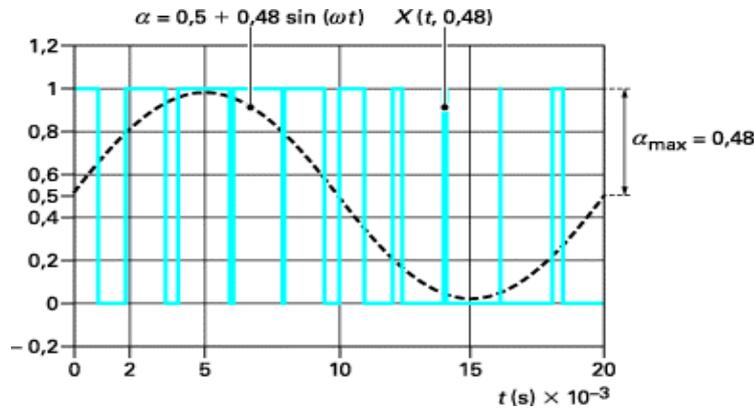
La modulation **MLI** est la modulation de largeur d'impulsions, aussi connue sous le nom de **PMW (Pulse Width Modulation)**.

La modulation de largeur d'impulsions consiste à appliquer aux interrupteurs des créneaux de commande de **largeur variable** avec une **périodicité constante**.

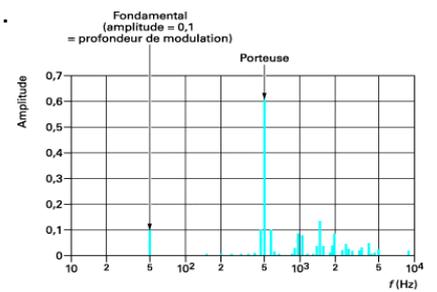
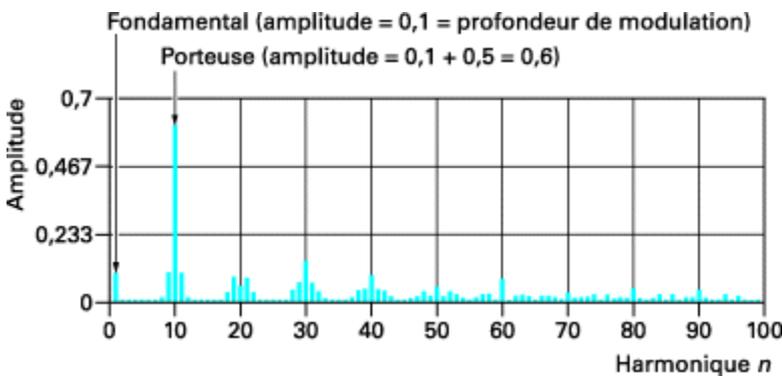


Pendant qu'un groupe travaillait sur un montage à réaliser, l'autre groupe s'est documenté sur les généralités à savoir sur la modulation de largeur d'impulsions. Nous faisons donc une petite partie dessus puisque nous considérons que ce sont des points importants d'autant plus que nous n'avons pas exactement pu vérifier par l'expérience tous ces points c'est-à-dire que ces phénomènes sont conformes à la théorie car l'autre groupe n'a pas effectué toutes les manipulations nécessaires. Voilà donc une image qui illustre ce phénomène. Cette modulation évolue en fait afin de compenser les dérives du système ou de suivre la volonté de son organe de contrôle : la vitesse d'un bras de robot par exemple, qui variera pour suivre la trajectoire voulue. Nous allons donc examiner l'influence d'une variation périodique du rapport cyclique, la plus simple étant sinusoïdale. Cette figure présente par exemple l'influence d'une modulation sinusoïdale. Le

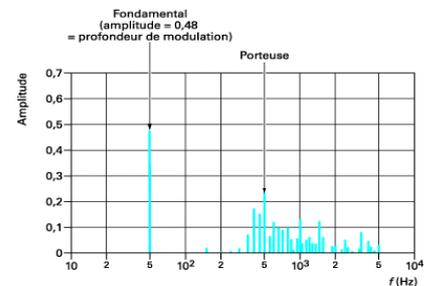
signal MLI sur la figure suivante (trait bleu) est découpé à 500 Hz ; il est modulé par une sinusoïde à 50 Hz (en pointillés).



Le rapport cyclique suit une loi temporelle; nous ne rentrerons pas dans les détails. Ici $\alpha = 0,5 + a_{max} \sin(\omega t)$ avec : $\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 \text{ Hz}$ et $a_{max} = 0,48$. En fait, deux paramètres sont définis : l'indice de modulation qui est le rapport entre les fréquences de découpage et de modulation et la profondeur de modulation, qui est l'amplitude du signal modulant. Dans les expériences réalisées, le groupe s'est justement intéressé à cette profondeur de modulation que nous avons obtenu en faisant le rapport de la tension (c-c) du signal sortant (modulé donc) sur la tension(c-c) du signal entrant (non modulé). Dans l'exemple présent au dessus, la profondeur de modulation est $a_{max} = 0,48$; l'indice de modulation est égal à $500 \text{ Hz}/50 \text{ Hz} = 10$. La décomposition du signal MLI (sur la figure) en fonctions sinusoïdales montre que ce signal a un large spectre. L'autre figure donne sa répartition en fonction du rang des harmoniques pour une profondeur de modulation égale à 0,1. Nous pouvons remarquer que ce spectre ressemble à celui obtenu avec une modulation de fréquence en radiodiffusion. Le pic à 50 Hz (harmonique 1) correspond au signal modulant, tandis que celui à 500 Hz (harmonique 10) correspond à la porteuse. Des harmoniques suivent ensuite, qui sont tous les multiples de la porteuse. Les autres fréquences qui apparaissent sont des sous-produits de modulation.



Ⓐ profondeur de modulation égale à 0,1



Ⓑ profondeur de modulation égale à 0,48

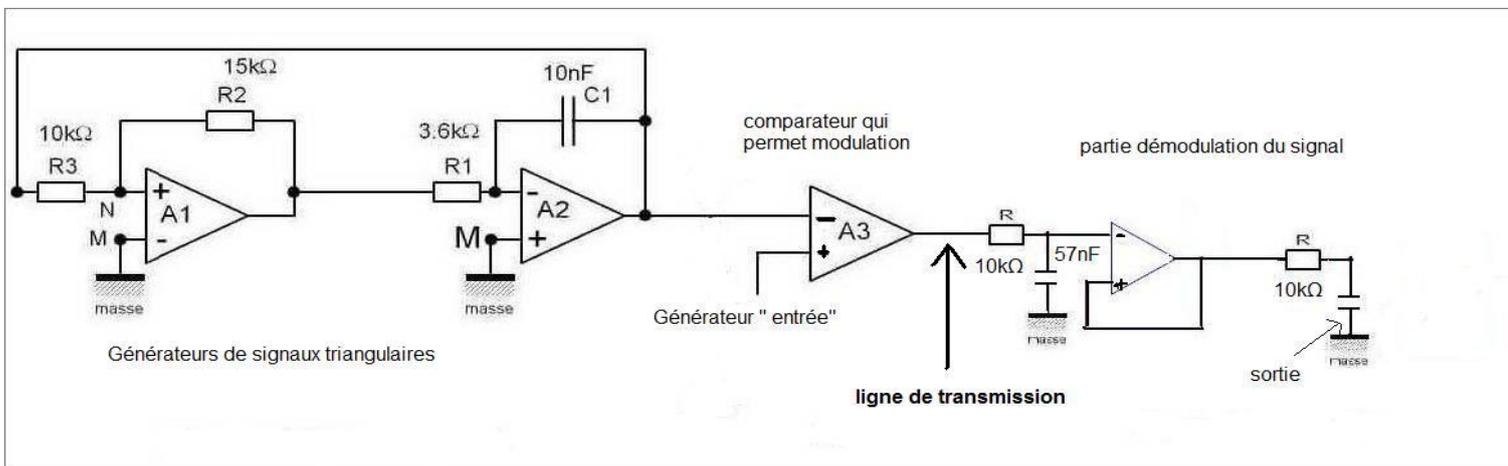
Enfin si on réalise une analyse spectrale, cette figure présente une comparaison entre les spectres fréquentiels du signal précédent, pour une profondeur de modulation égale à 0,1 puis à 0,48; elle est représentée en échelle logarithmique pour les fréquences. On remarque

donc que le contenu harmonique dépend de cette même profondeur: il est plus étroit mais avec des composantes de plus grande amplitude si la profondeur est faible (0,1); il est plus étalé mais avec des composantes de plus petite amplitude dans l'autre cas (0,48).

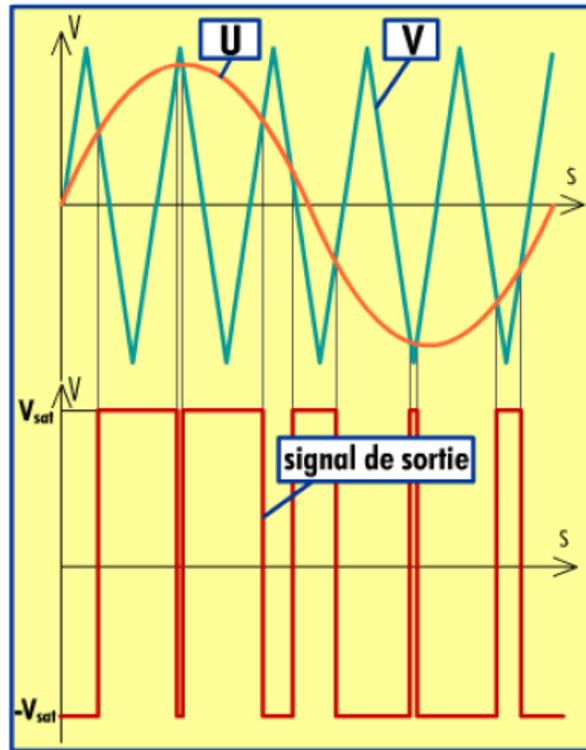
Une largeur d'impulsion correspond en fait à un rapport cyclique . On peut se demander quel est intérêt d'un tel montage : en fait les pertes de puissance sont très faibles , point de vue rendement et perte d'énergie ce montage présente donc un intérêt même s'il nécessite un nombre assez important de composants. En effet, un montage à tension constante ou un potentiomètre par exemple amènent à un rendement bien plus faible (de l'ordre de 50%) et à une dissipation d'énergie plus importante. Les applications les plus répandues sont la commande d'un moteur, d'une perceuse (on peut commander sans difficulté la vitesse de ces derniers de 0 à 100%), amplificateur audio, chargeur de batterie... Après cette brève introduction(la modulation est un sujet très vaste sur lequel nous aurions toujours la possibilité de nous étendre), nous passons à la partie pratique dans laquelle nous expliquerons et commenterons les manipulations effectuées.

3.2.2. *Partie pratique : manipulations effectuées*

Nous avons réalisé un montage à modulation de largeur d'impulsion en nous inspirant d'un montage effectué une année auparavant. Nous avons gardé R2 et R3 élevés (respectivement 10 kΩ et 15 kΩ) pour faire baisser la tension dans les AO, ces derniers ne supportant pas les trop hautes tensions. Nous avons également conservé un condensateur de faible capacité afin de maintenir un bon rapport R1/C. Nous avons fait plusieurs expériences afin de compléter notre montage puis finalement nous en sommes arrivés à celui-ci que nous avons notamment pu réaliser à l'aide du logiciel Kicad .

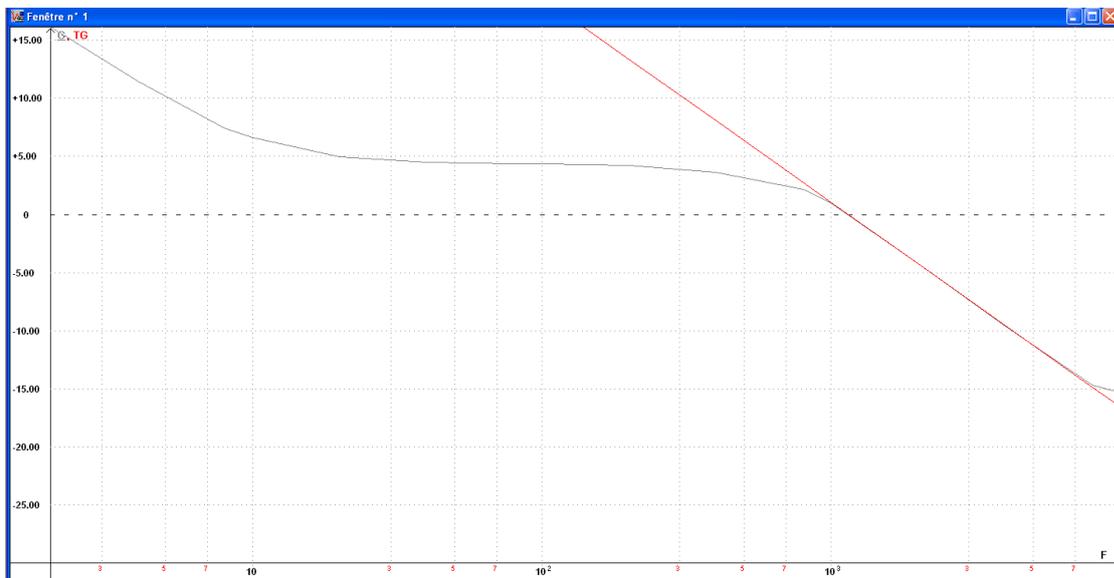


Dans ce montage, il y a quatre parties : tout d'abord la génération de signaux triangulaires, ensuite la modulation du signal en largeur d'impulsion grâce au comparateur , puis la transmission du signal,(ici , ça n'a pas été réalisé par fibre optique) et enfin la démodulation du signal. Nous avons comparé deux signaux : notre signal d'entrée avant le comparateur A3 et notre signal en sortie , en bout de chaine. Nous avons visualisé ces signaux à l'oscilloscope. Avant le comparateur A3, nous avons une tension sinusoïdale de référence U qui peut être comparé à un signal triangulaire V ; après le comparateur, nous avons en sortie un signal rectangulaire. Ceci est le résultat de la modulation en largeur d'impulsion. Voici un schéma qui illustre parfaitement ce phénomène (en haut avant comparateur, en bas après comparateur)



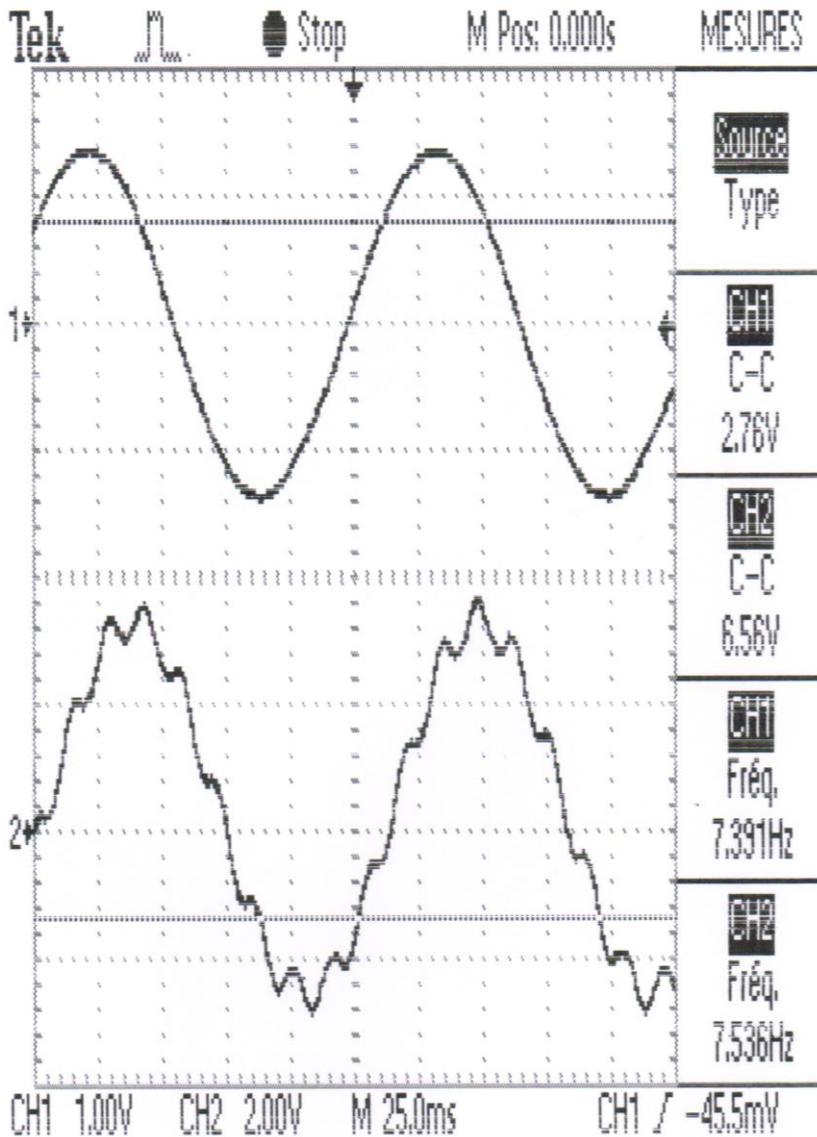
Avant d'étudier ce montage dans son intégrité, nous avons commencé par vérifier chaque étape du montage : que nous obtenions bien des signaux triangulaires avant l'entrée dans le comparateur A3 ; que le signal en sortie de A3 était bien rectangulaire ; enfin nous avons vérifié le filtre passe bas qui sert à la démodulation. Nous avons par exemple étudié l'amplification et la saturation au niveau du filtre passe bas seul. Pour cela, nous avons fait varier la tension (valeur crête à crête) en entrée, et nous avons mesuré la tension (toujours crête à crête) en sortie. Puisque nous travaillons sur des valeurs réelles ,pour chaque couple de mesures (U_e, U_s), $H = U_s/U_e$ correspond au rapport des deux signaux en tension , c'est-à-dire à l'amplification. Nous avons remarqué une amplification aux alentours de 1, ce qui est conforme à la théorie : le signal en sortie en supposé identique à celui injecté en entrée. Malheureusement nous n'avons pas gardé la trace de nos mesures nous ne pouvons donc illustrer notre propos. Concernant la ligne de transmission, ici nous n'avons pas utilisé la fibre optique puisque nous sommes restés dans des gammes de fréquences assez faibles (pas au delà de 10 KHz) .

Nous avons ensuite fait varier la fréquence : nous avons mesuré en conséquence les tensions crête à crête en entrée (avant comparateur) et en sortie (en bout de chaine). Le professeur nous a orienté dans le choix des mesures et nous avons choisi cette gamme de fréquences à mesurer : 1, 2,4,8,10,20,40,80,100,200,400,800,1 K, 2K ,4K ,8K ,10K .(Hertz) . De là, nous en avons déduit G qui est le gain, et on rappelle que $G = 20 \log (|H|)$. Ainsi que la courbe du Gain dans le diagramme de Bode :



Nous avons également fait quelques captures à l'écran de l'oscilloscope : on peut ainsi visualiser les signaux qui sont similaires à l'entrée et à la sortie conformément à ce que nous voulions obtenir , et on a pu observer pour certaines fréquences une résiduelle due à la modulation justement. Le signal situé en haut est le signal à l'entrée, le signal en bas celui à la sortie.

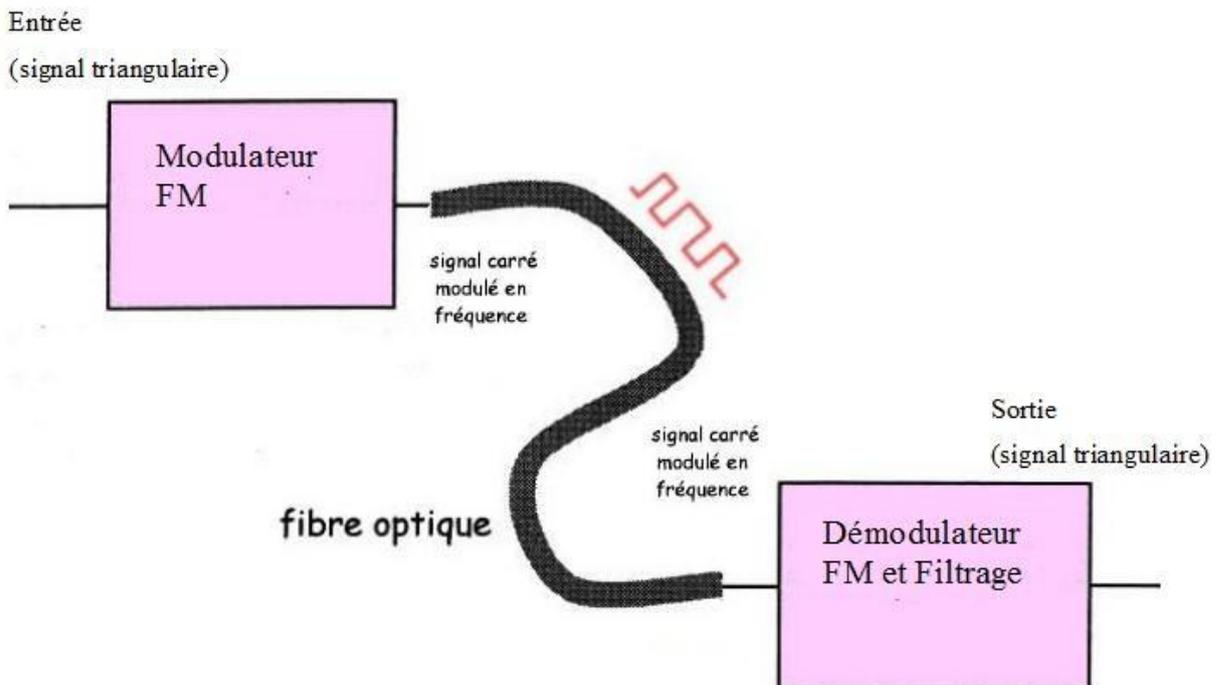
Signaux obtenus pour une fréquence imposée de 8 Hz :



$$f = 8 \text{ Hz}$$

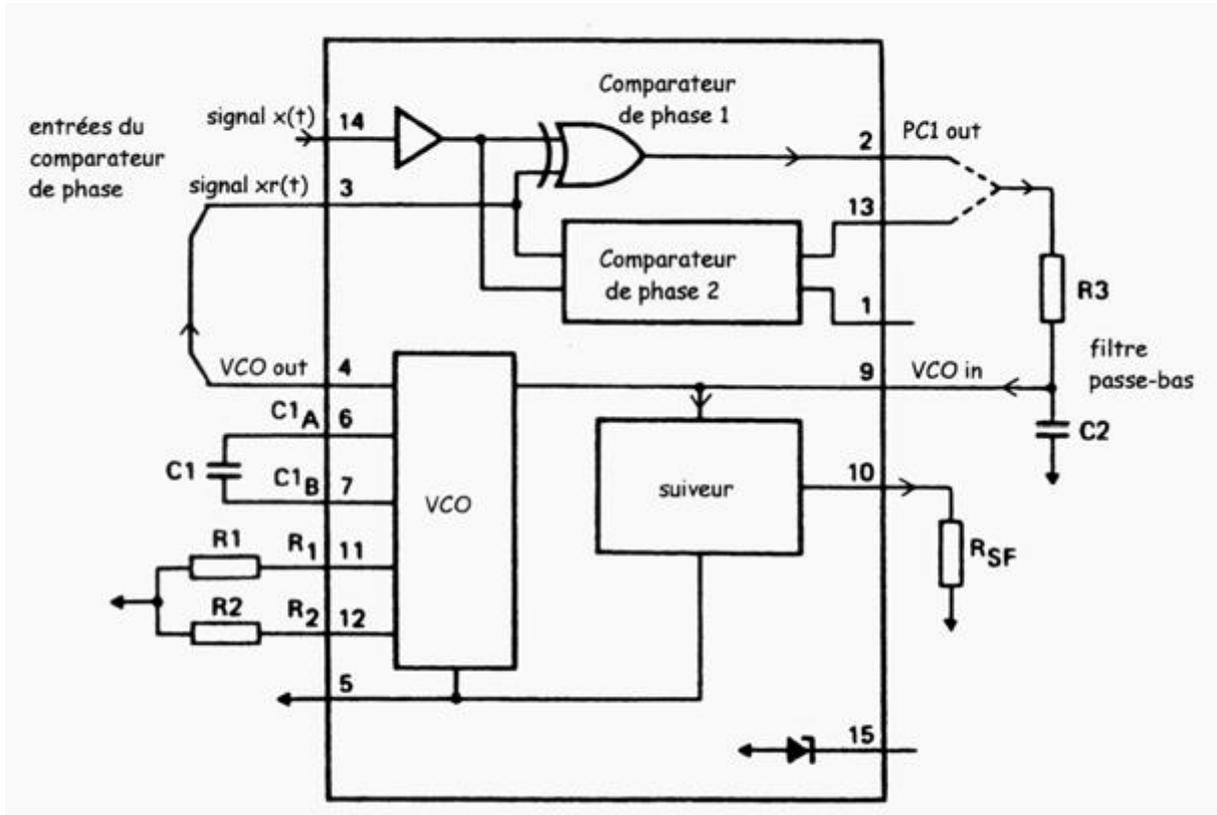
3.3. Transmission de signaux par modulation de fréquence

Dans cette seconde partie de notre projet, nous avons fait de la modulation de fréquence grâce à un VCO, une fibre optique et d'autres composants (notamment le 4046). L'utilisation d'une fibre optique permet de transporter un signal sur de grandes distances avec une très bonne immunité aux parasites. Le signal optique qui y transite est insensible aux perturbations électromagnétiques. Sur une fibre optique, le signal n'est jamais transmis de manière **analogique**. Il circule sous la forme d'impulsions lumineuses, avec un débit qui peut être très élevé (plusieurs dizaines de G bits/s). Donc, on se propose d'étudier la transmission d'un signal **triangulaire** à travers une fibre optique. Voici un schéma de transmission :



Attention : la fibre optique est fragile... ne pas la manipuler inutilement et toujours avec soin.

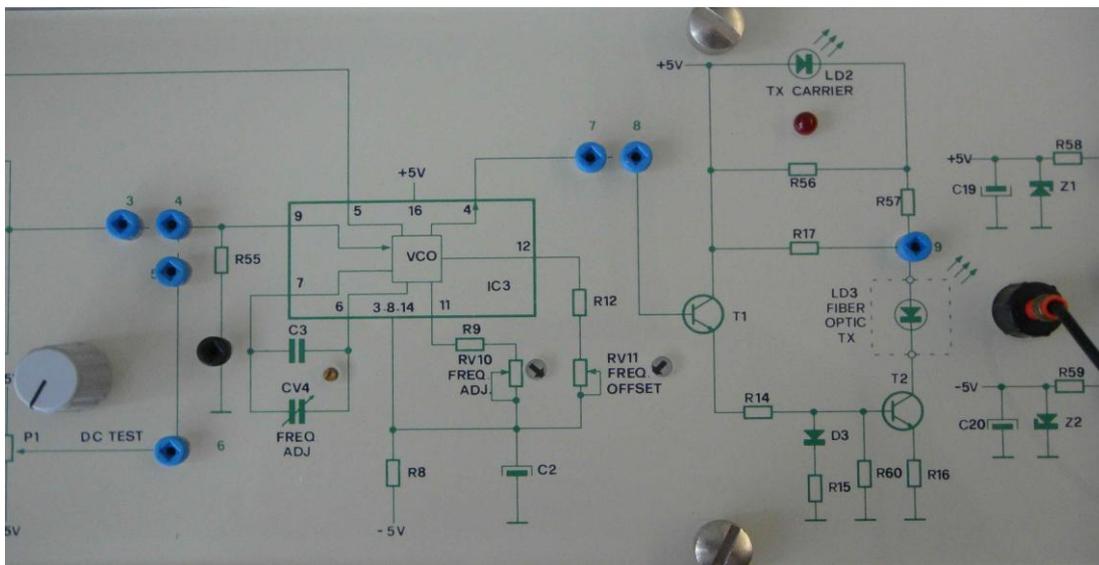
3.3.1. Composants associés au CD4046



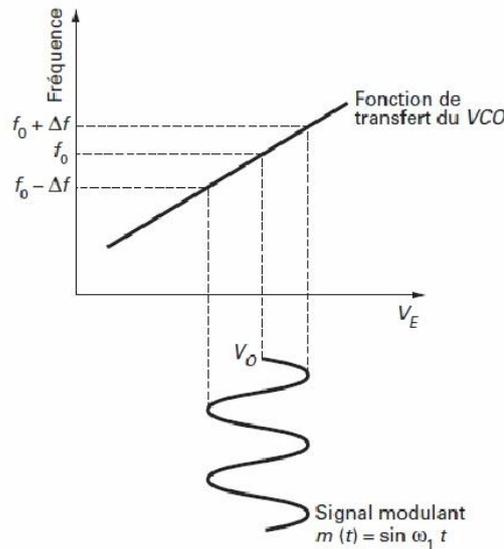
Le modulateur ainsi que le démodulateur à verrouillage de phase sont construits autour d'un CD4046 qui contient un VCO, deux types différents de comparateurs de phase et un suiveur de tension.

3.3.2. Étude du VCO

Le VCO (voltage controlled oscillator), est l'oscillateur contrôlé en tension. Il est une partie du modulateur et démodulateur. Le schéma du VCO au CD4046 est le suivant:



Nous avons fait un montage pour voir la caractéristique du VCO. Il faut relier 4 et 5. Nous avons appliqué une tension +15V à la droite de R58 et -15V à la droite de R59, régler la résistance ajustable P (on a mesuré la tension de P est entre -5V et +5V). Ensuite, on a relevé la fréquence de la sortie 9 en fonction de la tension de P et tracer la caractéristique du VCO. Les données suivantes sont les données de ce montage et le schéma de la caractéristique du VCO. La théorie nous informe que la fréquence est proportionnelle à la tension en entrée, et que nous devrions obtenir une courbe de ce type :

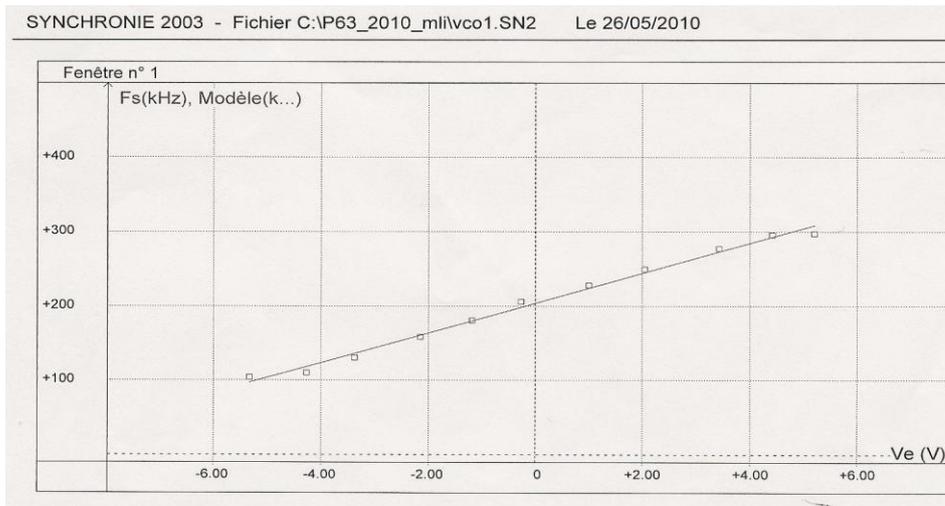


Nous avons obtenu une courbe qui se rapproche d'une droite d'équation $y = ax + b$ avec a proche de 1 et b proche de 0. La pratique confirme donc la théorie : la fréquence mesurée en sortie est proportionnelle à la tension injectée en entrée.

Tableur des valeurs mesurées :

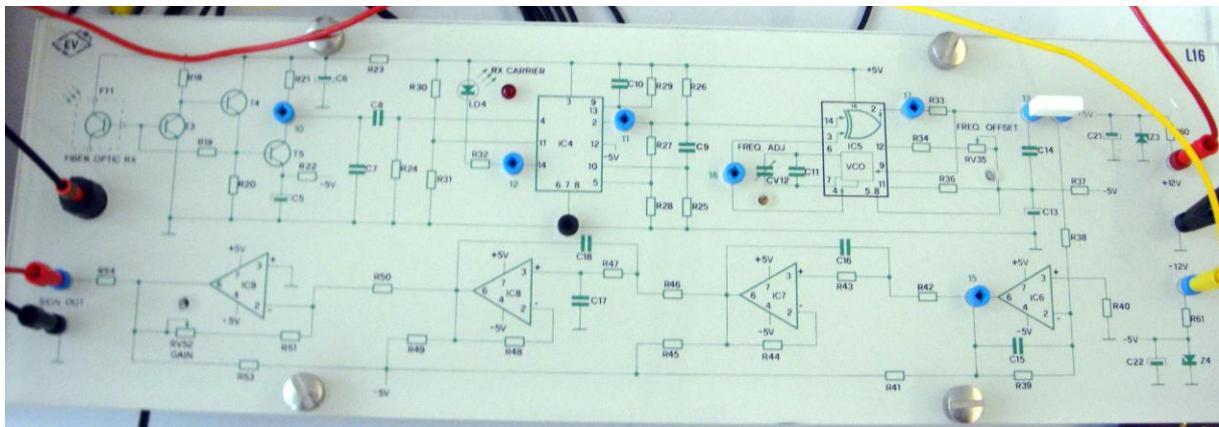
Nom	Ve	Fs	Modèle
Unité	V	Hz	?
Etat	[Modifiable]	[Modifiable]	[Modifiable]
1	-5.33 V	104 kHz	96.8E3
2	-4.26 V	110 kHz	118E3
3	-3.38 V	130 kHz	136E3
4	-2.15 V	159 kHz	161E3
5	-1.18 V	181 kHz	180E3
6	-260 mV	206 kHz	199E3
7	1.01 V	228 kHz	224E3
8	2.05 V	249 kHz	245E3
9	3.44 V	277 kHz	273E3
10	4.42 V	295 kHz	293E3
11	5.21 V	297 kHz	309E3

Fonction tracée sur Synchronie :

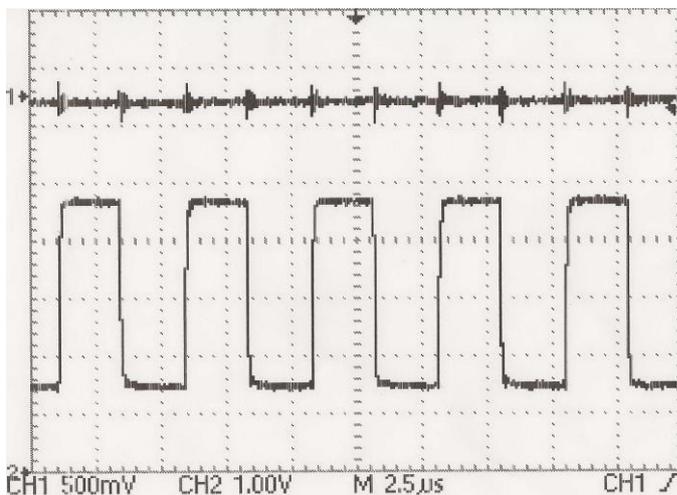


3.3.3. Fonctionnement de la chaîne de transmission complète

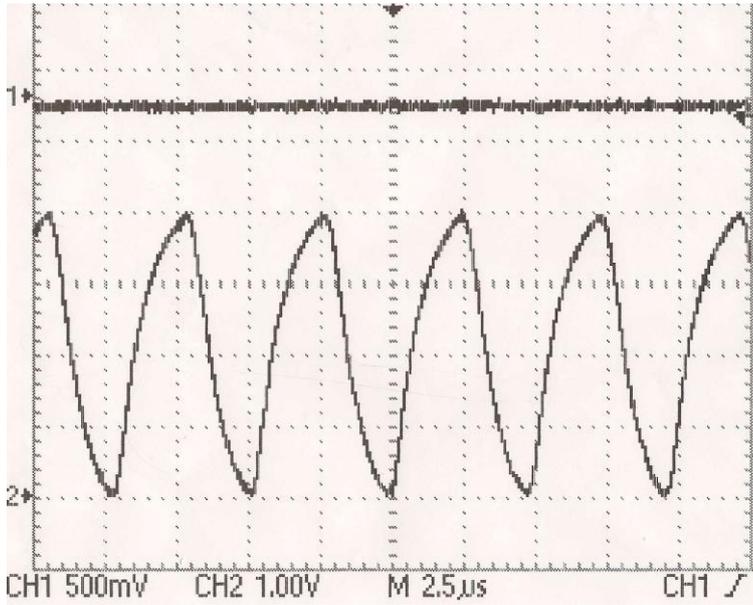
Dans cette partie, nous avons fait le montage dans son intégralité (pas seulement la partie VCO) en utilisant tous les matériaux précédents. Sur le modulateur, relier 3 et 4, et injecter à l'entrée un signal triangulaire d'amplitude 1.44V(CH1). Et relier les 2 circuits avec la fibre optique qu'on utilise avec précaution.



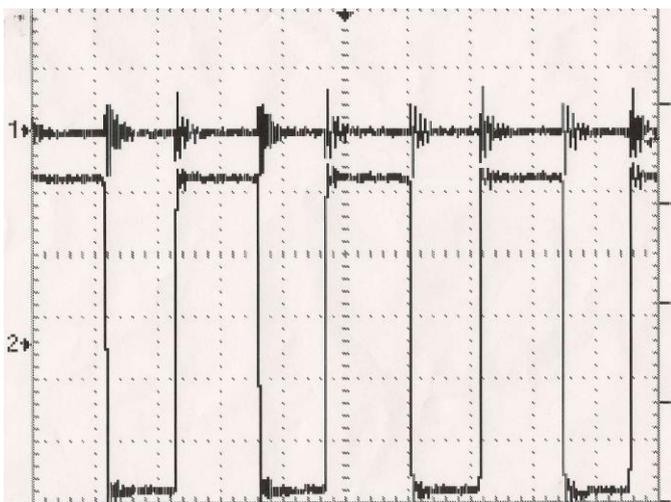
C'est un schéma du démodulateur et du filtre. Ensuite, nous avons observé les images sur les positions(CH2) 1)avant fibre optique/après modulation ;2)après fibre optique;3)avant démodulation;/4)après démodulation ;5)après filtrage/signal à la sortie.



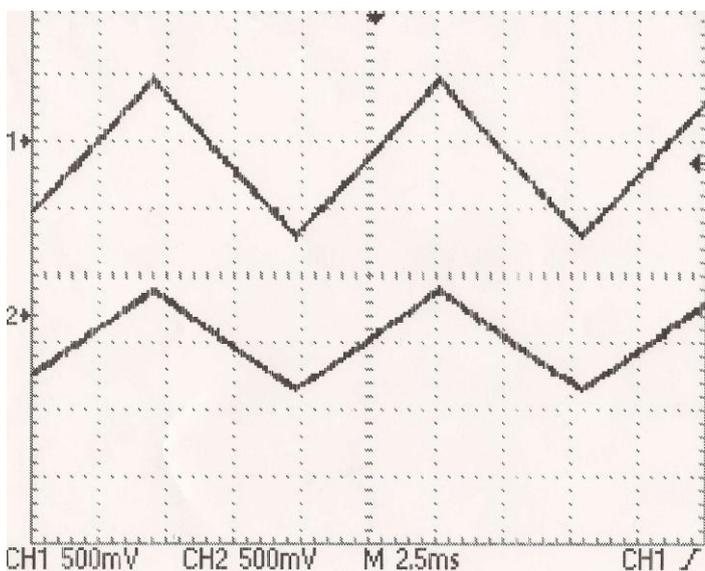
1)Le signal est modulé après le modulateur. Il va entrer dans la fibre optique.



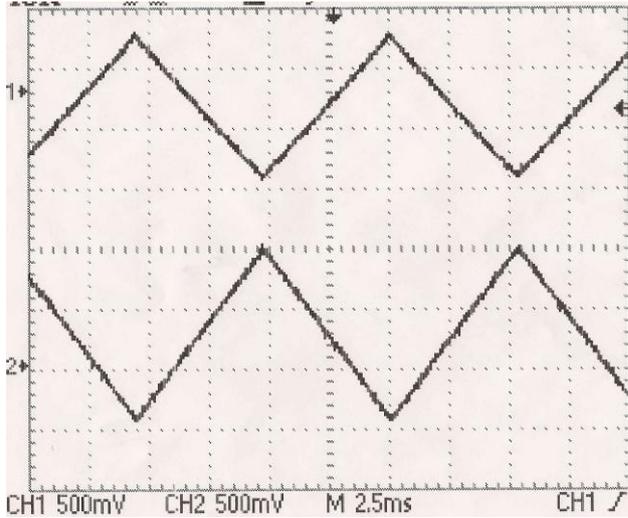
2)Après la fibre optique, on a trouvé qu'il existe la distorsion.



3) Le signal avant le démodulateur.



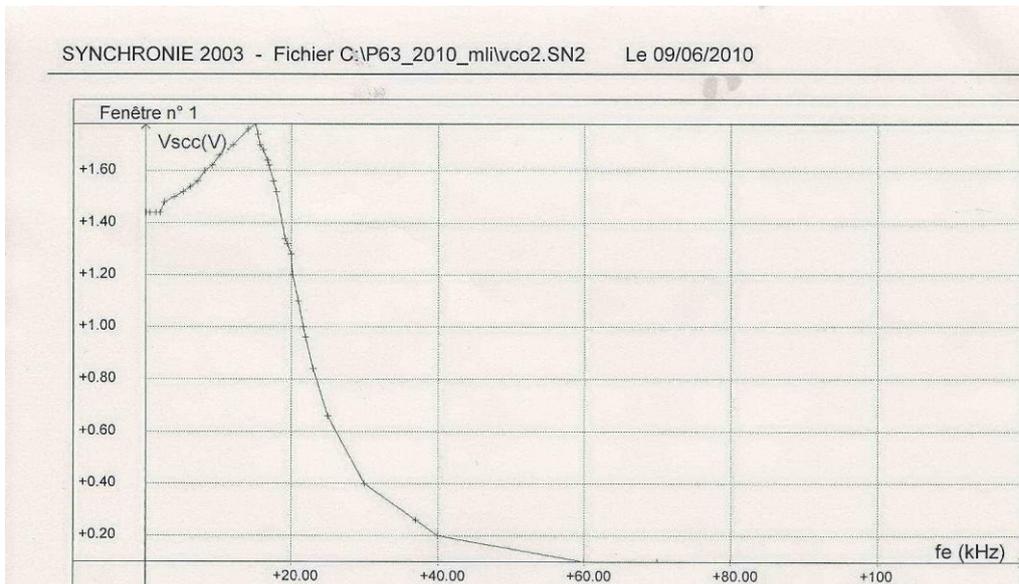
4)Le signal après le démodulateur. Le signal devient triangulaire.



5) Le signal après le filtrage/à la sortie. Le signal devient similaire à CH1.

Après, nous avons de nouveau régler la fréquence à l'entrée utilisant la générateur. Et puis on a mesuré la tension à la sortie . Voici les données de ce montage et la courbe obtenue :

Nom	Vecc	fe	Vscc	19	1.44 V	15.8 kHz	1.70 V
Unité	V	Hz	V	20	1.44 V	16.2 kHz	1.68 V
Elat	[Modifiable]	[Modifiable]	[Modifiable]	21	1.44 V	16.8 kHz	1.64 V
1	1.44 V	60.3 Hz	1.44 V	22	1.44 V	17.0 kHz	1.62 V
2	1.44 V	102 Hz	1.44 V	23	1.44 V	17.6 kHz	1.56 V
3	1.44 V	615 Hz	1.44 V	24	1.44 V	18.0 kHz	1.52 V
4	1.44 V	1.45 kHz	1.44 V	25	1.44 V	19.2 kHz	1.34 V
5	1.44 V	2.02 kHz	1.44 V	26	1.44 V	19.5 kHz	1.32 V
6	1.44 V	2.60 kHz	1.48 V	27	1.44 V	20.0 kHz	1.28 V
7	1.44 V	4.00 kHz	1.50 V	28	1.44 V	20.2 kHz	1.20 V
8	1.44 V	5.20 kHz	1.52 V	29	1.44 V	21.0 kHz	1.10 V
9	1.44 V	6.20 kHz	1.54 V	30	1.44 V	21.7 kHz	1.00 V
10	1.44 V	7.20 kHz	1.56 V	31	1.44 V	22.0 kHz	960 mV
11	1.44 V	8.20 kHz	1.60 V	32	1.44 V	23.0 kHz	840 mV
12	1.44 V	9.20 kHz	1.62 V	33	1.44 V	25.0 kHz	660 mV
13	1.44 V	10.2 kHz	1.66 V	34	1.44 V	30.0 kHz	400 mV
14	1.44 V	11.2 kHz	1.68 V	35	1.44 V	37.0 kHz	260 mV
15	1.44 V	12.1 kHz	1.70 V	36	1.44 V	40.0 kHz	200 mV
16	1.44 V	14.2 kHz	1.76 V	37	1.44 V	60.0 kHz	100 mV
17	1.44 V	15.2 kHz	1.78 V	38	1.44 V	70.0 kHz	100 mV
18	1.44 V	15.5 kHz	1.74 V	39	1.44 V	80.0 kHz	100 mV



4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Grâce à ce projet, nous avons pu mieux appréhender ce phénomène de modulation : on en entend souvent parler mais on ne sait pas à quoi cela correspond forcément ; les expérimentations et les recherches effectuées au cours de ce semestre nous ont donc permis d'approfondir nos connaissances sur la modulation en général, et nous ont fait découvrir la modulation de largeur d'impulsion que nous ne connaissions pas auparavant. La deuxième partie du projet, c'est-à-dire la modulation de fréquence nous a permis de mettre en application les connaissances vues en P3 par exemple ou lors des projets de P6-1. Bien que nous ayons eu quelques difficultés lors des premières séances quant à la direction à prendre pour notre projet, nous sommes parvenu à l'aide du professeur à nous gérer. Nous avons aussi pu mieux comprendre à utiliser et manipuler le matériel électronique et informatique : jusque là, lors des TP effectués en P6-1 et P6-2 par exemple tout était guidé et préparé ; là nous avons du nous débrouiller seuls, aller chercher le bon matériel, régler les oscilloscopes, trouver des montages qui conviennent, faire de bonnes manipulations et savoir reconnaître les valeurs aberrantes. Même si le professeur était là pour nous encadrer nous avons gagné en autonomie en faisant face « seuls » à des problèmes logistiques ou techniques ; en effet plus tard lors de notre réelle situation en entreprise nous devrons être capable de gérer de type d'aléas sans nécessairement se référer à un supérieur.

D'une manière générale ce projet de physique nous aura donc en partie servi à utiliser et enrichir nos connaissances théoriques pour les appliquer et les développer dans une approche expérimentale, ainsi qu'à nous faire manipuler ; ce que finalement nous ne faisons que trop rarement (si on fait le ratio nombres d'heures de TP/nombres d'heures de cours total) lors de ce premier cycle à l'INSA.

Nous avons déjà eu l'occasion de travailler en groupe mais ce projet qui a une optique différente des projets précédemment réalisés (projet mathématique ou informatique par exemple) était également enrichissant puisque nous étions 6 étudiants de trois nationalités différentes(3 étudiants chinois, deux étudiants vietnamiens et une étudiante française) : malgré la barrière de la langue nous avons réussi à communiquer et à nous comprendre mutuellement bien que cela n'eût pas toujours été facile.

Enfin, nous tenons à remercier Mr Guillotin pour son aide et les explications qu'il a pu nous fournir tout au long de ce projet.

5. BIBLIOGRAPHIE

[. http://fr.wikipedia.org/wiki/Modulation_de_fr%C3%A9quence](http://fr.wikipedia.org/wiki/Modulation_de_fr%C3%A9quence)

<http://nobo728x.free.fr/index.php?page=fibre>

<http://www.techniques-ingenieur.fr/book/e3967niv10001/modulations-mli-et-mpi/modulation-de-largeur-d-impulsions.html>

http://fr.wikipedia.org/wiki/Oscillateur_contr%C3%B4l%C3%A9_en_tension

http://fr.wikipedia.org/wiki/Modulation_du_signal

http://fr.wikipedia.org/wiki/Modulation_de_fr%C3%A9quence

http://fr.wikipedia.org/wiki/Modulation_de_largeur_d%27impulsion

http://www.sonelec-musique.com/electronique_bases_modulation_largeur_impulsion.html

http://pagespersoorange.fr/avrj.cours/Cours/SE_021_Modulatio%20analogiques%20d%27impulsions.pdf

http://fr.wikipedia.org/wiki/Fibre_optique

<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/26873/TI/CD4046.html>

Module L15-16 : « système de communication par fibres optiques »

6. ANNEXES

6.1. Documents techniques

Fiche technique (datasheet) du CD4046 utilisé dans la deuxième partie de notre projet.

<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/26873/TI/CD4046.html>

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

Conception d'une radio

Contrôle d'un moteur par MLI

Principe du tube cathodique pour la télévision

