



INSTITUT
NATIONAL
des SCIENCES
APPLIQUÉES



Projet de Physique P6-3
STPI/P6-3/2008 – 29

Nom des étudiants

Mathieu CHATAIGNER Mouad BOUNAILAT
Mathieu FRESQUET Saâd MACHRAOUI

Enseignant(s)-responsable(s) du projet
Mr François GUILLOTIN



INTITULE DU PROJET



À TAILLE
HUMAINE
À L'ECHELLE
DU MONDE

Cette page est laissée intentionnellement vierge.

Date de remise du rapport : **24/06/2008**

Référence du projet : **STPI/P6-3/2008 – 29**

Intitulé du projet :

Modulation et démodulation AM FM MLI pour la transmission par ondes hertziennes et par fibre

Type de projet : **expérimental**

Objectifs du projet (10 lignes maxi) :

Comprendre le principe de la transmission d'un signal musical par porteuse.

TABLE DES MATIERES.

1. Introduction.....	6
2. Méthodologie / Organisation du travail.....	6
3. Travail réalisé et résultats.....	6
3.1. Construction et étude d'un montage MLI.....	6
3.1.1. Construction et réglages du montage.....	6
Nous avons réalisé un montage à modulation de largeur d'impulsion afin de pouvoir faire varier la vitesse d'un moteur grâce à une tension de commande, voir annexe.....	6
3.1.2. Etude du montage MLI.....	7
3.2. Modulation, démodulation avec filtre passe bas et Sallen et Key:.....	10
3.2.1. Montage avec filtre passe bas du 2eme ordre.....	11
3.2.2. Montage avec Sallen et Key.....	13
4. Conclusions et perspectives.....	14
5. Bibliographie.....	16
6. Annexes (non obligatoire).....	17
6.1. Documentation technique.....	17
6.2. Listings des programmes réalisés.....	17
6.3. Schémas de montages, plans de conception... ..	17
6.4. Propositions de sujets de projets (en lien ou pas avec le projet réalisé).....	23

NOTATIONS, ACRONYMES.

Ao: Amplificateur opérationnel

Mli : modulation de largeur d'impulsion

R[numero] : resistance

C[numero] : condensateur

1. INTRODUCTION.

La modulation et la démodulation sont une étape dans la communication d'une information entre deux utilisateurs. Par exemple, pour faire communiquer deux utilisateurs de courriels par une ligne téléphonique, des logiciels, un ordinateur, des protocoles, un modulateur et un démodulateur sont nécessaires. La ligne téléphonique est le canal de transmission, sa bande passante est réduite, il est affecté d'atténuation et de distorsions. La modulation convertit les informations binaires issues des protocoles et des logiciels, en tension et courant dans la ligne. Le type de modulation employé doit être adapté d'une part au signal (dans ce cas numérique), aux performances demandées (taux d'erreur), et aux caractéristiques de la ligne.

La modulation permet donc 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 requise par les autres couches du système.

2. MÉTHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL.

On a divisé notre groupe de 4 en 2 binômes, un binôme qui a étudié la modulation et démodulation, et l'autre chargé d'appliquer un montage MLI à un moteur. Dans les 2 binômes, nous avons fait le montage d'un MLI soit avec un moteur soit avec des filtres passe bas.

Nous avons dû changer nos créneaux prévus pour le projet, car une des séances était pendant les TP des premières années, par conséquent nous avons des problèmes de logistique.

3. TRAVAIL RÉALISÉ ET RÉSULTATS.

3.1. Construction et étude d'un montage MLI.

3.1.1. Construction et réglages du montage.

Nous avons réalisé un montage à modulation de largeur d'impulsion afin de pouvoir faire varier la vitesse d'un moteur grâce à une tension de commande, voir annexe.

Nous avons pris R2 et R3 élevés pour faire baisser la tension dans les AO car ils supportent mal les hautes tensions. Par conséquent nous avons baissé C1 afin de garder le même rapport R1C. De même le rapport R2/R3 reste identique, en effet il influe sur le seuil du générateur de signal triangulaire. Tous ces réglages ont permis également d'obtenir un signal rectangulaire correct en sortie de A3, le comparateur grâce à une fréquence pas trop élevée.

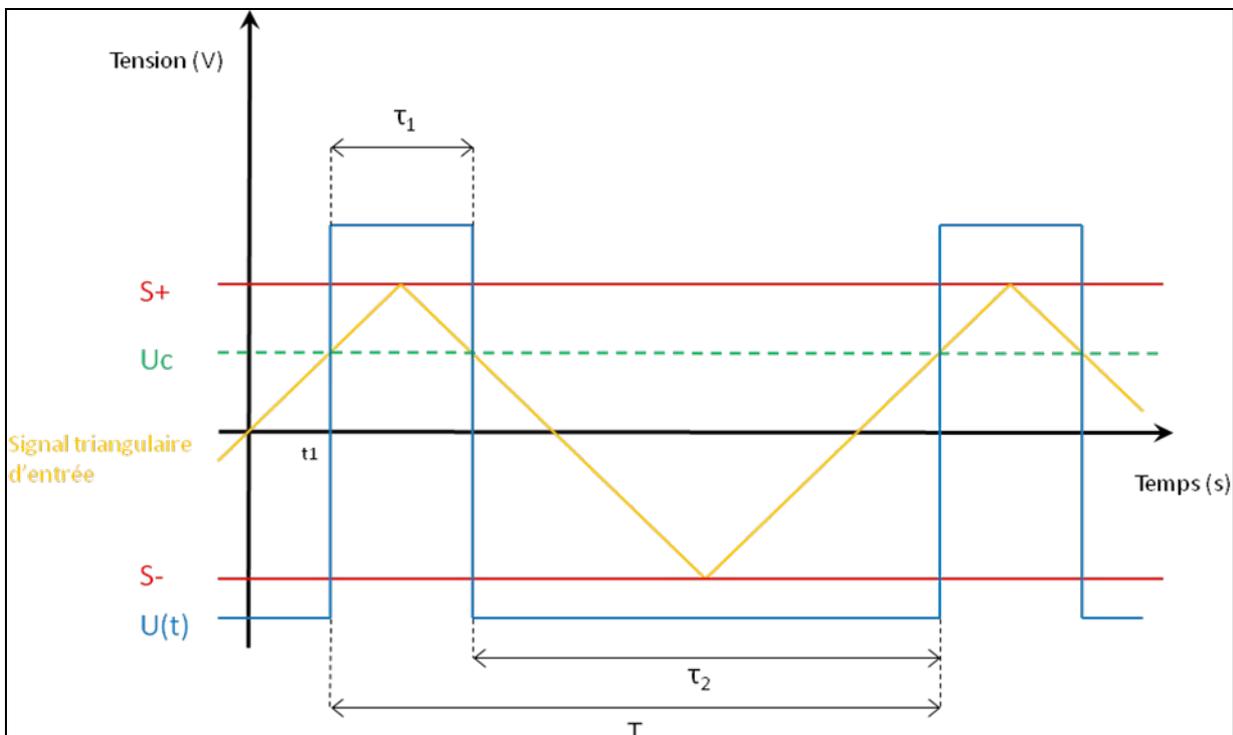
Une fois le montage et les réglages réalisés afin d'obtenir une modulation maximum, nous avons mesuré cette variation de fréquence sur le moteur. Nous avons donc mesuré le nombre de tours par minute du moteur, grâce à une fourche optoélectronique, pour plusieurs valeurs de tension de commande, modifiées par le potentiomètre.

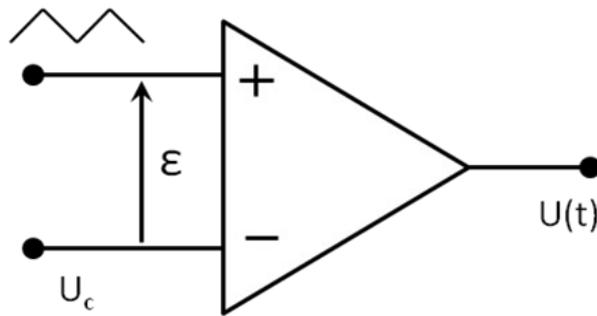
3.1.2. Etude du montage MLI.

Tout d'abord quel est l'avantage d'un montage MLI ? Un montage par commande à tension constante ou par potentiomètre a un rendement faible (50% - 60%), beaucoup de dissipation de puissance et de plus les variations de vitesse du moteur sont légères. Un montage MLI quant à lui, a pour avantage la "découpe" de la tension continue et ne perd de la puissance qu'au moment où la tension monte à son maximum, et au moment où elle redescend à son minimum. Aucune (ou très faible) perte de puissance à l'état bas ou à l'état haut. Et là, si on est perdant côté nombre de composants nécessaires, on est vraiment gagnant côté rendement et perte d'énergie. De plus on peut commander sans difficulté la vitesse d'un moteur de 0 à 100%.

Afin de justifier notre montage, nous avons voulu démontrer que la moyenne de tension $u(t)$ en sortie est bien proportionnel à celle de commande u_c .

Graphique théorique des différentes tensions de références :





Comparteur.

On a :

$$Pente = \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

U_c : tension variable en entrée négative du comparateur.

S^+, S^- : extrémums de la tension en triangle en entrée positive du comparateur.

U_t : tension de sortie du comparateur.

ε : tension entre l'entrée positive et l'entrée négative du comparateur.

Avec les données du graphique :

$$Pente = \frac{S^+ - S^-}{\frac{T}{2}}$$

De même :

$$Pente = \frac{S^+ - U_c}{\frac{\tau_1}{2}}$$

$$Pente \times \frac{\tau_1}{2} = (S^+ - U_c)$$

Donc :

$$\tau_1 = 2 \times \frac{(S^+ - U_c)}{Pente}$$

$$\tau_1 = 2 \times \frac{S^+ - U_c}{\frac{S^+ - S^-}{\frac{T}{2}}} = 2 \times \frac{S^+ - U_c}{2 \times \frac{S^+ - S^-}{T}}$$

$$\tau_1 = T \times \frac{S^+ - U_c}{S^+ - S^-}$$

En sortie du comparateur, on obtient une tension rectangulaire sous la forme :

$$U(t) = \text{signe}(\varepsilon) \cdot V_{sat}$$

On cherche maintenant la valeur moyenne de cette tension de sortie :

$$U_{moyen} = \frac{1}{T} \left(\int_{t_1}^{t_1+\tau_1} V_{sat} dt + \int_{t_1+\tau_1}^{t_1+T} -V_{sat} dt \right)$$

(Car $U(t)$ est une fonction périodique de période T)

V_{sat} ne dépend pas de t , on peut donc écrire :

$$U_{moyen} = \frac{1}{T} \left([V_{sat} \cdot t]_{t_1}^{t_1+\tau_1} + [-V_{sat} \cdot t]_{t_1+\tau_1}^{t_1+T} \right)$$

$$U_{moyen} = \frac{1}{T} \left(V_{sat} \cdot ((t_1 + \tau_1) - t_1) - V_{sat} \cdot ((t_1 + T) - (t_1 + \tau_1)) \right)$$

$$U_{moyen} = \frac{1}{T} (V_{sat} \cdot \tau_1 - V_{sat} \cdot (T - \tau_1))$$

$$U_{moyen} = \frac{1}{T} (V_{sat} \cdot \tau_1 + V_{sat} \cdot (\tau_1 - T))$$

$$U_{moyen} = V_{sat} \cdot \frac{(2\tau_1 - T)}{T}$$

$$U_{moyen} = V_{sat} \cdot \left(\frac{2\tau_1}{T} - 1 \right)$$

Or

$$\tau_1 = T \times \frac{S^+ - U_c}{S^+ - S^-}$$

Ainsi

$$U_{moyen} = V_{sat} \cdot \left(\frac{2T \times \frac{S^+ - U_c}{S^+ - S^-}}{T} - 1 \right)$$

$$U_{moyen} = V_{sat} \cdot \left(\frac{2 \times (S^+ - U_c) - (S^+ - S^-)}{S^+ - S^-} \right)$$

$$U_{moyen} = V_{sat} \cdot \left(\frac{S^+ - 2 \cdot U_c + S^-}{S^+ - S^-} \right)$$

$$U_{moyen} = \frac{V_{sat} \cdot (S^+ + S^-)}{S^+ - S^-} - 2 \cdot \frac{V_{sat}}{S^+ - S^-} \cdot U_c$$

V_{sat}, S^+, S^- étant des constantes, on a donc montré que U_{moyen} n'est que fonction de U_c .

Enfin la courbe du nombre de tour par minute en fonction du temps et sa modélisation, en annexe, montre que la variation de la fréquence du moteur en fonction de la tension de commande est de forme exponentielle : $y = 26 - 16.9 \times e^{(-x-5.8)/6.5}$ et on peut remarquer que le montage permet de moduler de 0 à saturation du moteur.

3.2. Modulation, démodulation avec filtre passe bas et Sallen et Key:

La **modulation d'amplitude** est une technique utilisée pour moduler un signal. Elle consiste en la multiplication du signal à moduler par un signal de fréquence plus élevée.

La modulation d'amplitude consiste à faire varier l'amplitude d'un signal de fréquence élevée en fonction d'un signal de basse fréquence. Ce dernier est celui qui contient l'information à transmettre (voix, par exemple, recueillie par un microphone), le premier étant le signal porteur (qu'on appelle porteuse).

Le principe est simple : il repose sur la multiplication du signal porteur par le signal de basse fréquence (signal modulant) assujéti à un décalage (offset) judicieusement choisi.

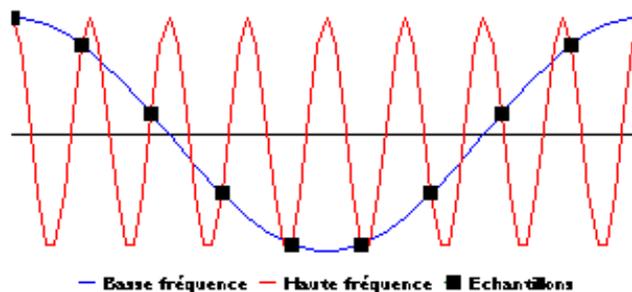
Cette expression du signal de sortie peut paraître bien abstraite. Regardons donc à quoi ressemble le graphe de ce signal.



Le signal de la porteuse $v_p(t)$ est quant à elle de fréquence élevée. Ainsi, elle sera facilement diffusable . Son allure est la suivante :



Echantillonnage



La fonction de transfert du sallen et key est comme suit :

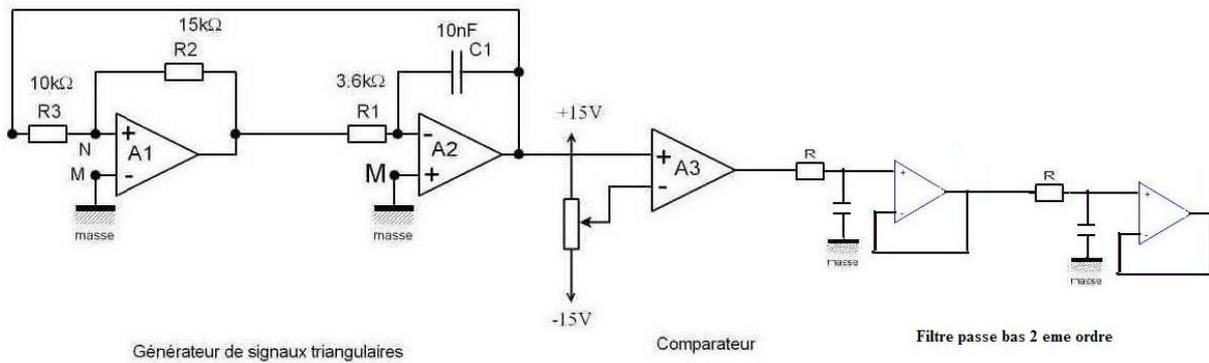
$$H(s) = \frac{1}{1 + C_2(R_1 + R_2)s + C_1C_2R_1R_2s^2}$$

Avec: $R_2=R_1=R$ et $C_1=C_2=C$

3.2.1. Montage avec filtre passe bas du 2eme ordre.

Pour les vérification d'amplification et les diagrammes de Bode on effectue les tests sur les filtres seuls

Le montage réalisé avec un filtre passe bas :



On vérifie en premier l'amplification et la saturation.

Pour l'amplification on a mesure les tensions d'entrée et sortie (crête a crête), puis on a calcule la fonction de transfert H :

$$H = U_s / U_e$$

Nom	ent (c-c)	sort (c-c)	H
Unité	v	v	
1	2	2,84	1,42
2	4	5,6	1,4
3	6	8,48	1,41
4	8	11,3	1,43
5	10	14,2	1,42
6	12	17,2	1,43

On remarque que les valeurs de la fonction de transfert sont a peu près égales.

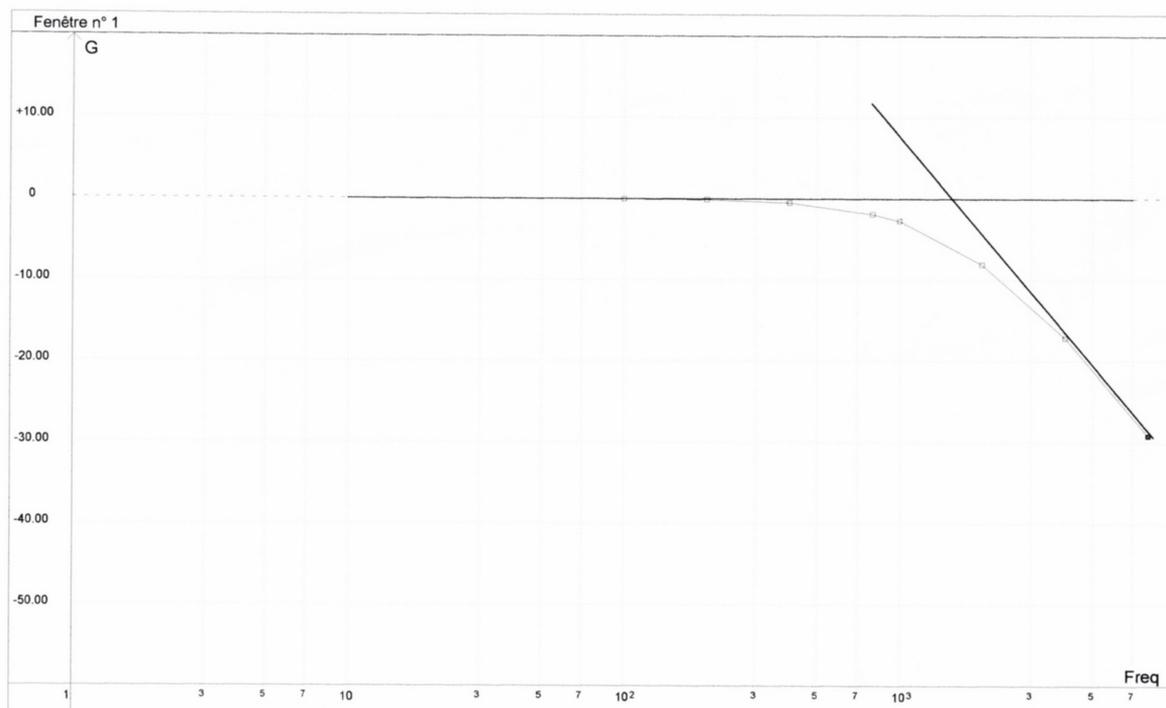
On branche un oscilloscope a la sortie et on fait varier la fréquence par décade de 10 hz jusqu'à 8000 hz, et on calcule la fonction de transfert ainsi que le gain qui nous menera a dessiner le diagramme de Bode , ainsi nous avons trouvé la fréquence de coupure égale à 1,6 Khz , que nous allons verifier par la suite avec le montage en remplaçant le filtre passe bas par un Sallen et Key.

on remarque qu'à 10 Khz un changement de fréquence ceci est Le **théorème de Nyquist-Shannon**, nommé d'après **Harry Nyquist et Claude Shannon**, énonce que la fréquence d'échantillonnage d'un signal doit être égale ou supérieure au double de la fréquence maximale contenue dans ce signal, afin de convertir ce signal d'une forme analogique à une forme numérique Ce théorème est à la base de la conversion numérique des signaux, en d'autres termes c'est le repliement de spectre par échantillonnage.

On remarque la même chose pour les fréquences 20,30,40 ...

Diagramme de Bode pour le schéma avec filtre basse bas du 2eme ordre:

SYNCHRONIE 2003 - Fichier C:\WINDOWS\Bureau\p6-3\sallen.SN2



1/1

$$\text{eq: } y = a \cdot x + b$$

$$\text{avec } a = -41,09 \text{ et } b = 125,6$$

Avec cette valeur de a on peut deduire que nos me mesures sont justes puisqu il est proche de 40.Ce qui correspond a un filtre passe bas du deuxieme ordre.

Nous avons trouvé que notre fréquence de coupure est: $F_c = 1,6 \text{ Khz}$.

3.2.2. Montage avec Sallen et Key.

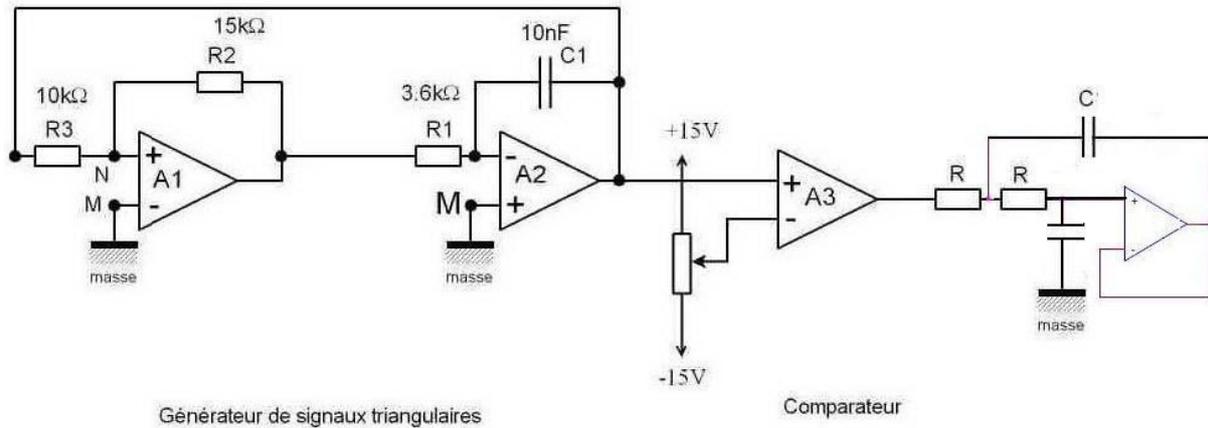


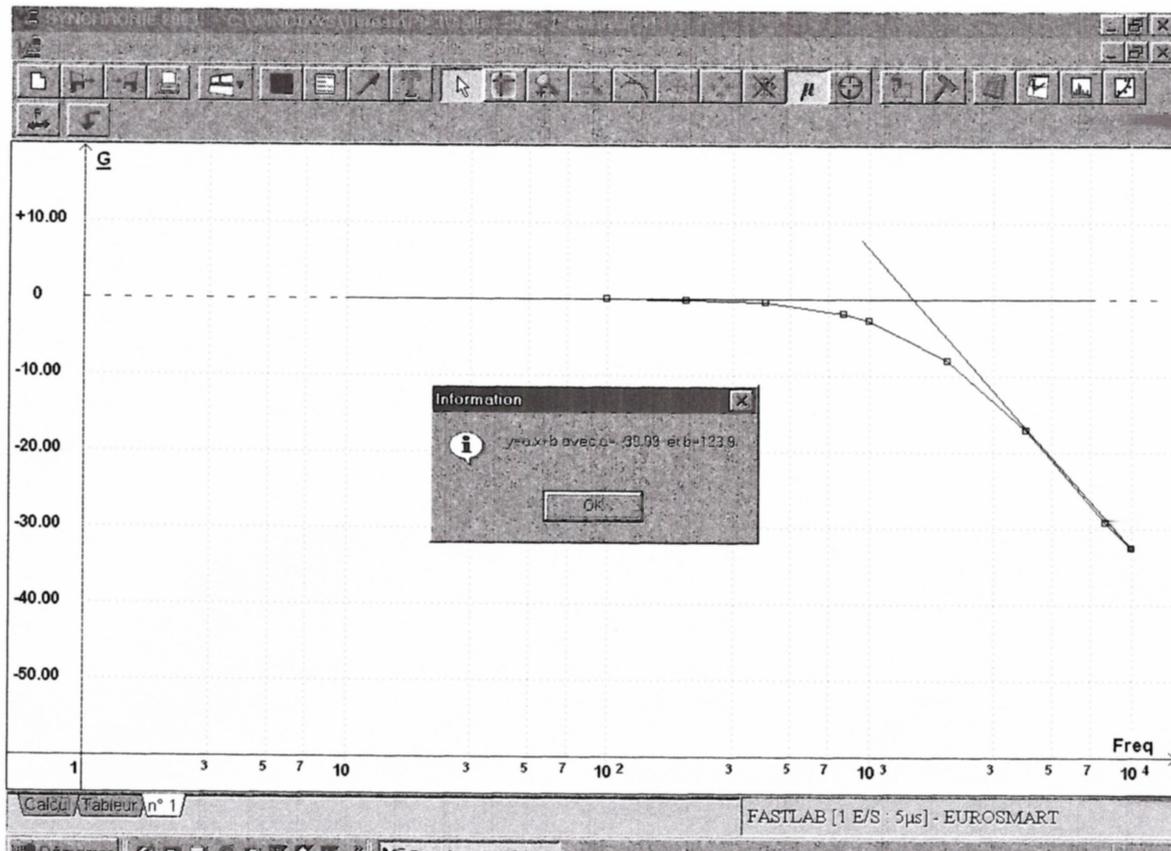
Tableau des valeurs pour le diagramme de bode avec le schema avec sallen et key:

SYNCHRONIE 2003 - Fichier C:\WINDOWS\Bureau\IP6-3\sallen.SN2

Nom	E	S	Freq	G
Unité	V	V	Hz	?
Etat	[Modifiable]	[Modifiable]	[Modifiable]	[Fixe]
1	9.680 V	9.600 V	100.0 Hz	-72.08 m
2	9.680 V	9.520 V	200.0 Hz	-144.8 m
3	9.680 V	9.120 V	400.0 Hz	-517.6 m
4	9.680 V	7.760 V	800.0 Hz	-1.92
5	9.680 V	7.040 V	1.000 kHz	-2.766
6	9.680 V	3.800 V	2.000 kHz	-8.122
7	9.680 V	1.340 V	4.000 kHz	-17.18
8	9.680 V	336.0 mV	8.000 kHz	-29.19
9	9.680 V	228.0 mV	10.00 kHz	-32.56

Pour tracer le diagramme de Bode on suit les memes etapes que le montage précédent.

Diagramme de bode du schéma avec Sallen et key:



$$\text{eq: } y=a*x+b$$

avec a= -39,09 et b =123,9

Pour la vérification de la fréquence de coupure on a effectuée le calcul suivant :

$$f_0 = \omega_0 / 2 \pi = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$$

Après calcul on trouve $F_c = 1,59 \text{ KHz}$

Donc ceci vérifie le résultat obtenu pour le montage avec filtre passe bas du 2eme ordre.

4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.

En ce qui concerne la première partie, elle nous a permis d'apprendre ce qu'est la MLI, son fonctionnement et ses applications dans la vie courante telle que la visseuse électrique.

En ce qui concerne la deuxième partie, elle nous a permis d'apprendre comment moduler et démoduler un signal en passant par plusieurs étapes intéressantes tel que la constitution d'un filtre passe bas et d'un filtre Sallen Key

D'un point de vue personnel cette U.V. a remis à niveau et enrichit nos connaissances en électronique, manipulation des appareils et nous a fait découvrir l'utilisation de logiciel de dessin tel que zoner draw.

Par ailleurs cette UV nous a permis d'améliorer notre capacité à travailler en groupe et à approfondir notre autonomie face à un projet.

Enfin nous voudrions remercier tout particulièrement Mr GUILLOTIN pour son aide apporté à ce projet.

5. BIBLIOGRAPHIE

Liens internet:

<http://d.nardi.free.fr/moteurPWM.htm> valide au 20/06/08

http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/TIP131-D.PDF valide au 20/06/08

http://pagesperso-orange.fr/michel.hubin/physique/elec/chap_aop2.htm valide au 20/06/08

<http://pagesperso-orange.fr/olivier.granier/electro/filtres.html> valide au 20/06/08

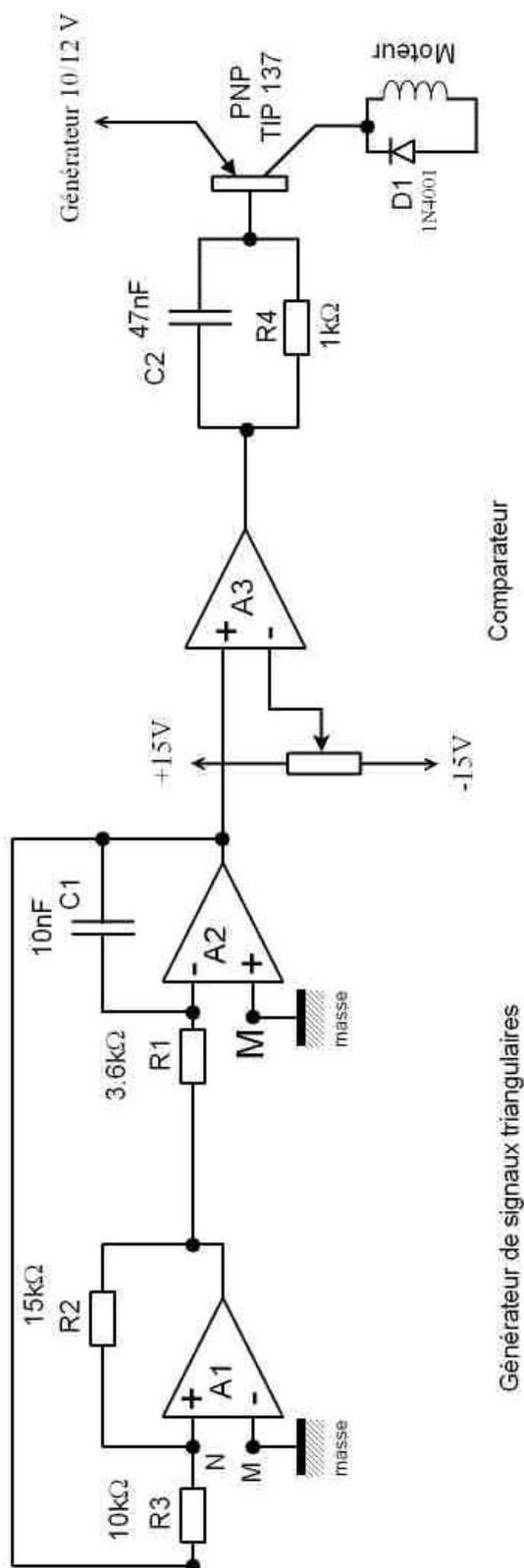
6. ANNEXES (NON OBLIGATOIRE)

6.1. Documentation technique

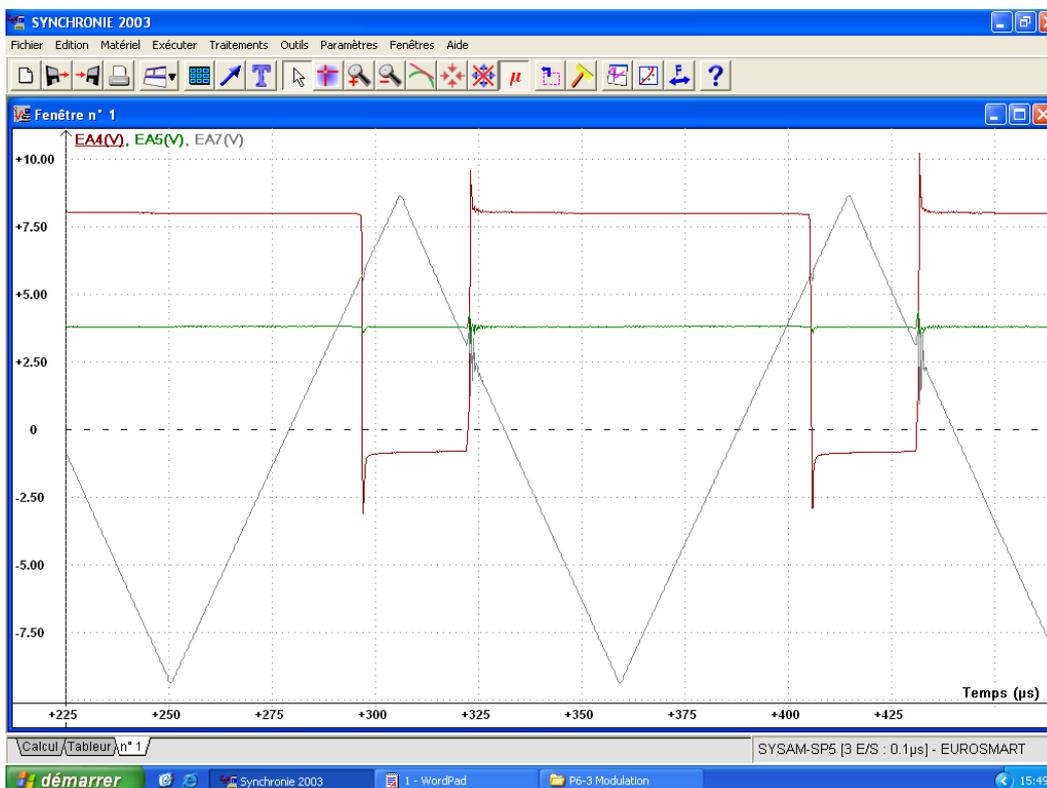
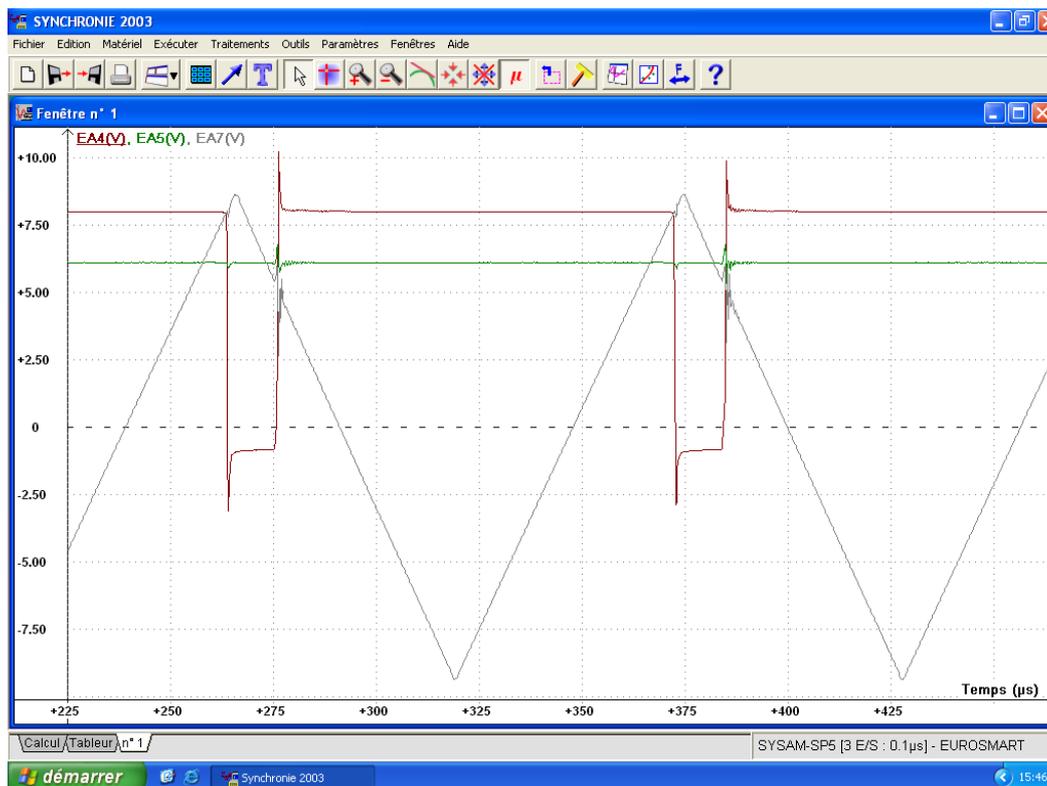
6.2. Listings des programmes réalisés

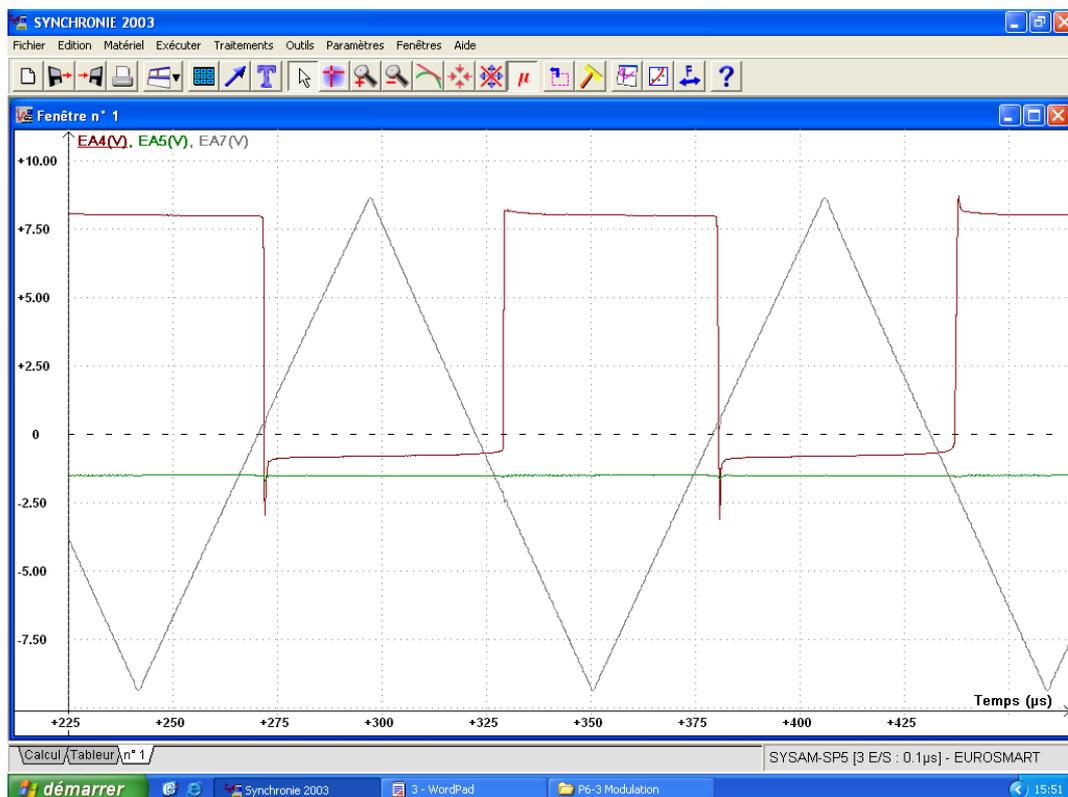
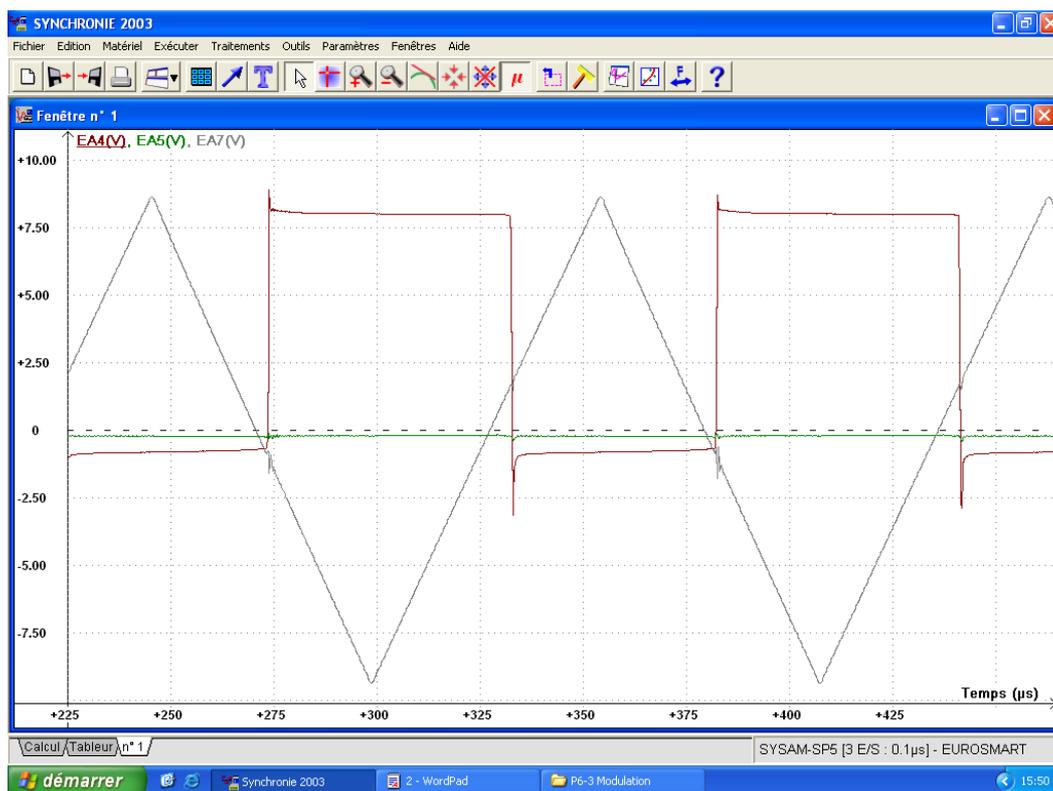
6.3. Schémas de montages, plans de conception...

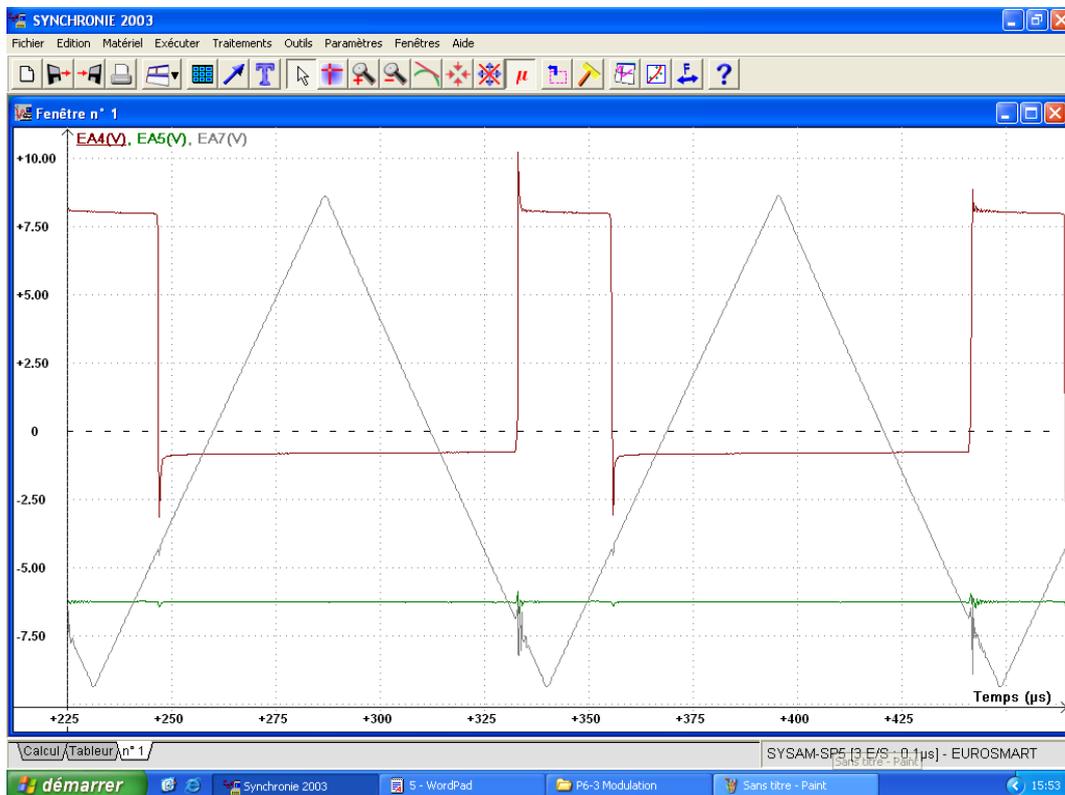
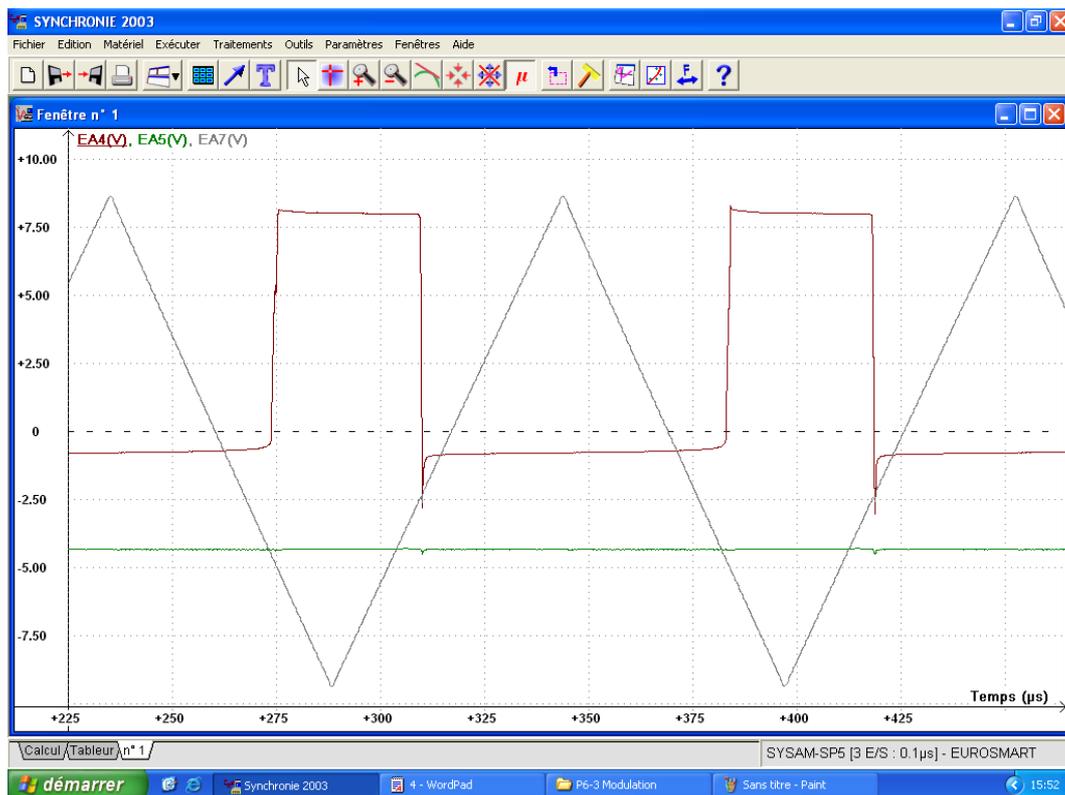
Schéma du montage MLI



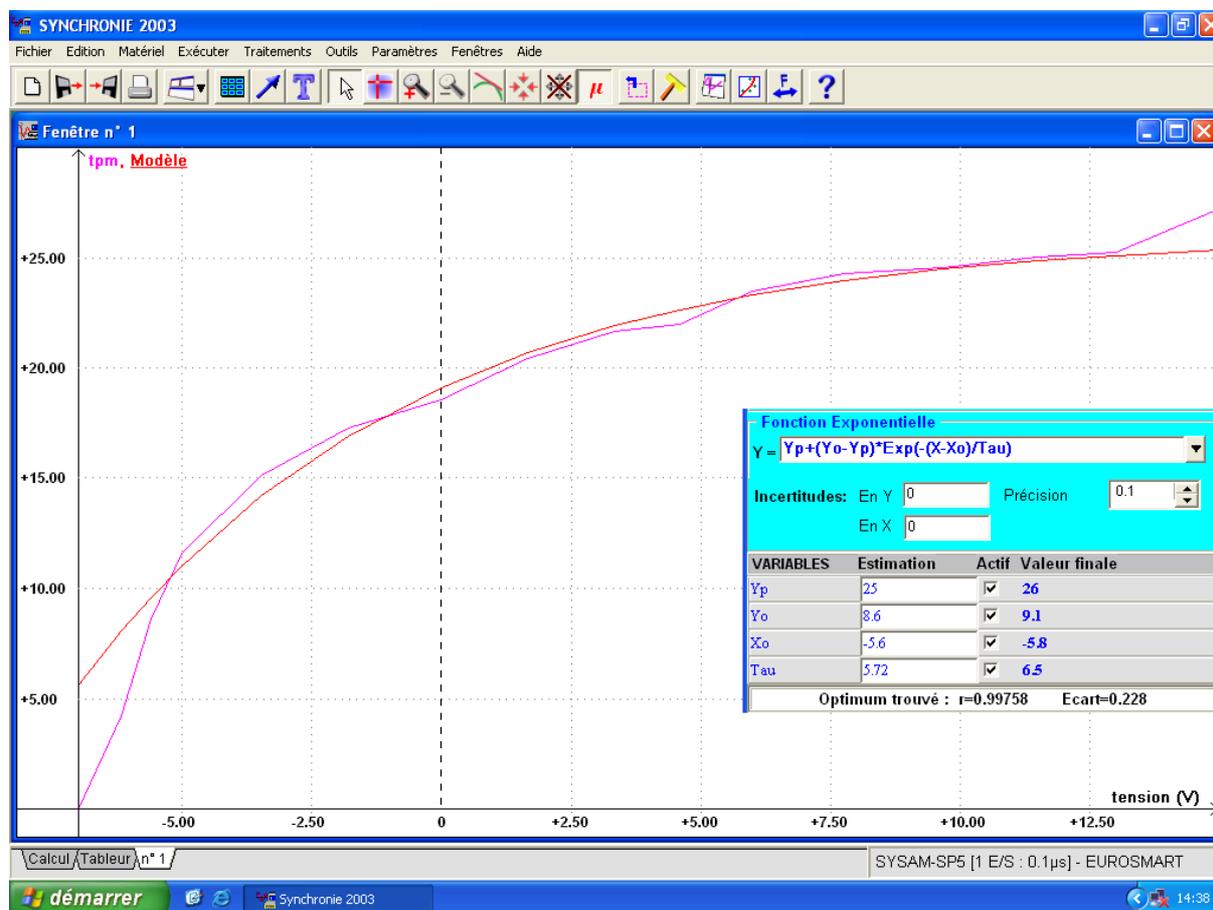
Variations de la modulation du montage MLI.







Courbe du nombre de tour par minute en fonction du temps et sa modélisation.



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

1. Principe du tube cathodique pour la television ou l'ecran en general
2. TP sur la physique nucléaire
3. Etude d'un crash d'une voiture