

COMPTE RENDU DE TP ELEC 101

TP n°4 : Conversion analogique-numérique

10.1 Introduction

10.2 CAN Flash

Question 10.2.1

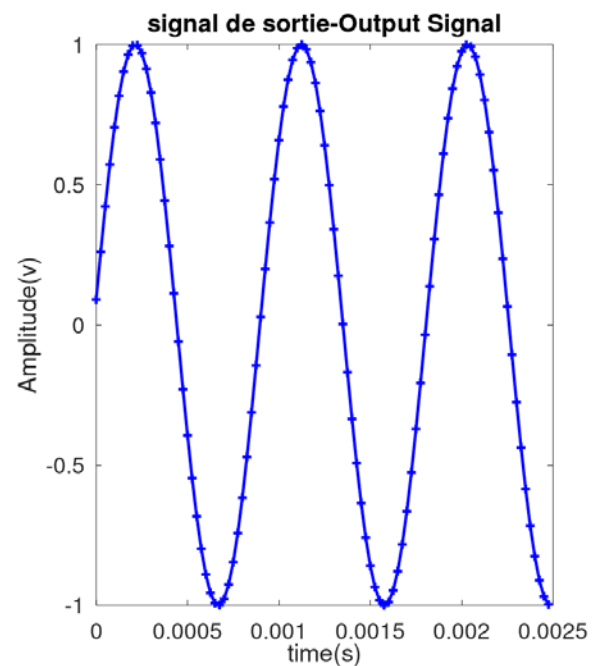
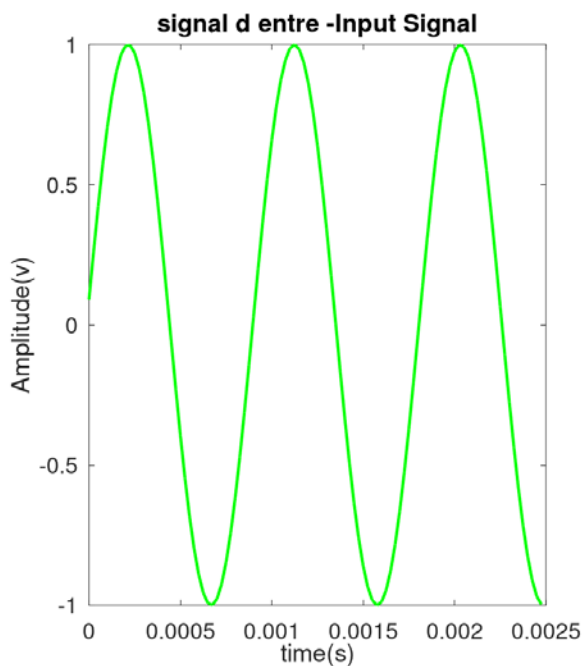
- Équation et valeur de n :

$$n = \frac{SNR_{dB} - 1.76}{6.02}$$

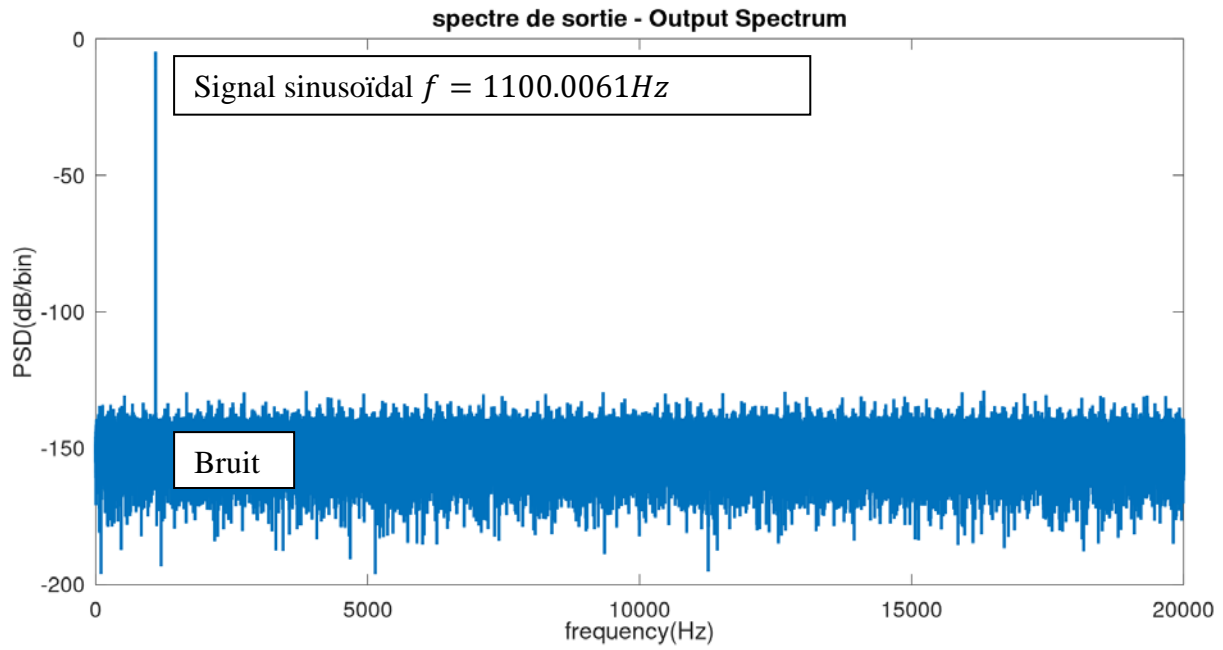
Avec $SNR = 90dB$, on a :

$$n = \frac{SNR_{dB} - 1.76}{6.02} = \frac{90 - 1.76}{6.02} \approx 15$$

- Allure du signal (temporel) :



- Schéma du spectre avec annotations :



La fréquence d'entrée est 1100.0061 Hz

- Valeur du SNR pratique :

$$SNR_{pratique} = 92.0543dB$$

- Valeur du SNR théorique :

$$SNR_{théorique} = 92.06dB$$

- Discussion :

On trouve une erreur relative de 0.0063% du SNR. C'est un résultat très proche.

Question 10.2.2

Désavantage de l'architecture Flash :

L'architecture Flash ne supporte pas la conversion de la résolution très large car le nombre du comparateur augmente exponentiellement selon la résolution. C'est-à-dire, si on veut une résolution de n bits, il faut $2^n - 1$ comparateurs afin de réaliser la résolution. Ce n'est pas très efficace pour une résolution large.

Question 10.2.3

Nouvelle équation et valeur de n :

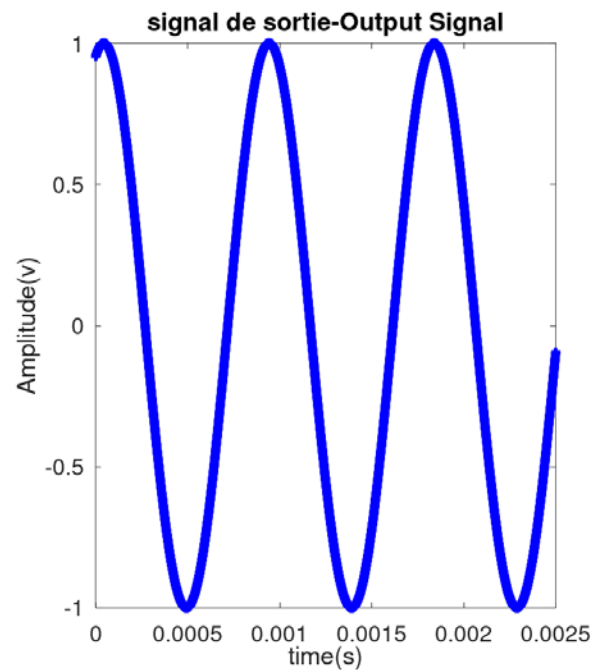
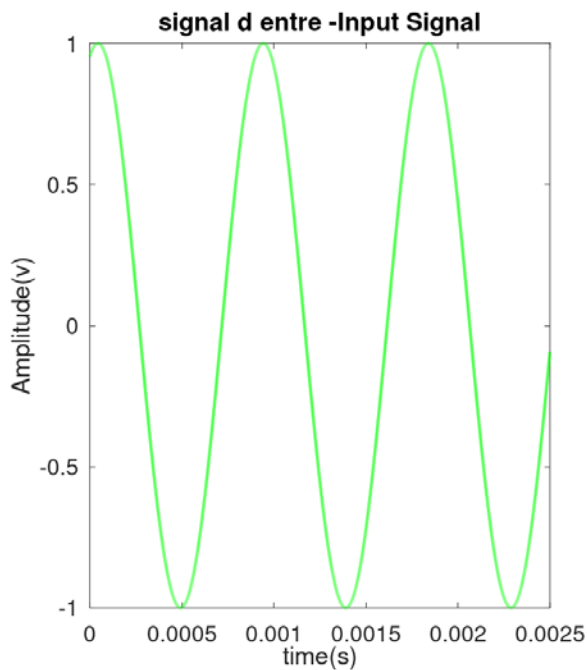
$$n = \frac{SNR_{dB} - 10 \log_{10} OSR - 1.76}{6.02}$$

Pour $SNR = 61.9039dB$, $F_S = 4 MHz$ et $OSR = 100$, on a :

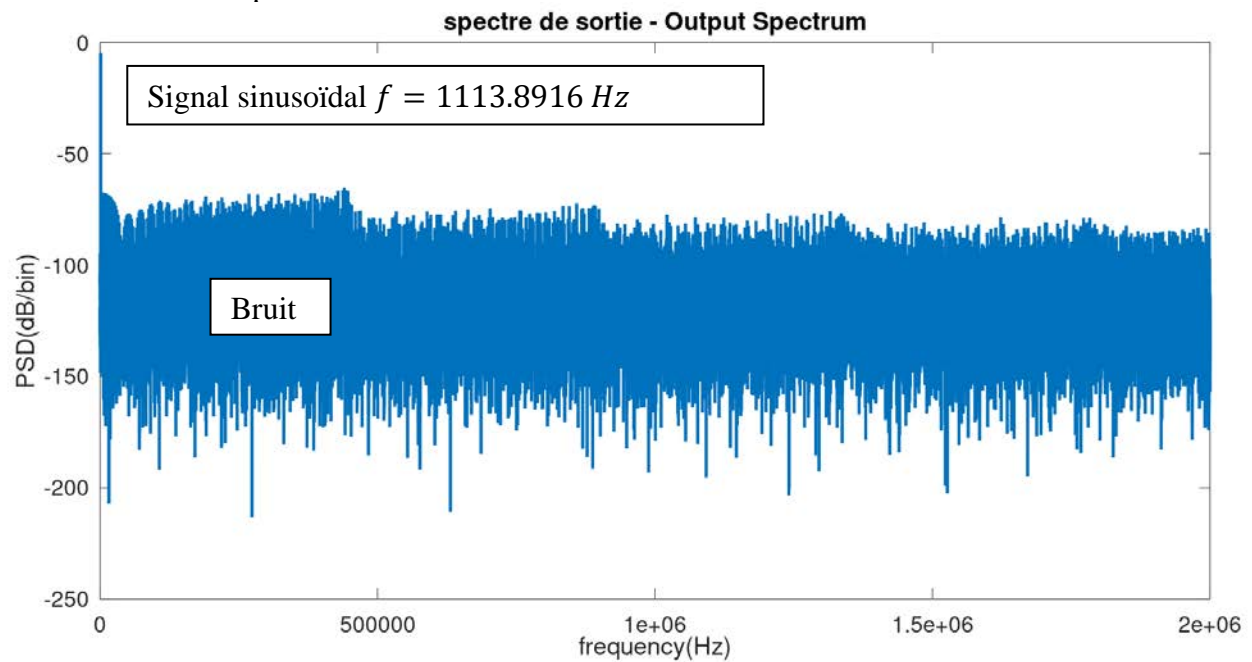
$$n = \frac{SNR_{dB} - 10 \log_{10} OSR - 1.76}{6.02} = \frac{90 - 10 \times 2 - 1.76}{6.02} = 11.34 \approx 12$$

Question 10.2.4

- Allure du signal (temporel) :



- Schéma du spectre avec annotations :



La fréquence d'entrée est 1113.8916 Hz

- Valeur du SNR pratique :

$$SNR_{pratique} = 93.4591dB$$

- Valeur du SNR théorique :

$$SNR_{théorique} = 94dB$$

- Discussion :

On trouve une erreur relative de 0.61% du SNR. C'est un résultat assez proche.

10.3 Convertisseur à approximations successives SAR

Question 10.3.1

- Type d'algorithme utilisé dans le script :

Dichotomie

- Nombre d'itération (valeur) :

Valeur 2 ; Nombre d'itération 7 ;

```
Est ce que votre chiffre est strictement superieur a 50 si oui tapez 1 sinon tapez 0: 0
Est ce que votre chiffre est strictement superieur a 25 si oui tapez 1 sinon tapez 0: 0
Est ce que votre chiffre est strictement superieur a 12.5 si oui tapez 1 sinon tapez 0: 0
Est ce que votre chiffre est strictement superieur a 6.25 si oui tapez 1 sinon tapez 0: 0
Est ce que votre chiffre est strictement superieur a 3.125 si oui tapez 1 sinon tapez 0: 0
Est ce que votre chiffre est strictement superieur a 1.5625 si oui tapez 1 sinon tapez 0: 1
Est ce que votre chiffre est strictement superieur a 2.3438 si oui tapez 1 sinon tapez 0: 0
votre Chiffre est 2
```

Question 10.3.2

- Nombre d'itération (valeur) :

Valeur 500 ; Nombre d'itération 10 ;

```
Est ce que votre chiffre est strictement superieur a 500 si oui tapez 1 sinon tapez 0: 0
Est ce que votre chiffre est strictement superieur a 250 si oui tapez 1 sinon tapez 0: 1
Est ce que votre chiffre est strictement superieur a 375 si oui tapez 1 sinon tapez 0: 1
Est ce que votre chiffre est strictement superieur a 437.5 si oui tapez 1 sinon tapez 0: 1
Est ce que votre chiffre est strictement superieur a 468.75 si oui tapez 1 sinon tapez 0: 1
Est ce que votre chiffre est strictement superieur a 484.375 si oui tapez 1 sinon tapez 0: 1
Est ce que votre chiffre est strictement superieur a 492.1875 si oui tapez 1 sinon tapez 0: 1
Est ce que votre chiffre est strictement superieur a 496.0938 si oui tapez 1 sinon tapez 0: 1
Est ce que votre chiffre est strictement superieur a 498.0469 si oui tapez 1 sinon tapez 0: 1
Est ce que votre chiffre est strictement superieur a 499.0234 si oui tapez 1 sinon tapez 0: 1
votre Chiffre est 500
```

- Expression théorique :

Chaque fois, selon la réponse de l'utilisateur, l'algorithme de Dichotomie néglige un demi des numéros possibles. Donc, si la plage est notée par N , l'itération nécessaire pour retrouver un numéro est $\lceil \log_2 N \rceil$.

TB

Question 10.3.3

Explication du circuit et lien avec l'algorithme :

- Pour ce circuit, au début, toutes les capacités sont connectées à la masse. Ensuite, on connecte l'interrupteur en haut au circuit et l'enlève après l'équilibre. Et on change un interrupteur à chaque période d'horloge selon la relation de la tension res_i et la tension $\frac{V_{ref}}{2}$. Cette relation décide aussi la valeur de bit b_i . Si $res_i > \frac{V_{ref}}{2}$, on lie l'interrupteur de la capacité $2^{n-i} C$ à la source $V = +\frac{V_{ref}}{2^{i+1}}$; Sinon, on le lie à la source $V = -\frac{V_{ref}}{2^{i+1}}$. Après cela, on continue à changer l'état de l'interrupteur de la capacité $2^{n-(i+1)} C$.
D'après analyse des capacités et la conservation de charges, on peut trouver que :
$$\text{Si } res_i > \frac{V_{ref}}{2}, \text{ on fait } res_{i+1} = res_i - \frac{V_{ref}}{2^{i+1}};$$
$$\text{Si } res_i \leq \frac{V_{ref}}{2}, \text{ on fait } res_{i+1} = res_i + \frac{V_{ref}}{2^{i+1}};$$
- On fait la Dichotomie dans SAR d'un autre sens. Normalement, on déplace la valeur de critère. Mais, ici, on fait bouger la valeur qu'on veut deviner, ce qui revient à recentrer l'intervalle de Dichotomie autour de $\frac{V_{ref}}{2}$. Donc, préciser l'intervalle de Dichotomie revient à déterminer si

res_i supérieur ou inférieur à $\frac{V_{ref}}{2}$. Par exemple, comparer res_2 et $\frac{V_{ref}}{2}$ en sachant $res_1 > \frac{V_{ref}}{2}$ est équivalent à comparer $res_1 - \frac{V_{ref}}{4}$ et $\frac{V_{ref}}{2}$, et équivalent à comparer res_1 et $\frac{3}{4}V_{ref}$.

TB

Question 10.3.4

Itération	1	2	3	4	
b_i	0	1	0	1	
res_i	1.3V	2.3V	1.8V	2.05V	

Erreur de quantification :

On a :

$$a = Nq + \frac{q}{2} + V_{min}$$

Avec :

$$N = (0101)_2 = 5; q = \frac{PE}{2^n} = \frac{4}{16} = 0.25; V_{min} = 0$$

Application Numérique :

$$a = 5 \times 0.25 + \frac{0.25}{2} + 0 = 1.375 V$$

Alors,

$$e = x - a = 1.3 - 1.375 = -0.075 V$$

TB

Question 10.3.5

Comparaison des résultats anticipés du tableau précédent aux résultats de simulation :

Résultat de simulation :

```
La Sortie numerique est 5
La Sortie numelrisee est 1.375
L erreur de quantification est -0.075
```

C'est le même résultat que celui on calcule.

Question 10.3.6

Configuration finale du CAN SAR 4 bit pour $V_e = 1.3 \text{ V}$:

Capacité	Valeur du Potentiel
8C	$+\frac{V_{ref}}{2}$
4C	$-\frac{V_{ref}}{2}$
2C	$+\frac{V_{ref}}{2}$
1C (gauche)	$-\frac{V_{ref}}{2}$
1C (droite)	0

A l'instant 0, on a :

$$\begin{cases} Q_{8C}[0] = 8C V_e \\ Q_{4C}[0] = 4C V_e \\ Q_{2C}[0] = 2C V_e \\ Q_{C,g}[0] = C V_e \\ Q_{C,d}[0] = C V_e \end{cases}$$

A l'itération 1, on a $V_e < \frac{V_{ref}}{2}$, donc l'interrupteur de 8C est connecté à $V = +\frac{V_{ref}}{2}$, ce qui donne :

$$\begin{cases} Q_{8C}[1] = 8C \left(res_2 - \frac{V_{ref}}{2} \right) \\ Q_{4C}[1] = 4C res_2 \\ Q_{2C}[1] = 2C res_2 \\ Q_{C,g}[1] = C res_2 \\ Q_{C,d}[1] = C res_2 \end{cases}$$

On trouve que les armatures en haut des capacités conservent des charges, ce qui donne

$$Q_{8C}[0] + Q_{4C}[0] + Q_{2C}[0] + Q_{C,g}[0] + Q_{C,d}[0] = Q_{8C}[1] + Q_{4C}[1] + Q_{2C}[1] + Q_{C,g}[1] + Q_{C,d}[1]$$

Donc,

$$16C V_e = 16C res_2 - 4C V_{ref}$$

Ainsi,

$$res_2 = res_1 + \frac{V_{ref}}{4} = V_e + \frac{V_{ref}}{4}$$

De la même façon, on montre que :

$$\begin{aligned} res_3 &= res_2 - \frac{V_{ref}}{8} \\ res_4 &= res_3 + \frac{V_{ref}}{16} \end{aligned}$$

Donc, on en déduit que :

Si $res_i > \frac{V_{ref}}{2}$, on lie l'interrupteur de la capacité $2^{n-i} C$ à la source $V = +\frac{V_{ref}}{2^{i+1}}$,

Sinon, on le lie à la source $V = -\frac{V_{ref}}{2^{i+1}}$.

TB

Question 10.3.7

Calcul et valeur du sous-cycle :

Résolution (SNR) de 90 dB :

$$nb = 15$$

Pour une entrée, il faut nb périodes d'horloge.

Donc, pour 40k E/s :

$$T_{sc} = \frac{1}{40000 \times 15} = 1.7 \times 10^{-6} \text{ s}$$

Attention, il ne fallait surtout pas arrondir 1.666666... à 1.7 μ s
car le CAN passe à 14 bits !

Question 10.3.8

Valeur du SNR :

On obtient un SNR par la simulation :

... raison pour laquelle vous obtenez un SNR < 90 dB

$$SNR = 86.0141 \text{ dB}$$

C'est aussi proche que la valeur qu'on veut, d'erreur relative 6.6%. Comparé avec la question 10.2.1, l'erreur relative augmente considérablement.

Question 10.3.9

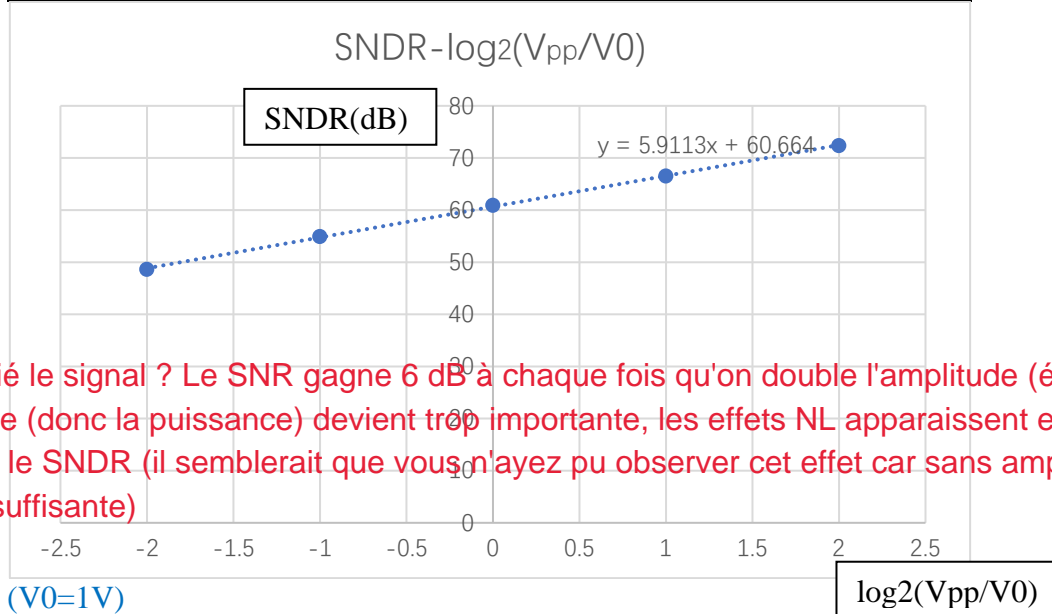
Domaines privilégiés de l'architecture SAR et de l'architecture Flash :

On pense que SAR permet de réduire le nombre de comparateurs nécessaires. Il utilise juste un comparateur pour un 4-bit convertisseur. Pour le Flash, il faut 15 comparateurs. Cependant, il prend plus de temps pour gérer le signal. Pour le Flash, on peut le faire dans une période d'horloge. Mais, pour SAR, le temps dépend de la résolution qu'on veut. Si on veut un échantillonnage plus fréquent, SNR de SAR est moins satisfaisant.

10.4 Numérisation et effets musicaux

Question 10.4.1

Vpp	0.25	0.5	1	2	4
SNDR (dB)	48.6098	54.9124	60.9081	66.5309	72.3572



Avez-vous amplifié le signal ? Le SNR gagne 6 dB à chaque fois qu'on double l'amplitude (évident), mais lorsque l'amplitude (donc la puissance) devient trop importante, les effets NL apparaissent et font rapidement chuté le SNDR (il semblerait que vous n'avez pu observer cet effet car sans amplifier, l'amplitude est insuffisante)

Analyse des valeurs :

On en déduit que SNDR varie exponentiellement avec Vpp. (pour Vpp faible à modéré)

Question 10.4.2

Quelques mots à propre de votre enregistrement :

Ça marche tout à fait ! On enregistre un solo de guitare passionnant. :)

Question 10.4.3

- Résultat du test de la fonction smbPitchShift :

Avec Pitch=0.5, le son est plus grave.

Si Pitch=2, la fréquence augmente. Ce n'est pas très agréable à écouter.

- Composition harmonique du signal dans le cas d'une transposition vers le haut ou vers le bas :

Une transposition vers le haut dilate le spectre du signal, harmonique fondamental et translaté les autres aussi de sorte à être multiple de la fondamentale. C'est l'inverse pour une transposition vers le bas. Cela contracte le spectre du signal.

En musique cela correspond à "transposer à l'octave" (par ex. entre les sopranos et les ténors)

Question 10.4.4

Approche suivie pour implémenter un autre effet musical :

On choisit d'effectuer l'effet écho. L'approche est comme ça :

- 1) On enregistre un clip de music, noté y .
- 2) On crée un nouveau vecteur new_y , qui est de taille beaucoup plus grande que y .
- 3) On ajoute y au début de new_y , et après quelques décalages, on met $0.5 \times y$ à la suite.
- 4) On réussit à créer une modèle de l'écho simple.