

Université du Maine
Licence SPI 2^e année
POLYCOPIÉ de TRAVAUX PRATIQUES

TRAVAUX PRATIQUES de TRAITEMENT du SIGNAL

Frédéric ABLITZER, Bruno BROUARD, Bertrand
LIHOREAU, Balbine MAILLOU, Laurent SIMON

Le Mans, 2014-2015

Chapitre 1

INTRODUCTION

Les Travaux Pratiques (TP) du Semestre 3 (S3) de la Licence SPI sont conçus pour illustrer les notions vues en cours lors de ce semestre :

- signaux et opérations de base,
- analyse de systèmes linéaires invariants dans le temps,
- transformée de Fourier.

Le cadre général de l'enseignement de traitement du signal en S3 est celui des signaux et des systèmes à temps continu (TC). Le semestre 4 sera consacré à l'analyse des signaux à temps discret (TD). Comme il est rappelé dans l'introduction générale du cours de L2SPI, le cadre pratique du traitement des signaux et des systèmes est celui du temps discret.

Des questions sont posées, certaines sous forme de QCM ((il peut y avoir plusieurs réponses correctes). L'objectif est de répondre aux questions puis d'exécuter les programmes pour vérifier si les réponses sont correctes. Dans certains cas, des fichiers sont sauves en format .wav, qu'il est possible d'écouter. **L'examen terminal de TP sera basé sur une partie de ces questions.**

En conséquence, les TP proposés en S3 sont des TPs de "simulation". En aucun cas, les outils proposés peuvent analyser des signaux du monde réel.

Chapitre 2

TP1 : Signaux et opérations temporelles de base

2.1 Sinus, cosinus et exponentielle complexe

Objectif : À partir du programme **exo1.m**, tracer des extraits du signal

$$x(t) = A_0 \cos(2\pi F_0 t + \phi_0),$$

en choisissant les valeurs de A_0 , $T_0 = 1/F_0$ et ϕ_0 proposées ci-dessous et répondre aux questions. La durée d'observation T_{obs} de l'extrait du cosinus est également à choisir.

CHAPITRE 2. TP1 : SIGNAUX ET OPÉRATIONS TEMPORELLES DE
BASE

- a. Configuration 1 : La durée d'observation T_{obs} vaut 1s, durée pendant laquelle on peut observer 4 périodes de cosinus. On choisit $A_0 = 1$ et $\phi_0 = \pi/2$.

Q1. Que vaut le signal temporel $x(t)$ en $t = 0$?

Q2. Le signal temporel $x(t)$ peut s'écrire sous la forme

- A. $x(t) = \cos(8\pi t + \pi/2)$
- B. $x(t) = -\sin(8\pi t)$
- C. $x(t) = \cos(8\pi t - \pi/2)$
- D. $x(t) = \cos(2\pi t + \pi/2)$
- E. $x(t) = \cos(2\pi t/4 + \pi/2)$
- F. $x(t) = \cos(2\pi t/4 - \pi/2)$

Q3. Quelle est la valeur de la fréquence fondamentale (en Hz) de $x(t)$?

- b. Configuration 2 : $T_0 = 1\text{ms}$, $T_{obs} \equiv 8T_0$, $A_0 = 2$, $\phi_0 = 0.1$.

Q4. Exprimer t_0 correspondant à l'expression équivalente

$$x(t) = A_0 \cos(2\pi F_0(t - t_0))$$

en fonction des paramètres du signal.

Q5. Le signal temporel $x(t)$ peut s'écrire sous la forme

- A. $x(t) = 2 \cos(8\pi t - 0.1)$
- B. $x(t) = 2 \cos(2\pi t/1000 + 0.1)$
- C. $x(t) = 2 \cos(2\pi 1000t - 0.1)$
- D. $x(t) = 2 \cos(2\pi t/1000 - 0.1)$
- E. $x(t) = 2 \cos(8\pi t + 0.1)$
- F. $x(t) = 2 \cos(2\pi 1000t + 0.1)$
- G. $x(t) = -2 \cos(2\pi 1000t + 0.1 + \pi)$

- c. Configuration 3 : $T_{obs} = 0.1s$, $A_0 = 1$, $x(0) = -0.5$ et $x(T_{obs}) = -1$.

Q6. Il y a plusieurs solutions pour F_0

A. FAUX

B. VRAI

Q7. Le choix $T_0 = 0.12s$ est une solution

A. FAUX

B. VRAI

- d. Configuration 4 : $T_{obs} = 0.2s$, $A_0 = 1$, une seule période durant le temps
d'observation T_{obs} , $x(0) = -0.5$ et un signal de dérivée positive en $t = 0$.

Q8. Il y a plusieurs solutions pour ϕ_0

A. FAUX

B. VRAI

Q9. Le choix $\phi_0 = 2\pi/3$ est une solution

A. FAUX

B. VRAI

2.2 Fonction rectangulaire

Objectif : À partir du programme **exo2.m**, tracer une fenêtre rectangulaire $x(t) = \text{Rect}_{T_w}(t - t_0)$ centrée sur $t = t_0$ et de durée T_w .

Q10. On choisit $T_w = 0.5\text{s}$, $t_0 = 0.35\text{s}$. La durée de cette fenêtre correspond à combien de périodes d'un sinus de fréquence fondamentale $F_0 = 100\text{Hz}$?

Objectif : À partir du programme **exo2b.m**, tracer une fenêtre rectangulaire $x(t) = B + A\text{Rect}_{T_w}(t - t_0)$.

Q11. Déterminer les paramètres B , A , T_w et t_0 de manière à obtenir un signal défini comme :

$$x(t) = \begin{cases} 1 & \text{pour } t \in]-0.25, 0.75[\\ -1 & \text{sinon.} \end{cases} \quad (2.1)$$

2.3 Exponentielle décroissante

Objectif : À partir du programme **exo3a.m**, tracer une exponentielle décroissante causale, de la forme $x(t) = \exp(-\alpha t)$ pour $t \geq 0$, 0 pour $t < 0$, avec $\alpha > 0$. Le programme dessine le résultat et sauve le signal synthétique en format wav (expdec.wav).

Q12. On choisit $\alpha = 0.1$. Pour quel temps t , la droite tangente à $x(t)$, en $t = 0$, intercepte l'axe des temps ?

Q13. Ce signal a un support temporel infini. Pourquoi ? Pour simplifier, on définit arbitrairement son support temporel comme étant le temps nécessaire pour que l'amplitude de la fonction décroisse d'un facteur 100. Exprimer le support temporel de l'exponentielle décroissante en fonction du paramètre α .

Q14. Pendant le temps d'un support temporel défini dans la question précédente, quelle perte subit la fonction en décibel ?

Q15. On choisit $\alpha = 10$.

- A. Comparé à la question précédente, le support temporel du signal est plus court
- B. Comparé à la question précédente, le contenu fréquentiel du signal est décalé en hautes fréquences
- C. La droite tangente à $x(t)$, en $t = 0$, intercepte l'axe des temps en $t = 10$

2.4 Cosinus amorti exponentiellement

Objectif : Utiliser le programme **exo3b.m** pour tracer un cosinus amorti exponentiellement et répondre aux questions. Les paramètres du cosinus sont fixés (en particulier $F_0 = 10\text{Hz}$). Vous choisirez une durée d'observation T_{obs} telle que $\exp(-\alpha T_{obs}) \simeq 0.01$.

- a. Configuration 1 : Choisir α pour que $x(t)$ fasse apparaître une dizaine de pseudo-oscillations.

Q16. Quelle est la valeur de T_{obs} pour que l'approximation $\exp(-\alpha T_{obs}) \simeq 0.01$ soit vérifiée ?

Q17. Quelle est la valeur de α pour visualiser environ 10 pseudo-oscillations ?

- b. Configuration 2 : Choisir α pour que $x(t)$ fasse apparaître une seule pseudo-oscillation.

Q18. Quelle est la valeur de α pour visualiser environ 1 pseudo-oscillation ?

2.5 Addition de 2 sinus de fréquences proches

Objectif : Utiliser le programme **exo4.m** pour additionner 2 sinus de fréquences proches (F_0 et F_1) et d'amplitude égale à 1 et répondre aux questions. Le programme dessine le résultat et sauve le signal synthétique en format wav (battements.wav). La fréquence F_0 du sinus de référence est fixée à $F_0 = 1000$ Hz et le choix est laissé pour fréquence F_1 .

- Q19. On choisit $F_1 = 990\text{Hz}$. L'allure du signal fournit une enveloppe temporelle périodique. Quelle est sa période ?
- A. 1000Hz
 - B. 1ms
 - C. 1s
 - D. 0.2s
 - E. $2/|F_1 - F_0|$ (en s)
- Q20. Quelle fréquence faut-il choisir pour que l'on entende 2 battements par seconde ?
- A. $F_1 = 1000\text{Hz}$
 - B. $F_1 = 998\text{Hz}$
 - C. $F_1 = 1002\text{Hz}$
 - D. $F_1 = 500\text{Hz}$

2.6 Addition de 2 signaux décalés dans le temps

Objectif : Utiliser le programme **exo5.m** pour additionner 2 signaux impulsionnels identiques (des cosinus fenêtrés exponentiellement), mais décalés dans le temps de Δt . Le programme dessine le résultat et sauve le signal synthétique en format wav (echo.wav). Le décalage temporel Δt est à choisir.

- Q21. On choisit $\Delta_t = 0.5\text{s}$. Pourquoi les 2 signaux sont-ils bien séparés dans le temps ?
- A. Car $\Delta_t > T_0$, où T_0 est la pseudo-période du signal impulsionnel
 - B. Car $\Delta_t > T_x$, où T_x est le support temporel du signal impulsionnel défini à la question Q13.
 - C. Car $\Delta_t > t_0$, où $t_0 = -\frac{\phi_0}{2\pi F_0}$ correspond au premier maximum du signal impulsionnel
- Q22. EN écoutant les signaux "echo.wav" généré par le programme, déterminer quelle valeur minimale de Δ_t faut-il choisir pour que les signaux se recouvrent temporellement ?
- A. 0.5s
 - B. 5ms
 - C. 1ms
 - D. 50ms

2.7 Fenêtrage

Objectif : Utiliser des programmes qui effectuent le fenêtrage de signaux de type sinus/cosinus et répondre aux questions posées.

- a. Configuration 1 : Utiliser le programme **exo6.m** pour fenêtrer un signal cosinus par une fenêtre rectangulaire. Les paramètres du cosinus sont notés A_0 , F_0 et ϕ_0 . La fenêtre rectangulaire est centrée en $t = t_0$ et son support temporel est noté T_w . On choisit $A_0 = 1$, $\phi_0 = 0.8$, $F_0 = 4\text{Hz}$, $T_w = 1\text{s}$ et $t_0 = 0.7\text{s}$.

Q23. Le signal obtenu est un signal périodique.

- A. VRAI
- B. FAUX

Q24. Le signal $x(t)$ peut s'écrire sous la forme

- A. $x(t) = \text{Rect}_{T_w}(t - (t_0 + T_w/2)) \cdot \cos(8\pi t + 0.8)$
- B. $x(t) = \text{Rect}_{T_w}(t - (t_0 + T_w/2)) \cdot \cos(\pi/2t - 0.8)$
- C. $x(t) = \text{Rect}_{T_w}(t - t_0) \cdot \cos(8\pi t + 0.8)$
- D. $x(t) = \text{Rect}_{t_0+T_w/2}(t - T_w) \cdot \cos(8\pi t + 0.8)$

Q25. En $t = 0.2\text{s}$ et $t = 1.2\text{s}$, le signal $x(t)$ est continu

- A. VRAI
- B. FAUX

- b. Configuration 2 : Utiliser le programme **exo6.m** pour fenêtrer un signal cosinus par une fenêtre rectangulaire. Les paramètres du cosinus sont notés A_0 , F_0 et ϕ_0 . La fenêtre rectangulaire est centrée en $t = t_0$ et son support temporel est noté T_w . On choisit $A_0 = 1$, $T_w = 0.1\text{s}$, $t_0 = 0.25\text{s}$ et $x(t_0 - T_w/2) = 0$, l'objectif étant de ne conserver qu'une demi-période du cosinus (d'amplitude positive) dans la fenêtre d'observation.

Q26. Le signal obtenu est un cosinus fenêtré.

- A. VRAI
- B. FAUX

Q27. En $t = 0.2\text{s}$ et $t = 0.3\text{s}$, la dérivée du signal $x(t)$ est continue

- A. VRAI
- B. FAUX

Q28. Quelle est la fréquence $F_0 =$ qui correspond à cette configuration ?

- c. Configuration 3 : Utiliser le programme **exo6b.m** pour fenêtrer un signal cosinus par une fenêtre rectangulaire avec offset. Le signal a pour équation :

$$x(t) = [B + A\text{Rect}_{T_w}(t - t_0)] \cos(2\pi F_0 t) \quad (2.2)$$

Q29. Quelles valeurs doivent avoir les paramètres de la fonction pour reproduire la figure 2.1 ?

Q30. Quelles valeurs doivent avoir les paramètres de la fonction pour reproduire la figure 2.2 ?

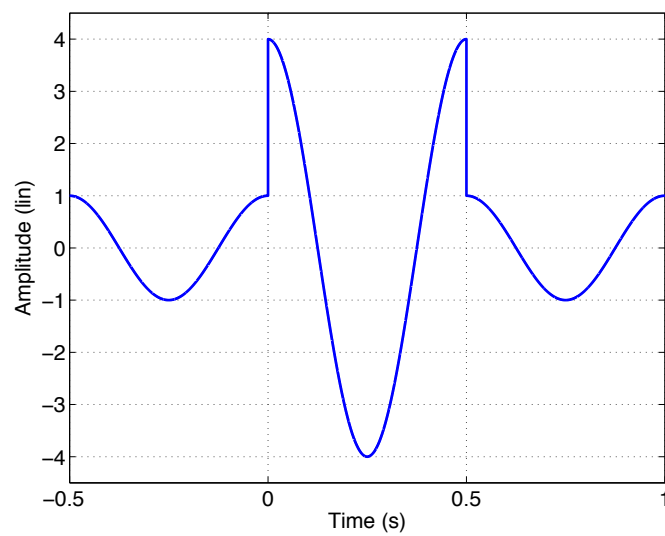


FIGURE 2.1 – Fonction cosinus fenêtrée

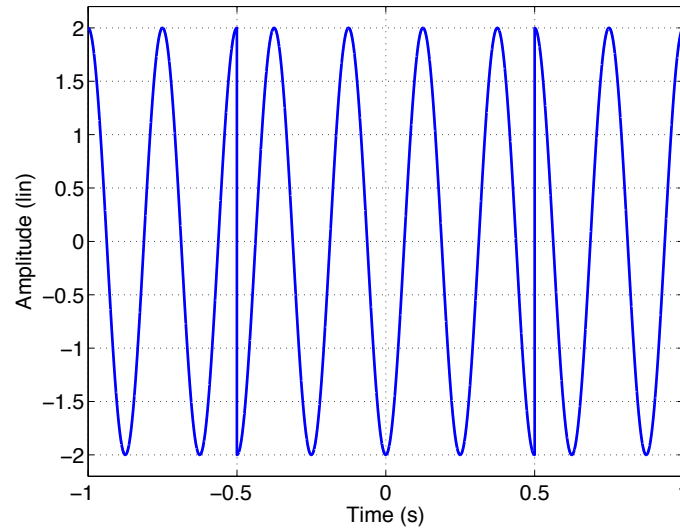


FIGURE 2.2 – Fonction cosinus fenêtrée

- d. Configuration 4 : Utiliser le programme **exo7.m** pour fenêtrer un signal cosinus, d'une part par une fenêtre rectangulaire $w_1(t)$, d'autre part par une fenêtre de Hann $w_2(t)$, enfin par une fenêtre triangulaire $w_3(t)$. Les paramètres du cosinus sont notés $A_0 = 1$, $F_0 = 10$ et $\phi_0 = 0.45$. Les fenêtres débutent au temps $t_d = 0.2$ et leur support temporel est noté $T_w = 1$.

Q31. La fenêtre rectangulaire

- A. préserve la forme du signal temporel
- B. évite les discontinuités sur les bords de la fenêtre
- C. est à utiliser avec un signal impulsionnel

Q32. La fenêtre de Hann

- A. est à utiliser avec un signal impulsionnel
- B. ne préserve pas la forme du signal temporel
- C. fait apparaître des discontinuités sur les bords de la fenêtre

Q33. La fenêtre triangulaire

- A. atténue moins les bords du signal que la fenêtre de Hann
- B. ne préserve pas la forme du signal temporel
- C. fait apparaître des discontinuités sur les bords de la fenêtre