BLAISE PASCAL
PT 2024-2025

Programme des colles semaines 2 et 3 : du 9 au 20 septembre

Électronique

La colle commence par une application de cours extraite de la liste ci-dessous et se poursuit par un exercice.

Je rappelle que vous trouverez sur mon site la version complétée du poly de cours, ainsi que les corrigés des TD et des DM. N'hésitez surtout pas à me signaler s'il en manque !

Au programme

Chapitre 1 : Systèmes linéaires

Applications de cours et exercices.

Chapitre 2 : Électronique numérique

Applications de cours et exercices.

Révisions R1 : Électronique

Applications de cours et exercices, en particulier sur le filtrage.

Applications de cours

Ces applications de cours sont des « briques élémentaires » des raisonnements à mener dans les exercices.

Le travail demandé consiste à se les approprier, afin d'être capable de les réinvestir dans un sujet d'écrit ou d'oral. Je n'attends pas des étudiants une maîtrise parfaite, encore moins un apprentissage par cœur, mais j'attends qu'ils les aient travaillées suffisamment pour les mener à bien en autonomie, c'est-à-dire savoir refaire seul les raisonnements, sans aide de l'interrogateur.

Seuls les étudiants du groupe PT⋆ (trinômes 1 à 6) seront interrogés sur les applications marquées d'une étoile, car elles sont plus techniques et/ou moins essentielles ... mais tous les étudiants sont bien sûr invités à les travailler !

1.1 - Définir la stabilité d'un SLCI. Sur un exemple de relation différentielle ou de fonction de transfert donnée par l'interrogateur, indiquer si le système est stable ou non.

2.1 - Sur un exemple donné par l'interrogateur, construire le spectre d'un signal échantillonné connaissant le spectre du signal analogique et la fréquence d'échantillonnage. Indiquer s'il y a ou non recouvrement spectral.

2.2 - Établir le critère de Shannon. Rappelons qu'établir est synonyme de démontrer ☺.

(★) 2.3 - Sur un exemple donné par l'interrogateur (durée d'acquisition et fréquence d'échantillonnage), déterminer le nombre d'échantillons et les fréquences présentes dans le spectre du signal échantillonné.

R1.1 - Circuit RC série en régime sinusoïdal forcé par une tension harmonique $e(t) = E_\mathrm{m}\cos(\omega t)$: déterminer $u_C(t)$ sous la forme $u_C(t) = U_{C,\mathrm{m}}\cos(\omega t + \varphi)$.

> ***Éléments de réponse :*** *par un pont diviseur de tension,*
>
> $$\underline{U_C} = \frac{1/jC\omega}{R + 1/jC\omega}\underline{E} = \frac{1}{1 + jRC\omega}\underline{E}\,.$$
>
> *Par définition de la représentation complexe,*
>
> $$U_{C,m} = \left|\underline{U_C}\right| = \frac{E_m}{\sqrt{1 + (RC\omega)^2}} \qquad \text{et} \qquad \varphi = \arg\underline{U_C} = -\arg(1 + jRC\omega) + \arg\underline{E} = -\arctan(RC\omega)$$

R1.2 - Circuit RC série en régime sinusoïdal forcé : la tension aux bornes du condensateur vérifie l'équation différentielle

$$\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{\tau} u_C = \frac{E_\mathrm{m}}{\tau} \cos(\omega t) \,.$$

Établir la relation de récurrence donnée par le schéma d'Euler explicite appliqué à cette équation, puis compléter le code ci-dessous permettant de déterminer numériquement $u_C(t)$ en supposant $u_C(t{=}0) = -2\,\mathrm{V}$.

```
import numpy as np

tau = 1e-3      # en s
Em = 2          # en V
w = 2 * np.pi * 1e3    # pulsation, en rad.s-1

dt = 2e-5       # pas de temps, en s
N = 500         # nbre de pas de temps

t = [n*dt for n in range(N)]      # tps, en s
```

Éléments de réponse : *Cette question de révisions a été refaite dans le cours sur les SLCI. Par application du schéma d'Euler explicite, on trouve*

$$\frac{u_{n+1} - u_n}{\Delta t} + \frac{1}{\tau} u_n = \frac{E_\mathrm{m}}{\tau} \cos(\omega t_n) \qquad \text{soit} \qquad u_{n+1} = u_n + \frac{\Delta t}{\tau} \left(E_\mathrm{m} \cos(\omega t_n) - u_n\right) \,.$$

Les lignes de code manquantes peuvent être les suivantes :

```
u = [None for n in range(N)]  # tension condensateur, en V
u[0] = -2                     # cond initiale u(0) = -2 V

for n in range(N-1):
    u[n+1] = u[n] + dt/tau * ( Em * np.cos(w*t[n]) - u[n] )
```

... mais d'autres codes sont possibles, en particulier définir au préalable une liste contenant les valeurs prises par la tension d'entrée aux différents instants t_n.

R1.3 - Filtre RC passe-bas : établir la fonction de transfert et construire le diagramme de Bode en gain. Le diagramme de Bode doit être justifié (asymptotes), et pas seulement construit par cœur.

(★) R1.4 - Circuit RLC série en régime sinusoïdal forcé par une tension harmonique $e(t) = E_\mathrm{m} \cos(\omega t)$: établir la fonction de transfert en courant (qui est ici l'admittance $\underline{Y} = \underline{I}/\underline{E}$). Établir l'expression de la pulsation de résonance et rappeler sans démonstration le lien entre la largeur de la résonance et le facteur de qualité.

Éléments de réponse : *l'admittance du montage complet s'écrit*

$$\underline{Y} = \frac{1}{R + jL\omega + \dfrac{1}{jC\omega}} = \frac{1}{R + j\left(L\omega - \dfrac{1}{C\omega}\right)} \,.$$

Il y a résonance en courant lorsque le module de l'admittance est maximal, c'est-à-dire lorsque le module du dénominateur est minimal. La partie réelle étant indépendante de ω, ce minimum est atteint lorsque la partie imaginaire est nulle. On retrouve alors la pulsation de résonance bien connue $\omega_\mathrm{r} = 1/\sqrt{LC}$.

Rappelons aussi que la bande passante (= largeur) de la résonance est reliée au facteur de qualité par

$$\Delta\omega = \frac{\omega_0}{Q} \qquad \Longleftrightarrow \qquad \Delta f = \frac{f_0}{Q}$$

R1.5 - Filtre RLC série : lorsque l'on prend la sortie aux bornes de la résistance, la fonction de transfert s'écrit

$$\underline{H} = \frac{1}{1 + \mathrm{j}Q\left(\dfrac{\omega}{\omega_0} - \dfrac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

Identifier la nature du filtre à partir de la fonction de transfert. Tracer le diagramme de Bode asymptotique en gain en justifiant, puis l'allure du diagramme réel pour $Q = 0{,}1$ et $Q = 100$.

> ***Éléments de réponse :*** *Le tracé du diagramme réel demande de calculer la valeur* ***exacte*** *de* $\underline{H}$ *puis du gain en* $\omega = \omega_0$*. Cette question de révision correspond à l'application 3 du cours sur les SLCI.*

À quoi s'attendre pour le programme suivant ?

▹ Chapitre 3 : Retour sur les principes thermodynamiques ;
▹ Chapitre 4 : Enthalpie de réaction ;
▹ Révisions de thermodynamique.