

I Cours et exercices

E7 Filtrage linéaire

- I **Signaux périodiques** : période, moyenne, valeur efficace.
- II **Décomposition en série de Fourier** : théorème de FOURIER, analyse spectrale, relation de PARSEVAL.
- III **Filtrage linéaire** : introduction, fonction de transfert d'un filtre, effet d'un filtre sur un signal périodique.
- IV **Description d'un filtre** : gain et gain en décibels, diagramme de BODE (définition, exemple, asymptotes, lecture), filtres moyennneurs dérivateurs et intégrateurs.
- V **Filtres d'ordre 1** : RC sur C : passe-bas, RC sur R : passe-haut.
- VI **Filtres d'ordre 2** : RLC sur C : passe-bas d'ordre 2, RLC sur R : passe-bande.
- VII **Filtres en cascade** : nécessité d'adaptation d'impédance.

ON1 Ondes progressives

- I **Introduction** : signal, perturbation, onde, propagation.
- II **Onde progressive à une dimension** : définition, représentation spatiale, célérité, représentation temporelle, retard, lien entre les représentations, formes mathématiques.
- III **Onde progressive sinusoïdale** : définition, double périodicité, rappel spectre électromagnétique, expression mathématique de l'OPS, vitesse de phase.
- IV **Milieux dispersifs** : définition, exemples.

II Cours uniquement

ON2 Interférences à deux ondes

- I **Rappel déphasages** : définition, valeurs particulières, lecture graphique.
- II **Superposition d'ondes sinusoïdales de mêmes fréquences** : introduction, signaux de même amplitude, signaux d'amplitudes différentes, bilan.
- III **Approximation par une onde plane** : sources ponctuelles, différence de marche, exercice d'application.
- IV **Interférences lumineuses** : cohérence, intensité, formule de FRESNEL, chemin optique.
- V **Expérience des trous d'YOUNG** : introduction, présentation, détermination de l'interfrange.

III Questions de cours possibles

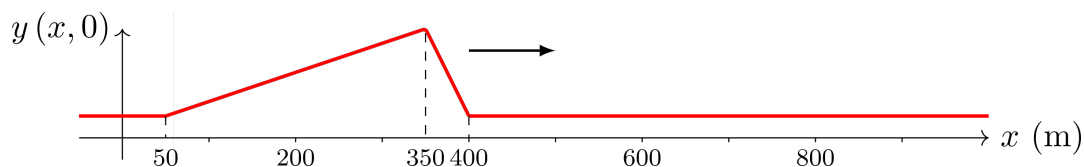
E7 Filtrage linéaire

- 1) Pour un des filtres ci-dessous : présenter le système réel, le système en RSF, déterminer sa fonction de transfert, son gain en décibels, son déphasage, déterminer les asymptotes et tracer les diagrammes de BODE.
 - a) RC sur C
 - b) RC sur R
 - c) RLC sur C
 - d) RLC sur R
- 2) Définir les trois effets de filtres étudiés : moyenneur, intégrateur dérivateur. Donner les formes canoniques des filtres passe-bas et passe-haut d'ordre 1 et démontrer leur comportement intégrateur ou dérivateur. Représentez l'effet d'un intégrateur sur un signal crête et l'effet d'un intégrateur sur un signal triangle.

ON1 Ondes progressives

- 3) On considère ici un mascaret qui se déplace à la vitesse $c = 18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ le long d'un fleuve rectiligne, et on définit un axe (Ox) dans la direction du sens de sa propagation.

À l'instant $t = 0$, le profil du niveau de l'eau du fleuve a l'allure suivante :



- 1] Faire un schéma du profil du fleuve à $\tau = 1 \text{ min}$ en supposant que l'onde se propage sans déformation.
- 2] À quel instant la vague arrive-t-elle au point d'abscisse $x_1 = 2,2 \text{ km}$?
- 3] Un détecteur fixe, enregistrant la hauteur du fleuve en fonction du temps, est placé à l'abscisse $x_d = 1,6 \text{ km}$. Dessiner l'allure des variations $y(x_d, t)$ en fonction du temps à cette abscisse.
- 4) Présenter ce qu'est une onde progressive sinusoïdale, établir sa double périodicité, indiquer les différentes relations reliant ω et f ou T ; k et λ ; λ , c et f ou T . Définir un milieu dispersif et donner des exemples.
- 5) Répondre à au moins 2 questions parmi les suivantes (nombre au choix de l'interrogataire) :
 - a – Soit $f(t)$ la fonction modélisant un signal en $x = 0$. Donner et démontrer l'expression du signal $s(x, t)$ en $M(x)$ ($x > 0$) en considérant une onde qui se propage vers les x croissants de O à M à la célérité c en fonction de f .
 - b – Soit $f(t)$ la fonction modélisant un signal en $x = 0$. Donner et démontrer l'expression du signal $s(x, t)$ en $M(x)$ ($x < 0$) en considérant une onde qui se propage vers les x décroissants de O à M à la célérité c en fonction de f .
 - c – Soit $g(x)$ la fonction modélisant un signal en $t = 0$. Donner et démontrer l'expression du signal $s(x, t)$ en $M(x)$ ($x < 0$) en considérant une onde se propageant vers les x décroissants à la célérité c en fonction de g .
 - d – Une onde progressive sinusoïdale d'amplitude A_0 et de longueur d'onde λ se propage dans le sens des x décroissants à la célérité c . La phase à $t = 0$ au point A d'abscisse $x_A = \lambda/4$ est nulle. Donner l'expression de la fonction $s(x, t)$ en fonction de A_0 , λ , c , x et t . Quel est le déphasage entre A et l'origine O du repère ?

- e – Une onde sinusoïdale se propage dans la direction de l'axe (Ox) dans le sens négatif avec la célérité c . On donne :

$$s_2(0,t) = A \sin(\omega t)$$

Déterminer l'expression de $s_2(x,t)$. Représenter graphiquement $s_2(\lambda/4,t)$ et $s_2(\lambda/2,t)$ en fonction de t .

ON2 Interférences à deux ondes

- 6) Déterminer l'expression du signal somme de deux ondes sinusoïdales de même fréquence **et même amplitude** en introduisant $\Delta\varphi_{1/2}(M)$ et $\varphi_0(M)$. On rappelle la formule de trigonométrie

$$\cos p + \cos q = 2 \cos\left(\frac{p+q}{2}\right) \cos\left(\frac{p-q}{2}\right)$$

Décrire le signal obtenu. Détailler les cas extrêmes et les valeurs de déphasage correspondantes (on utilisera l'ordre d'interférence et non la congruence). Qu'est-ce qui change si les signaux n'ont pas la même amplitude ? Définir les termes d'interférences constructives et destructives.

- 7) Démontrer le lien entre déphasage et différence de marche. Expliquer avec vos mots ce que représente la différence de marche. Démontrer les valeurs de différence de marche correspondant aux situations de signaux en phase et en opposition de phase. Définir et démontrer le chemin optique d'un rayon lumineux, et donner le lien entre déphasage et chemin optique.
- 8) Soient 2 émetteurs sonores envoyant une onde progressive sinusoïdale de même fréquence, amplitude et phase à l'origine. Le premier est fixé à l'origine du repère, l'émetteur 2 est mobile et à une distance d du premier, et un microphone est placé à une distance fixe x_0 de l'émetteur 1 et est aligné avec les deux émetteurs. On néglige l'influence de l'émetteur 2 sur l'émetteur 1 et toute atténuation.
- 1 Faire un schéma.
 - 2 Lorsque $d = 0$, qu'enregistre-t-on au niveau du microphone ?
 - 3 On part de $d = 0$ et on augmente d jusqu'à ce que le signal enregistré soit nul. Ceci se produit pour $d = 6,0$ cm. Expliquer cette extinction.
 - 4 En déduire la longueur d'onde du son émis.
 - 5 Pour $d = 12,0$ cm, quelle sera l'amplitude du signal enregistré ?
- 9) Expliquer ce qu'est la cohérence et pourquoi on ne fait des interférences qu'avec une unique source pour des signaux lumineux. Définir ce qu'est l'intensité d'un signal. Démontrer la formule de FRESNEL pour deux signaux sinusoïdaux de même fréquence et d'amplitudes différentes. La simplifier pour des signaux de même amplitude.
- 10) Trous d'YOUNG : présenter l'expérience et montrer que la différence de chemin $\delta_{2/1}(M)$ s'écrit $\delta = 2ax/D$ avec $2a$ la distance entre les fentes. Donner les conditions sur x pour avoir interférences constructives ou destructives.

On donne le développement limité suivant :

$$\sqrt{1+\varepsilon} = 1 + \varepsilon/2 + o(\varepsilon)$$