

Annexe E.1 : Guide pour les élèves

Projet : Ondes, série de Fourier et musique

Vous devez produire un rapport à l'aide d'un traitement de texte (maximum de dix pages de texte en *Times New Roman*, 12 points, à simple interligne) comportant les éléments suivants :

1. Énoncer et expliquer brièvement le théorème de Fourier sur les ondes périodiques (3 %);
2. Expliquer le concept d'harmonique. Expliquer ce qu'est une analyse de Fourier (10 %);
2. Expliquer comment on calcule les coefficients des harmoniques; donnez un exemple (15 %);
2. Illustrer une synthèse de Fourier. Faire une démonstration à l'aide de *Maple*. Faire le lien avec la musique. Expliquer pourquoi la même note produite par deux instruments de musique différents donne des sons différents. Qu'y a-t-il de commun? (27 %)
2. Expliquer pourquoi on a avantage à numériser un son. Qu'inscrit-on sur un disque compact ou dans un ordinateur? (14 %)

N'oubliez pas l'introduction et la conclusion (4 %).

Annexe 1 : Remettre le rapport de laboratoire sur le filtre RC passe-bas. Comparer les valeurs obtenues au laboratoire à la simulation faite sur *Maple*. Y a-t-il des différences? (15 %)

Annexe 2 : Après avoir fabriqué au laboratoire un filtre RC passe-haut, analyser ses principales caractéristiques (maximum deux pages) (12 %).

Quelques règles et remarques :

- Équipes de trois membres (un de chaque groupe A, B et C). Vous devez inscrire les équipes dès la première semaine.
- Chaque équipe voit à son organisation interne et à une distribution équitable des tâches.
- Chaque équipe doit prendre rendez-vous et rencontrer le professeur au moins une fois avant le 20 février pour faire un rapport d'étape.
- Le deuxième examen intra de la semaine du 19 mars portera sur le contenu de ce rapport.
- N'oubliez pas de remplir votre cahier de bord.
- Votre médiagraphie doit comporter au moins un site Internet non suggéré et un manuel.
- Vous serez évalués sur la qualité, la concision et la clarté de la présentation. Soignez le français.

Échéance : 16 mars.

Laboratoire de physique: le filtre RC passe-bas

Durant les deux prochaines heures, nous allons travailler avec le circuit suivant :

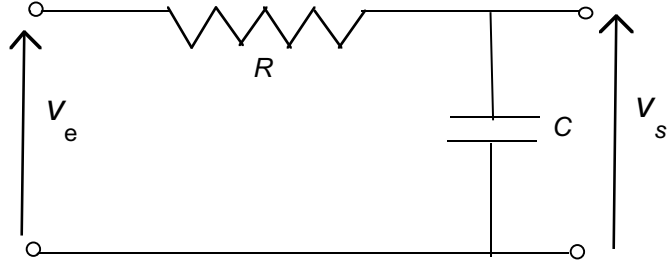


Figure 1

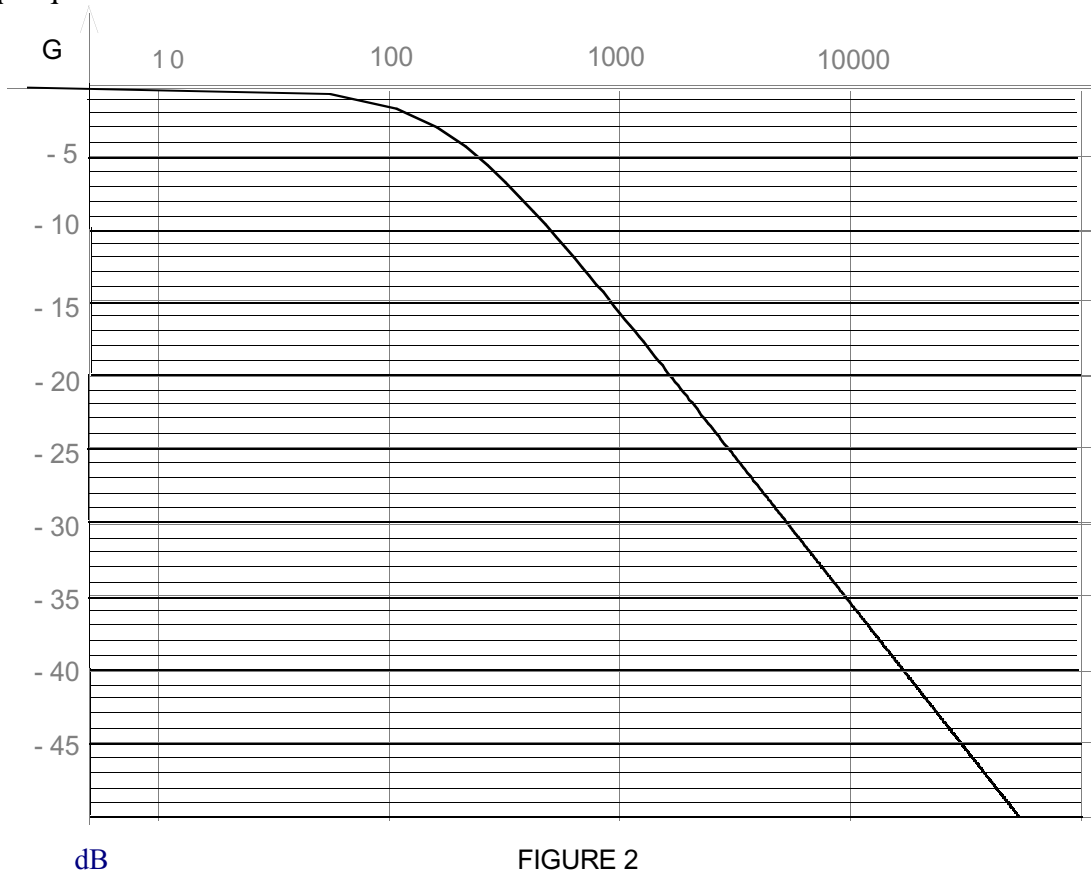
V_e : Tension à l'entrée
 V_s : Tension à la sortie

On appelle transmittance T , le rapport V_s / V_e (voir Benson, *Physique 2*, ERPI, ch. 12, p.13).

Étude théorique du filtre

1. Exprimer T de ce filtre en fonction de R , C , et ω (ω : pulsation de la tension sinusoïdale appliquée à l'entrée du filtre), et en fonction de R , C et f (f est la fréquence de la tension appliquée à l'entrée). Montrez comment on peut obtenir cette valeur en utilisant le concept de diviseur de tension.

2. Voici le graphe du gain $G = 20 \cdot \log T$ en fonction de f pour $R = 10 \text{ k}\Omega$ et $C = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$. Vérifiez quelques valeurs.



3. On appelle fréquence de coupure f_0 la fréquence où on obtient un gain (en fait, c'est une perte!) de -3 dB . Trouvez sur ce graphique la fréquence de coupure de ce filtre en laissant apparaître les traits permettant de faire cette lecture. Comparer la valeur théorique donnée par :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

Rappel (Fourier) : Tout signal périodique de fréquence f , peut s'écrire :

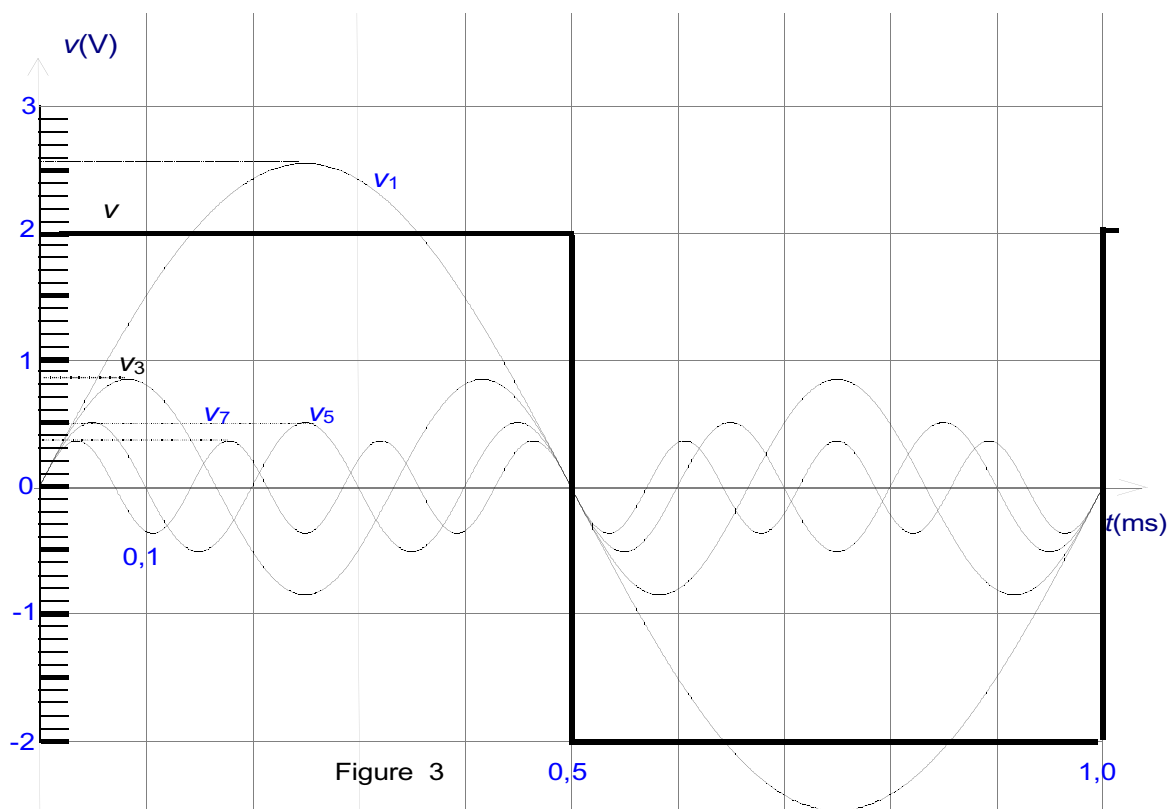
$$v = v_0 + v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + \dots$$

où :

- v_0 est une constante donnant la moyenne de la fonction;
- v_1 est une fonction sinusoïdale de fréquence f (appelée fondamentale)
- v_2 est une fonction sinusoïdale de fréquence $2f$ (appelée harmonique de rang 2)...

Étude expérimentale du filtre

1. On applique à l'entrée du filtre, le signal carré v , de fréquence f , représenté ci-dessous. Ajuster l'oscillateur en conséquence. Dans le même repère sont représentées les harmoniques v_1, v_3, v_5, v_7 telles que $v = v_0 + v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + \dots$ (les harmoniques de rangs pairs sont ici nulles).



- Déterminer la valeur de f , fréquence de la tension v .
- Comment appelle-t-on v_0 ? Déterminer sa valeur.
- Déterminer les fréquences des harmoniques # 3, # 5 et # 7.
- Écrire chacune des tensions v_1, v_3 et, v_5 , sous la forme : $v = V_{\max} \cdot \sin(2\pi f t + \varphi)$.
- Dessiner le spectre des fréquences de la tension v sur la figure 4 ci-dessous.

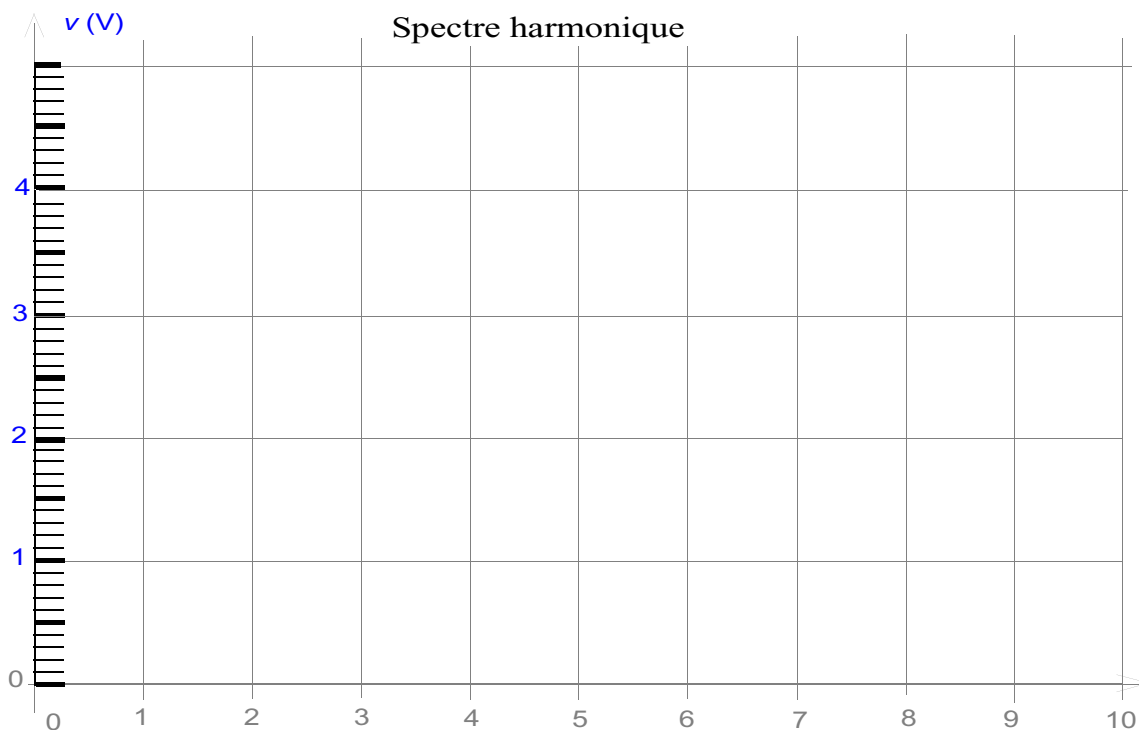


FIGURE 4

- Utilisant le graphe de la figure 2, déterminer le gain correspondant à une fréquence de 10 kHz?
- Trouver expérimentalement à l'aide d'un voltmètre ou d'un oscilloscope :
 - a) la valeur de T correspondante;
 - b) l'amplitude A_{1s} de la tension v_{1s} que l'on obtient à la sortie du filtre si on applique à l'entrée la tension v_1 (harmonique de rang 1 de la tension v);
 - c) Montrer que A_{1s} est faible devant A_1 (A_1 : amplitude de v_1). On pourra calculer le rapport A_{1s}/A_1 .
- Tracer, sur la figure 5 ci-dessous, l'allure de la tension de sortie du filtre lorsqu'on lui applique, à l'entrée, la tension carrée v de la figure 3.

Question : Quel est, pour les tensions de hautes fréquences, le rôle de ce filtre?

Bonus de 10% sur le rapport : utiliser une *applet* appropriée pour retrouver la tension mentionnée ci-haut. Attention à la phase!

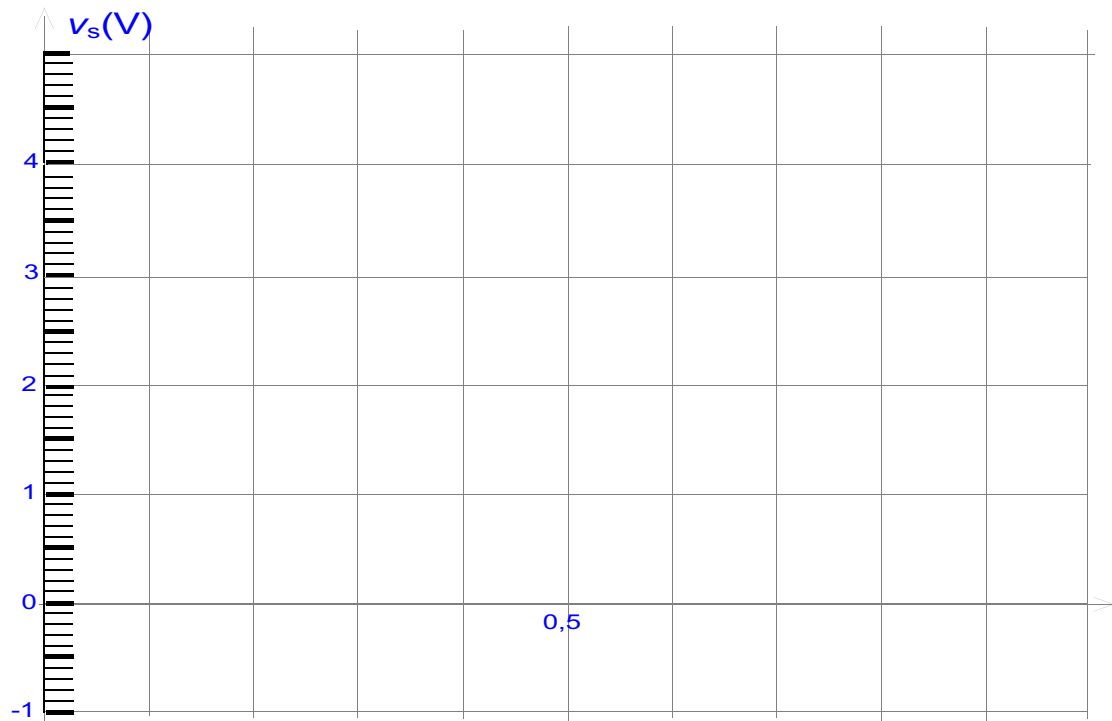


FIGURE 5

Rédiger un rapport complet de cette expérience (but poursuivi, cadre théorique, appareils, résultats, analyse et conclusion).

Cahier de bord

Voici les trois éléments principaux qui doivent apparaître dans votre cahier de bord. Soyez clair, bref et précis.

1. Qu'ai-je apporté à l'équipe lors de la réalisation de ce projet?
2. Qu'est-ce que l'équipe m'a apporté?
3. Quels liens entre les disciplines ai-je trouvés lors de ce problème ou de ce projet?

Soyez précis; donnez clairement les thèmes ou les sujets touchés dans vos cours précédents ou actuels.

Ce cahier est évalué indépendamment du projet (2 % de la session).

Sites Internet intéressants

Séries de Fourier :

<http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/divers/fourier.html>
<http://walet.phy.umist.ac.uk/2C2/Notes/node16.html>
<http://perso.club-internet.fr/fgrevat/fourier/fourier.html>
<http://lumimath.univ-mrs.fr/~jlm/cours/fourier>

Synthèse de Fourier :

<http://www.ac-nice.fr/index1.htm>
<http://forum.swarthmore.edu/key/nucalc/detail.html>
<http://www.maplesoft.com/cybermath/html/fourier.html>
<http://www.maplesoft.com/apps/categories/education/appliedmath/html/K10.4-Fourier.html>
<http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/divers/syntfour.html>

Texte avancé :

<http://perso.aricia.fr/alluin/spectre/PRSpectr.htm>
<http://www.saliege.com/dynamique/projet/Fourier/FFT1.html> (avec d'autres applets)

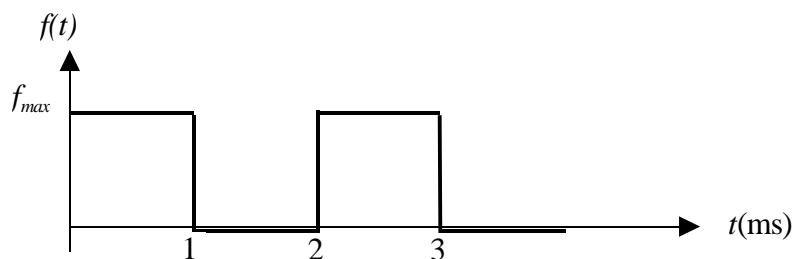
Filtre :

<http://www.saliege.com/dynamique/faust98/coursinfo/MAPLE/David/filtre1.html>

Annexe P.1 : Deuxième examen intra

Consignes:

- Durée de l'examen : 75 minutes
 - Pondération : 10 points.
 - Maximum de six lignes pour chacune des réponses aux questions 1, 2 et 5. Deux points par question.
 - Aucune documentation permise.
 - Calculatrice non programmable permise.
1. a) Définir mathématiquement une onde périodique;
b) Énoncer et expliquer brièvement le théorème de Fourier sur les ondes périodiques.
 2. Expliquer le concept d'harmonique. Expliquer ce qu'est une analyse de Fourier.
 3. Calculer les coefficients des harmoniques de rang « 0 », 1 et 2 pour l'onde périodique qui suit :



4. Illustrer, en utilisant quelques harmoniques, la synthèse de Fourier pour une onde à créneaux.
5. Expliquer un processus de numérisation d'une onde. Donner deux avantages de travailler avec des ondes numérisées.

Aide mémoire:

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt; \quad a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) dt; \quad b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) dt$$

Annexe P.2 : Résumé des résultats d'une mini enquête auprès des élèves

Nous avons distribué un questionnaire à la fin de la session portant sur les différents volets du cours. Les élèves ont manifesté une grande satisfaction envers le cours et envers cette activité en particulier.

Quelques réactions des étudiants sur le cours d'intégration

- « Il est certain que nous avons rencontré des points plus ardues à concevoir, mais le fait d'être en équipe nous a empêchés de paniquer et nous a permis de rester concentrés sur le sujet. »
- « Ce projet m'a permis de faire des liens entre la physique et les mathématiques. En effet, le fait de transformer des ondes périodiques en une série de Fourier relève des mathématiques. De plus, tout ce qui a trait aux fréquences, à la numérisation du son relève de la physique. »
- « ...mathématisation encore plus poussée de la physique en transformant une onde en somme infinie d'autres ondes. J'ai réalisé que les mathématiques sont réellement un mode de représentation du monde, ce que je ne réalisais pas vraiment avant. »
- « J'ai appris que le travail d'équipe est beaucoup plus motivant et beaucoup plus productif que le travail individuel. »
- « Je suis plutôt paresseux et mes coéquipiers me l'ont fait comprendre et ils m'ont fait travailler. »
- « Ce projet d'intégration a la magie de marier parfaitement la physique et les mathématiques. »