

## EXERCICE 1

### Bougie d'allumage

Un moteur à essence nécessite un système d'amorçage de la combustion du mélange air-essence. C'est le rôle de la bougie d'allumage. Pour produire une étincelle aux bornes des électrodes de la bougie, il faut lui appliquer une tension de l'ordre de 10 000 Volts, et cela à l'aide d'une simple batterie de 12 V.

On modélise la situation par le circuit suivant :

- ✗ la batterie est un générateur de tension idéal de force électromotrice  $E = 12 \text{ V}$ ,
- ✗ la bobine d'allumage possède une résistance  $R = 100 \Omega$  et une inductance  $L = 100 \text{ mH}$ .
- ✗ les électrodes de la bougie sont représentées par un condensateur de capacité  $C = 10 \text{ pF}$ .

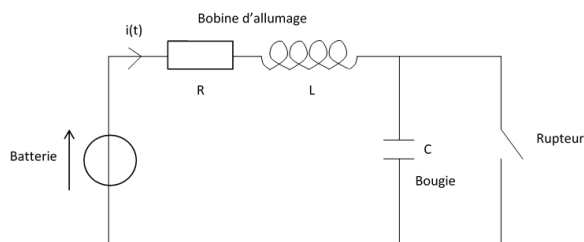


FIGURE 1 –

En sachant que la production d'étincelles se déroule en deux étapes : accumulation d'énergie dans la bobine ( interrupteur K fermé) puis ouverture de l'interrupteur, montrer que ce dispositif permet effectivement d'obtenir des étincelles.

## EXERCICE 2

### Portrait de phase

La figure 2 représente le portrait de phase de la tension  $u(t)$  aux bornes de la capacité  $C$  dans un circuit RLC-série.

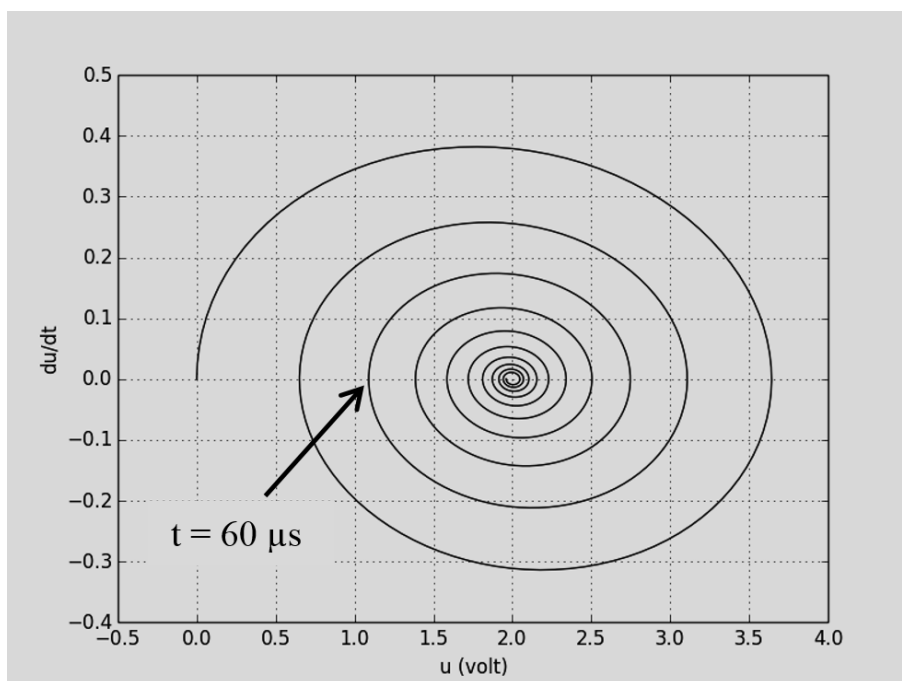


FIGURE 2 –

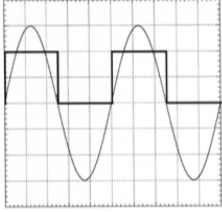
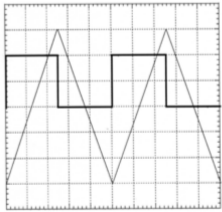
1. Exploiter au maximum ce portrait de phase et notamment déterminer les valeurs de  $R$ ,  $L$  et  $C$ . Le régime est-il libre ?
2. Proposer un protocole expérimental permettant de visualiser ce portrait de phase.

## EXERCICE 3

### Filtre passe-bande

Afin de déterminer les caractéristiques d'un filtre passe-bande, on injecte à l'entrée du filtre, un signal créneau avec deux valeurs de fréquence différentes.

Les oscillogrammes des signaux d'entrée et de sortie du filtre sont représentés ci-dessous :

Mesures	Réglages	Chronogrammes
mesure 1	Voies 1 et 2 en position DC Base de temps : $50 \mu\text{s}/\text{div}$ Sensibilité : voie d'entrée : $0.5 \text{ V}/\text{div}$ voie de sortie : $2 \text{ V}/\text{div}$	
mesure 2	Voies 1 et 2 en position DC Base de temps : $5 \mu\text{s}/\text{div}$ Sensibilité : voie d'entrée : $2 \text{ V}/\text{div}$ voie de sortie : $0.2 \text{ V}/\text{div}$	

- Déterminer la fonction de transfert de ce filtre en précisant les valeurs de ses grandeurs caractéristiques.
- Proposer un montage électronique permettant ce type de filtrage avec ces grandeurs caractéristiques.
- Représenter l'allure du signal de sortie lorsque l'on injecte en entrée un signal créneau de la même forme que le précédent mais de fréquence 400 Hz.

### Données

- ✗ Décomposition en série de Fourier du signal créneau :

$$e(t) = \frac{A}{2} + \sum_{p=0}^{\infty} \frac{4A}{\pi(2p+1)} \sin(2\pi(2p+1)ft)$$

Où  $f$  est la fréquence du créneau et où  $A$  est son amplitude.

## EXERCICE 4

### Filtre ADSL

La transmission de la TNT se fait via des ondes électromagnétiques contenues dans ce que l'on appelle la bande UHF (Ultra haute fréquence). Cette bande est la bande de fréquence contenue entre 300 MHz et 3000 MHz. Les chaînes TV sont émises sur plusieurs canaux (ou bande de fréquences) numérotés de 21 à 69. La figure (7) précise la fréquence de chaque canal. En pratique chaque canal est occupé par deux fréquences : une pour le son et une pour l'image.

Depuis Décembre 2011, les canaux de 61 à 69 ne sont plus alloués à la télévision mais à la téléphonie et plus précisément au réseau 4G. Dés lors, plusieurs utilisateurs se sont plaints de ne plus recevoir correctement la TNT. En effet, les filtres des décodeurs TNT ne sont pas suffisamment sélectifs et laissent passer les signaux présents sur les canaux au-delà du 61°.

Pour palier à ce problème, il est recommandé d'installer un filtre "rejecteur de 4G" entre l'antenne réceptrice et le décodeur TNT.

- Placer la bande UHF sur le spectre électromagnétique.
- De quel type est le filtre "rejecteur 4G" ?
- Connaissez-vous des filtres de cette nature ? peuvent-ils convenir ?
- Le filtre réjecteur "SPAUN - SMF 790", représenté figure (6) et vendu dans le commerce, a les caractéristiques suivantes : aucune atténuation pour le canal 60 et une atténuation de 50dB pour la fréquence audio du canal 64. Quel est l'ordre de ce filtre ? Commenter.



FIGURE 3 – "rejecteur 4G"

Canal	Vidéo (MHz)	Audio (MHz)	Canal	Vidéo (MHz)	Audio (MHz)	Canal	Vidéo (MHz)	Audio (MHz)
21	471,25	477,75	38	607,25	613,75	55	743,25	749,75
22	479,25	485,75	39	615,25	621,75	56	751,25	757,75
23	487,25	493,75	40	623,25	629,75	57	759,25	765,75
24	495,25	501,75	41	631,25	637,75	58	767,25	773,75
25	503,25	509,75	42	639,25	645,75	59	775,25	781,75
26	511,25	517,75	43	647,25	653,75	60	783,25	789,75
27	519,25	525,75	44	655,25	661,75	61	791,25	797,75
28	527,25	533,75	45	663,25	669,75	62	799,25	805,75
29	535,25	541,75	46	671,25	677,75	63	807,25	813,75
30	543,25	549,75	47	679,25	685,75	64	815,25	821,75
31	551,25	557,75	48	687,25	693,75	65	823,25	829,75
32	559,25	565,75	49	695,25	701,75	66	831,25	837,75
33	567,25	573,75	50	703,25	709,75	67	839,25	845,75
34	575,25	581,75	51	711,25	717,75	68	847,25	853,75
35	583,25	589,75	52	719,25	725,75	69	855,25	861,75
36	591,25	597,75	53	727,25	733,75			
37	599,25	605,75	54	735,25	741,75			

FIGURE 4 – Liste des canaux UHF

## EXERCICE 5

### Cahier des charges

Le cahier des charges d'un électronicien, pour élaborer un filtre passe-bas, est le suivant :

#### Cahier des charges

- ✗ Le gain à basse fréquence doit être égal à 1.
- ✗ Le filtre doit avoir une fréquence de coupure  $f_c = 20$  kHz.
- ✗ Le filtre doit atténuer les fréquences supérieures à  $f_{max} = 100$  kHz d'au moins 80 dB.

1. En utilisant simplement un circuit R-C série, peut-il élaborer un filtre répondant au cahier des charges ?
2. De même, un circuit R-L-C série peut-il convenir ?
3. L'électronicien décide d'utiliser un filtre numérique dont le module de la fonction de transfert est de la forme :

$$|H| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^n}}$$

Montrer que ce filtre convient et trouver la valeur de  $n$ .

## EXERCICE 6

### Wattmètre

On souhaite déterminer la puissance moyenne reçue par un dipôle linéaire ( $D$ ) d'impédance  $\underline{Z} = R + jX$ .

1. Le dipôle est soumis à une tension  $u(t) = U_{eff} \sqrt{2} \cos(\omega t)$  et est parcouru par un courant  $i(t) = I_{eff} \sqrt{2} \cos(\omega t + \phi)$  défini en convention récepteur. Déterminer l'expression de la puissance moyenne reçue par le dipôle ( $D$ ).
2. On considère le montage donné par la figure (5), dans lequel :

- ✘ L'amplificateur, est un dispositif délivrant une tension proportionnelle à la tension aux bornes du dipôle ( $D$ ) :  $V_{s1}(t) = k_1 \times u(t)$ .
- ✘ Le convertisseur est un dispositif délivrant une tension proportionnelle au courant parcourant le dipôle ( $D$ ) :  $V_{s2}(t) = k_2 \times i(t)$ .
- ✘ le multiplieur est un dispositif, détaillé dans l'annexe d'électronique, délivrant une tension  $V_s(t) = k \times V_{e1}(t) \times V_{e2}(t)$  quand on lui applique les tensions  $V_{e1}(t)$  et  $V_{e2}(t)$  en entrée.  $k$  étant une constante de l'ordre de  $0.1 \text{ V}^{-1}$ .
- ✘ Le filtre est un quadripôle linéaire d'ordre 2 caractérisé par sa fonction de transfert  $H$ .

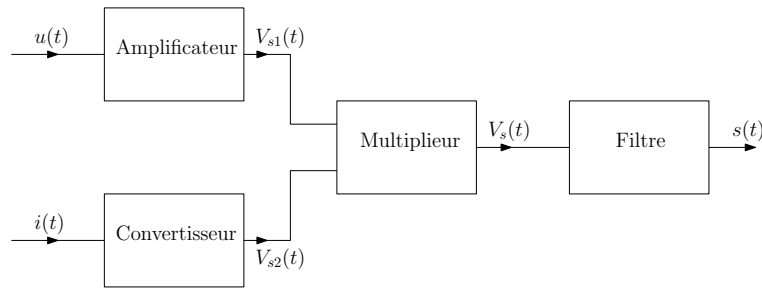


FIGURE 5 – Wattmètre

- (a) Exprimer la tension  $V_s(t)$  à la sortie du multiplieur, représenter son spectre.
- (b) Quelle doit être la nature du filtre pour pouvoir obtenir en sortie une tension  $s(t)$  proportionnelle à la puissance moyenne reçue par le dipôle ( $D$ ) ? A quelle condition sur la fréquence propre et le facteur de qualité du filtre ceci est-il réalisé ?
- (c) Proposer un montage permettant d'obtenir un tel filtre.

## EXERCICE 7

### Ohmmètre

On désire réaliser un ohmmètre avec le cahier des charges suivant :

#### Cahier des charges

- ✘ La résistance à mesurer  $R_x$  peut varier de  $100 \Omega$  à  $1 \text{ M}\Omega$
- ✘ La mesure de la résistance  $R_x$  doit se faire par la simple lecture d'une tension et de temps de réponse du dispositif doit être inférieur à  $0.1 \text{ s}$  pour toutes les valeurs possibles de  $R_x$  dans la gamme proposée.

Pour cela, on propose d'utiliser le montage donné par la figure (6) et dans lequel :

- ✘ Le bloc "M", dont le schéma détaillé est précisé dans l'annexe d'électronique, donné figure (7), est un bloc comportant des multiplieurs analogiques (voir annexe d'électronique) dont la tension de sortie est de la forme :  $z = k \times x \times x$  avec  $k = 0.1 \text{ V}^{-1}$  et dont les courants d'entrée sont nuls ;
- ✘ Le bloc "O" est un oscillateur sinusoïdal délivrant un signal d'amplitude  $10 \text{ V}$  et de fréquence  $1 \text{ kHz}$  ;
- ✘ Le bloc "F" est un filtre passe-bas dont le rôle consiste à ne conserver, en plus d'éventuelles composantes continues, uniquement la composante de plus basse fréquence du signal  $u_m(t)$  ;
- ✘ Le bloc "I" est un intégrateur ;
- ✘ Le bloc "V" est un voltmètre (mesure  $U_s$ , la valeur moyenne de  $u_s(t)$ ).

Décrire le fonctionnement du montage et notamment :

- ✘ Préciser comment, à partir de la lecture de  $U_s$ , on peut en déduire  $R_x$ .
- ✘ Préciser comment choisir numériquement la valeur de  $R_e$  pour chaque gamme de mesure de  $R_x$
- ✘ Préciser comment répondre au cahier des charges concernant le temps de réponse.
- ✘ Préciser comment avoir accès à l'incertitude-type de  $R_x$ .

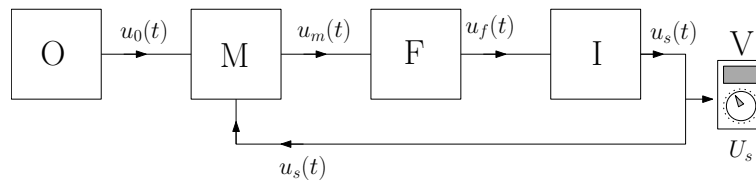


FIGURE 6 – Structure de l'ohmmètre

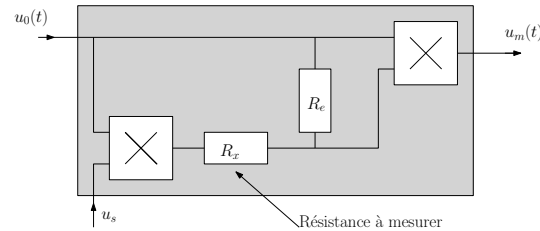


FIGURE 7 – Détail bloc M

## EXERCICE 8

### Étude d'un filtre

Lors de l'étude de la réponse fréquentielle d'un filtre passe-bas du 1<sup>er</sup> ordre réalisé à l'aide d'un circuit  $R-C$  série dont les valeurs des composants sont  $R = 1 \text{ k}\Omega$  et  $C = 0.1 \text{ nF}$ , un étudiant est étonné d'obtenir le diagramme de Bode de la figure 8.

1. Pourquoi l'étudiant est-il surpris ? À quelle fonction de transfert s'attendait-il ?
2. Compte-tenu du diagramme asymptotique, proposer une expression pour la fonction de transfert obtenue, sachant qu'elle est du 2<sup>nd</sup> ordre. Déterminer la fréquence propre  $f_0$  et le facteur de qualité  $Q$  du filtre.
3. Afin d'expliquer ces résultats expérimentaux, l'étudiant décide de modéliser le condensateur utilisé par le dipôle de la figure 9. Dans ce modèle, il considère que  $L$  est de l'ordre du  $\mu\text{H}$  et que  $R_f$  est de l'ordre du  $\text{M}\Omega$ . Montrer que le modèle utilisé convient et déterminer précisément  $L$  et  $Q$ .

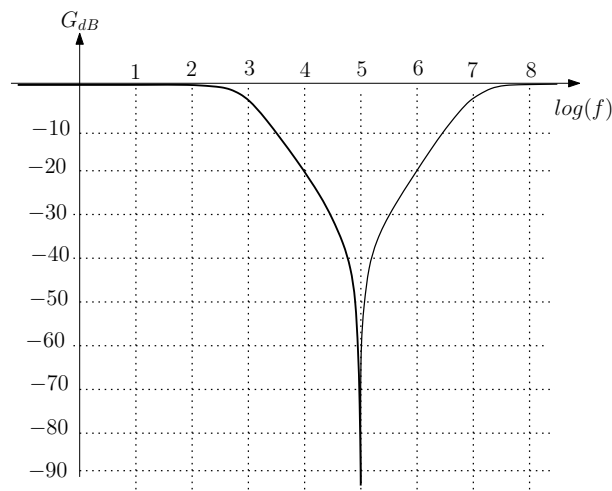


FIGURE 8 – Réponse fréquentielle du filtre R-C

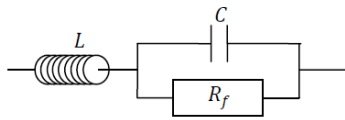


FIGURE 9 – Modélisation large-bande du condensateur