

Exercices d'électronique

★ ★ ★

PSI* - Collège Stanislas



Philippe Ribière

Année Scolaire 2015-2016



Chapitre 1

Réseau en régime permanent.

1.1 Transformation Thévenin Norton

Donner le modèle de Thévenin et Norton du dipôle AB de la figure 1.1.

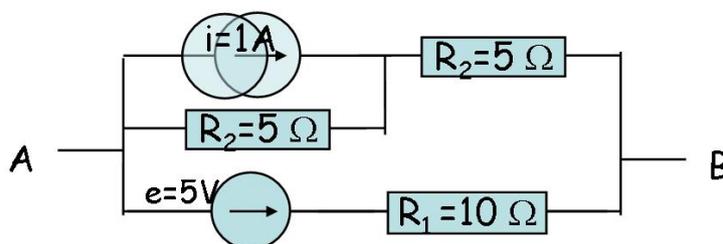


FIGURE 1.1 – Transformation Thévenin Norton.

1.2 Modélisation d'un transistor.

Considérons le montage de la figure 1.2. Ce montage comprend un transistor (base B, émetteur E et collecteur C). Le schéma présente le schéma équivalent au transistor, qui comprend une résistance

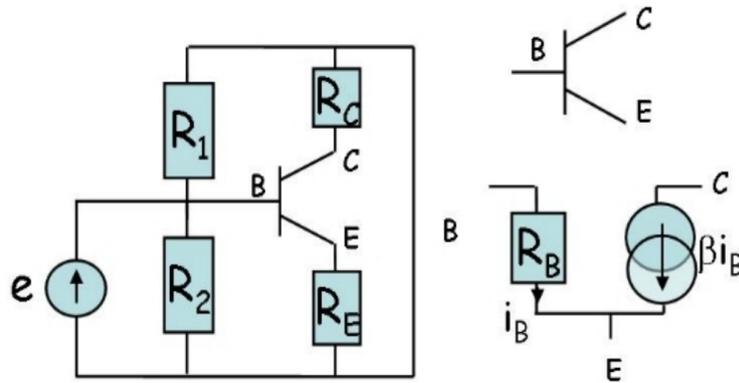


FIGURE 1.2 – Transistor.

R_B et un générateur de courant βi_B . Le courant délivré par ce générateur est donc fonction du courant qui traverse la résistance i_B (On parle de source liée). Un transistor permet d'amplifier un courant. Exprimer u_C en fonction de e , β , R_C , R_E et R_B .

Chapitre 2

Régime transitoire et filtre passif.

2.1 Etude d'un circuit RC.

On étudie le montage de la figure 2.1.

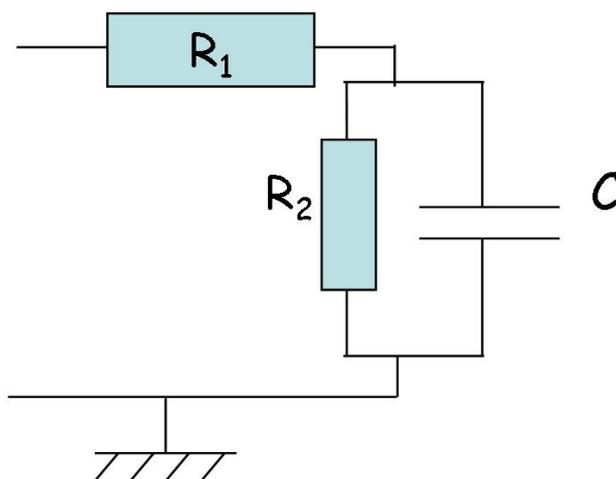


FIGURE 2.1 – Circuit RC

2.1.1 Etude du régime transitoire

A $t=0$, le condensateur C est déchargé et on ferme un interrupteur sur le générateur de tension continu E non représentée ici.

1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par $u(t)$. Faire apparaître un temps caractéristique τ .

2. Donner l'expression de $u(t)$ et des différents courants.
3. Retrouver le cas limite vu en cours.

2.1.2 Etude du régime sinusoïdal forcé.

Le circuit de la figure 2.1 est alimenté par un générateur $e(t) = e_0 \cos(\omega.t)$. On s'intéresse à la tension $s(t)$ aux bornes de C.

1. Quelle est a priori la nature du filtre?
2. Déterminer $\underline{H}(j\omega)$ en régime sinusoïdal forcé. On introduira une fréquence ω_0 fonction des caractéristiques du circuit.
3. Tracer le diagramme de Bode. Préciser la nature du filtre.
4. Donner sa fréquence de coupure et sa bande passante.
5. Donner l'expression de $s(t)$ pour une pulsation $\omega_1 = \frac{\omega_0}{10}$.
6. Donner l'expression de $s(t)$ pour une pulsation $\omega_2 = 10.\omega_0$.
7. Donner l'expression de $s(t)$ pour un signal d'entrée $e(t) = 1.\cos(\frac{\omega_0}{10}.t) + 0,3.\cos(10.\omega_0.t)$.
8. Donner l'expression de $s(t)$ pour un signal d'entrée $e(t) = \cos^2(\frac{\omega_0}{10}.t)$.

2.2 Circuit soumis à un échelon de tension.

On suppose que le système de la figure 2.2 est soumis à un échelon de tension E à partir de l'instant $t=0$. Le condensateur est initialement déchargé.

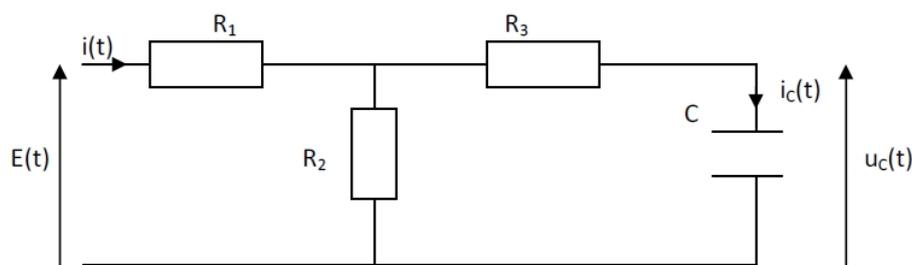


FIGURE 2.2 – Circuit soumis à un échelon de tension.

1. Déterminer $u_C(t)$. Tracer cette fonction.
2. En déduire $i_C(t)$ et le tracer.
3. Déterminer également le courant $i(t)$ et tracer le.

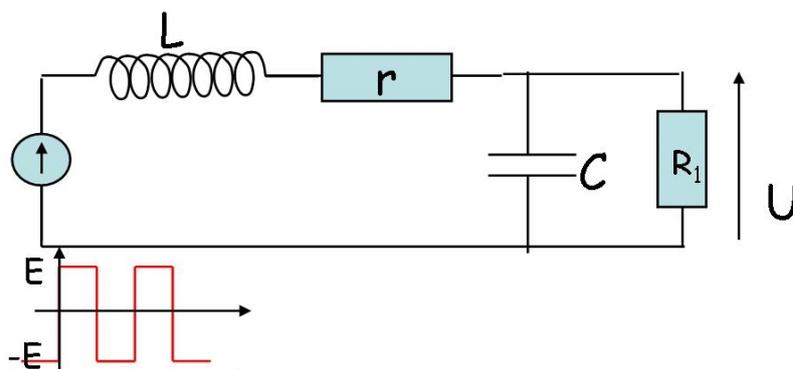


FIGURE 2.3 – Circuit LC réel; Décharge de C dans RLC.

2.3 Circuit LC réel en signaux carrés.

On étudie le montage de la figure 2.3. Le générateur de tension délivre un signal créneau symétrique entre E et $-E$ de période T .

1. Pourquoi parle-t-on ici de LC réel ?
2. En supposant $e(t) = -E$, quel est le régime permanent atteint ?
3. Etablir l'équation différentielle vérifiée par $u(t)$.
On supposera $Q_0 = 0,1 = \frac{1}{10}$ pour la résolution, ce qui pourra amener à certaines approximations.
4. Quel est le régime observé ?
5. Donner l'expression de $u(t)$ sur une demi période $[0; \frac{T}{2}]$ où $e(t) = +E$, en fonction de ω_0 et des conditions initiales.

2.4 Régime sinusoïdal forcé du circuit LC.

On étudie un circuit LC série, alimenté par un générateur de tension $e(t) = e_0 \cos(\omega t)$ et on s'intéresse à la tension $s(t)$ aux bornes de C.

1. Est-il possible ici de négliger le régime transitoire ?
2. Donner alors le signal de sortie $s(t)$.
3. Que se passe-t-il pour $\omega = \omega_0$?
4. Commenter par rapport à vos connaissances sur le circuit RLC série.

2.5 Filtrage d'un signal sonore.

Un ingénieur du son souhaite enregistrer un concert. Les fréquences audibles par l'oreille humaine sont comprises dans l'intervalle $[20 \text{ Hz}, 20 \text{ kHz}]$. Or un bruit électronique haute fréquence à 100 kHz est aussi présent.

1. Pourquoi faut-il supprimer ce bruit avant de numériser le signal.
2. Proposer un filtre (nature et mise en pratique avec des valeurs pour les composants) pour "éliminer le signal parasite et préciser les caractéristiques de ce filtre.
3. Quelle est l'atténuation du signal? Quelle(s) amélioration(s) proposée(s)?
4. L'observation du spectre du signal montre aussi un pic de Fourier anormalement élevé à la fréquence de 50Hz. Proposer une interprétation et une solution pour l'éliminer.
5. En analysant la figure 2.4 du spectre audible, proposer un autre filtre (nature et mise en pratique avec des valeurs pour les composants)

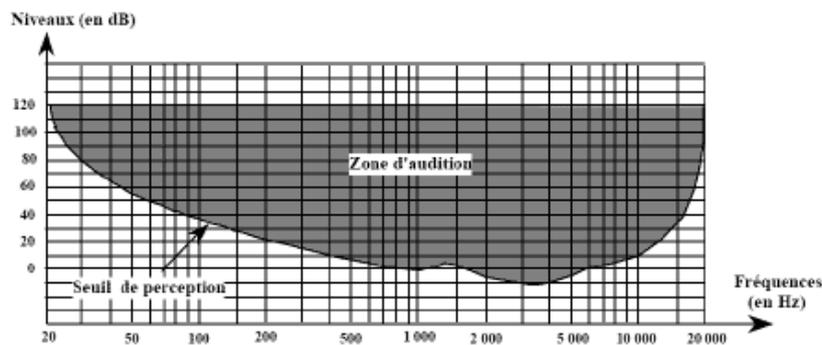


FIGURE 2.4 – Diagramme d'audition.

2.6 Filtre anti-Larsen.

Extrait de la notice d'utilisation d'un filtre supprimeur de Larsen :

”Le filtre propose différentes largeurs de bande. Le mode Music High est un filtre de bande très étroite, de 1/80ème d'octave, ce qui réduit l'impact sur la musique. Le mode Speech utilise lui des filtres plus large, de bande 1/5ème d'octave. Les caractéristiques détaillées sont données figure 2.5.”

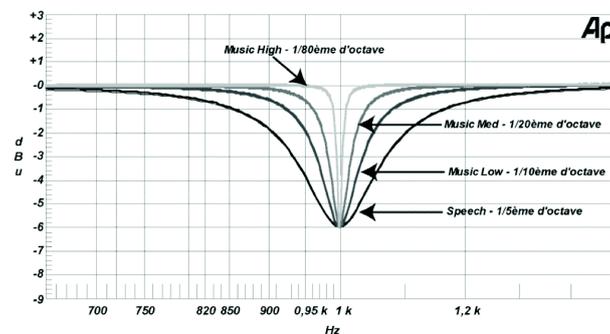


FIGURE 2.5 – Filtre anti-Larsen du commerce.

L'objectif de cet exercice est de modéliser le filtre commercial par un filtre simple. La puissance dissipée par le haut parleur en sortie est négligée.

1. Quelle est, en quelques mots, la caractéristique et l'origine du phénomène de Larsen ?
2. Quelle est la nature du filtre ? Pourquoi ce filtre permet-il d'éviter l'effet Larsen ?
3. Quelle est la largeur spectrale d'une octave ?

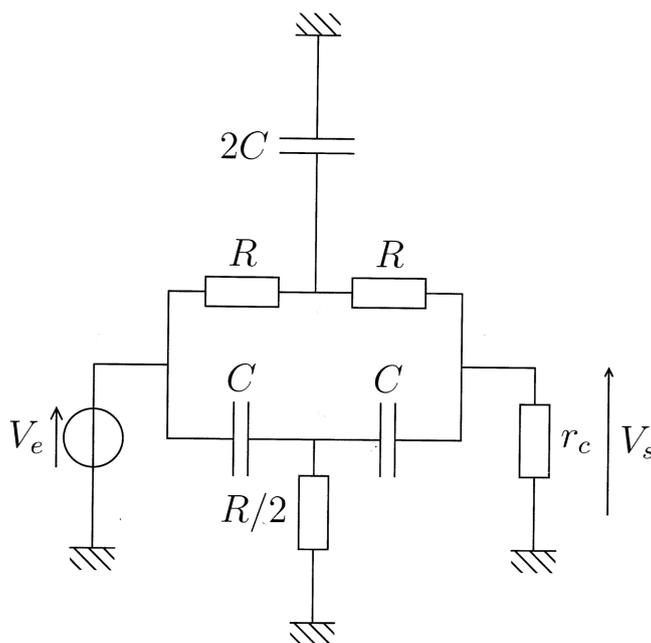


FIGURE 2.6 – Modélisation du filtre anti-Larsen ?

4. Que dire de la résistance de charge r_c dans la modélisation, figure 2.6 ?
5. Trouver la fonction de transfert du circuit de la figure 2.6 et la mettre sous forme canonique.
6. Ce filtre modélise-t-il correctement le filtre anti-Larsen commercial ?
7. Estimer, par analogie avec le filtre passe bande, le facteur de qualité des deux modes évoqués dans la notice.
8. Justifier le choix par l'utilisateur de divers modes.

2.7 Quadripôle inconnu.

Un quadripôle constitué de deux dipôles ($D1$) et ($D2$), disposés comme l'indique la figure 2.7, contient les trois dipôles suivants : une résistance R , un condensateur de capacité C et une bobine d'inductance L . Seules les bornes d'entrée et de sortie du quadripôle sont accessibles à l'expérimentateur.

Des expériences sont réalisées pour déterminer la nature du quadripôle :

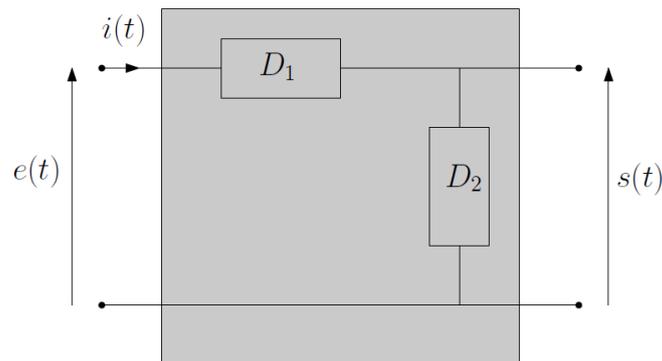


FIGURE 2.7 – Disposition des dipôles dans le quadripôle inconnu.

- L'entrée est reliée à une pile de f.e.m. $E_0 = 20V$ et de résistance interne nulle, la sortie étant ouverte. On mesure, en régime établi, un courant d'entrée d'intensité $i(t) = i_0 = 4,0mA$.
 - L'entrée est reliée à générateur de tension sinusoïdale $e(t) = E_0 \cdot \cos(\omega t)$, et une étude fréquentielle montre qu'il s'agit d'un filtre passe-bande dont le gain est maximal pour la fréquence $f_0 = 1,2 \text{ kHz}$, et dont la bande passante à $-3dB$ vaut $\Delta f = 12 \text{ Hz}$.
1. Déterminer la disposition des composants dans le quadripôle ainsi que la valeur numérique de ces composants.
 2. Dans quel cas ce montage transforme :
 - un signal créneau en un signal triangulaire de même fréquence ?
 - un signal triangulaire en un signal créneau de même fréquence ?
 - un signal créneau en un signal sinusoïdal de même fréquence ? Est-ce possible de tripler la fréquence de sortie ?

Décomposition en série de Fourier du signal créneau $e(t)$:

$$e(t) = \sum_{p=0}^{\infty} \frac{4E}{\pi(2p+1)} \sin\left(\frac{2\pi(2p+1)}{T}t\right)$$

2.8 Calcul du courant efficace dans un circuit.

Soit le montage 2.8, déterminer le courant efficace $i(t)$ en régime établi.

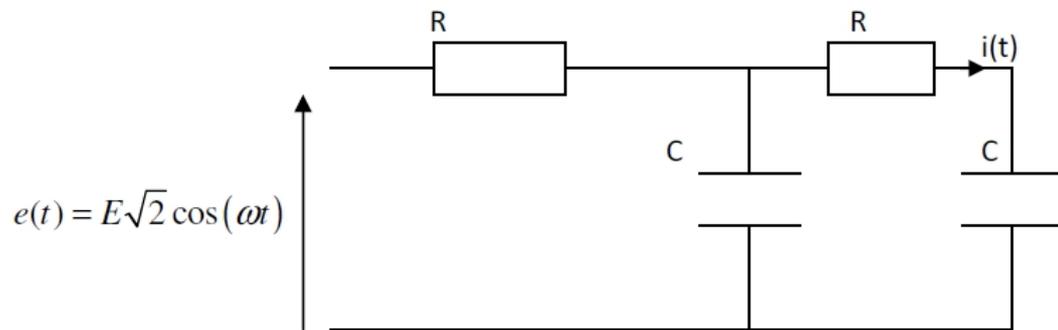


FIGURE 2.8 – Circuit soumis à un échelon de tension.



Chapitre 3

Filtres actifs.

3.1 Montage pseudo-intégrateur.

On étudie le montage de la figure 3.1a, alimenté par un générateur de tension $u_e(t) = e_0 \cos(\omega t)$. L'ALI. est supposé idéal, de gain infini, et fonctionne en régime linéaire.

1. Justifier l'utilisation de la notation complexe pour l'étude de ce filtre.
2. Déterminer a priori la nature du filtre.
3. Calculer la fonction de transfert $\underline{H}(j\omega)$.
4. Tracer le diagramme de Bode, sachant que le gain basse fréquence est de 10.
5. Montrer que dans un domaine de fréquence que vous préciserez, le circuit se comporte comme un pseudo-intégrateur.
6. Montrer que l'hypothèse d'un fonctionnement linéaire de l'ALI. est raisonnable.
7. Discuter l'intérêt de ce montage par rapport au passe bas passif, puis par rapport au montage intégrateur du cours.

3.2 Etude d'un filtre actif totalement réglable.

On étudie le montage de la figure 3.1b, alimenté par un générateur de tension $u_e(t) = e_0 \cos(\omega t)$. L'ALI. est supposé idéal et fonctionne en régime linéaire.

1. Quelle est a priori la nature du filtre ?
2. Déterminer $\underline{H}(j\omega)$.
3. Revenir à l'équation différentielle. Mettre l'équation sous sa forme canonique. Identifier alors ω_0 et Q_0 .
4. Mettre $\underline{H}(j\omega)$ sous forme réduite en faisant apparaître un facteur de qualité Q_0 et la pulsation ω_0 et $H_0 = H_{max}$.
Dans quelle situation avez vous rencontré une fonction de transfert similaire ?
5. Déterminer la (ou les) pulsation(s) de coupure et la bande passante de ce filtre.

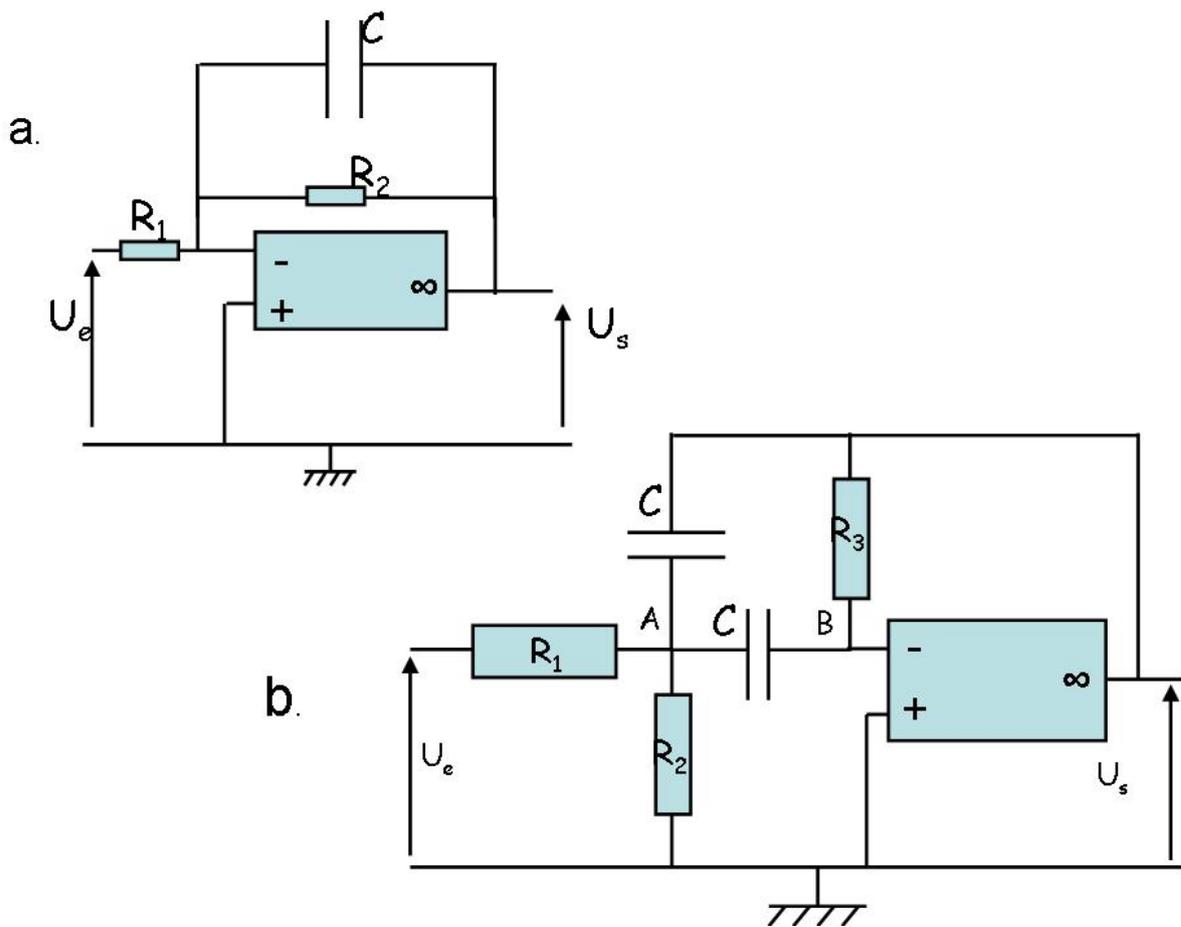


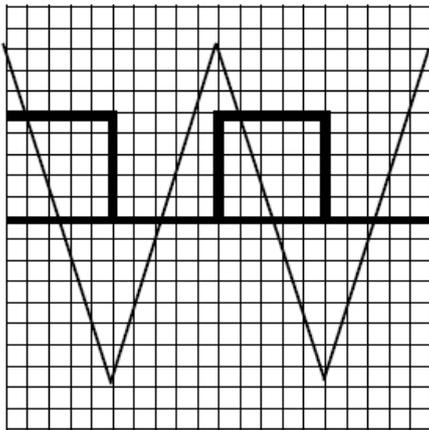
FIGURE 3.1 – Deux filtres actifs.

6. Les résistances R_1 , R_2 et R_3 sont réglables. Justifier que les caractéristiques du filtre peuvent être choisies indépendamment. On veut que la bande passante soit : $[300Hz; 3400Hz]$. Déterminer les équations dont ω_0 et Q_0 sont solutions.
7. En prenant maintenant $R_1 = R$, $R_2 = R$ et $R_3 = 2R$, calculer Q_0 , ω_0 et $H_0 = H_{max}$. Tracer le diagramme de Bode correspondant.

D'après Centrale.

3.3 Analyse expérimentale d'un filtre passe bande.

Rappeler la forme canonique de la fonction de transfert d'un filtre passe-bande en fonction de H_0 le gain maximal, Q le facteur de qualité et ω_0 la pulsation propre du circuit.



Réglages de l'oscilloscope

Voie 1:

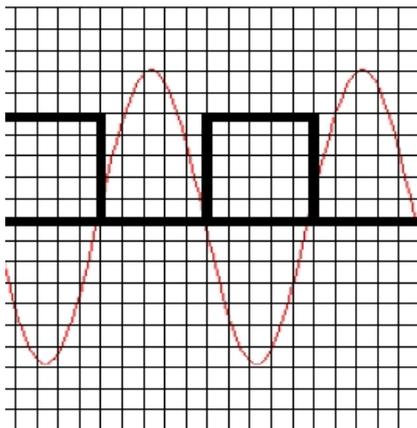
1 V par carreau

Voie 2:

0,1 V par carreau

Base de temps:

10 μ s par carreau



Réglages de l'oscilloscope

Voie 1:

0,2 V par carreau

Voie 2:

1 V par carreau

Base de temps:

0,1 ms par carreau

FIGURE 3.2 – Diagramme de Bode d'un filtre actif.

Déterminer ces paramètres à partir des relevés 3.2 obtenus à l'oscilloscope pour un signal d'entrée "carré". L'entrée est représentée voie 1 (en gras), la sortie est voie 2.

D'après Mines.

3.4 Etude du filtre de Sallen and Key.

On étudie le montage de la figure 3.4, alimenté par un générateur de tension $u_e(t) = e_0 \cos(\omega t)$. L'ALI. est supposé idéal et fonctionne en régime linéaire.

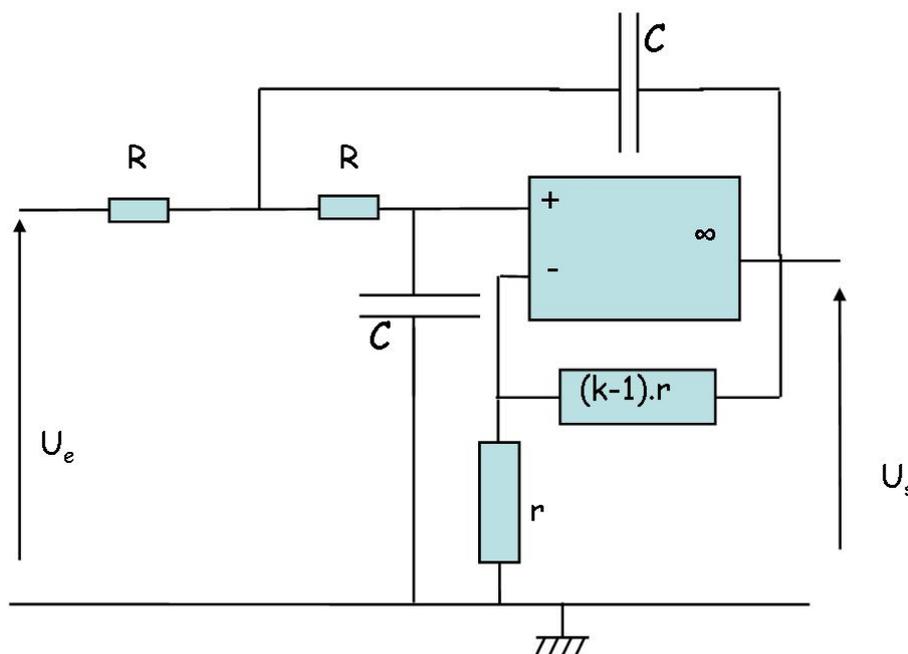


FIGURE 3.3 – Filtre de Sallen and Key.

1. Déterminer $H_0(j\omega)$ la fonction de transfert. La mettre sous sa forme canonique en faisant apparaître ω_0 et Q . Dans quel circuit rencontre-t-on une fonction de transfert analogue ?
2. Revenir à l'équation différentielle. Mettre l'équation sous sa forme canonique. Identifier alors ω_0 et Q et vérifier les relations que vous avez obtenues précédemment.
3. Tracer le diagramme de Bode correspondant et commenter le. (En particulier, justifier la nature du filtre par un raisonnement simple).
4. La stabilité du régime linéaire dans ce montage est elle évidente ? Justifier que le régime linéaire puisse être stable en conservant le modèle de l'ALI mentionné par l'énoncé.
5. Prévoir la forme d'un signal créneau et triangulaire basse fréquence.

6. Prévoir la forme d'un signal créneau et triangulaire haute fréquence.

D'après Centrale écrit et oral.

3.5 Modélisation d'une source.

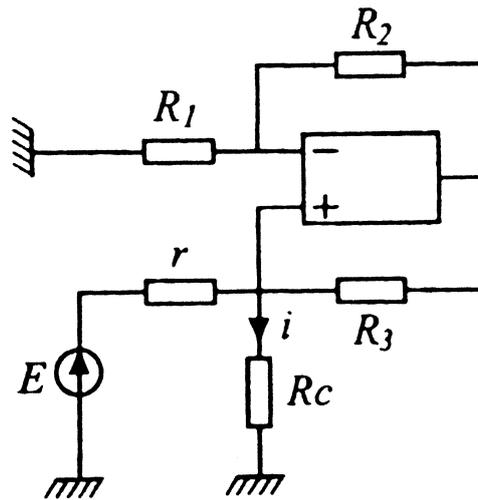


FIGURE 3.4 – Modélisation d'une source.

1. Déterminer i en fonction de E et des résistances dans le montage de la figure 3.4.
2. Trouver une condition pour avoir i indépendant de R_C .
3. Que modélise le montage ?
4. Discuter la stabilité du montage.

D'après Mines.

3.6 Nature du filtre.

1. Déterminer sans calcul, *a priori*, la nature du filtre de la figure 3.5.
2. Déterminer par le calcul la nature du filtre.
3. Initialement le condensateur est déchargé et $e(t)$ est un échelon de tension de 0 à E_0 . Déterminer $s(t)$.
4. Pour un signal créneau entre 0 à E_0 , déterminer $s(t)$.
(Indication : distinguer le cas basse fréquence et haute fréquence.)

D'après Centrale.

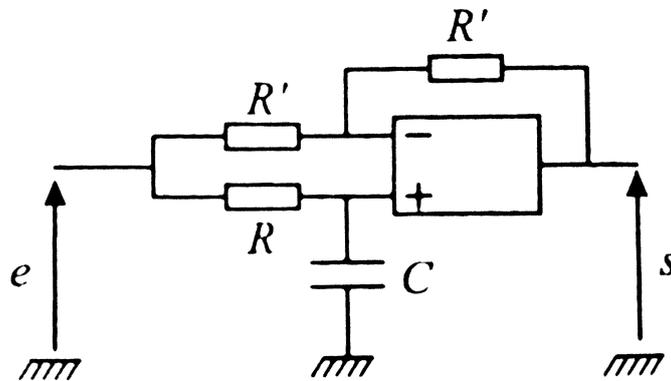


FIGURE 3.5 – Quelle est la nature de ce filtre ?

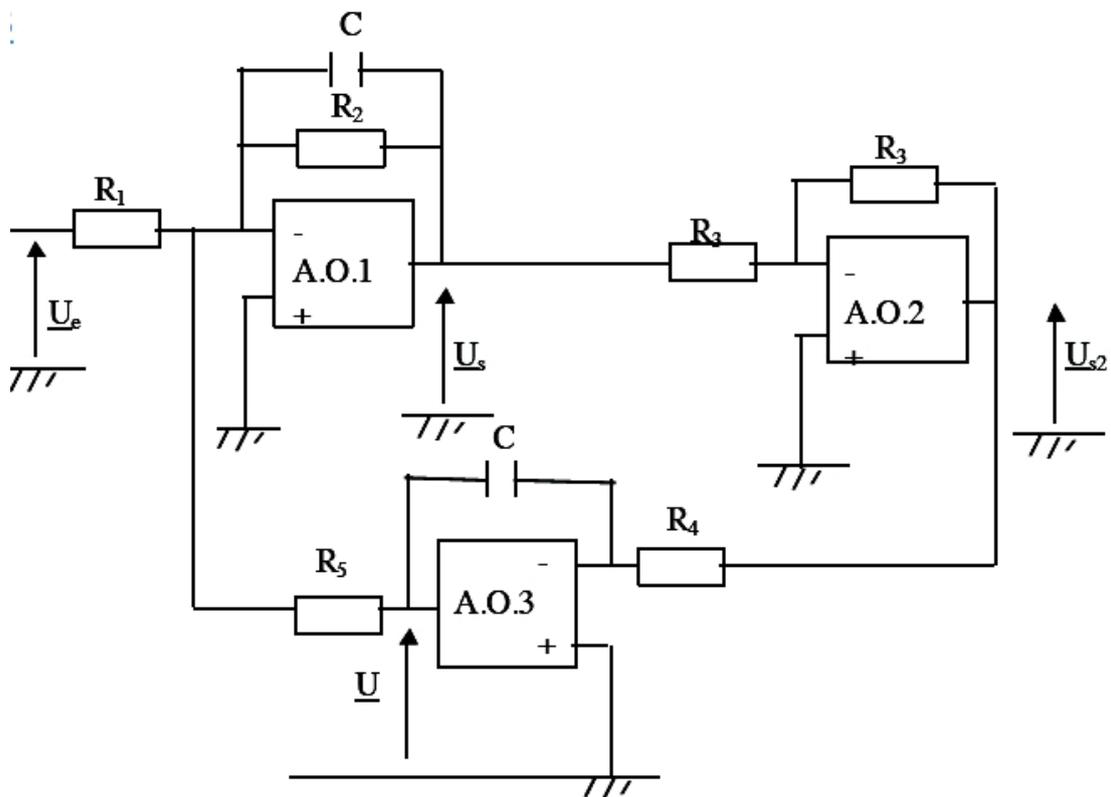


FIGURE 3.6 – Filtre actif à 3 ALI.

3.7 Montage à 3 ALI

On suppose que le système 3.6 fonctionne en régime linéaire sinusoïdal. Calculer la fonction de transfert de ce système et la représenter sur un diagramme de Bode asymptotique.

3.8 Justification du modèle de l'ALI. idéal de gain infini.

On considère le montage de la figure 3.7 où $u_e(t) = e_0 \cos(\omega t)$. On s'intéresse à la tension $u_s(t) = s_0 \cos(\omega t + \varphi)$.

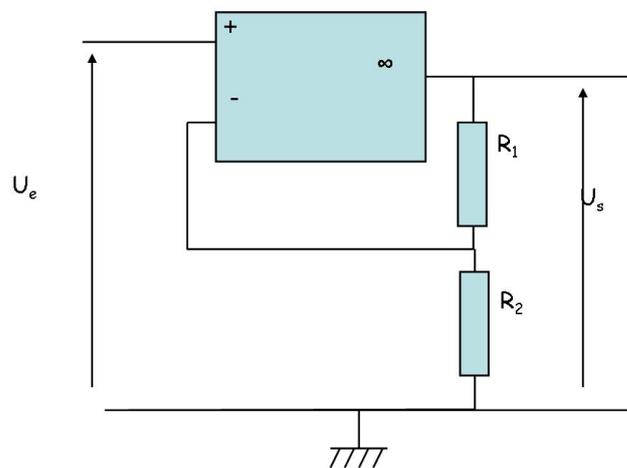


FIGURE 3.7 – Justification du modèle de l'ALI. idéal de gain infini.

1. A l'aide du modèle de l'ALI. idéal de gain infini, calculer $H_0 = \frac{s(t)}{e(t)}$
2. En utilisant maintenant le modèle du filtre passe bas du premier ordre pour l'A.O., déterminer $\underline{H}(j\omega)$. Le mettre sous sa forme canonique $\underline{H}(j\omega) = \frac{H_0}{1+j\frac{\omega}{\omega_C}}$ en précisant ω_C .
3. ★ Tracer le diagramme de Bode du gain. (Faire aussi apparaître le diagramme de Bode du gain de l'ALI. seul)
4. Justifier les résultats obtenus au 1. Discuter le domaine de validité de ce résultat en fréquence. Donner l'allure du signal de sortie pour $\omega \ll \omega_C$ et $\omega \gg \omega_C$ en précisant bien l'amplitude.
5. Vérifier que le produit "gain . bande passante" est constant.

3.9 Interprétation des signaux de sortie de l'ALI.

1. Dessiner le montage amplificateur inverseur et proposer des valeurs de résistance pour avoir un gain de 10.

2. Dessiner (représentation temporelle et spectrale) la forme du signal de sortie pour un signal d'entrée d'amplitude 1V et de fréquence 1kHz. Commenter.
3. Dessiner (représentation temporelle et spectrale) la forme du signal de sortie pour un signal d'entrée d'amplitude 2V et de fréquence 1kHz. Commenter.
4. Dessiner (représentation temporelle et spectrale) la forme du signal de sortie pour un signal d'entrée d'amplitude 1V et de fréquence 1MHz. Commenter.
5. Pour quel signal risque-t-on (ou a-t-on une chance) d'observer la limitation en vitesse de balayage. Dessiner (représentation temporelle et spectrale) la forme du signal de sortie. Commenter.
6. Un étudiant propose pour obtenir un gain de 10 de prendre des résistances de 1Ω et 10Ω . Quel problème risque-t-il de rencontrer. Dessiner (représentation temporelle et spectrale) la forme du signal de sortie pour un signal d'entrée d'amplitude 1V et de fréquence 1kHz.

Chapitre 4

Oscillateurs.

4.1 Montage à résistance négative.

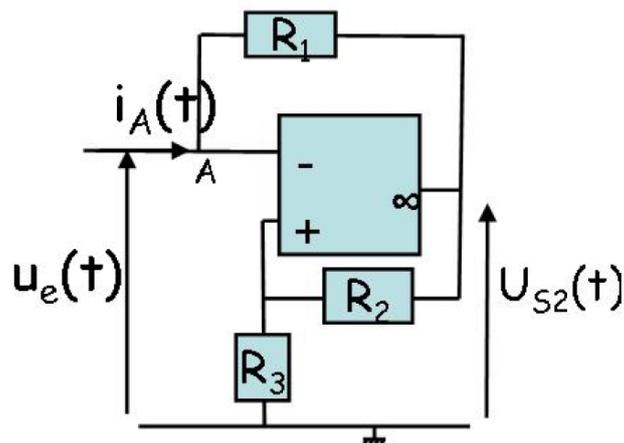


FIGURE 4.1 – Montage à résistance négative.

On étudie le montage de la figure 4.1.

1. On suppose l'amplificateur linéaire intégré en régime linéaire. Est ce une évidence ?
2. Déterminer dans le modèle de l'ALI, idéal de gain infini le lien entre u_e et u_s .
3. Donner le courant circulant dans R_1 .
4. Montrer que $V_A = -R'i_A$. Préciser la valeur de R' en fonction des résistances présentes. Justifier le nom du montage.
5. Donner la condition sur u_A évitant l'apparition de non linéarité.
6. Justifier que ce système permet de réaliser un oscillateur quasi sinusoïdal à partir d'un circuit RLC.

4.2 Le montage de Wien.

4.2.1 Etude du montage à ALI.

On supposera les amplificateurs linéaires intégrés idéaux de gain infini, fonctionnant en régime linéaire.

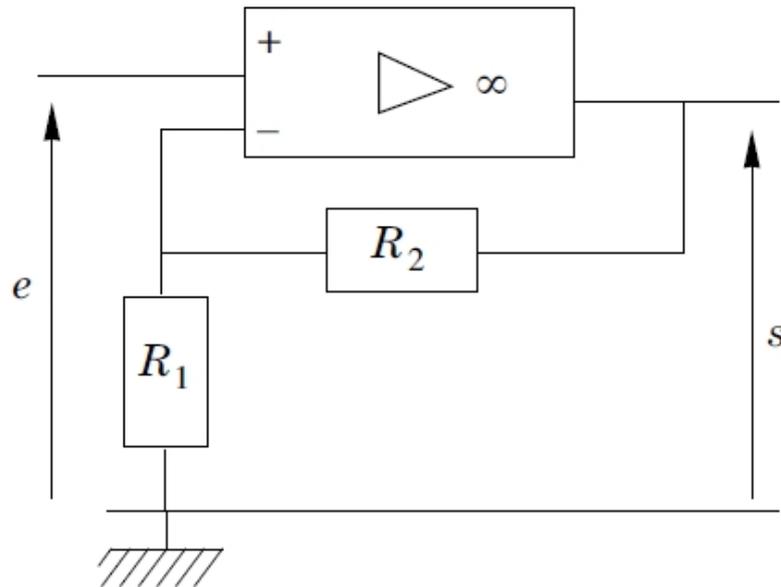


FIGURE 4.2 – Montage amplificateur.

On considère dans un premier temps le quadripôle de la figure 4.2.

1. Tracer la caractéristique statique, u_s en fonction de $\varepsilon = V_+ - V_-$ pour un amplificateur linéaire intégré de gain statique μ_0 (fini) et de tension de saturation en sortie V_{sat} .
2. Préciser alors le modèle de l'ALI idéal.
3. Déterminer la fonction de transfert $F = S / E$ en fonction de R_1 et R_2 quand l'ALI fonctionne en régime linéaire. Préciser les limitations pratiques que l'on peut rencontrer.
4. Tracer la caractéristique $s(e)$, c'est-à-dire le graphe représentant s en ordonnée en fonction de e en abscisse.

4.2.2 Diagramme de Bode du filtre passif de Wien.

On étudie le filtre passif de Wien, figure 4.3.

1. Justifier avec soin que pour un signal d'entrée $e'(t) = e_0 \cos(\omega t)$, le signal de sortie est de la forme $s'(t) = s_m \cos(\omega t + \varphi)$.

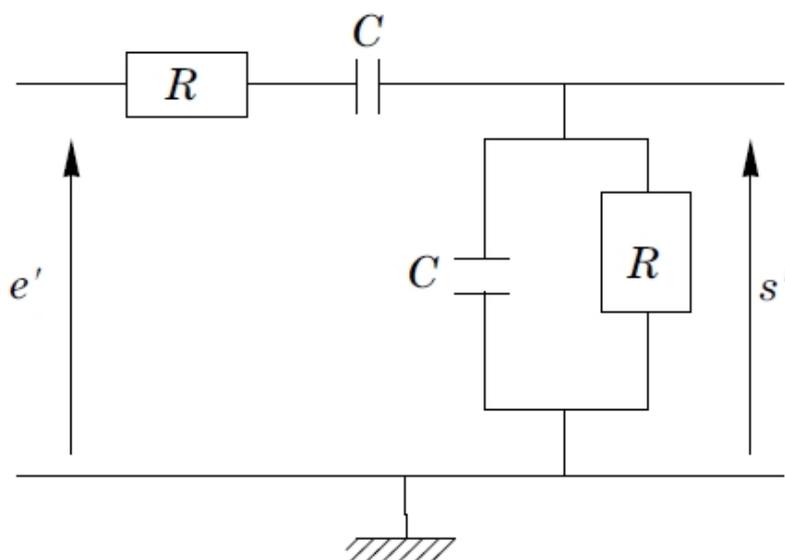


FIGURE 4.3 – Filtre passif de Wien.

2. Déterminer a priori, sans calcul, la nature du filtre.
3. Déterminer $\underline{G}(j\omega) = \frac{s'}{e'}$. Préciser les paramètres caractéristiques du filtre (gain maximum, facteur de qualité, pulsation particulière).

La question reformulée pourrait être : "Montrer que la fonction de transfert sous forme canonique est :"

$$\underline{G} = \frac{\frac{1}{3}}{1 + j \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)}$$

)

4. Tracer le diagramme de Bode (gain et phase) associé à \underline{G} . On fera apparaître sur chacun des graphes le tracé asymptotique et le tracé réel. Quelle est la fonction de ce quadripôle ?

4.2.3 Oscillateur de Wien.

1. On couple le filtre de Wien, figure 4.3 avec le montage amplificateur de la figure 4.4 : on obtient donc le montage de la figure 4.4. On ne tient aucun compte de la réponse fréquentielle de l'amplificateur et on suppose le régime linéaire toujours établi. Pourquoi n'est-il pas évident que l'ALI soit en régime linéaire ?
2. A partir des expressions F et \underline{G} , montrer qu'il peut théoriquement exister un signal sinusoïdal sans générateur basse fréquence pour une valeur $r = R_2/R_1$ et une fréquence particulière f à déterminer.
3. En utilisant la relation imposée par l'amplificateur et l'équation différentielle du filtre de Wien, établir l'équation différentielle vérifiée par s' . Montrer qu'il peut exister un signal sinusoïdal sans générateur B.F. Retrouver les conditions de la question précédente. Calculer numériquement f

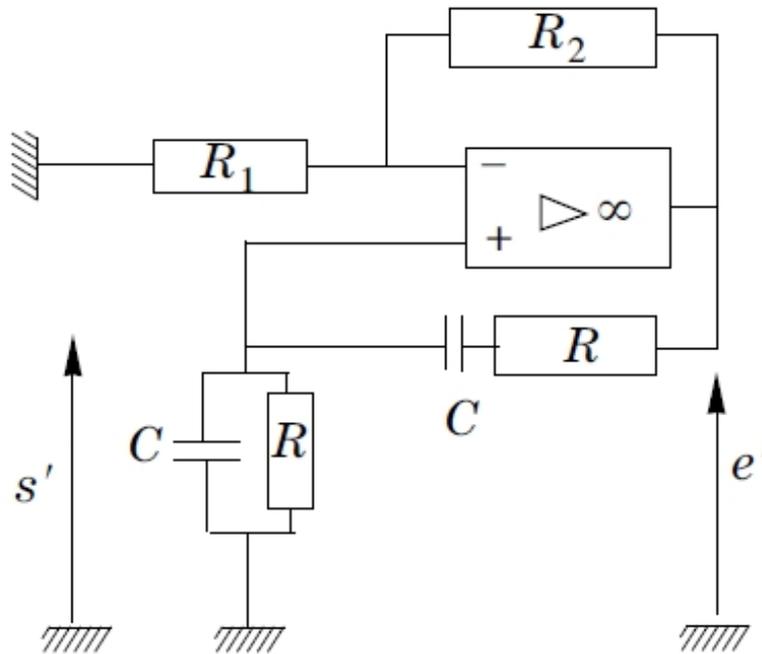


FIGURE 4.4 – Oscillateur de Wien.

si $R = 10 \text{ k}\Omega$ et $C = 4,8 \text{ nF}$. Peut-on légitimement ignorer la réponse fréquentielle de l'AO ?
 La question reformulée pourrait être : "Montrer que l'équation différentielle vérifiée par s' est :"

$$(RC)^2 \frac{d^2 s'}{dt^2} + RC(2 - r) \frac{ds'}{dt} + s' = 0$$

4. En pratique, on ne sait pas réaliser exactement la condition $r = R_2/R_1$. À partir de l'équation différentielle précédente, montrer qu'une condition d'apparition des oscillations est $r = R_2/R_1 > n$ (n entier à définir). Si on choisit $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, les valeurs disponibles dans les catalogues étant $4,7 \text{ k}\Omega$, $5 \text{ k}\Omega$, $6 \text{ k}\Omega$, $10 \text{ k}\Omega$, quelle valeur doit-on prendre pour R_1 ?
5. Si l'on fait varier la valeur de R_1 à l'aide d'un potentiomètre on constate que le signal de sortie évolue entre une sinusoïdale légèrement écrêtée et un signal carré. En déduire un encadrement de l'amplitude maximale du signal $e'(t)$ en ne gardant que le terme fondamental du développement en série de Fourier. On justifiera cette approximation. Faire l'application numérique si la tension de saturation de l'ALI vaut 13 V .
6. Amélioration du montage.

On donne la caractéristique d'une diode Zener idéale (voir figure 4.5 ci-contre). Pour améliorer le comportement du montage, on remplace la résistance R_2 par le dipôle AB suivant, de la figure 4.6, qui comporte deux résistances R_2 et R_3 deux diodes Zener tête bêche.

- (a) Tracer la caractéristique $v(i)$ du dipôle AB, c'est-à-dire le graphe représentant la tension v en ordonnée en fonction du courant i en abscisse. Préciser en fonction de R_2 , R_3 , V_D et V_Z les différentes pentes et les coordonnées des points particuliers de cette caractéristique.
- (b) En quoi l'introduction du dipôle AB améliore la qualité de l'oscillateur ?

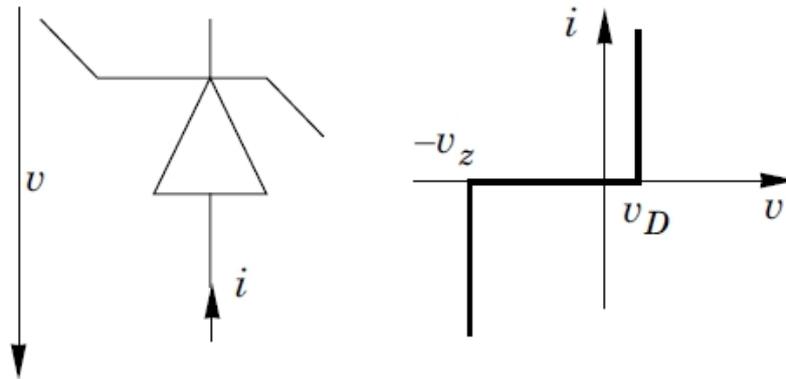


FIGURE 4.5 – Caractéristique d’une diode Zener.

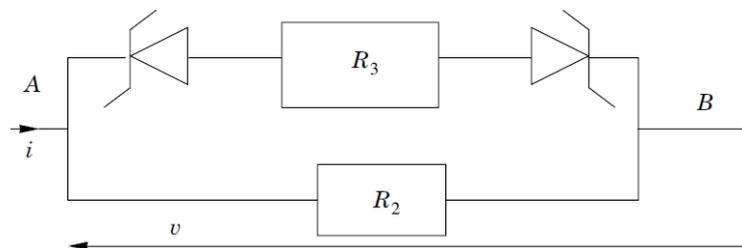


FIGURE 4.6 – Montage à deux diodes Zener.

4.3 Etude d'un oscillateur à relaxation.

On étudie le montage de la figure 4.7.

Noter l'absence de générateur. Le signal de sortie est non nul, même en l'absence d'entrée, et sa fréquence est réglée par des paramètres choisis par l'expérimentateur. La seule alimentation du montage est l'alimentation continue de l'ALI $\pm 15V$

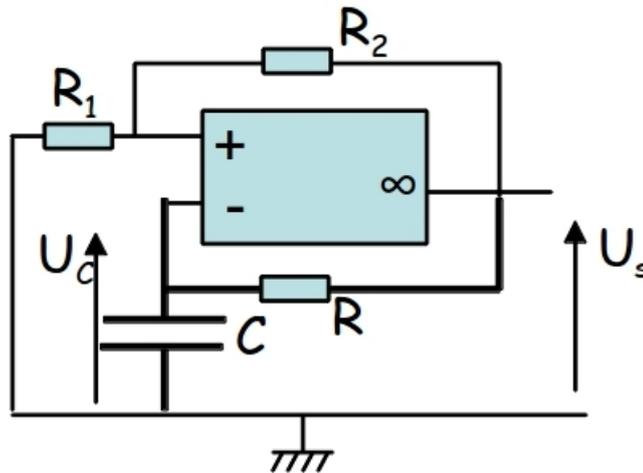


FIGURE 4.7 – Un oscillateur à relaxation.

1. On suppose que l'ALI. est en régime saturé. Pourquoi il n'est pas évident que l'ALI. soit dans ce régime ?
2. Supposons donc l'ALI. en saturation haute : $V_s = +U_{sat}$
3. Quelle est alors la condition sur U_C pour que cette hypothèse soit vérifiée ?
4. Trouver alors l'équation différentielle vérifiée par U_C , la résoudre en supposant qu'à $t=0$, $U_C(t = 0^-) = -\frac{U_{sat}}{1+k}$, ce qui est le cas en régime saturé.
5. En déduire que la période des oscillations est $T = 2.\tau. \ln(\frac{2+k}{k})$.

4.4 Le multivibrateur astable symétrique.

On étudie le montage de la figure 4.8.

Noter, là encore, l'absence de générateur. Le signal de sortie est non nul, même en l'absence d'entrée, et sa fréquence est réglée par des paramètres choisis par l'expérimentateur. La seule alimentation du montage est l'alimentation continue de l'ALI $\pm 15V$.

1. Justifier a priori que le premier ALI. soit dans en régime linéaire et que le second soit en régime saturé.

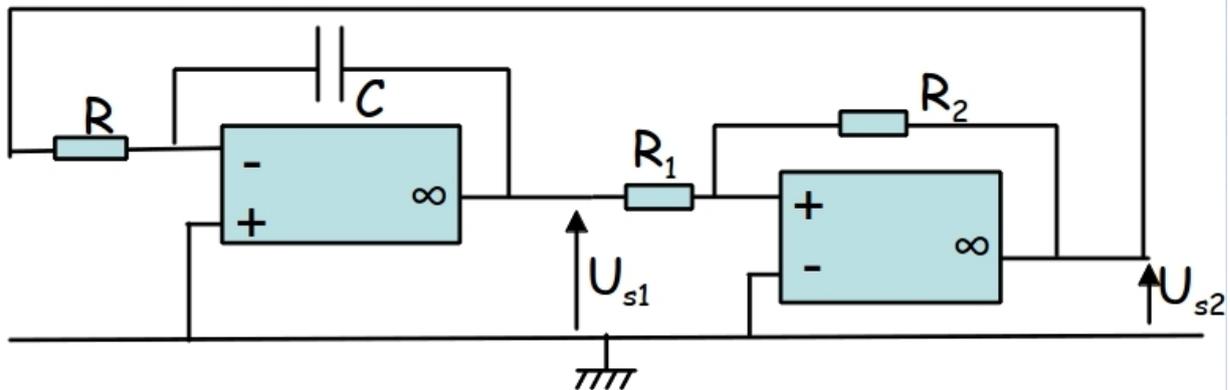


FIGURE 4.8 – Le multivibrateur astable (symétrique).

- Supposons donc l'ALI.2 en saturation haute : $V_s = +U_{sat}$
Calculer V_{S_1} sachant qu'en régime établi, $V_{S_1}(t = 0) = \frac{U_{sat}}{k}$.
- Quelle est alors la condition sur V_{+2} pour que cette hypothèse soit vérifiée ?
- En déduire que la période des oscillations est $T = 4 \cdot \frac{RC}{k}$.

4.5 Montage à 2 ALI. idéaux de gain infini.

On considère le montage de la figure 4.5 où $u_e(t) = e_0 \cos(\omega t)$. On s'intéresse à la tension $u_s(t) = s_0 \cos(\omega t + \varphi)$.

- Supposer la tension de sortie sinusoïdal à la même pulsation revient à faire une supposition sur le régime de fonctionnement des ALI. Quelle est cette hypothèse ? Par un argument simple, justifier que cette hypothèse est raisonnable.
- A l'aide du modèle de l'ALI idéal de gain infini (rappeler les caractéristiques de ce modèle), calculer $H_0 = \frac{s(t)}{e(t)}$ en fonction de k et de $\omega_0 = \frac{1}{RC}$.
- En revenant à l'équation différentielle, étudier la stabilité du régime linéaire. Commenter. Déterminer $k_{critique}$.
- On souhaite tracer le diagramme de Bode à l'aide du tableur OpenOffice. Pour cela, faire le tableau suivant en calculant G_{dB} et φ pour $k = 1$. (On prendra $\omega_0 = 1000s^{-1}$ et la valeur de k doit pouvoir être modifiée "instantanément" dans tout le tableau.)

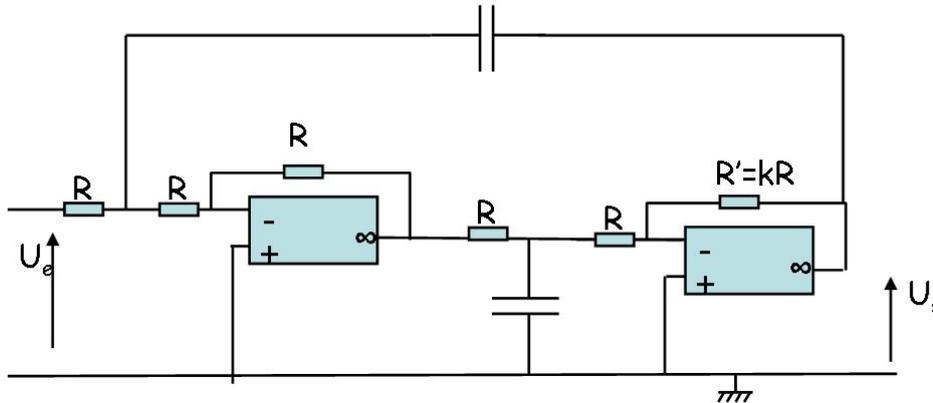


FIGURE 4.9 – Montage à 2 A.O.

ω en s^{-1}	G_{dB}	φ en radian
10		
20		
30		
50		
100		
200		
...		
100000		

Tracer le diagramme de Bode à l'ordinateur.

5. Modifier le tableau en calculant le gain pour $k \simeq k_{\text{critique}}$. Que constatez vous ?
6. Prévoir sans calcul l'allure du signal de sortie lorsque l'entrée est alimentée par un signal créneau symétrique de fréquence $f \gg f_0$.
7. Vérifier sans calcul, en raisonnant sur les comportements limites lorsque $\omega \rightarrow 0$ et $\omega \rightarrow \text{infy}$, la nature du filtre.

Chapitre 5

Modulation d'amplitude, détection synchrone.

5.1 Modulation et démodulation d'amplitude.

On souhaite transmettre un signal (onde sonore) $s(t) = s_0 + s_1 \cos(2\pi f_1 t) + s_2 \cdot \cos(2\pi f_2 t)$ avec $f_1 = 20Hz$ et $f_2 = 20kHz$, l'aide d'une porteuse radiofréquence $p(t) = p_0 \sin(2\nu pt)$ avec $\nu = 1082kHz$ par modulation d'amplitude.

1. Dessiner le montage permettant la modulation d'amplitude.
2. Donner l'analyse spectrale du signal modulé.
3. Expliquer le principe de la détection synchrone.
4. Donner l'analyse spectrale du signal démodulé.
5. Comment sélectionner le signal de départ dans le signal démodulé.
6. Donner la fréquence porteuse de la radio la plus proche possible de celle étudiée. Commenter.

5.2 Valeur moyenne.

A l'aide du multiplieur de facteur $K = \frac{1}{10}V^{-1}$, il est possible de réaliser un montage qui donne accès à la valeur e_{eff}^2 .

1. En envoyant le signal sur les deux entrées du multiplieurs, déterminer le signal de sortie.
2. Comment alors obtenir e_{eff}^2 à l'aide d'un filtre passe bas et d'un montage à ALI.
3. Déterminer la fréquence de coupure du filtre RC pour que le taux d'ondulation, défini comme le rapport de la tension efficace de la partie variable sur la tension continue du signal, soit en sortie du filtre passe-bas inférieure à 5%.

5.3 Récepteur Radio.

Une antenne placée dans un champ électromagnétique est le siège d'une force électromotrice induite qui fait circuler un courant dans le circuit LC placé à sa base.

La station "France Inter" en Grandes Ondes émet sur une onde de longueur d'onde 1829m avec un spectre de largeur 10 kHz.

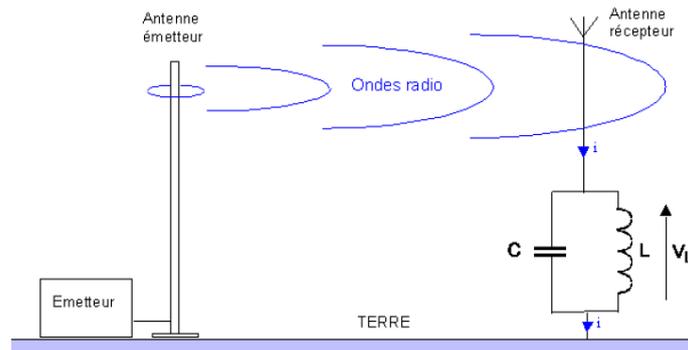


FIGURE 5.1 – Récepteur radio.

1. Commenter la largeur du spectre des radio Grandes Ondes.
2. Calculer alors la fréquence du signal émis par "France Inter" et la valeur de l'inductance L qui donnera la résonance avec un condensateur de $C = 410 \text{ pF}$.
3. En pratique, la bobine a une résistance qui peut être introduite dans le schéma du circuit LC sous forme d'une résistance en R parallèle. Quelle est sa valeur de l'impédance de ce circuit à la résonance? Est-elle maximale ou minimale?

5.4 Modulation d'amplitude et signal numérique.

Etudions un signal AM dont expression est la suivante :

$$e(t) = E(1 + k.s(t)).\cos(\Omega.t)$$

- le signal modulant $s(t)$ est carré, de fréquence $F = 1\text{kHz}$ et varie entre $+4$ et -4 .
- la porteuse est sinusoïdale de fréquence $f = 400\text{kHz}$ et d'amplitude 5V
- le coefficient $k = 0,1$

Ecrire l'équation de l'enveloppe supérieure $x(t)$ en fonction de $s(t)$, puis dessiner l'allure temporelle et fréquentielle du signal modulé $e(t)$. Préciser aussi le taux de modulation.

5.5 Son stéréo.

Pour obtenir un effet stéréophonique, il faut transmettre simultanément deux signaux : d'une part le canal droit D capté par le microphone placé du côté droit et d'autre part le canal gauche G capté par le microphone placé du côté gauche.

A l'émission, ces deux signaux D et G sont combinés par le codeur stéréo qui fournit un signal BF stéréo $s(t)$ appelé aussi signal MPX (Multiplex) qui va moduler la porteuse de l'émetteur .

A la réception, ces deux voies devront à nouveau être séparées pour être envoyées sur les haut-parleurs droit et gauche.

Le codeur stéréo élabore d'abord les signaux « somme » $x_1(t) = G + D$ et « différence » $x_2(t) = G - D$.

1. Dessiner le spectre du signal modulé en bande latérale double $x_3(t)$ puis celui du signal codé stéréo $s(t)$ complet.
2. En supposant que le multiplicateur de fréquence et le multiplieur n'introduisent ni amplification ni atténuation, donner l'expression des signaux $x_4(t)$, $x_5(t)$ et $s(t)$.
3. Ce signal $s(t)$ est transmis par l'émetteur au récepteur qui fournit à la sortie du démodulateur un signal $s'(t)$ qu'on supposera identique à $s(t)$. Donner les expressions mathématiques des signaux $y_1(t)$, $y_2(t)$, $y_3(t)$, $y_4(t)$, $y_5(t)$, $y_6(t)$ et $y_7(t)$.
4. Un récepteur monophonique envoie directement le signal $s(t)$ sur l'amplificateur audio. Quel est alors le signal entendu par l'auditeur ?
5. Par quel dispositif simple pourrait-on détecter la présence d'une émission « stéréo » pour mettre en service le décodeur ?

5.6 Isoler un signal dans du bruit par détection synchrone.

La détection synchrone permet d'isoler un signal $s(t) = s_0 \cos(2\pi F.t)$ de fréquence connue dans un bruit $N(t)$ ambiant très important (d'amplitude très grande devant le signal souhaité).

Le bruit est un bruit blanc, donc composé de l'ensemble des fréquences, de valeur moyenne temporelle nulle.

Le signal $e(t)$ à analyser est la superposition du signal souhaité et du bruit : $e(t) = s(t) + N(t)$.

Le principe de la détection synchrone (ou détection hétérodyne) est de multiplier le signal $e(t)$ par un signal $d(t) = d_0 \cos(2\pi F + \varphi)$ de même fréquence que le signal à isoler.

1. Quel est le signal en sortie du multiplieur ?
2. Calculer sa valeur moyenne sachant que, comme le signal et le bruit sont des signaux indépendants, la moyenne temporelle de leur produit est le produit de leur moyenne temporelle.
3. Comment donc isoler la composante utile ?
4. Comment optimiser cette détection.

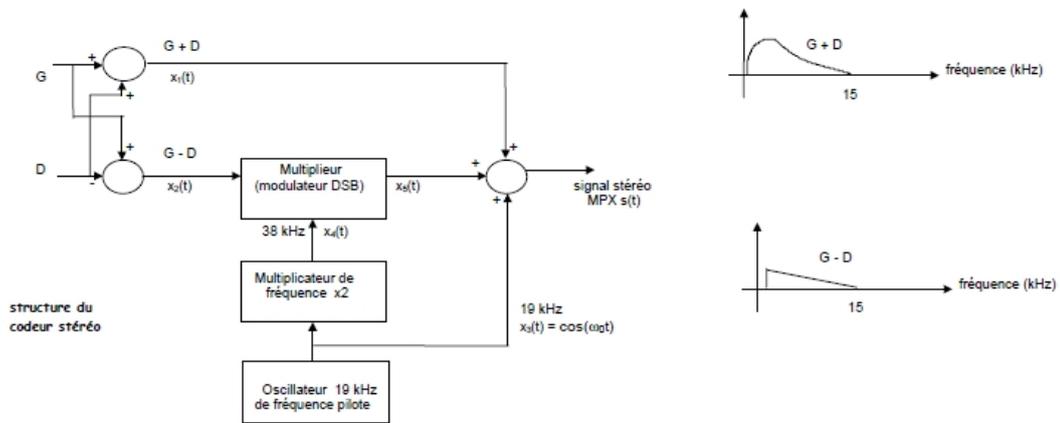
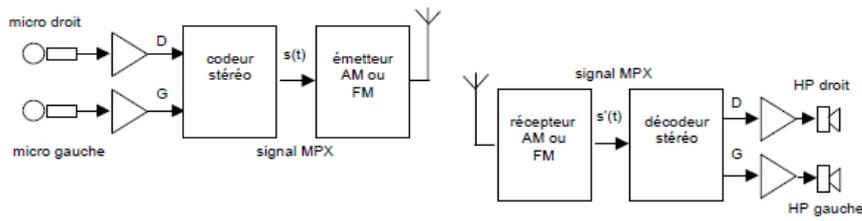


FIGURE 5.2 – Emetteur stéréo.

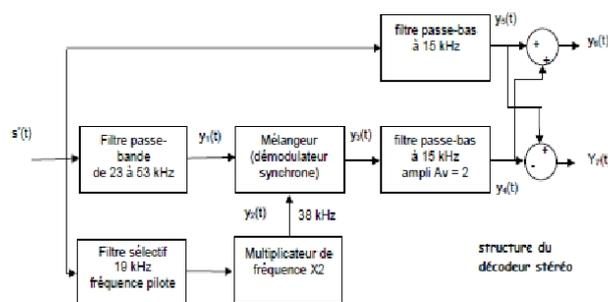


FIGURE 5.3 – Récepteur stéréo.