

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ 8 MAI 1945 GUELMA
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT D'ÉLECTRONIQUE ET TÉLÉCOMMUNICATIONS



Polycopie de

Travaux pratiques

Electronique Fondamentale I

Niveau: 2^{ème} Année Licence Télécommunications
2^{ème} Licence Electronique

Réalisé par:

Mr. Abde rezzaq HALASSI
Mr. Faysel BOULSINA
Mme. Zohra BENMOUHAMED

Année : 2017 - 2018

PREFACE

Ce polycopié contient des travaux pratiques qui consiste à démontrer pratiquement les notions qui sont vues dans les cours d'électronique fondamentale I. Ces travaux pratiques peuvent être soit un supplément d'information par rapport à un cours, soit un approfondissement des notions fondamentales étudiées.

Ce complément d'électronique fondamentale I qui se déroule au cours de premier semestre sera dédié aux étudiants de deuxième année électronique et télécommunications pour une science d'une heure et demi par semaine.

Les travaux pratiques présentés dans ce polycopié contient une partie théorique dans laquelle on a exposé les notions de base liées au Tp, suivi d'une partie pratique (*expérimentale*).

L'objectif de ces Tps s'articule autour de plusieurs points qui rendre l'étudiant capable de :

- **Générer** un signal (utilisation de générateur des fonctions ex : carré, triangulaire,...etc).
- **Visualiser** un signal (utilisation de l'oscilloscope : choisir la base de temps, choisir ,...etc).
- **Caractériser** un signal (mesurer sa fréquence, amplitude, phase,... etc).
- **Comprendre** le principe de fonctionnement des circuits électronique de base.

Les Auteurs

Sommaire

PREFACE

| | |
|--|----|
| TP1 : Théorème de Thévenin et de Norton | 1 |
| TP2 : Filtres passifs | 5 |
| TP3 : Caractéristiques de la diode/Redressement mono-alternance | 9 |
| TP4 : Alimentation stabilisée par diode Zener | 14 |
| TP5 : Caractéristiques d'un transistor et point de fonctionnement | 19 |
| TP6 : Amplicateur Opérationnel | 23 |

ANNEXE

BIBLIOGRAPHIE

TP1: Théorème de Thévenin et de Norton

Objectifs du TP

Le but de ce Tp est de déterminer le Model Équivalent Thévenin (MÉT) et le Model Équivalent Norton (MÉN) d'un circuit électronique vu des points A et B.

1 Première partie : *Rappel théorique*

1.1 Théorème de Thévenin

Énoncé : tout circuit contenant des éléments linéaires actifs et passifs et compris entre deux points **A** et **B** peut être remplacé par une source de tension dite de Thévenin E_{th} en série avec une impédance dite de Thévenin Z_{th} (Cf.figure 1).

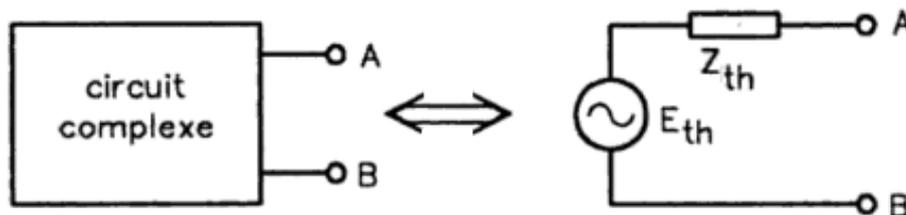


FIGURE 1 – Représentation d'un circuit complexe par un circuit de Thévenin

1.2 Détermination des éléments du générateur équivalent de Thévenin

1.2.1 Détermination de E_{th}

Pour déterminer l'expression de E_{th} , on ne branche aucun dipôle entre les points A et B. Ceci entraîne obligatoirement que $I_{AB} = 0$.

E_{th} , est la tension à vide entre les points A et B.

1.2.2 Détermination de Z_{th}

Pour déterminer Z_{th} , il faut éteindre toutes les sources :

Source de tension : On la remplace par un fil (tension nulle).

Source de courant : On la remplace par un interrupteur ouvert (courant nul).

1.3 Théorème de Norton

Énoncé : tout circuit contenant des éléments linéaires passifs et actifs et compris entre deux points **A** et **B** peut être remplacé par une source de courant dite de Norton I_N en parallèle avec impédance dite de Norton Z_N (Cf.figure 2).

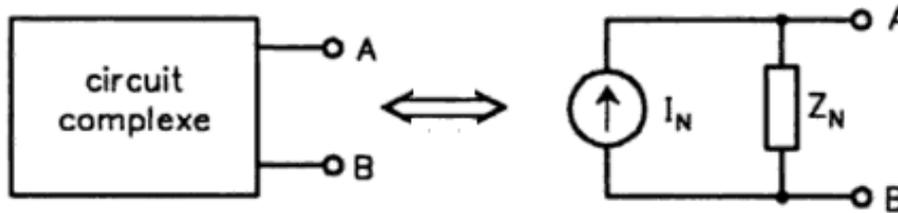


FIGURE 2 – Représentation d'un circuit complexe par un circuit de Norton

1.4 Détermination des éléments du générateur équivalent de Norton

1.4.1 Détermination de I_N

Le courant I_N est le courant de court-circuit qui circule dans un conducteur d'impédance nulle reliant les deux points **A** et **B**.

1.4.2 Détermination de Z_N

L'impédance de Norton est la même que celle de Thévenin $Z_N = Z_{th}$.

2 Deuxième partie : Pratique

2.1 Montage

Soit le montage ci-dessous,

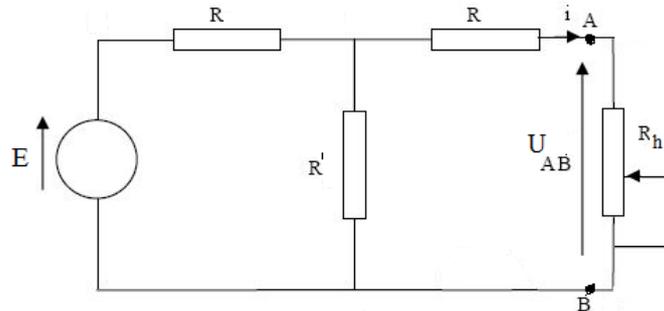


FIGURE 3 – Montage complexe à simplifier

On donne : $E = 10V$, $R = 1K\Omega$, $R' = 1.5K\Omega$.

2.2 Modèle équivalent Thévenin

Travail demandé

- Étude Théorique

- 1) Déterminer la valeur de la résistance R_{th} du (MÉT) de ce circuit vu des points A et B (on donnera le schéma qui permet de calculer R_{th}).
- 2) Déterminer E_{th} du (MÉT) de ce circuit vu des points A et B (On donnera le schéma utilisé qui permet de calculer E_{th}).
- 3) Donner le schéma du (MÉT) vu entre les points A et B.

- Étude Expérimentale

- 1) Câbler le montage de la figure 3.
- 2) Faire varier l'intensité de courant i à l'aide de la résistance variable et relever la valeur de la tension U_{AB} . Regrouper les valeurs dans un tableau de mesures. Tracer le graphe $U_{AB} = f(i)$.
- 3) A partir du graphe précédent, déterminer les éléments du (MÉT).
- 4) Donner le schéma du (MÉT) vu entre A et B avec les valeurs de R_{th} et E_{th} que vous avez trouvé graphiquement.
- 5) En appliquant le théorème de Thévenin au circuit, mesurer :
 - a) la résistance R_{th} du (MÉT) de ce circuit vu des points A et B (on donnera le schéma du montage qui permet d'effectuer la mesure de R_{th}).
 - b) E_{th} du (MÉT) de ce circuit vu des points A et B (on donnera le schéma

utilisé qui permet d'effectuer la mesure E_{th}).

c) Donner le schéma du (MÉT) vu entre A et B avec les valeurs de R_{th} et E_{th} que vous venez de mesurer.

2.3 Modèle équivalent Norton

Travail demandé

- Étude Théorique

- 1) Déterminer la valeur de la résistance R_N du (MÉN) de ce circuit vu des points A et B.
- 2) Déterminer l'intensité du courant de court-circuit I_{cc} du (MÉN) de ce circuit vu des points A et B (On donnera le schéma utilisé qui permet le calcul de I_{cc})
- 3) Donner le schéma du (MÉN) vu entre les points A et B.

- Étude Expérimentale

- 1) A l'aide du tableau de mesure et du graphe du (Th. de Thévenin), déterminer les éléments I_{cc} et R_N du modèle équivalent de Norton.
- 2) Donner le schéma du (MÉN) vu des points A et B avec les valeurs de I_{cc} et R_N que vous venez de trouver graphiquement.
- 3) En appliquant le théorème de Norton au circuit de la figure 3, mesurer :
 - a) la résistance R_N du (MÉN) de ce circuit vu des points A et B .
 - b) L'intensité du courant de court-circuit I_{cc} , (On donnera le schéma du montage permettant d'effectuer la mesure de I_{cc}).
 - c) Donner le schéma du (MÉN) vu entre A et B avec les valeurs de R_N et I_{cc} que vous venez de mesurer.

3 Conclusion

Donner une conclusion générale de ce Tp.

TP2: Filtres passifs

Objectifs du TP

- Maitriser les mesures de la fréquence et le déphasage à l'oscilloscope.
- Réalisation de l'étude des filtres passifs d'ordre 1.
- Vérification de la théorie : fréquence de coupure, bande passante... etc.

1 Première partie : *Rappel théorique*

1.1 Filtre passif

Un filtre passif est un circuit électronique qui supprime ou atténue certaines composantes fréquentielles d'un signal et en laisse passer les autres. On distingue quatre types de filtres : passe bas, passe haut, passe bande, coupe bande.

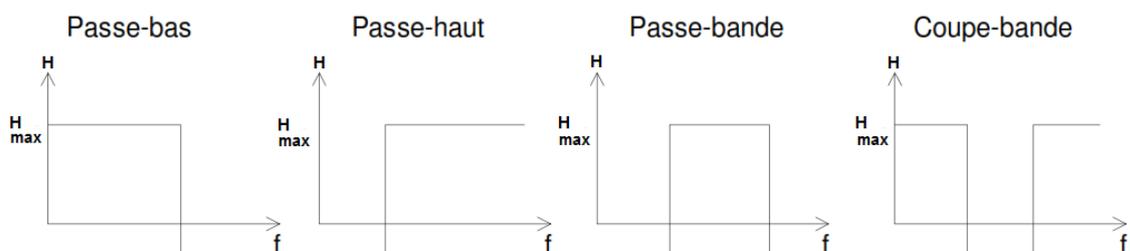


FIGURE 1 – Différents types de Filtres

Avec, H_{max} : Le module max de la fonction de transfert, f : La fréquence.

1.2 Paramètres liés au filtrage passif

1.2.1 La fonction de transfert $\underline{H}(j\omega)$

La fonction de transfert est définie comme suit : $\underline{H}(j\omega) = \frac{U_s}{U_e}$

Le gain : $G(j\omega) = H(j\omega) = |\underline{H}(j\omega)|$.

Le gain en décibel : $G_{db}(j\omega) = 20\log|\underline{H}(j\omega)|$.

Le déphasage : $\varphi(\omega) = \arg(\underline{H}(j\omega))$.

1.2.2 La fréquence de coupure f_c

Est la fréquence pour laquelle le signal de sortie est atténué de -3 dB en amplitude :

$$H(f_c) = H_{max}(f_c)/\sqrt{2}.$$

$$G_{db}(f_c) = G_{db_{max}}(f_c) - 20\log\sqrt{2} \simeq G_{db_{max}}(f_c) - 3\text{db}.$$

1.2.3 Diagramme de bode

Les propriétés d'un filtre passif sont représentées par le tracé de deux courbes qui constituent le *diagramme de bode*, pour les tracer, nous définissons le gain en décibel du filtre.

Le gain en décibel apparaît avec la phase sur un graphe dont l'abscisse est le logarithme de la pulsation ω .

2 Deuxième partie : *Pratique*

2.1 Montage 1

Soit le montage ci-dessous,

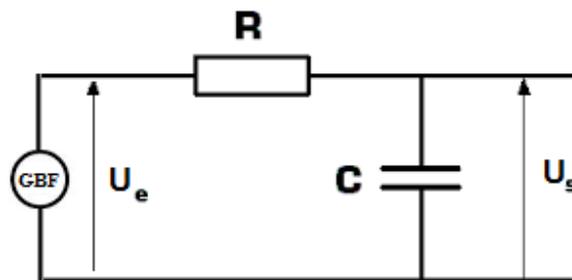


FIGURE 2 – Filtre passe bas de 1 ordre

On donne : $U_{e_{max}} = 4V$, $R = 2K\Omega$, $C = 10nF$.

2.1.1 Travail demandé

- 1) Montrer que la fonction de transfert peut se mettre sous la forme, $\frac{U_s}{U_e} = \frac{1}{1+j\frac{f}{f_c}}$, déduire l'expression de la fréquence de coupure en fonction des éléments du montage.
- 2) Étudier les variations du gain en fonction de la fréquence.
- 3) Réaliser le montage.
- 4) A l'aide de l'oscilloscope et le GBF :
 - Effectuer un balayage rapide en fréquence (50Hz-20kHz). Déduire le type de filtre.
 - Remplir le tableau ci-dessous.

| f(Hz) | 50 Hz | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 kHz | |
|---------------------------------------|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|--|
| $U_{e_{max}}(V)$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $U_{s_{max}}(V)$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\delta t (s)$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\varphi(rad)$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $G = 20\log(U_{s_{max}}/U_{e_{max}})$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

- Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert (module, phase).
- Déterminer la fréquence de coupure à -3 dB. Comparer avec la théorie.
- Interpréter l'effet du filtre sur la tension d'entrée.
- Interpréter l'allure du diagramme de Bode en gain pour justifier le nom du montage.

2.2 Montage 2

Soit le schéma suivant,

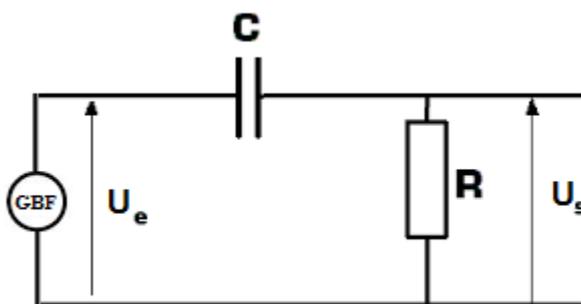


FIGURE 3 – Filtre passe haut de 1 ordre

On donne : $U_{e_{max}} = 4V, R = 2K\Omega, C = 10nF$.

2.2.1 Travail demandé

- 1) Montrer que la fonction de transfert peut se mettre sous la forme, $\frac{U_s}{U_e} = \frac{1}{1-j\frac{f_c}{f}}$, déduire l'expression de la fréquence de coupure en fonction des éléments du montage.
- 2) Étudier les variations du gain en fonction de la fréquence.
- 3) Réaliser le montage.
- 4) A l'aide de l'oscilloscope et le GBF :
 - Effectuer un balayage rapide en fréquence (50Hz-20kHz). Déduire le type du filtre.
 - Remplir le tableau ci-dessous.

| f(Hz) | 50 Hz | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 kHz |
|---------------------------------------|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|
| $U_{e_{max}}(V)$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $U_{s_{max}}(V)$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| δt (s) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\varphi(rad)$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $G = 20\log(U_{s_{max}}/U_{e_{max}})$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

- Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert (module ,phase).
- Déterminer la fréquence de coupure à -3 dB. Comparer avec la théorie.
- Interpréter l'effet du filtre sur la tension d'entrée.
- Interpréter l'allure du diagramme de Bode en gain pour justifier le nom du montage.

3 Conclusion

Donner une conclusion générale.

TP3: Caractéristiques de la diode/Redressement mono-alternance

Objectifs du TP

- Découvrir un composant électronique de base, à savoir la diode à jonction PN.
- Tracer la caractéristique courant-tension.
- Montrer une des applications fondamentales (Redressement).

1 Première partie : *Rappel théorique*

1.1 Diode à jonction

La diode à jonction est un dipôle non linéaire possédant une conductance plus grande dans une direction que dans l'autre. La diode PN obtenue en formant deux régions adjacentes, l'une de type N (Cathode) et l'autre de type P (Anode).



FIGURE 1 – Symboles d'une diode à jonction PN

1.2 Caractéristique Courant-Tension

C'est la courbe qui montre la variation du courant qui traverse la diode en fonction de la tension à ses bornes (Cf. figure 2).

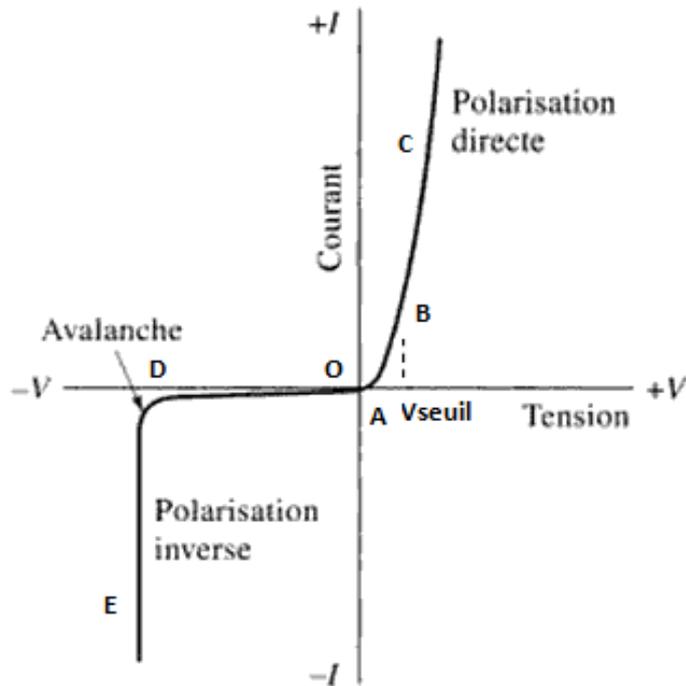


FIGURE 2 – Caractéristique Courant-Tension d'une diode à jonction

- La zone OA (zone de blocage) : la diode est polarisée en directe, mais la tension est trop faible pour débloquer la diode.
- La zone AB (zone de coude) : la tension commence à débloquer la diode.
- La zone BC (zone linéaire) : la diode est passante.
- La zone OD (zone de blocage inverse) : la diode est polarisée en inverse.
- La zone DE (zone de claquage) : le courant augmente brutalement pour atteindre des valeurs très élevées.

1.3 Schéma équivalent

Plusieurs schémas équivalents ont été proposés pour la représentation de la diode à jonction.

1.3.1 Diode idéale

La diode idéale à jonction peut être interprétée comme suit :

- Si une tension négative est appliquée à la diode, aucun courant ne circule et la diode se comporte comme un circuit ouvert. Dans ce cas on dit que la diode est **polarisée en inverse**.
- Si un courant positif est appliqué à la diode idéale, aucune chute de tension apparaît à ses bornes. En d'autres termes, la diode idéale **polarisée en direct** se comporte comme un court-circuit.

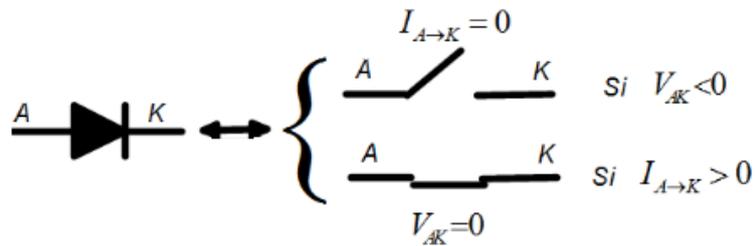


FIGURE 3 – Schéma équivalent d'une diode idéale

1.3.2 Diode réelle

La diode réelle est équivalente soit à un circuit ouvert, soit à une source de tension de V_S (tension de seuil) et de résistance interne R_D .

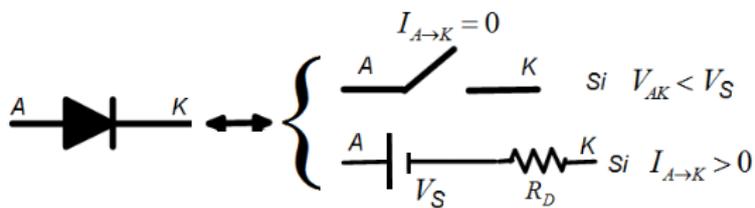


FIGURE 4 – Schéma équivalent d'une diode réelle

2 Deuxième partie : Pratique

2.1 Caractéristique courant-tension $I(V)$ d'une diode à jonction

Soit le montage ci-dessous,

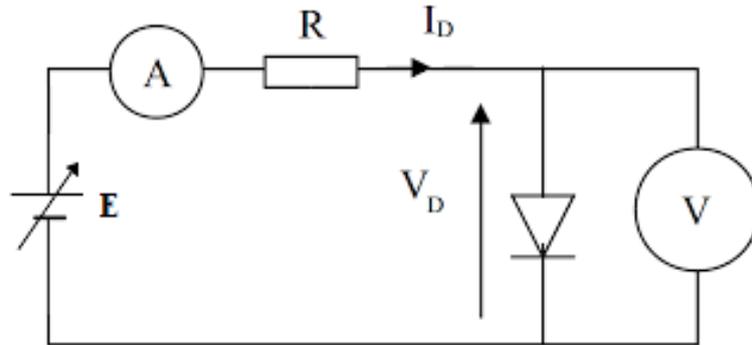


FIGURE 5 – Diode dans un circuit

Avec, $R = 100\Omega$, E , est un générateur de tension continue variable.

2.1.1 Travail demandé

Faire varier E et remplir le tableau suivant.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----|----|----|----|----|---|-----|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|
| $E(V)$ | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 0.5 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 |
| $V_D(V)$ | | | | | | | | | | | | | | | |
| $I_D(mA)$ | | | | | | | | | | | | | | | |

- 1) Tracer la caractéristique de la diode $I_D = f(V_D)$.
- 2) Déterminer approximativement la tension seuil de la diode.
- 3) Quelle est la nature du semi-conducteur utilisé ?.
- 4) Pour la tension d'alimentation $E = 1V$, tracer la droite de charge statique dans le plan (I_D, V_D) . Déterminer graphiquement le point de fonctionnement Q , puis calculer les valeurs des résistances statique R_s et dynamique R_D à ce point.
- 5) Donner le courant de saturation I_s de la diode.

2.2 Redressement (*mono-alternance*)

Soit le montage suivant,

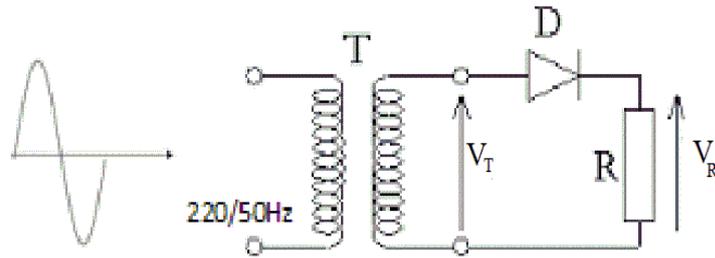


FIGURE 6 – Redressement mono-alternance

Avec, $R = 1K\Omega$, T, est un transformateur abaisseur (12 V).

2.2.1 Travail demandé

On suppose que la diode est idéale.

Étude théorique

- Analyser le montage et tracer le graphe de la tension V_R .
- Calculer V_{Tmoy} , V_{Teff} , V_{Reff} .

Étude expérimentale

- 1) Réaliser le montage, et visualiser les tensions V_T et V_R , sur l'oscilloscope.
- 2) Mesurer la période de la tension V_T . Quelle est sa fréquence ?
- 3) Mesurer V_{Tmax} et en déduire V_{Teff} . Comparer avec la théorie.
- 4) Mesurer V_{Tmoy} .
- 5) Quel est le rôle du transformateur ?.
- 6) Mesurer V_{Rmax} et V_{Rmoy} , expliquer la différence avec la théorie.

3 Conclusion générale

Donner une conclusion générale à votre travail.

TP4: Alimentation stabilisée par diode Zener

Objectifs du TP

- Obtenir un signal continu à partir de la tension du secteur.
- Montrer une des applications fondamentales de la diode à jonction PN (redressement double alternance)
- Découvrir un composant électronique (diode Zener).

1 Première partie : *Rappel théorique*

1.1 Diode Zener

La diode Zener est conçue pour être utilisée en polarisation inverse, avec une tension assez élevée. La caractéristique $I(V)$ de la diode Zener présente trois zones (voir figure 1) :

- **La zone de polarisation directe** : la diode Zener se comporte comme une diode à jonction polarisée en direct.
- **La zone blocage** : là aussi, le comportement reste classique tant que la tension V_z n'est pas atteinte, le courant inverse est négligeable et la diode peut être modélisée par un circuit ouvert.
- **La zone d'avalanche** : la diode est polarisée en inverse. Quand V_d atteint $-V_z$ le courant croît rapidement, le comportement peut être modélisé par un générateur de tension V_z et une résistance r_z .

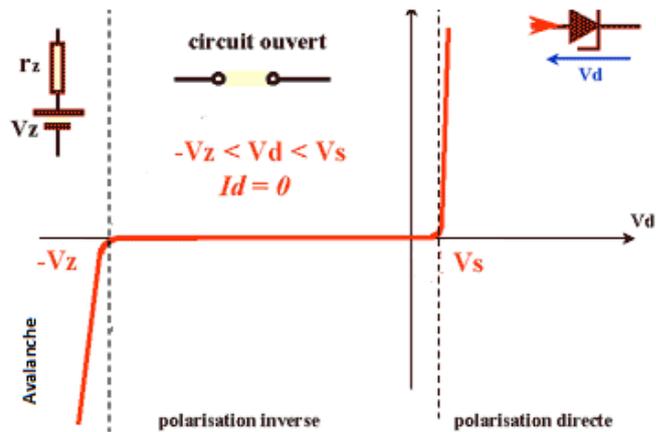


FIGURE 1 – Caractéristique de la diode Zener

1.2 Schéma équivalent

Dans le sens direct, cette diode se comporte comme une diode normale, dans le sens inverse la diode zener est équivalente à une source de tension de V_z et de résistance interne r_z .

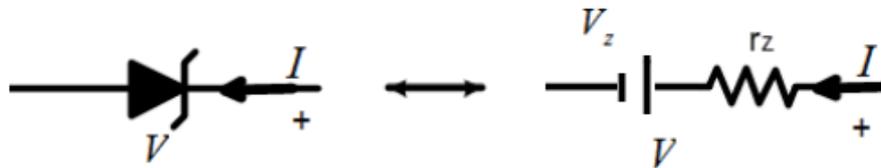


FIGURE 2 – Schéma équivalent d'une diode Zener montée en inverse

2 Deuxième partie :Pratique

2.1 Redressement double alternance

Soit le montage suivant,

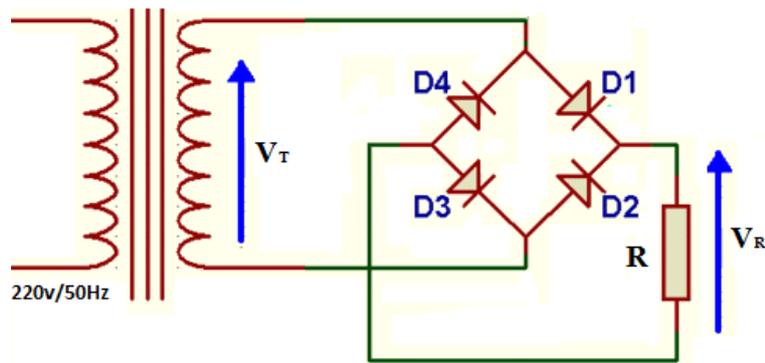


FIGURE 3 – Redressement double alternance

On donne, $R = 1K\Omega$, T , est un transformateur abaisseur de tension (12 V).

2.1.1 Travail demandé

On suppose que les diodes sont idéales.

Étude théorique

- Analyser le montage et tracer le graphe de la tension V_R .
- Calculer V_{Rmoy} , V_{Reff} .
- Existe-t-il un autre montage de redressement double alternance comparable au pont à diodes. Donner son schéma et expliquer son fonctionnement.

Étude expérimentale

- 1) Réaliser le montage et visualiser les tensions V_T et V_R sur l'oscilloscope.
- 2) Mesurer la période de la tension V_R . Quelle est sa fréquence ?.
- 3) Mesurer V_{Rmoy} , V_{Rmax} et en déduire V_{Reff} . Expliquer les différences avec la théorie.
- 4) Quel est le rôle d'un pont de diodes ?.

2.2 Amélioration du redressement par un condensateur (Filtrage)

Note : Les condensateurs sont des condensateurs électrochimiques polarisés, il faut donc faire attention au sens de branchement.

Soit le montage suivant,

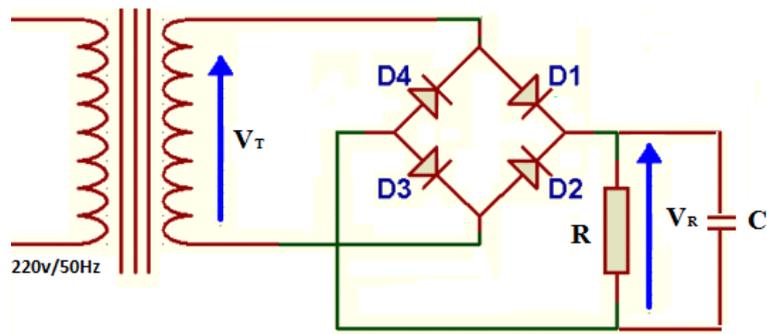


FIGURE 4 – Redressement et filtrage

2.2.1 Travail demandé

- 1) Placer un condensateur parallèle avec R et observer V_R pour différentes valeurs de C ($4.7\mu F$, $47\mu F$, $470\mu F$).
- 2) Comparer les trois représentations et déduire le rôle du condensateur.

2.3 Stabilisation de la tension de sortie avec une diode Zener

Soit le montage ci-dessous,

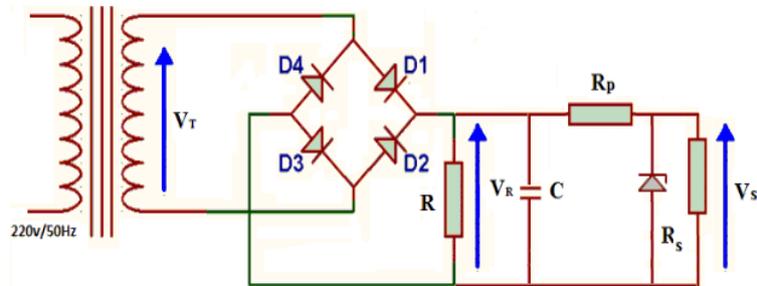


FIGURE 5 – Stabilisation de la tension de sortie

2.3.1 Travail demandé

- Quel est le rôle de la résistance R_p .

- 1) Préciser parmi les condensateurs utilisés précédemment celui qui convient mieux à cette expérience.
- 2) Faire varier R_s et visualiser la tension V_s sur l'oscilloscope. Observer et expli-

quer les signaux de sortie.

3 Conclusion générale

Donner une conclusion à votre travail.

TP5: Caractéristiques d'un transistor et point de fonctionnement

Objectifs du TP

- Découvrir un composant semi-conducteur, le transistor bipolaire.
- Relever le réseau de caractéristiques de ce composant.
- Exploiter ces caractéristiques.

1 Première partie : *Rappel théorique*

1.1 Transistor bipolaire

Le transistor bipolaire est un dispositif semi-conducteur constitué de trois couches à dopage alterné NPN ou PNP qui déterminent deux jonctions PN.

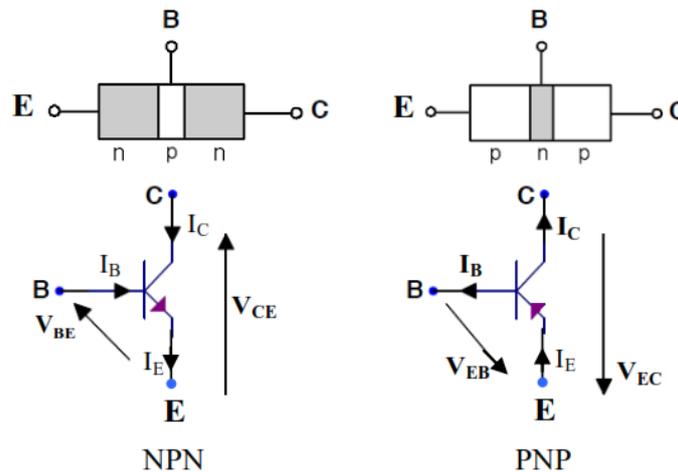


FIGURE 1 – Symboles de transistors NPN et PNP

1.2 Caractéristiques d'un transistor bipolaire NPN

On peut résumer le principe de fonctionnement d'un transistor bipolaire à l'aide de trois caractéristiques principales suivantes.

- La caractéristique d'entrée : $I_B = f(V_{BE})$.
- La caractéristique de sortie : $V_{CE} = f(I_C)$.
- La caractéristique de transfert : $I_C = f(I_B)$.

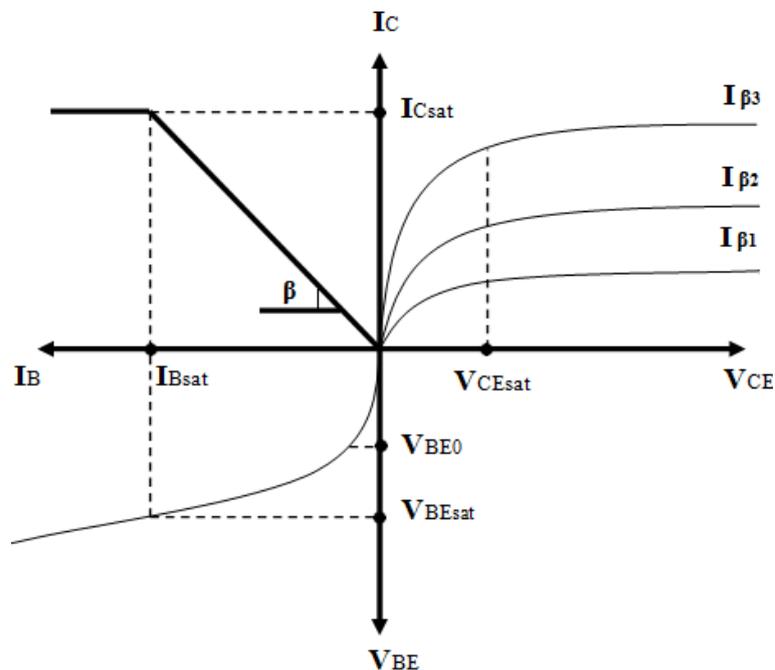


FIGURE 2 – Caractéristiques du transistor bipolaire

Deux régimes de fonctionnement émergent :

– **Régime linéaire (Amplification) :**

Dans ce régime le transistor est utilisé comme un amplificateur.

$I_C = \beta I_B$, avec β , le gain en courant.

$V_{BE0} < V_{BE} < V_{BEsat}$, $V_{BE} \cong V_{BE0} = 0.6V$ (transistor en silicium).

– **Régime non linéaire (Commutation)**

Saturation

$I_B > I_{Bsat}$, $I_C < \beta I_B$.

$V_{CE} = V_{CEsat} (\cong 0.3V)$, $V_{BEsat} \cong V_{BE0} = 0.6V$ (transistor en silicium).

Blocage

$I_B = I_C = I_E = 0$.

$V_{BE} < V_{BE0} = 0.6V$.

2 Deuxième partie : Pratique

2.1 Caractéristiques du transistor bipolaire

Soit le montage suivant,

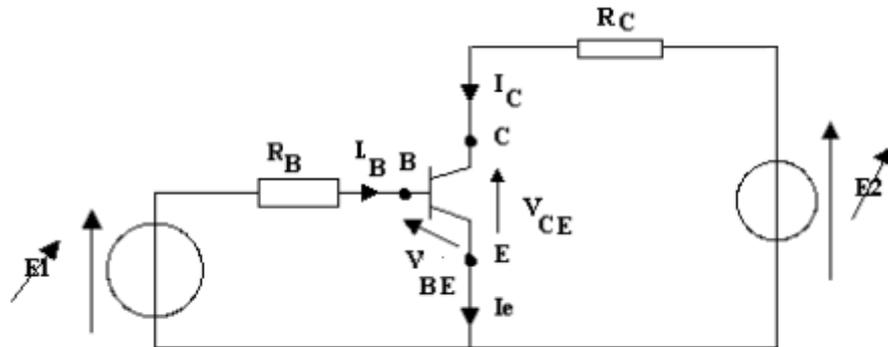


FIGURE 3 – Transistor bipolaire dans un circuit

On donne, $R_B = 10k\Omega$ et $R_C = 100\Omega$, **E1** et **E2**, sont des générateurs de tension continue variable.

2.1.1 Caractéristique d'entrée $I_B = f(V_{BE})$ à V_{CE} constante et caractéristique de sortie $I_C = f(V_{CE})$ à I_B constant :

-Travail demandé

- 1) Câbler le montage, en plaçant les appareils de mesures permettant de mesurer I_B, V_{BE}, I_C, V_{CE} .
- 2) En jouant sur l'alimentation **E1**, régler $I_B = 25\mu A$.
- 3) A l'aide de l'alimentation **E2**, faire varier la tension V_{CE} et mesurer le courant I_C .
- 4) Pour $V_{CE} = 5V, V_{CE} = 10V$, mesurer la tension V_{BE} .
- 5) Refaire les mêmes étapes pour : $I_B = 50\mu A, I_B = 75\mu A$ et $I_B = 100\mu A$.
- 6) Compléter les deux tableaux suivants.

Tableau 1: $I_C = f(V_{CE})$ à I_B constant

| $I_B(\mu A)$ | V_{CE} | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 |
|--------------|-----------|---|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 25 | $I_C(mA)$ | | | | | | | | | | | | |
| 50 | $I_C(mA)$ | | | | | | | | | | | | |
| 75 | $I_C(mA)$ | | | | | | | | | | | | |
| 100 | $I_C(mA)$ | | | | | | | | | | | | |

Tableau 2 : $I_B=f(V_{BE})$ à V_{CE} constant

| $V_{CE}(V)$ | $I_B(\mu A)$ | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 |
|-------------|--------------|---|----|----|----|-----|
| 5 V | $V_{BE}(V)$ | 0 | | | | |
| 10 V | $V_{BE}(V)$ | 0 | | | | |

– **Tableau 1 :**

- 1) Tracer, sur la même feuille la courbe $I_C = f(V_{CE})$ pour différentes valeurs de I_B .
- 2) Placer sur la courbe les zones de fonctionnement du transistor (bloqué, saturé et linéaire).
- 3) Pour $E2 = 10V$, établir la relation entre V_{CE} , R_C , I_C , et $E2$. Tracer la courbe de la droite $I_C = f(V_{CE})$ sur le même graphe.
- 4) Déterminer graphiquement le point de fonctionnement du transistor pour $I_B = 50\mu A$.

– **Tableau 2**

- 1) Tracer, sur la même feuille la courbe $I_B = f(V_{BE})$ pour les deux valeurs de V_{CE} . Donner une conclusion.
- 2) A quel composant électronique peut-on comparer la jonction base-émetteur du transistor ?.

2.1.2 Caractéristique de transfert en courant $I_C = f(I_B)$ à V_{CE} constante

- Travail demandé

A l'aide du tableau 1, compléter le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : $I_C=f(I_B)$ à V_{CE} constant

| $V_{CE}(V)$ | $I_B(\mu A)$ | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 |
|-------------|--------------|---|----|----|----|-----|
| 5 V | $I_C(mA)$ | 0 | | | | |
| 10 V | $I_C(mA)$ | 0 | | | | |

- 1) Tracer, sur la même feuille, la caractéristique de transfert en courant $I_C = f(I_B)$ pour les deux valeurs V_{CE} .
- 2) Calculer la valeur de β pour les deux courbes et la comparer à celle donnée par le constructeur ($100 < \beta < 300$) pour le le transistor 2N2222.

3 Conclusion générale

Donner une conclusion à votre travail.

TP6: Amplificateur Opérationnel

Objectifs du TP

Le but de ce Tp est d'étudier quelques configurations simples (sommateur, comparateur,...etc) utilisant l'amplificateur Opérationnel.

1 Première partie : *Rappel théorique*

1.1 Amplificateur Opérationnel

L'amplificateur opérationnel est un circuit intégré qui permet de réaliser de très nombreuses fonctions de l'électronique analogique dans des volumes réduits avec une faible consommation et un coût très bas : comparaison des tensions, amplification des tensions, addition, ...etc.

1.1.1 Brochage

- Broche 1 : non connectée
- Broche 2 : entrée inverseuse
- Broche 3 : entrée non inverseuse
- Broche 4 : $-V_{cc}$
- Broche 5 : non connectée
- Broche 6 : sortie S
- Broche 7 : $+V_{cc}$
- Broche 8 : non connectée

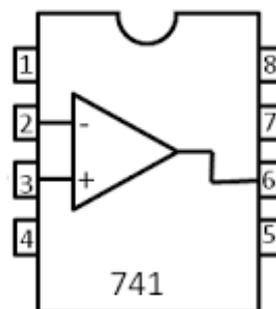


FIGURE 1 – Brochage d'un amplificateur opérationnel

1.1.2 Symbole

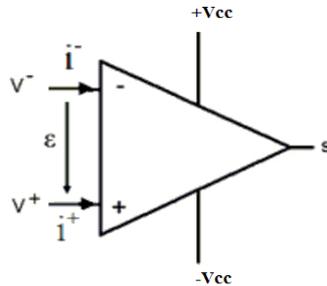


FIGURE 2 – Symbole d'un amplificateur opérationnel

1.1.3 Alimentation

Pour son fonctionnement, ce circuit intégré nécessite une alimentation. L'alimentation est en générale symétrique $+V_{CC}=+15V$, $-V_{CC}=-15V$, cette alimentation bien in-dispensable, ne figure pas sur les schémas de montage.

1.2 Caractéristique d'un amplificateur opérationnel :

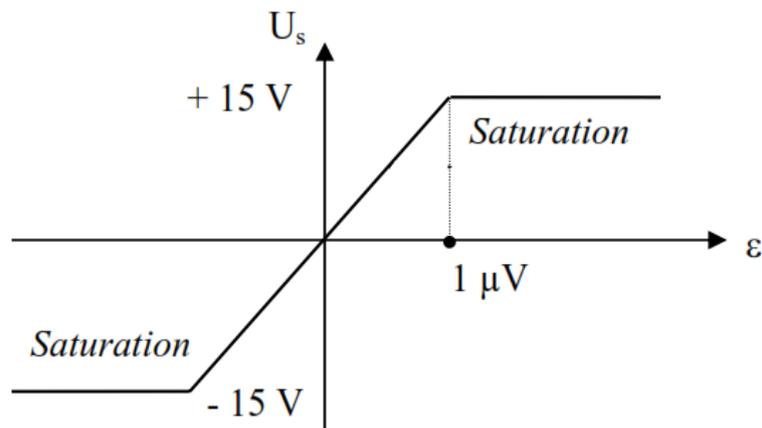


FIGURE 3 – Caractéristique d'un amplificateur opérationnel

- En *régime linéaire* $U_s = A.\epsilon$, (A : gain en tension).
- Si l'amplificateur est idéal $\Rightarrow \epsilon = V^+ - V^- \simeq 0$ et $i^+ = i^- = 0$.

2 Deuxième partie : Pratique

2.1 Montages fondamentaux d'un amplificateur opérationnel

2.1.1 Montage comparateur

Soit le montage ci-dessous,

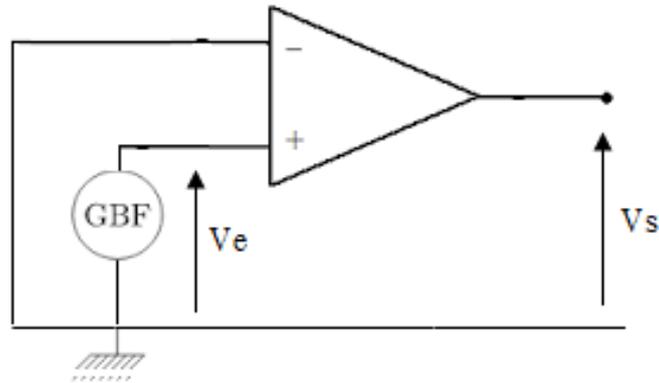


FIGURE 4 – Montage comparateur

2.1.2 Travail demandé

Étude théorique

- Expliquer le fonctionnement du montage comparateur.

Étude expérimentale

- 1) Sélectionner sur le GBF une tension sinusoïdale $V_e(t)$ de fréquence 1 KHz et d'amplitude maximale 1V.
- 2) Visualiser $V_e(t)$ et $V_s(t)$ sur l'oscilloscope. Noter la valeur maximale et minimale de $V_s(t)$.
- 3) On observe une tension en forme de créneaux pour $V_s(t)$. Pourquoi ?
- 4) Comment pouvez-vous modifier le niveau de comparaison à 0.5 V plutôt qu'à 0 V ?.

2.1.3 Montage non inverseur

Soit le montage ci-dessous,

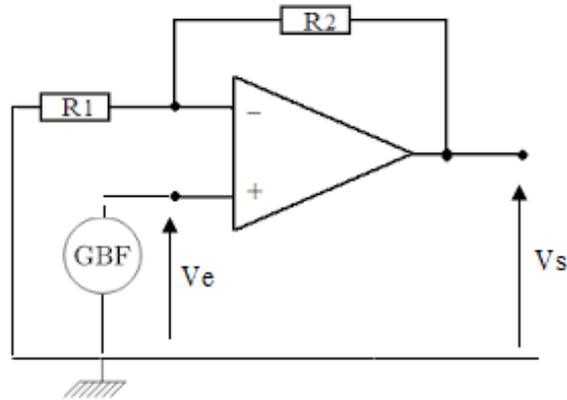


FIGURE 5 – Montage non inverseur

On donne, $R1 = 1K\Omega$, $R2 = 10K\Omega$.

2.1.4 Travail demandé

Étude théorique

- Déterminer l'expression du gain en tension A_v du montage non inverseur, ainsi l'amplitude maximale de $V_e(t)$ pour que le signal de sortie ne soit pas écrêté.

Étude expérimentale

Sélectionner sur le GBF une tension sinusoïdale $V_e(t)$ de fréquence 1 KHz et d'amplitude 1 V.

- 1) Visualiser $V_e(t)$ et $V_s(t)$ sur l'oscilloscope.
- 2) Noter la valeur maximale de $V_s(t)$. En déduire l'amplification en tension $A_v = V_s(t)/V_e(t)$.
- 3) Saturation en tension : faire croître la tension d'entrée, interpréter

2.1.5 Montage sommateur non inverseur

Soit le montage suivant,

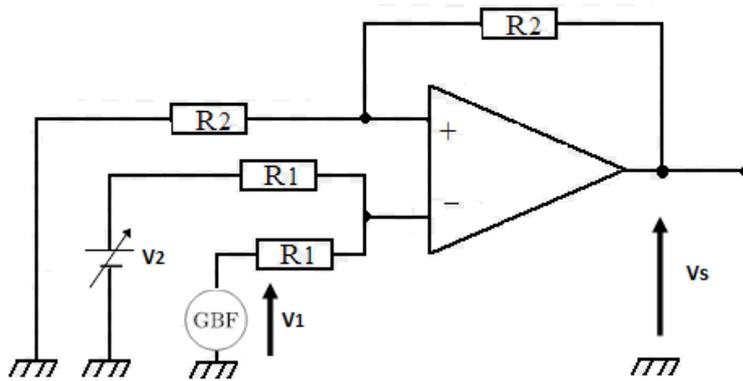


FIGURE 6 – Montage sommateur non inverseur

On donne, $R_2 = 10K\Omega$, $R_1 = 1K\Omega$.

2.1.6 Travail demandé

Étude théorique

- Pour le montage sommateur représenté ci-dessus, déterminer l'expression de V_s en fonction de V_1 et V_2 .

Étude expérimentale

La tension V_1 est une tension sinusoïdale de fréquence 1 KHz et d'amplitude 1 V, délivrée par un GBF.

La tension V_2 , est une tension continue réglable, délivrée par une alimentation stabilisée.

1) Visualiser $V_1(t)$ et $V_s(t)$ sur l'oscilloscope pour : $V_2 = 3V$ et $V_2 = 16V$, interpréter.

3 Conclusion générale

Donner une conclusion générale.

ANNEXE

| Couleurs | 1° anneau gauche 1er chiffre | 2° anneau gauche 2e chiffre | Dernier anneau gauche Multiplicateur | Anneau droite Tolérance |
|----------|------------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------|
| Noir | 0 | 0 | 1 | |
| Marron | 1 | 1 | 10 | 1% |
| Rouge | 2 | 2 | 10 ² | 2% |
| Orange | 3 | 3 | 10 ³ | |
| Jaune | 4 | 4 | 10 ⁴ | |
| Vert | 5 | 5 | 10 ⁵ | 0.5% |
| Bleu | 6 | 6 | 10 ⁶ | 0.25% |
| Violet | 7 | 7 | 10 ⁷ | 0.1% |
| Gris | 8 | 8 | 10 ⁸ | 0.05% |
| Blanc | 9 | 9 | 10 ⁹ | |
| or | | | 0.1 | 5% |
| argent | | | 0.01 | 10% |

Exemple

tolérance or = 5 %

1er chiffre jaune = 4

2ème chiffre violet = 7

multiplicateur marron = x 10

$R = 47 \times 10 = 470 \Omega \pm 5\%$

Code des couleurs des résistances

BIBLIOGRAPHIE

- [1] J-M. Poitevin, "Électronique analogique et numérique", Éd, Dunod, 2008.
- [2] A.P Godse, U.A. Bakshi, "Electronic Circuits and Applications", Technical Publications Pune, 2009.
- [3] T. Neffati, "Introduction à l'électronique analogique", Éd, Dunod, 2008.
- [4] P. Brenders, G. Buffard, L. Douchet, M. Sauzeix, S. Tisserant, "Électronique", Éd, Bréal, 2005.
- [5] T.Wildi, G.Sybille "Electronique", Ed, DeBoeck, 1999.
- [6] B. Khaled, cours "Electronique Fondamentale 1", 2014.
- [7] www.sosryko.fr/atelier/Phy.Elec/TP-FiltreOrdre1-0910.pdf, mai 2016.
- [8] [http ://physique.dep.univ-lorraine.fr/files/2014/06/TP-n2-Diode-et-redressement.pdf](http://physique.dep.univ-lorraine.fr/files/2014/06/TP-n2-Diode-et-redressement.pdf), mai 2016.
- [9] [http ://l2ep.univ-lille1.fr/pagesperso/francois/files/L2-en-cours-5-AO-regimelineaire-.pdf](http://l2ep.univ-lille1.fr/pagesperso/francois/files/L2-en-cours-5-AO-regimelineaire-.pdf), mai 2016.
- [10] [https ://ft.univ-tlemcen.dz/assets/uploads/.../Manuel-TP-ELN-L2-ST-S4-Electricite.pdf](https://ft.univ-tlemcen.dz/assets/uploads/.../Manuel-TP-ELN-L2-ST-S4-Electricite.pdf), mai 2016.