

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ IBN-KHALDOUN TIARET
FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUEES
DÉPARTEMENT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE



Polycopié de TP

ELECTRONIQUE FONDAMENTAL 1

Préparé par : Dr. Imane GHLIB

Promotion :

Licence2 Électronique

Expertisé par :

Licence2 Électronique

Pr. NASRI djellali

Licence2 Électromécanique

Dr. BELARBI Mustapha

Licence2 Automatique

Semestre : 03

Année universitaire : 2023/2024

Table des matières

Avant- propos	I
Le déroulement d'un TP	III
TP N°1 : Théorèmes Fondamentaux	4
TP N°2 : Etudes Les Caractéristiques Des Filtres Passifs « Circuit RC »	9
TP N°3 : Etude Les Caractéristiques D'une Diode Application Au Redressement De Tension	15
TP N°4 : Etude Les Caractéristiques De La Diode Zener	19
TP N°5 : Etude Les Circuits D'alimentation	23
TP N°6 : Les Caractéristiques d'un Transistor et Point de Fonctionnement	27
TP N°7 : Les Amplificateurs Opérationnels	34
Bibliographie	40

Table des figures

TP N°1 : Théorèmes Fondamentaux

Figure 1. 1 Diviseur de tension	4
Figure 1. 2 Exemple d'application du théorème de Thévenin	5
Figure 1. 3 Exemple d'application du théorème de Norton.	5
Figure 1. 4 Équivalence Thévenin et Norton d'un dipôle.	6

TP N°2 : Etudes Les Caractéristiques Des Filtres Passifs « Circuit RC »

Figure 2. 1 Filtre passe-bas	9
Figure 2. 2 Filtre passe-haut.....	9
Figure 2. 3 Filtre passe-bande	9
Figure 2. 4 Filtre réjecteur de bande.....	10
Figure 2. 5 Circuit d'un filtre passe-bas	11
Figure 2. 6 Circuit d'un filtre passe-haut.....	11

TP N°3 : Etude Les Caractéristiques D'une Diode Application Au Redressement De Tension

Figure 3. 1 Diode type 1N4007	15
Figure 3. 2 Diode idéale	15
Figure 3. 3 Redressement mono-alternance	16
Figure 3. 4 Tension redressée.....	16
Figure 3. 5 Polarisation directe	17
Figure 3. 6 Polarisation en inverse	17
Figure 3. 7 Redressement mono-alternance	18

TP N°4 : Etude Les Caractéristiques De La Diode Zener

Figure 4. 1 Diode ZENER.....	19
Figure 4. 2 Caractéristique de la diode ZENER.....	19
Figure 4. 3 Résistance différentielle.....	20
Figure 4. 4 Polarisation directe	21
Figure 4. 5 Polarisation en inverse	21
Figure 4. 6 La courbe avec un oscilloscope	22

TP N°5 : Etude Les Circuits D'alimentation

Figure 5. 1 Schéma fonctionnel.....	23
Figure 5. 2 charge et décharge d'un condensateur.....	24
Figure 5. 3 Formes d'onde dans le circuit redresseur avec filtre à condensateur.	24
Figure 5. 4 Montage Stabilisateur de tension par diode Zener.....	24
Figure 5. 5 Circuit redresseur avec filtre à condensateur.	25
Figure 5. 6 Circuit redresseur avec filtre à condensateur et stabilisateur de tension.	25

TP N°6 : Les Caractéristiques d'un Transistor et Point de Fonctionnement

Figure 6. 1 Constitution- Symbole	27
---	----

Figure 6. 2 le package TO-92.....	28
Figure 6. 3 Test d'identification des transistors.....	28
Figure 6. 4 Caractéristiques du transistor.....	29
Figure 6. 5 La caractéristique I – V du transistor NPN.....	31

TP N°7 : Les Amplificateurs Opérationnels

Figure 7. 1 circuit intégré d'un amplificateur 741	34
Figure 7. 2 Amplificateur inverseur	35
Figure 7. 3 Amplificateur non-inverseur.....	35
Figure 7. 4 Comparateur.....	35
Figure 7. 5 Amplificateur additionneur.....	36
Figure 7. 6 Intégrateur inverseur	36
Figure 7. 7 Amplificateur différentiel	36
Figure 7. 8 Différenciateur inverseur	36

Avant- propos

Ce polycopié est le fruit de quatre années d'expérience dans l'enseignement du « TP électronique fondamentale 1 » en faveur les étudiants de 2^{ème} année spécialité génie électrique du premier cycle au niveau de département science technique de l'université de Tiaret.

Ce document a été élaboré conformément au canevas officiel établi par le ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (2018/2019). Les travaux pratiques proposés font partie du le modules « Électronique Fondamentale 1 » :

T.P.1. Théorèmes fondamentaux

T.P.2.Caractéristiques des filtres passifs

T.P.3. Caractéristiques de la diode / redressement

T.P.4. Alimentation stabilisée avec diode Zener

T.P.5. Caractéristiques d'un transistor et point de fonctionnement

T.P.6. Amplificateurs opérationnels.

Après la fixation des objectifs, chaque Travaux Pratiques (TP) débute par une partie théorique complète, comprenant les définitions, les généralités, les principes fondamentaux et les lois électriques pertinentes. Cette section vise à enrichir les connaissances des étudiants et à les préparer à la mise en pratique des concepts abordés.

La deuxième partie du TP est dédiée aux expériences expérimentales, permettant la validation des concepts théoriques étudiés. Ces expériences offrent une opportunité aux étudiants de mettre en œuvre les connaissances acquises en classe, d'acquérir des compétences pratiques et de développer leur compréhension des phénomènes électriques.

Les fiches techniques ont été élaborées dans un ordre séquentiel correspondant au déroulement du TP. Cette organisation vise à faciliter la prise de résultats et à permettre aux étudiants de noter les observations importantes et les éventuelles remarques.

Nous encourageons activement les étudiants à participer activement aux expériences, à poser des questions et à discuter des résultats obtenus. Cette approche interactive favorise une meilleure compréhension des concepts et prépare les étudiants à appliquer leurs connaissances dans des situations pratiques.

Ce polycopié a été élaboré en se basant sur des références renommées dans le domaine de l'électronique, assurant ainsi une qualité et une pertinence des contenus. Les références utilisées comprennent des ouvrages de spécialistes reconnus et des ressources académiques largement acceptées [1-5].

Objectifs de l'enseignement

Consolidation des connaissances acquises dans les matières d'électronique pour mieux comprendre et assimiler les lois fondamentales de l'électronique.

Public cible

Ces TP sont destinés aux étudiants de 2^{ième} année licence LMD en science technique pour les quatre filières de génie électrique.

Afin de faciliter un accès rapide aux fiches de Travaux Pratiques (TP), toutes les fiches sont rendues disponibles en ligne via la plateforme Moodle de l'Université de Tiaret.

<https://moodle.univ-tiaret.dz/course>

Le déroulement d'un TP

Le déroulement d'un TP (Travaux Pratiques) en électronique peut varier en fonction des objectifs spécifiques du TP et du niveau d'études. Cependant, voici un déroulement général que vous pourriez suivre pour le TP d'électronique :

1. Introduction et Objectifs :

- Présentation des objectifs du TP et des concepts à étudier.
- Explication de l'équipement et des composants utilisés.

2. Théorie :

- Revue des concepts théoriques pertinents.
- Présentation des principes de base liés au TP.

3. Préparation du Matériel :

- Distribution des composants, des câbles et des instruments.
- Vérification du bon fonctionnement des appareils de mesure.

4. Montage du Circuit :

- Instruction sur le montage du circuit en suivant un schéma donné.
- Application des principes théoriques à la configuration pratique.

5. Mesures et Expérimentation :

- Utilisation d'instruments de mesure tels que les oscilloscopes, les multimètres, etc.
- Réalisation de mesures pour vérifier les caractéristiques du circuit.

6. Analyse des Résultats :

- Interprétation des résultats obtenus par rapport aux attentes théoriques.
- Discussion sur les sources d'erreurs possibles.

7. Questions et Discussions :

- Réponses aux questions des étudiants.
- Discussions sur les observations et les résultats.

8. Rapport ou Compte Rendu :

- Rédaction d'un rapport décrivant le TP, les résultats obtenus et les analyses effectuées.
- Soumission du rapport pour évaluation.

9. Conclusion :

- Récapitulation des principales conclusions tirées du TP.
- Discussion sur les applications pratiques des concepts étudiés.

TP N°1 : Théorèmes Fondamentaux

But du TP.

Le but de ce TP est de :

- ✓ Déterminer le modèle équivalent de Thévenin (MET) d'un circuit électrique vu des points A et B.
- ✓ Valider expérimentalement le circuit de Thévenin
- ✓ Le modèle équivalent de Norton (MEN) d'un circuit électrique vu des points A et B.
- ✓ Appliquer le théorème de diviseur de tension à ce circuit électrique notamment pour retrouver les éléments du MET et du MEN de ce circuit.

Rappel théorique

• Théorème de diviseur de tension

Le théorème du diviseur de tension est un principe fondamental en électronique qui permet de calculer la tension à travers un élément spécifique dans un réseau de résistances en série. Le théorème stipule que la tension à travers une résistance particulière est proportionnelle à sa valeur ohmique par rapport à la somme totale des résistances dans le réseau.

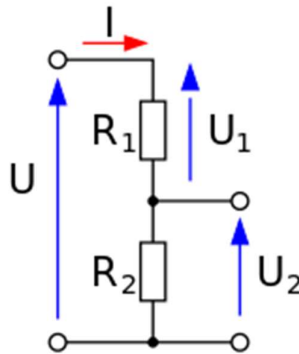


Figure 1. 1 Diviseur de tension

La formule générale du diviseur de tension est la suivante :

$$V_x = V_{in} \times \frac{R_x}{R_1 + R_2 + \dots + R_N}$$

où :

V_x est la tension à travers la résistance R_x ,

V_{in} est la tension d'entrée à travers le réseau,

R_x est la résistance pour laquelle nous calculons la tension,

$R_1, R_2, \dots, R_n$ sont les résistances dans le réseau.

Cela signifie que la tension à travers une résistance spécifique est égale à la tension d'entrée multipliée par le rapport de la résistance spécifique à la résistance totale du réseau.

Le théorème du diviseur de tension est particulièrement utile pour analyser et concevoir des circuits électroniques, en permettant de déterminer facilement la tension à travers des composants spécifiques dans un réseau de résistances en série.

• Théorème de Thévenin :

Considérons un circuit électrique linéaire placé entre deux points A et B. Vis-à-vis des points A et B (c'est-à-dire vu d'un élément placé entre A et B), le circuit précédent peut être remplacé par un générateur équivalent de Thévenin de force électromotrice E_{TH} et de résistance interne R_{TH} .

- La valeur E_{TH} est égale à la tension mesurée entre A et B à vide, c'est-à-dire lorsque le dipôle n'est pas connecté à d'autres éléments externes (charge déconnectée).
- La résistance interne R_{TH} correspond à la valeur de la résistance vue entre A et B lorsque les sources indépendantes sont passivées.

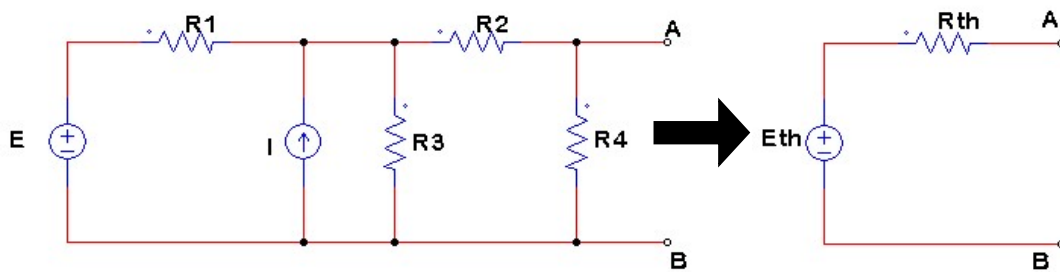


Figure 1. 2 Exemple d'application du théorème de Thévenin

• Théorème de Norton :

Tout circuit électrique linéaire peut être remplacé par un dipôle équivalent vis-à-vis des points A et B, c'est-à-dire vu d'un élément placé entre A et B par un générateur de Norton équivalent de courant I_N et de résistance interne R_N .

- La valeur I_N du générateur de courant équivalent est égale à l'intensité mesurée entre A et B dans un court-circuit (charge court-circuitée).
- La résistance interne R_N correspond à la valeur de la résistance vue entre A et B lorsque les sources indépendantes sont passivées.

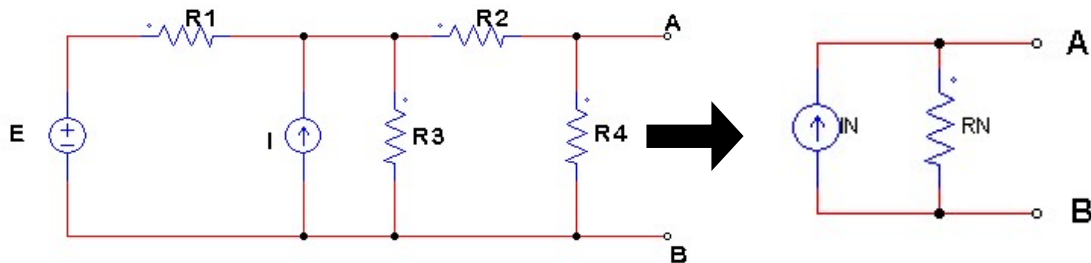


Figure 1. 3 Exemple d'application du théorème de Norton.

• Dualité Thévenin-Norton :

Le passage du modèle d'un générateur de Thévenin à celui d'un générateur de Norton conduit à trouver :

$$R_N = R_{TH} \quad \text{et} \quad E_{TH} = R_{TH} \times I_{TH} = R_{TH} \times I_N$$

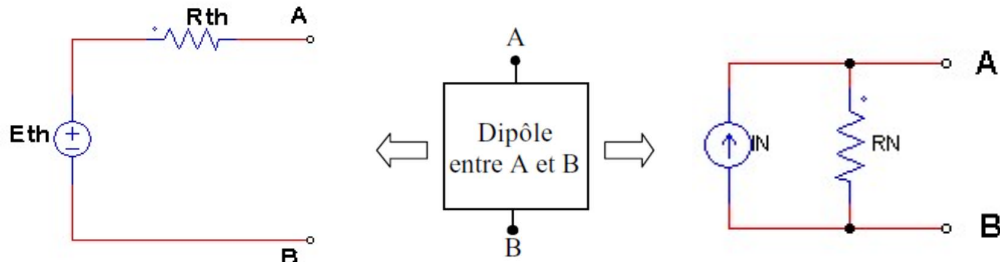


Figure 1. 4 Équivalence Thévenin et Norton d'un dipôle.

Matériel nécessaire

- Une alimentation stabilisée de 15V
- Des résistances
- Un multimètre pour mesurer les tensions et les courants.

Travail à faire

- ✓ La première partie consiste à déterminer le modèle équivalent de Thévenin (MET) d'un circuit électrique vu des points A et B. alors c'est de trouver les paramètres de Thévenin : tension V_{th} et résistances R_{th}
- ✓ La deuxième partie c'est une validation expérimentale du circuit de Thévenin

- Calculer la résistance de Thévenin vu des points A et B à vide ✓ $R_{th\text{calculée}} =$ 	✓ Eteignez l'alimentation stabilisée. Puis faites un court-circuit sur celle-ci. ✓ Débranchez la résistance R_{ch} et à l'aide d'un ohmmètre relevez la valeur de la résistance totale du circuit en le branchant entre A et B. ✓ $R_{th\text{mesurée}} =$
✓ Comparer la valeur théorique avec la mesure expérimentale	

Partie 2 : validation de circuit de Thévenin

Nous pouvons, maintenant que nous avons R_{th} et V_{th} construire le circuit simplifié.

- Charger le montage avec la résistance R_{ch} entre les bornes A et B

Le circuit électronique	Le circuit équivalent de Thevenin
$I_{ch1} =$	$I_{ch2} =$
$V_{ch1} =$	$V_{ch2} =$

- Comparer la valeur du courant et de la tension aux bornes de R_{ch} pour les deux circuits

Dualité Thévenin-Norton

Si le générateur de tension E est remplacé par un générateur de courant d'une valeur I_N dans le circuit, Calculer théoriquement et mesurer expérimentalement pour ce cas les paramètres du circuit équivalent de Norton entre les bornes A et B.

.....

.....

.....

.....

TP N°2 : Etudes Les Caractéristiques Des Filtrés Passifs « Circuit RC »

But du TP

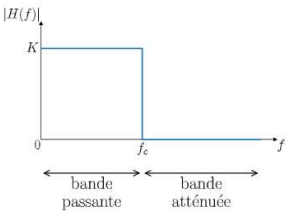
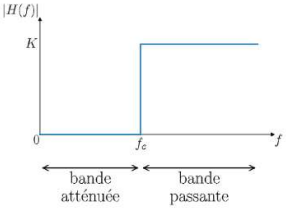
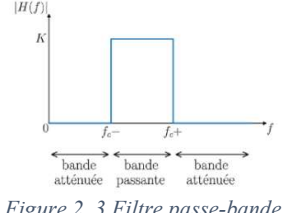
- Familiariser avec les filtres passifs.
- Analyser les caractéristiques des filtres d'ordre 1 constitué par un circuit RC
- Déterminer expérimentalement les caractéristiques des filtres passifs

Rappel théorique

• Filtre passif :

Un filtre est un dispositif électronique qui modifie l'amplitude ou la phase d'un signal en fonction de sa fréquence. En fonction de la conception du filtre, il peut permettre le passage de certaines fréquences (bande passante) tout en atténuant ou bloquant d'autres fréquences. Les filtres sont couramment utilisés dans les domaines de l'électronique, des communications, de l'audio, du traitement du signal, etc.

• Différents types de filtres

Filtre passe-bas : Laisse passer les fréquences plus basses que la fréquence de coupure ω_c et atténue les fréquences plus élevées.	 Figure 2. 1 Filtre passe-bas
Filtre passe-haut : Laisse passer les fréquences plus élevées que la fréquence de coupure ω_c et atténue les fréquences plus basses	 Figure 2. 2 Filtre passe-haut
Filtre passe-bande : Laisse passer un certain intervalle de fréquences et atténue celles à l'extérieur de cette plage comprises entre ω_{c1} et ω_{c2}.	 Figure 2. 3 Filtre passe-bande

Filtre réjecteur de bande :

Atténue sélectivement une fréquence étroite tout en laissant passer les fréquences à l'extérieur de cette plage comprises entre $\omega c1$ et $\omega c2$.

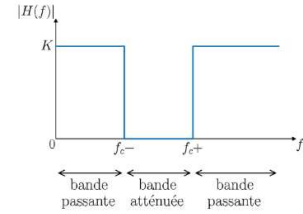


Figure 2. 4 Filtre réjecteur de bande

• Fonction de transfert

La fonction de transfert d'un filtre passif exprime la relation entre la sortie et l'entrée d'un circuit en fonction de la fréquence. La fonction de transfert est représentée sous forme de ratio complexe, souvent noté $H(j\omega)$.

La fonction de transfert d'un filtre est définie par :

$$H(j\omega) = \frac{U_s}{U_e}$$

• Représentation de la courbe de gain

Le module de la fonction de transfert est appelé gain :

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{U_s}{U_e}$$

On peut tracer cette courbe expérimentalement, en calculant le rapport des tensions de sortie U_{sm} maximaux sur les tensions d'entrée U_{em} mesurées par un oscilloscope ou multimètre

$$H = \frac{U_{sm}}{U_{em}}$$

• Diagramme de Bode

Le diagramme de Bode est une méthode pour tracer rapidement la réponse d'un filtre en termes de fréquence. Ils sont nommés ainsi à cause du travail fondamental de H.W. Bode dans les années 40. Le diagramme de Bode a deux composantes : **une partie pour l'amplitude**, et **l'autre partie pour la phase**.

Le diagramme de Bode est basé sur le décibel (dB). Le décibel est une unité de mesure logarithmique. On transforme l'amplitude de la fonction de transfert en utilisant l'équation suivante :

$$G_{dB} = 20 \log |H(j\omega)|$$

Un des avantages du décibel est que les gains plus grands que 1 sont positifs (en dB) tandis que

les gains plus petits que 1 (donc une atténuation) sont négatifs. Il est donc facile de savoir si le système atténue ou amplifie certains signaux.

On représente le gain en décibel non pas en fonction ω ou f mais en fonction de $\log(\omega)$ ou $\log(f)$. Pour la courbe de phase, elle représente la variation de phase entre l'entrée et la sortie d'un système en fonction de la fréquence. Elle est donnée par :

$$\varphi(\omega) = \arg H(j\omega)$$

Expérimentalement, l'argument donne la différence de phase entre la tension de sortie et la tension d'entrée $\varphi(\omega) = \varphi_s - \varphi_e$ en peut la déduire par un oscilloscope.

• La fréquence de coupure f_c

La fréquence de coupure f_c d'un filtre est la fréquence à laquelle le gain du filtre est réduit de 3 décibels (-3 dB) par rapport à son gain maximal (ou son gain à basse fréquence). Cela signifie que le signal à la fréquence de coupure a été atténué d'environ 70.7% par rapport à sa valeur à basses fréquences.

• Filtre passe-bas du premier ordre « circuit RC » :

Le circuit du filtre RC série est montré à la figure 2.5. L'entrée du circuit est une tension sinusoïdale de fréquence variable. La sortie du circuit est la tension aux bornes du condensateur. L'impédance du condensateur vaut :

$$z_C = \frac{1}{jC\omega}$$

On a :

$$\frac{U_s}{U_e} = \frac{\frac{1}{jC\omega}}{R + \frac{1}{jC\omega}} = \frac{1}{1 + jRC\omega}$$

$$H(j\omega) = \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}}$$

En posant

$$\omega_0 = \frac{1}{RC}$$

• Filtre passe-haut du premier ordre « circuit CR » :

Un circuit CR série peut aussi servir de filtre passe-haut. Dans ce cas-ci, la sortie est sur la résistance et non pas le condensateur, contrairement au circuit RC. Le circuit est montré à la figure 2.6.

L'impédance résistance vaut :

$$z_R = R$$

On a :

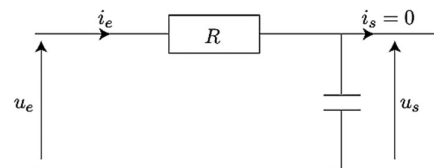


Figure 2. 5 Circuit d'un filtre passe-bas

$$U_e(t) = U_{max} \sin(\omega t) \\ \text{Et } \omega = 2\pi f$$

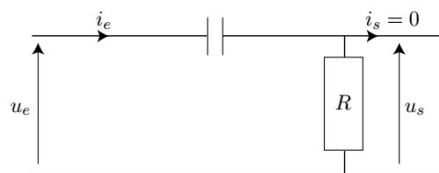


Figure 2. 6 Circuit d'un filtre passe-haut

$$U_e(t) = U_{max} \sin(\omega t) \\ \text{Et } \omega = 2\pi f$$

$$\frac{U_s}{U_e} = \frac{R}{R + \frac{1}{jC\omega}} = \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega}$$

$$H(j\omega) = \frac{\frac{\omega}{\omega_0}}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}}$$

En posant

$$\omega_0 = \frac{1}{RC}$$

Déroulement du TP

A l'aide du GBF, appliquer à l'entrée du circuit une tension V_e de valeur efficace constante, $V_e(t) = 4\sin(\omega t)$ avec $\omega = 2\pi f$ et faire varier la fréquence f . A l'aide de l'oscilloscope, relever l'amplitude de V_s et son déphasage par rapport à V_e .

Refaire les mêmes mesures, pour différentes fréquences selon les tableaux ci-dessous.

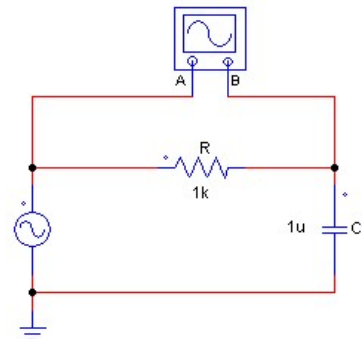
Matériel nécessaire

- ✓ Un GBF
- ✓ Un oscilloscope
- ✓ Des appareils de mesure
- ✓ Résistances
- ✓ Condensateurs

Travail à faire

• Filtre passe bas :

- ✓ Réaliser le montage suivant :
- ✓ Varier la fréquence d'alimentation alternative f selon le tableau au-dessous
- ✓ Visualiser en temps réel les tension $V_e(t)$ et $V_s(t)$



1. Remplir le tableau suivant

$f(\text{HZ})$	5	10	50	70	90	100	120	140	150	160	180	200	250	500
$V_{s\max}(V)$														
$\Delta T(s)$														

1. Calculer la fréquence de coupure f_{c0}

2. Calculer le module de la fonction de transfert du montage $\underline{H}(j\omega)$ pour chaque fréquence, et comparer le avec la valeur mesurée.

$f(\text{HZ})$	5	10	50	70	90	100	120	140	150	160	180	200	250	500
$\underline{H}(j\omega)_{\text{Calculée}}$														
$\underline{H}(j\omega)_{\text{Mesurée}}$														

3. Etudier le diagramme de Bode en Amplitude.

$f(\text{HZ})$	5	10	50	70	90	100	120	140	150	160	180	200	250	50
$\text{Log}(f)$														
$G(\text{dB})$														

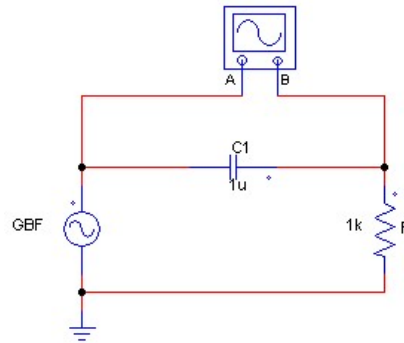
4. Etudier le diagramme de Bode en phase

$f(\text{HZ})$	5	10	50	70	90	100	120	140	150	160	180	200	250	500
$\varphi(\text{deg}) = 360 \frac{\Delta T}{T}$														
$\varphi(\text{deg}) = -\tan^{-1}\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)$														

5. Comparer les résultats avec les valeurs théoriques.
 6. Tracer les deux graphes du diagramme de Bode (les deux courbes $G_{\text{dB}} = G_{\text{dB}}(\log(\omega))$ et $\varphi = \varphi(\log(\omega))$) du filtre
 7. Interpréter les graphes

• Filtre passe haut :

- ✓ Réaliser le montage suivant :
- ✓ Varier la fréquence d'alimentation alternative f
- ✓ Visualiser en temps réel les tension $V_e(t)$ et $V_s(t)$
- ✓ Remplir le tableau suivant



2. Remplir le tableau suivant

$f(\text{HZ})$	5	10	50	70	90	100	120	140	150	160	180	200	250	500
$V_{s\text{max}}(V)$														
$\Delta T(s)$														

8. Calculer la fréquence de coupure f_{c0}
 9. Calculer le module de la fonction de transfert du montage $\underline{H}(j\omega)$ pour chaque fréquence, et comparer le avec la valeur mesurée.

$f(\text{HZ})$	5	10	50	70	90	100	120	140	150	160	180	200	250	500
$\underline{H}(j\omega)_{\text{Calculée}}$														
$\underline{H}(j\omega)_{\text{Mesurée}}$														

10. Etudier le diagramme de Bode en Amplitude.

$f(\text{HZ})$	5	10	50	70	90	100	120	140	150	160	180	200	250	50
$\text{Log}(f)$														
$G(\text{dB})$														

11. Etudier le diagramme de Bode en phase

$f(\text{HZ})$	5	10	50	70	90	100	120	140	150	160	180	200	250	500
$\varphi(\text{deg}) = 360 \frac{\Delta T}{T}$														
$\varphi(\text{deg}) = -\tan^{-1}\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)$														

1. Comparer les résultats avec les valeurs théoriques.
2. Tracer les deux graphes du diagramme de Bode (les deux courbes $G_{dB} = G_{dB}(\log(\omega))$ et $\varphi = \varphi(\log(\omega))$) du filtre
3. Interpréter les graphes
4. Interpréter vos résultats et faire une conclusion générale

TP N°3 : Etude Les Caractéristiques D'une Diode Application Au Redressement De Tension

But du TP :

- Familiariser avec la diode.
- Analyser les caractéristiques d'une diode en :
 - a) polarisation directe.
 - b) polarisation inverse.
- Etudier le principe de fonctionnement d'un redresseur mono-alternance.

Rappel théorique

• LA DIODE :

Une diode est un composant dit actif, qui fait partie (de la famille des semi-conducteurs. Par définition, une diode fait référence à tout composant électronique doté de deux électrodes. Il s'agit d'un composant polarisé qui possède donc deux électrodes, une dite anode et l'autre dite cathode.

Le fonctionnement de la diode est assimilable à celui d'un interrupteur commandé qui ne laisse passer le courant électrique que dans un seul sens.

Elle est en fait réalisée à l'aide d'une jonction PN obtenue en collant un SC (N) à un SC (P) d'où l'appellation diode à Jonction

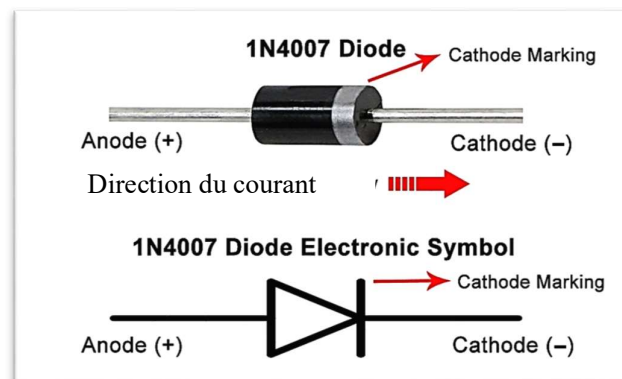


Figure 3. 1 Diode type 1N4007

• Diode idéale :

Une diode idéale ne possède que deux états caractérisés par les relations suivantes :

- (I) Diode passante $i \neq 0$ $V_{AK} = 0$ *interrupteur fermé*
- (II) Diode bloquée $i = 0$ $V_{AK} \neq 0$ *interrupteur ouvert*

La tension de seuil est nulle et la puissance consommée également égale à zéro.

• Les applications de la diode :

Les diodes sont principalement utilisées dans les circuits selon trois groupes de fonction différents :

Les circuits de redressement : qui permettent la conversion d'une tension alternative en une tension continue.

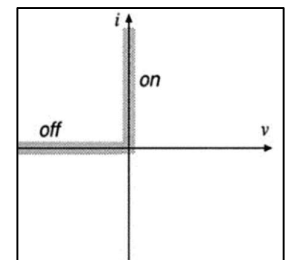


Figure 3. 2 Diode idéale

Les circuits d'écclatage, ou circuits de limitation : qui permettent d'empêcher un signal de dépasser une valeur (amplitude) choisie.

Les circuits de commutation : qui permettent la commande ou le changement de normes, ou encore pour circuits logiques.

Les diodes sont fréquemment utilisées dans le domaine de redressement de courant alternatif. Nous nous proposons d'étudier le principe de la construction d'un générateur à courant continu à partir d'un réseau alternatif, qui est le redresseur mono-alternance.

• Redressement

Le redressement consiste à transformer une tension bidirectionnelle en une tension unidirectionnelle appelée tension redressée.

Redressement mono-alternance :

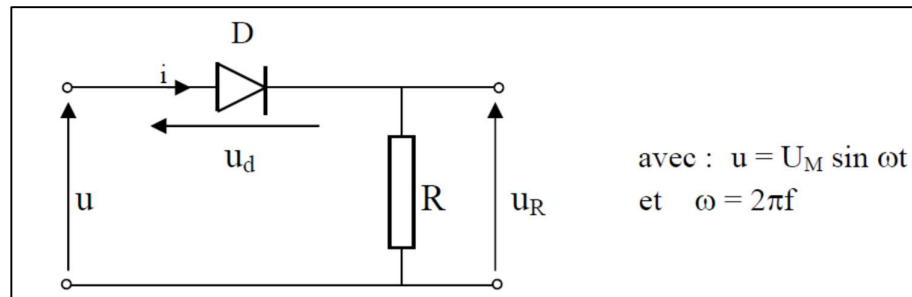


Figure 3. 3 Redressement mono-alternance

Principe de fonctionnement :

Hypothèse : On suppose que la diode est idéale.

Pendant l'alternance positive de la tension u ($U > 0$), la diode D est polarisée en direct donc elle est passante ($I > 0$ et $U_d = 0$) donc $U_R = U - U_d = U$.

Pendant l'alternance négative de la tension u ($U < 0$), la diode D est polarisée en inverse donc elle est bloquée ($I = 0$ et $U_d < 0$) donc $U_R = 0$.

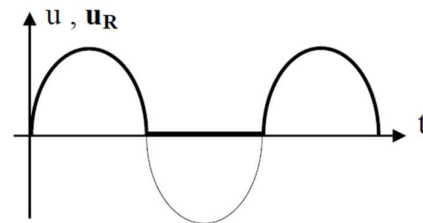


Figure 3. 4 Tension redressée

Déroulement du TP :

Le TP se déroule sur deux parties :

✓ Etude la caractéristique de la diode 1N4007 :

L'objectif de cette tâche est de tracer les caractéristiques de la diode. Plus précisément, le voltmètre devait mesurer la tension aux bornes de la diode et l'ampèremètre a été utilisé pour mesurer le courant qui circule dans le circuit.

✓ Redressement mono alternance :

L'objectif de cette tâche était d'analyser le comportement du circuit redresseur demi-onde (mono-alternance) à l'aide d'un oscilloscope. Plus précisément, la sonde du **canal 1** devait mesurer la tension d'entrée $e(t)$ et le **canal 2** était utilisé pour tester la tension à travers la résistance $V_s(t)$.

Matériel nécessaire

- ✓ Une alimentation stabilisée
- ✓ Un GBF
- ✓ Un oscilloscope
- ✓ Diode 1N4007
- ✓ Résistances R
- ✓ Des appareils de mesure

Manipulation expérimentale

• Part A : Caractéristique de la diode 1N4007 :

Les deux circuits suivants sont équipés d'un ampèremètre pour mesurer le courant aux bornes de la diode I_d . Le circuit comporte également un voltmètre pour mesurer la tension V_d .

• Polarisation directe :

- ✓ Réaliser le montage suivant :
1. Trouver la relation de I_d en fonction de E , V_d
 - ✓ Varier la tension d'alimentation continue E de 0 à 10 V et noter le courant et la tension ce qui vous permettra de remplir le tableau suivant.

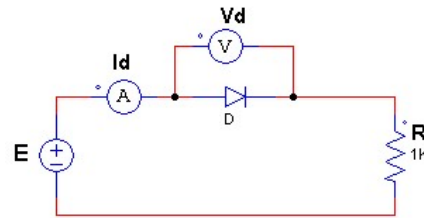


Figure 3. 5 Polarisation directe

$E(V)$	0	0.2	0.5	0.7	1	2	4	6	8
$V_d(V)$									
$I_d(A)$									

2. Interpréter les mesures

• Polarisation inverse :

- ✓ Réaliser le montage suivant
- ✓ Varier la tension d'alimentation continue E de 0 à 10 V et noter le courant et la tension ce qui vous permettra de remplir le tableau suivant

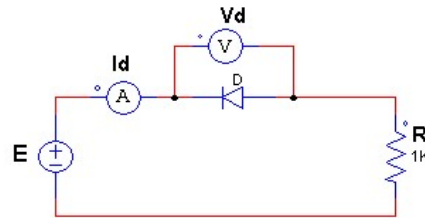


Figure 3. 6 Polarisation en inverse

$E(V)$	0	0.2	0.5	0.7	1	2	4	6	8
$V_d(V)$									
$I_d(A)$									

3. Interpréter les mesures
4. Dans les deux cas, tracer la caractéristique $I=f(V)$ (par MATLAB ou l'EXCEL®). Expliquez cette caractéristique.

- **Part B : Redressement mono-alternance**

- ✓ Réaliser le montage suivant

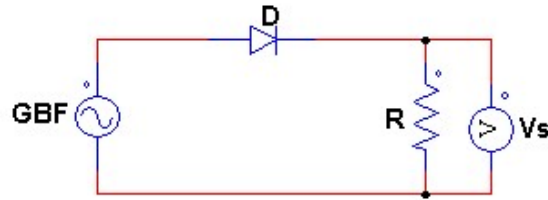


Figure 3. 7 Redressement mono-alternance

- ✓ Régler le GBF pour délivrer un signal de tension :
$$e(t) = 2 \sin(2000\pi t)$$
- ✓ Calibrer les voies de mesure de l'oscilloscope.
- ✓ Visualiser les tensions $e(t)$, $V_s(t)$.
- ✓
- 5. Relever l'oscillogramme.
- 6. Interpréter les mesures
- 7. Et faire une conclusion générale

TP N°4 : Etude Les Caractéristiques De La Diode Zener

But du TP :

- Familiariser avec la diode ZENER.
- Analyser les caractéristiques d'une diode ZENER BZX55C5V6 en :
 - a) Polarisation directe.
 - b) Polarisation inverse.
- Déterminer expérimentalement la plage sur laquelle le ZENER maintient une tension de sortie constante.

Rappel théorique

• La diode Zener :

La diode Zener est une diode à jonction P-N spécialement conçue pour fonctionner en mode polarisé en inverse. En polarisation directe, elle agit comme une diode normale. Il a une tension particulière connue sous le nom de **tension de Zener**.

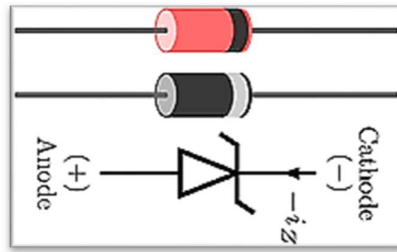


Figure 4. 1 Diode ZENER

• Caractéristique de la diode ZENER :

La caractéristique tension - courant d'une diode Zener montre ces phénomènes :

$$I_z = f(U_z)$$

Dans le sens direct :

La diode Zener se comporte comme une diode conventionnelle.

$U_Z \cong 0,7 V$ et le courant maximum direct dépend du circuit externe à la diode.

Dans le sens inverse :

La diode présente une résistance très petite dès que la tension de claquage, ou tension Zener, est atteinte.

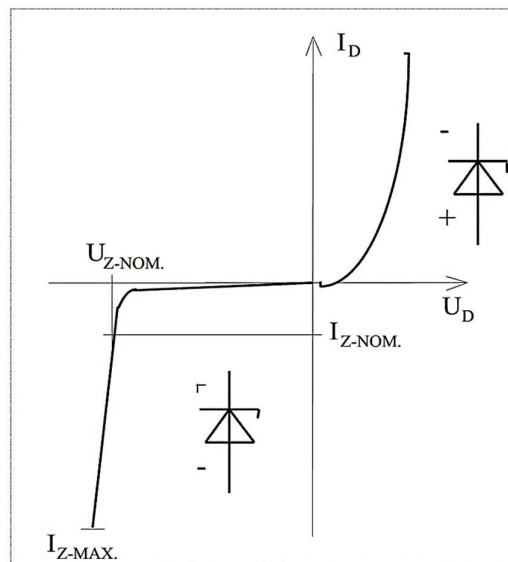


Figure 4. 2 Caractéristique de la diode ZENER

La diode est dans ce cas en conduction inverse, et il est impératif de limiter le courant dans celle-ci, avec une résistance en série, par exemple.

Dans ce cas $U_z = U_{zNOM}$ (si $I_{zMIN} < I_z < I_{zMAX}$)

Nous pouvons également établir la valeur de la **résistance différentielle** que la diode présente au circuit. Nous parlons de résistance interne dynamique, qui se calcule selon la formule :

$$R_{IZDYN} = \frac{\Delta U_z}{\Delta I_z}$$

De la puissance maximale P_{zMAX} , nous tirons le courant Zener maximum I_{zMAX}

$$I_{zMAX} = \frac{P_{zMAX}}{U_{zMAX}}$$

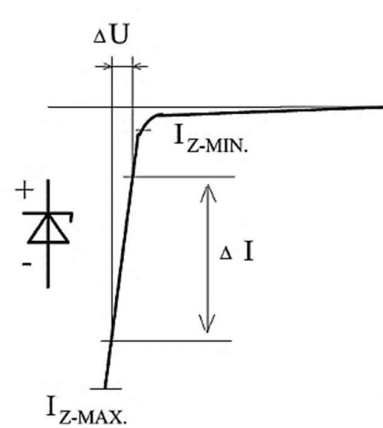


Figure 4. 3 Résistance différentielle

Déroulement du TP :

• Etude la caractéristique de la diode Zener BZX 55C 5V6 :

L'objectif de cette tâche est de tracer les caractéristiques de la diode. Plus précisément, le voltmètre mesure la tension aux bornes de la diode Zener et l'ampèremètre mesure le courant qui circule dans le circuit.

Matériel nécessaire

- ✓ Une alimentation stabilisée variable
- ✓ Diode Zener BZX55C 5V6
- ✓ Résistances R
- ✓ Des appareils de mesure

Depuis la fiche technique (**datasheet** en anglais) ou la référence de la diode on peut déduire la valeur de la tension Zener BZX55C 5V6

$V_z = 5.6V$

• Les valeurs maximales de la diode Zener BZX55C 5V6

Caractéristique	Symbole	Valeur	L'unité
La puissance	P	500	mW
Le courant de Zener	I_z	P / V_z	mA

1. Calculer la valeur de I_{zmax}

Manipulation expérimentale :

Les deux circuits suivants (Figures 4.4 et 4.5) sont équipés d'un ampèremètre pour mesurer le courant aux bornes de la diode I_d . Le circuit comporte également un voltmètre pour mesurer la tension V_d .

- **Polarisation directe :**

- ✓ Réaliser le montage suivant :
- ✓ Varier la tension d'alimentation continue E de 0 à 5v et noter le courant et la tension ce qui vous permettra de remplir le tableau suivant

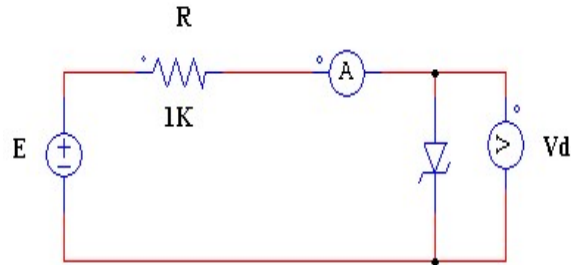


Figure 4. 4 Polarisation directe

E(V)	0	0.5	0.7	1	2	3	4	5
V_d (V)								
I_d (mA)								

1. Interpréter les mesures

- **Polarisation en inverse :**

- ✓ Réaliser le montage suivant
- ✓ Varier la tension d'alimentation continue E de 0 à 10v et noter le courant et la tension ce qui vous permettra de remplir le tableau suivant

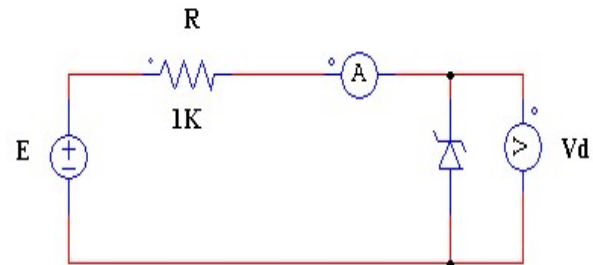


Figure 4. 5 Polarisation en inverse

E(V)	0	1	3	4	5	5.2	5.4	5.6	5.8	6
V_z (V)										
I_z (mA)										

E(V)	6.2	6.4	6.6	6.8	7	7.5	8	9	10
V_z (V)									
I_z (mA)									

2. Interpréter les mesures

3. Dans les deux cas (polarisation direct et polarisation inverse) tracer la caractéristique $I=f(V)$ (par MATLAB ou l'EXCEL°).

4. Expliquez cette caractéristique.
- Depuis la courbe $I_z(U_z)$,
 5. Relever la valeur de tension de seuil
 6. Relever la valeur de la tension Zener V_z
 7. Calculer la résistance différentielle de la diode Zener
 8. Déterminer expérimentalement la plage sur laquelle le ZENER maintient une tension de sortie constante.

• **La courbe $I_z=f(V_z)$ à l'aide d'un oscilloscope :**

On utilise un GBF donnant une tension sinusoïdale de fréquence $f=500\text{ Hz}$.

- ✓ Réaliser le montage suivant :
- ✓ Connecter l'Oscilloscope :
- ✓ Connectez l'entrée X (chaîne1) de l'oscilloscope à la tension aux bornes de la diode Zener (aux bornes de la diode).
- ✓ Connectez l'entrée Y (chaîne2) de l'oscilloscope au courant circulant à travers la diode Zener (à travers la résistance R_L) « tension proportionnelle à l'intensité du courant »

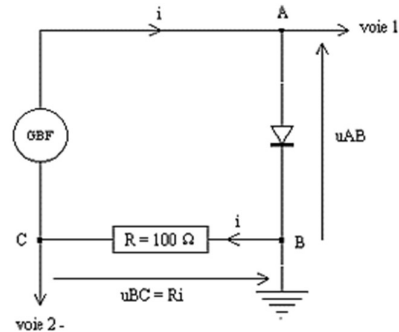


Figure 4. 6 La courbe avec un oscilloscope

- ✓ Configurer l'Oscilloscope : Allumer l'oscilloscope et configurez-le en mode XY.
- ✓ Ajustez les paramètres (base de temps, tension/div, etc.) pour obtenir un affichage clair sur le graphique XY.
- ✓ Observez la trace sur l'écran XY à mesure que la tension varie à travers la diode Zener.

1. Identifier la tension de claquage (tension Zener) et analyser la pente de la courbe autour de la région de claquage.
2. Comparez les caractéristiques observées avec le comportement attendu de la diode Zener.
3. Quelle la différence entre la diode Zener et la diode de la jonction PN ?
4. Proposer une application pour la diode Zener
5. Faire une conclusion générale

TP N°5 : Etude Les Circuits D'alimentation

But du TP :

- Savoir concevoir des topologies d'alimentation électrique simples
- L'étude et l'expérimentation du redressement et du filtrage d'un signal alternatif
- Découvrir le fonctionnement d'une diode Zener dans un circuit de régulation de tension

Rappel théorique

• Introduction

La plupart des circuits électroniques nécessitent des tensions (ou courants) continus. Or, la grande majorité des appareils sont raccordés au réseau électrique, on dit dans la pratique qu'ils sont raccordés au "secteur".

La tension du réseau électrique est dans notre région de 220V alternatif, oscillant à une fréquence de 50 Hz. Ce qui impose aux circuits d'alimentation un système de redressement de la tension, un système de filtrage et un système de stabilisation.

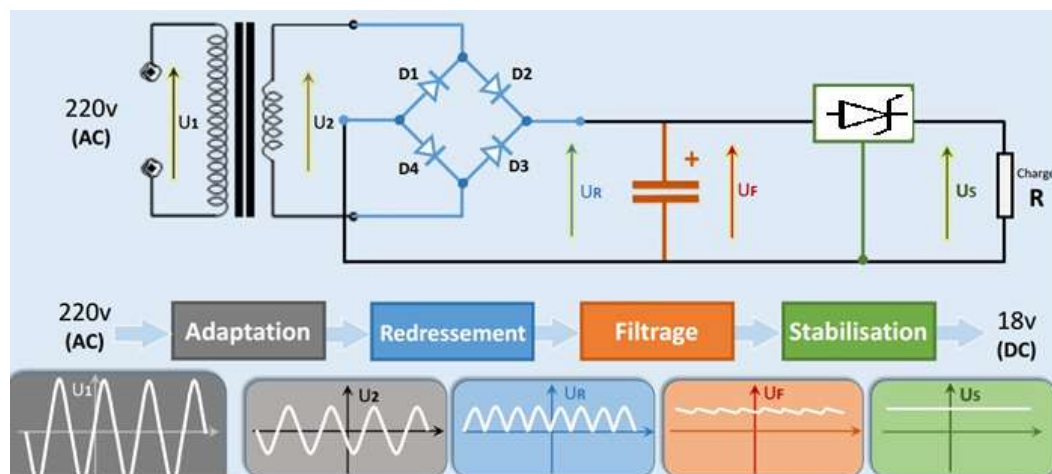


Figure 5.1 Schéma fonctionnel

Les trois circuits fondamentaux décrits ci-dessous donnent un aperçu de la grande majorité des montages rencontrés dans la pratique.

• Redressement

Le redresseur convertit la tension alternative (du secondaire du transformateur) en tension continue. Trois types de circuits sont utilisés (en monophasé) :

- Redressement simple alternance.
- Redressement double alternance avec transformateur à double secondaire.
- Redressement avec pont.

• Filtrage

1. Définition

Le filtrage d'une tension redressée consiste à réduire au maximum l'ondulation donc à avoir

une tension aussi constante que possible. Cette fonction peut être réalisée par un condensateur.

2. Principe de fonctionnement

Dès la première alternance, le condensateur C se charge puis, dès que la tension à ses bornes devient supérieure à la tension redressée, il se décharge à travers la résistance R.

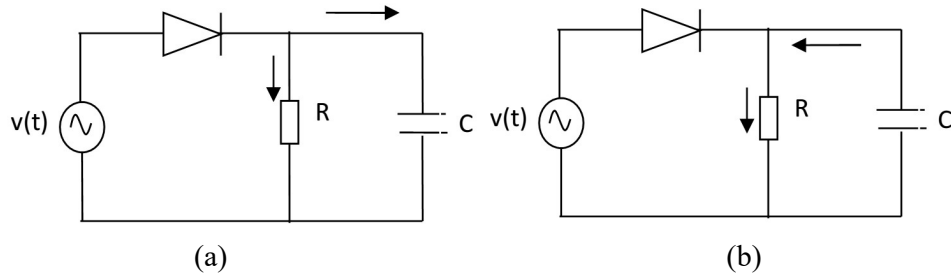


Figure 5. 2 charge et décharge d'un condensateur

Sens des courants pour l'alternance positive Sens des courants pour l'alternance négative

Pour un lissage satisfaisant, il faut choisir C de façon que Le taux d'ondulation τ sera le plus petit possible avec :

$$\tau = V_{\max} - V_{\min}$$

• Stabilisation de tension

En général, la tension d'ondulation est considérée par la charge comme du bruit. Afin de minimiser ce bruit, on peut ajouter un circuit supplémentaire au redresseur, **le régulateur de tension**. Le régulateur le plus simple est la combinaison d'une résistance et une diode Zener. En utilisant le régulateur de tension, nous pouvons assurer la fourniture d'une meilleure tension continue à la charge.

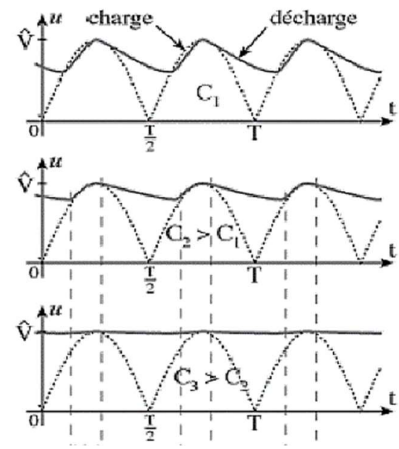


Figure 5. 3 Formes d'onde dans le circuit redresseur avec filtre à condensateur.

1. Schéma de montage

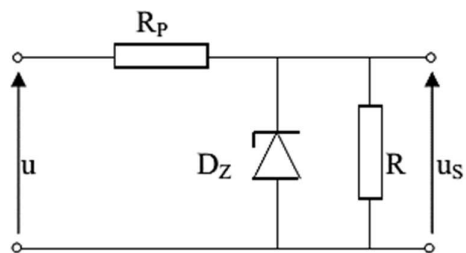


Figure 5. 4 Montage Stabilisateur de tension par diode Zener

u : tension ondulée

R_p : résistance de polarisation de la diode Zener.

2. Principe de fonctionnement

On suppose que la résistance R_Z de la diode Zener est négligée ($R_Z = 0$),

Si $u > U_Z$ alors $u_S = U_Z$

Si $u < U_Z$ alors $u_S = u$.

Il faut donc que $u > U_Z$ pour que la tension de sortie soit constante (stabilisée).

Matériel nécessaire

- ✓ Une alimentation
- ✓ Diode 1N4007, Diode Zener
- ✓ Résistances R, condensateur
- ✓ Des appareils de mesure, Oscilloscope

Manipulation expérimentale

• PART 1 : Redressement simple alternance + Filtrage

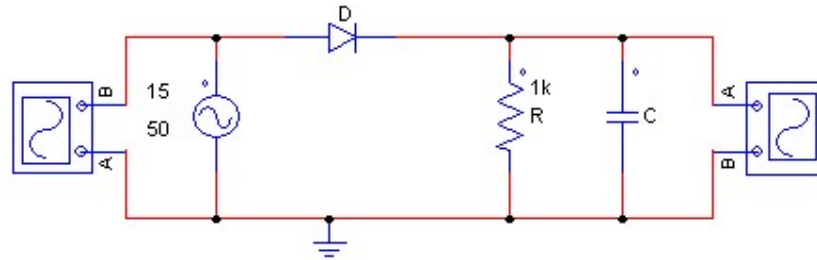


Figure 5. 5 Circuit redresseur avec filtre à condensateur.

- Réaliser le montage ci-dessus avec $e(t) = 15\sin(100\pi t)$
- Sur l'oscilloscope, visualiser le signal de la tension redressée et filtrée, relever les valeurs maximales et minimales.
- Varier les valeurs de condensateur et remplir le tableau

C (μF)	Vsmax	Vsmin	Vsmax-Vsmin
0			
1			
4.7			
22			

1. Interpréter les résultats
2. Représenter sur un même graphique l'évolution de ces différentes tensions en fonction du temps pour une valeur de condensateur égale à $22\mu\text{f}$.

• PART 2 : Redressement simple alternance + Filtrage+ Régulation de la tension

Ajouter une diode Zener et une résistance de protection au circuit précédent

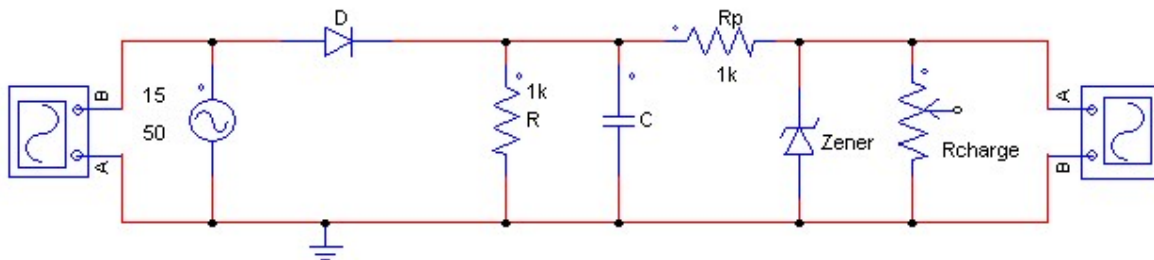


Figure 5. 6 Circuit redresseur avec filtre à condensateur et stabilisateur de tension.

- Sur l'oscilloscope, visualiser le signal de la tension redressée, filtrée et stabilisée, relever les valeurs maximales et minimales.

$R_{charge}(k\Omega)$	10	∞	10	∞
$C_{filtre}(\mu f)$	0	0	22	22
V_{smax}				
V_{smin}				
$V_{smax} - V_{smin}$				

3. Interpréter les résultats
4. Que se passe-t-il quand la valeur de condensateur est différente de zéro ? Indiquer les influences observables de l'effet de condensateur sur la forme des courbes
5. Dédurre le fonctionnement de la diode Zener dans le circuit
6. Faire une conclusion générale

TP N°6 : Les Caractéristiques d'un Transistor et Point de Fonctionnement

But du TP :

- Analyser les caractéristiques d'un transistor BJT dans la configuration de l'émetteur commun.
- Identifier les fils des transistors à jonction bipolaire (BJT) à l'aide du multimètre numérique.
- Étudier le comportement du courant continu, analyser et concevoir un circuit de polarisation CC, son point de fonctionnement et les caractéristiques d'un BJT dans plusieurs régions de fonctionnement.

Rappel Théorique

• Introduction

Un transistor bipolaire se compose de trois régions dopées contenant une paire de diodes à jonction PN. Chaque jonction PN a deux modes de fonctionnement (polarisation directe et polarisation inverse), ce qui signifie que le transistor a quatre modes de fonctionnement possibles en fonction de la condition de polarisation de chaque diode. On le trouve partout et il est utilisé dans de nombreuses applications de circuits électroniques tels que les capteurs, les amplificateurs, les AMP-OP, les oscillateurs et les portes logiques numériques.

Il existe différents types, formes et tailles des transistors. Dans ce TP, nous considérerons un type de transistor de base à usage général qui est le transistor à jonction bipolaire (BJT). Il existe deux constructions appelées PNP et NPN, comme le montre la figure 1, qui montre le schéma fonctionnel et le symbole de circuit pour chaque type. La plupart des circuits de ce TP utilisent le transistor 2N2222 qui est intégré dans un boîtier avec trois fils, chaque fil étant connecté à une région dopée.

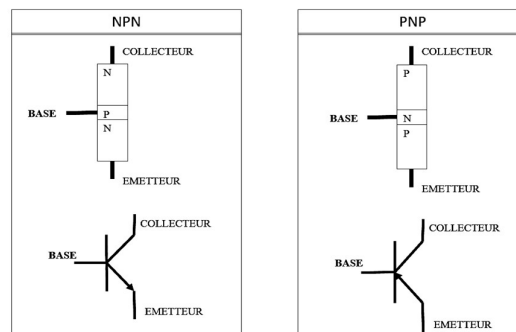


Figure 6. 1 Constitution- Symbole

La figure 2 montre à quoi ressemble le package TO-92 d'un transistor 2N2222 et identifie les trois fils ou bornes comme émetteur (E), collecteur (C) et base (B). Le principe de base du transistor est le suivant : « la chute de tension entre deux bornes contrôle les courants dans la troisième borne ».

Le brochage d'un transistor peut être trouvé dans son fiche technique ou Google Images

• Test des transistors par un multimètre

Les identifications des broches BJT (transistor bipolaire à jonction) à l'aide d'un multimètre numérique (DMM) impliquent la détermination des broches collecteur, base et émetteur. Voici un guide général :

Identification NPN ou PNP :

Les transistors sont de type NPN ou PNP. Recherchez le numéro de pièce sur le transistor ou consultez sa fiche technique pour déterminer son type.

Pour les transistors NPN, le collecteur est la broche connectée à la sonde positive (rouge) du DMM, et l'émetteur est connecté à la sonde négative (noire).

Pour les transistors PNP, l'émetteur est connecté à la sonde positive (rouge) du DMM, et le collecteur est connecté à la sonde négative (noire).

Identification du collecteur et de l'émetteur :

Connectez le multimètre numérique DMM en mode test de diode (généralement représenté par un symbole de diode sur le DMM).

Placez la sonde positive (rouge) sur une broche du transistor et la sonde négative (noire) sur une autre broche. Si le DMM affiche une chute de tension de diode (environ 0,6 à 0,7 volt) ou une lecture similaire, cela indique la jonction polarisée directe.

La broche connectée à la sonde positive (rouge) est le collecteur pour les transistors NPN et l'émetteur pour les transistors PNP.

La broche connectée à la sonde négative (noire) est l'émetteur pour les transistors NPN et le collecteur pour les transistors PNP.

Identification de la base :

La broche restante est la base. Vous pouvez le vérifier en vérifiant la résistance entre la broche de la base et les broches du collecteur et de l'émetteur. La jonction base-émetteur doit se comporter comme une diode, mais avec une chute de tension plus élevée.

N'oubliez pas, il s'agit d'un guide général, et il est toujours préférable de se référer à la fiche technique du transistor spécifique pour une identification précise.



Figure 6. 2 Package TO-92

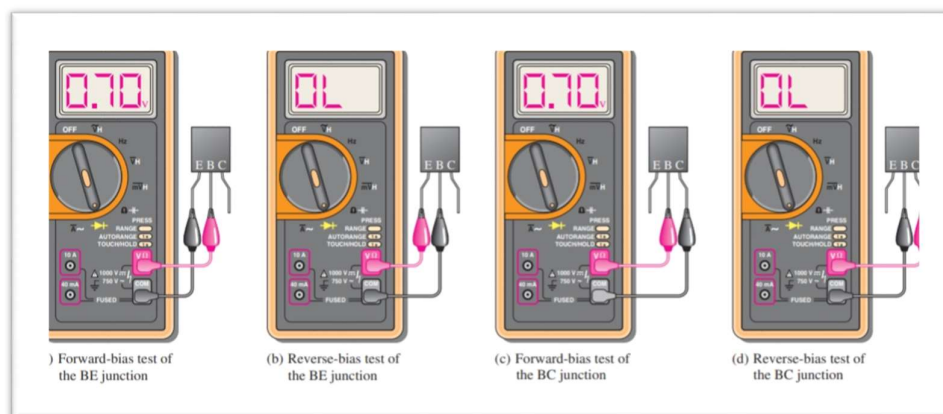


Figure 6. 3 Test d'identification des transistors

• Caractéristiques du transistor

1. Caractéristiques d'entrée $I_B = f(V_{BE})$

C'est la caractéristique qui relie les deux grandeurs d'entrée : - Courant de base I_B - Tension base émetteur et V_{BE} . En observant la structure, on s'aperçoit qu'il s'agit d'une jonction PN. On retrouvera donc une caractéristique de transfert identique à celle d'une diode.

2. Caractéristiques de Transfert $I_C = f(I_B)$

Cette caractéristique représente la fonction principale du transistor : l'amplification en courant. En effet, on remarque que la caractéristique de transfert est une droite, ce qui traduit une relation linéaire entre le courant de base et de collecteur. On note le coefficient de proportionnalité β , ce qui donne :

$$I_C = \beta I_B$$

3. Caractéristiques de sortie $I_C = f(V_{CE})$

La caractéristique de sortie du transistor est définie par la relation $I_C = f(V_{CE})$ avec $I_B = cte$. En pratique, on donne un réseau de caractéristiques pour plusieurs valeurs de I_B .

Relations actuelles importantes :

$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_C = \beta I_B \quad \text{uniquement en mode actif}$$

$$\alpha = \frac{\beta}{1 + \beta}$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

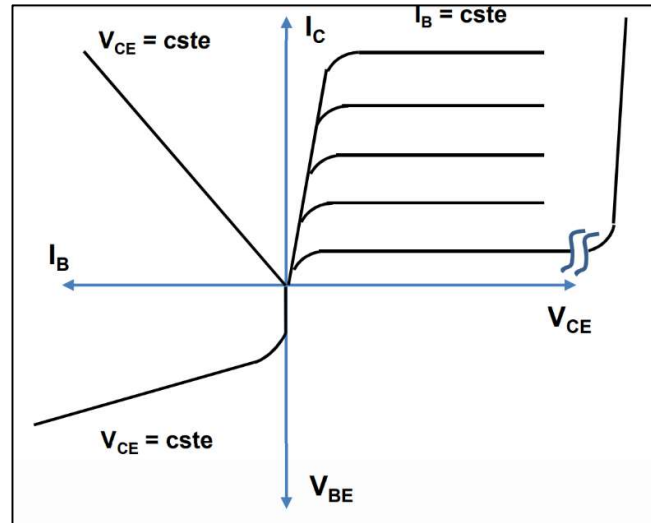


Figure 6. 4 Caractéristiques du transistor

Matériel nécessaire

1. Deux multimètres numériques.
2. Alimentation à courant continu.
3. Résistances de 1K et 100K.
4. Fils de connexion.
5. Transistor 2N2222 ou équivalent.

Manipulation expérimentale

• Part A : Identification des broches d'un BJT (transistor bipolaire à jonction) à l'aide d'un multimètre (DMM)

1. Insérer le 2N2222 dans la Plaquette d'Essai :
 - Insérez le transistor 2N2222 dans la plaquette d'essai avec le côté plat face à vous. Les broches peuvent être étiquetées arbitrairement comme x, y et z.
2. Connecter le Multimètre :
 - Allumez le multimètre et configurez-le en mode de mesure de continuité ou de diode.
 - Branchez le fil de test noir dans la prise banane commune (–) de 4 mm et le fil de test rouge dans le multimètre.
3. Mesurer la Continuité :
 - Placez le fil de test noir (commun) sur une broche du transistor (disons broche x) et le fil de test rouge sur une autre broche (par exemple, broche y).
 - Si le multimètre affiche une continuité ou une chute de tension de diode, enregistrez la lecture dans le Tableau 1.
4. Enregistrer les Mesures :
 - Répétez le test de continuité pour toutes les combinaisons de broches possibles (x vers y, y vers z, x vers z).
 - Enregistrez les mesures dans le Tableau 1.
5. Déterminer les Broches du BJT et le Type :
 - Identifiez les combinaisons de broches qui montrent une chute de tension de diode. La broche connectée à la sonde positive (rouge) est probablement la base, et l'autre broche est l'émetteur pour un transistor NPN.
 - La broche restante est le collecteur pour un transistor NPN.
 - Si la chute de tension de diode se produit entre la sonde noire et une broche, cela indique un BJT PNP, et la broche connectée à la sonde noire est l'émetteur.
6. Enregistrer les Résultats dans le Tableau 1 :
 - Enregistrez vos conclusions dans le Tableau 1, en précisant quelle broche est la base (B), le collecteur (C) et l'émetteur (E), et si le BJT est NPN ou PNP.

N'oubliez pas de suivre les précautions de sécurité appropriée et de vous référer à la fiche technique du 2N2222 pour des informations supplémentaires.

Haut du formulaire

Les fils du multimètre	+x, -y	+x, -z	-x, +y	-x, +z	+y, -z	-y, +z
						
À partir de ces mesures déterminer le type et les broche de transistor						
le type	La base (B)		Le collecteur (C)		L'émetteur	

• Part-B : Les caractéristiques du transistor bipolaire en configuration Collecteur-Émetteur (CE)

Dans cette expérience, nous extrairons la caractéristique I-V d'un transistor. Réalisez le circuit illustré à la Figure suivante. V_{BB} contrôle le courant de base. Le courant de base peut être calculé en mesurant la tension de la résistance R1 (c'est-à-dire V_{R1}) et en utilisant la loi d'Ohm.

$$I_B = \frac{V_{R_1}}{R_1}$$

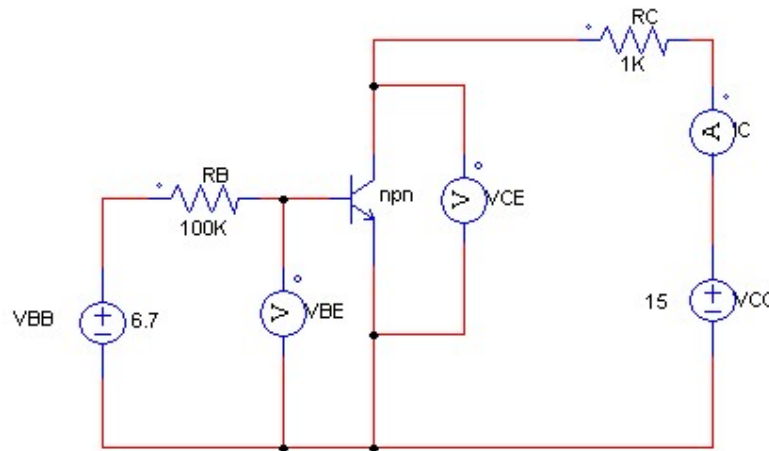


Figure 6. 5 La caractéristique I – V du transistor NPN

- ✓ Construisez le circuit illustré à la figure 6.5 en utilisant le 2N2222.
- ✓ Réglez les potentiomètres des alimentations à fond dans le sens antihoraire, puis allumez-les.

Le fonctionnement des transistors BJT est très fortement affecté par la chaleur, qui est généralement générée en interne en raison de la dissipation de puissance. Il est donc conseillé de limiter l'échauffement des transistors dans cette expérience en démarrant les analyses de données avec un courant et une tension maximum, puis en diminuant les tensions.

- ✓ Ajustez l'alimentation V_{CC} pour 15 volts.
- ✓ Ajustez l'alimentation V_{BB} pour 6.7 volts.
- ✓ Utilisez le voltmètre pour mesurer V_{BE} , V_{CE} et un ampèremètre pour mesurer I_C .
- ✓ Calculer I_B en utilisant l'équation $I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$

- ✓ Réglez le V_{BB} sur les valeurs indiquées dans le tableau 2.1 et remplissez-le. Dessinez le graphique de ce tableau (c'est-à-dire le courant du collecteur par rapport à la tension collecteur-émetteur) avec Excel ou bien MATLAB.

		$V_{CC}=0.5v$	$V_{CC}=2v$	$V_{CC}=5v$	$V_{CC}=10v$	$V_{CC}=12v$	$V_{CC}=15v$
$V_{BB}=2.7v$	I_B						
	V_{CE}						
	I_C						
	V_{BE}						
$V_{BB}=4.7v$	I_B						
	V_{CE}						
	I_C						
	V_{BE}						
$V_{BB}=6.7v$	I_B						
	V_{CE}						
	I_C						
	V_{BE}						

Tableau 1 Courant du collecteur pour différents V_{BB} et V_{CC}

1. Interpréter les résultats

Remplissez le tableau 2 à l'aide des données du tableau 1. Le gain actuel β peut être calculé en utilisant la formule $\frac{I_C}{I_B}$. I_C et I_B montrent respectivement les courants de collecteur et de base.

	β					
	$V_{CC}=0.5V$	$V_{CC}=2V$	$V_{CC}=5V$	$V_{CC}=10V$	$V_{CC}=12V$	$V_{CC}=15V$
$V_{BB}=2.7V$						
$V_{BB}=4.7V$						
$V_{BB}=6.7V$						

Tableau 1 Le gain β pour différents V_{BB} et V_{CC}

Question

1. Calculer les valeurs du point Q (I_{BQ} , I_{CQ} et V_{CEQ}) au $V_{CC}=15V$ et $V_{BB}=2.7V$.
Découvrez l'équation de la ligne de charge en $V_{CC}=15V$
À partir des données du tableau 2, tracez les caractéristiques du collecteur de sortie expérimental ($I_C = f(V_{CE})$) at $V_{BB} = 4 \text{ volt}$. Sur le même graphique : a) Tracez la ligne de charge. b) Déterminez le point Q (point de fonctionnement). c) Déterminez les 4 régions de fonctionnement de transistor.
2. À partir des données du tableau 2, tracez les caractéristiques d'entrée ($I_B = f(V_{BE})$) à $V_{CC} = 15V$.
3. D'après le tableau 2, quelle est la valeur de l'alimentation V_{BB} qui fait entrer le transistor directement en saturation en utilisant $V_{CC} = 15V$.

Conclusion

TP N°7 : Les Amplificateurs Opérationnels

But du TP :

- Familiariser avec l'Amplificateur Opérationnel (Op. Amp.).
- Comprendre les principes de base de fonctionnement d'un amplificateur opérationnel.
- Identifier les broches d'un amplificateur opérationnel et comprendre leur fonction.
- Configurer un amplificateur opérationnel dans différentes configurations, telles que l'amplificateur inverseur, l'amplificateur non-inverseur, l'intégrateur, l'additionneur, et le comparateur.
- Examiner comment utiliser l'amplificateur opérationnel en tant que comparateur et comprendre ses applications.

Rappel Théorique

• Introduction

L'amplificateur opérationnel est un circuit intégré (CI) spécialisé dans l'amplification des signaux électriques, notamment les variations de tension. Il est conçu pour avoir des propriétés idéales telles qu'une très haute impédance d'entrée, une faible impédance de sortie, un gain élevé et une réponse en fréquence étendue. Les Op-Amps sont couramment utilisés dans une variété d'applications électroniques, fournissant une amplification stable et précise pour des signaux électriques. Leur conception polyvalente les rend adaptés à diverses configurations, y compris des applications linéaires telles que l'amplification et des applications non linéaires telles que les opérations mathématiques et les comparaisons de signaux.

L'amplificateur opérationnel 741 est un circuit intégré (CI) emblématique, largement utilisé dans l'électronique analogique. Il appartient à la famille des amplificateurs opérationnels et a été introduit par la société Texas Instruments.

Il a huit broches standard, comprenant des broches d'entrée négative et non positive, de sortie, d'alimentation positive et négative, etc.

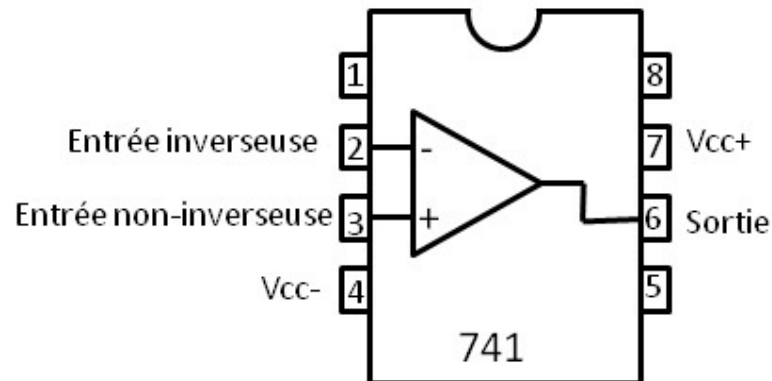


Figure 7. 1 circuit intégré d'un amplificateur 741

Les amplificateurs opérationnels peuvent être utilisés dans différentes applications telles que l'amplificateur inverseur, l'amplificateur non-inverseur, le suiveur de tension, le comparateur, l'addition (amplificateur additionneur), la soustraction (soustracteur), l'intégration, la différenciation, le redresseur de précision, l'oscillateur de forme d'onde carrée et l'oscillateur de forme d'onde sinusoïdale (oscillateur de pont Wien).

• Les configurations de base d'un amplificateur opérationnel

Le circuit de **l'amplificateur inverseur** est illustré dans la Figure 7. 2, où le signal d'entrée (V_{in}) est connecté à l'entrée négative (-) de telle sorte que le gain de sortie de cet amplificateur est négatif. Cela signifie que le signal de sortie est déphasé de 180° par rapport au signal d'entrée.

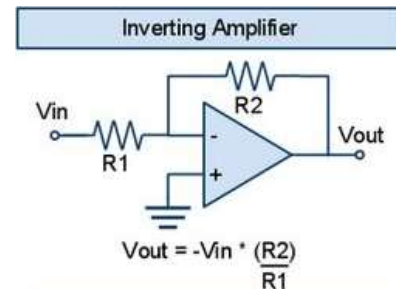


Figure 7. 2 Amplificateur inverseur

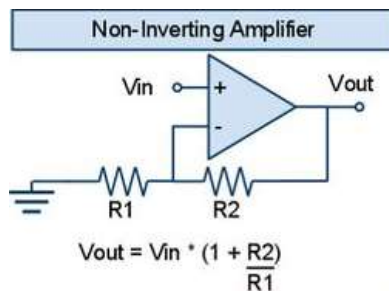


Figure 7. 3 Amplificateur non-inverseur

Dans le circuit de **comparateur**, illustré dans la Figure 7.4, lorsque l'entrée positive ($V1$) est supérieure à l'entrée négative ($V2$), le gain élevé de l'amplificateur opérationnel provoque la saturation de la sortie à la tension positive maximale qu'il peut produire. Lorsque l'entrée positive ($V1$) est inférieure à l'entrée négative ($V2$), la sortie se sature à la tension négative maximale qu'elle peut produire. La tension de sortie d'Op-Amp est limitée par la tension d'alimentation.

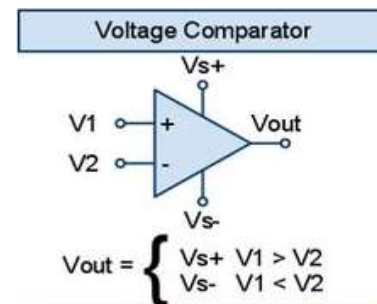


Figure 7. 4 Comparateur

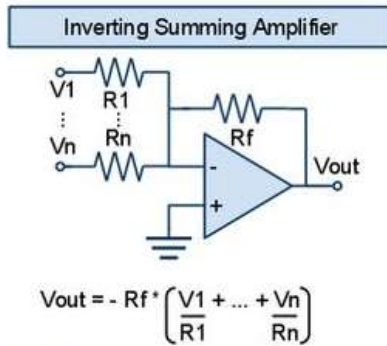


Figure 7. 5 Amplificateur additionneur

Si plus d'une alimentation est appliquée à l'amplificateur opérationnel en mode inverseur, il est nécessaire de combiner toutes les entrées multiples en une seule tension de signal en connectant le circuit **d'amplificateur additionneur** illustré dans la Figure 7.5.

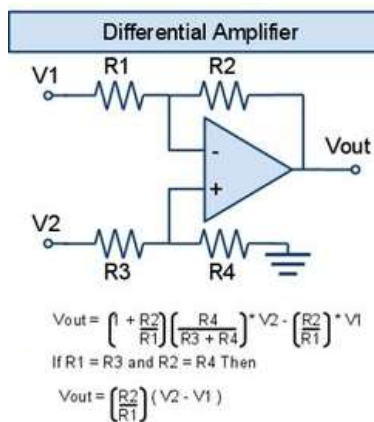


Figure 7. 6 Amplificateur différentiel

Le circuit **intégrateur inverseur**, illustré dans la Figure 7.6, est utilisé pour effectuer l'opération mathématique d'inversion et d'intégration du signal d'entrée au fil du temps.

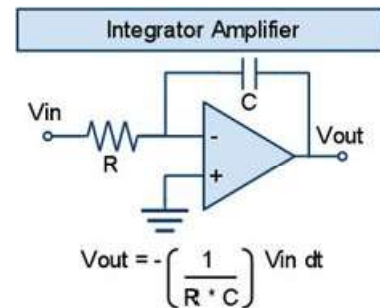


Figure 7. 7 Intégrateur inverseur

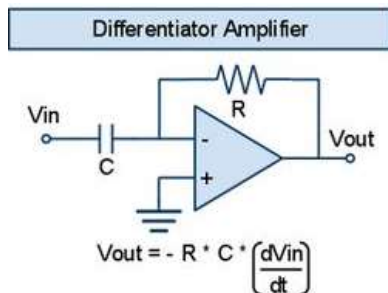


Figure 7. 8 Différenciateur inverseur

Le circuit de **différenciateur inverseur**, illustré dans la Figure 7.8, est utilisé pour effectuer l'opération mathématique de différenciation du signal d'entrée.

Matériel nécessaire

- 1- Oscilloscope (Scope).
- 2- Alimentation continue
- 3- Résistances
- 4- Condensateurs
- 5- Op-Amp 741

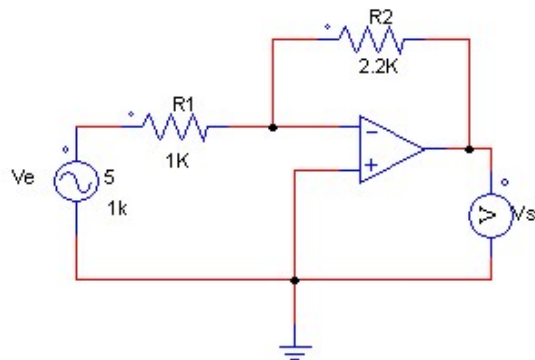
Manipulation expérimentale

• Part A : le circuit d'un amplificateur inverseur

1- Construisez le circuit de l'amplificateur opérationnel (Op-Amp) dans la figure suivante en utilisant $R1 = 1\text{ k}\Omega$ et $R2 = 2,2\text{ k}\Omega$.

2- Connectez CH1 au générateur de fonction et réglez VS sur une onde sinusoïdale de $2V$ crête à crête et 1 kHz .

3- Connectez CH2 à la sortie de l'amplificateur opérationnel et esquissez la tension de sortie V_o sur les écrans respectifs dans la feuille de réponse.



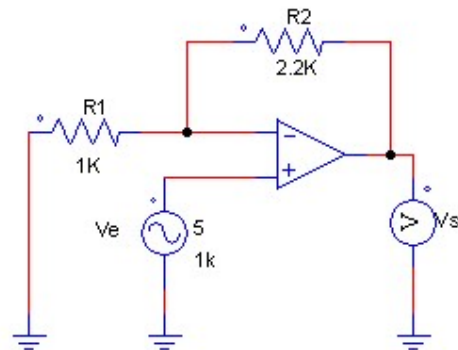
1. Calculer le gain en tension A_v .
2. Quel est le déphasage entre les signaux d'entrée et de sortie ?
3. Augmentez l'amplitude du générateur de fonctions jusqu'à ce que le signal de sortie commence à éclipser, lisez la valeur de la tension d'entrée qui sature l'ampli-op et trouvez la valeur maximale de la tension de sortie.

• Part B : le circuit d'un amplificateur inverseur

1- Construisez le circuit de l'amplificateur opérationnel (Op-Amp) comme illustré dans la figure suivante en utilisant $R1 = 1\text{ k}\Omega$ et $R2 = 2,2\text{ k}\Omega$.

2- Connectez CH1 au générateur de fonction et réglez VS sur une onde sinusoïdale de $2V$ crête à crête et 1 kHz .

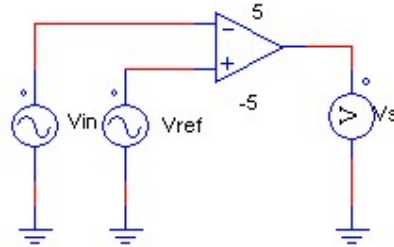
3- Connectez CH2 à la sortie de l'amplificateur opérationnel et esquissez la tension de sortie V_o sur les écrans respectifs dans la feuille de réponse.



4. Calculer le gain en tension A_v .
5. Quel est le déphasage entre les signaux d'entrée et de sortie ?

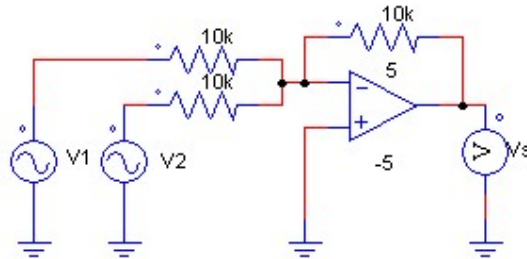
• Part C : Le circuit d'un comparateur

1. Reportez-vous à la figure 11, réglez $V_{ref} = 0 \text{ V (DC)}$, $V_{in} = 10 \text{ Vp-p}$, 1 kHz .
2. Observez V_{in} et V_o sur les canaux de l'oscilloscope.
3. Esquissez les signaux qui apparaissent sur les chaînes sur les grilles d'écran respectives dans la feuille réponse.
4. Le signal de sortie diffère-t-il lorsque $V_{ref} = 0 \text{ V}$ de celui lorsque $V_{ref} = 2 \text{ V}$? Expliquer.



• Part D: le circuit d'un amplificateur additionneur

1. Construisez le circuit illustré dans la Figure 12.
2. Connectez $V1$ à 1 V (alimentation en courant continu).
3. Connectez $V2$ à un générateur de fonction (onde sinusoïdale 2 V crête à crête, 1 kHz).
4. Connectez le canal $CH1$ de l'oscilloscope à l'entrée de l'onde sinusoïdale ($V2$) et le canal $CH2$ à la tension de sortie (V_o), assurez-vous de mettre le couplage de $CH2$ en couplage DC.
5. Esquissez le signal de sortie sur l'écran respectif de l'oscilloscope dans la feuille de réponse.
6. Répétez les étapes (2 - 4) en changeant l'amplitude de $V2$ à 6 Vp-p , 1 kHz .
7. Expliquez ce qui s'est passé.



• Part E: Le circuit amplificateur différentiel (soustracteur)

- 1- Construisez le circuit illustré dans la Figure 13 en utilisant $R1=R2=R3=R4=10\text{ k}\Omega$.

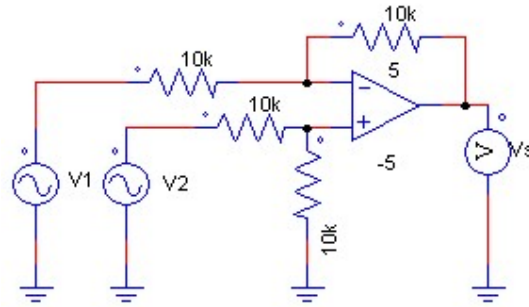
- 2- Connectez $V1$ à $1V$ (alimentation en courant continu).

- 3- Connectez $V2$ à un générateur de fonction (onde sinusoïdale $2V$ crête à crête, 1 kHz).

- 4- Connectez le canal $CH1$ de l'oscilloscope à l'entrée de l'onde sinusoïdale ($V2$) et le canal $CH2$ à la tension de sortie (V_o), assurez-vous de mettre le couplage de $CH2$ en couplage DC. Esquissez le signal de sortie sur l'écran respectif de l'oscilloscope dans la feuille de réponse.

- 5- Répétez les étapes (2 - 4) en changeant l'amplitude de $V2$ à $6V_{p-p}$, 1 kHz .

- 6- Expliquez ce qui s'est passé.



• Part F: Le circuit intégrateur inverseur

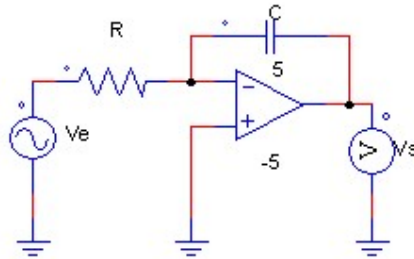
- 1- Construisez le circuit illustré dans la Figure 14 en utilisant $R=1\text{ k}\Omega$ et $C=1\text{ }\mu\text{F}$.

- 2- Appliquez un signal en onde carrée à V_{in} avec une fréquence de 1 kHz et une amplitude de $5V$ crête à crête.

- 3- Connectez le canal $CH1$ au signal d'entrée et le canal $CH2$ au signal de sortie, et réglez le couplage du canal 2 en couplage AC.

- 4- Esquissez le signal de sortie sur l'écran respectif de l'oscilloscope dans la feuille de réponse.

- 5- Commentez le signal de sortie et sa relation avec le signal d'entrée.



• Part G: Le circuit différenciateur inverseur

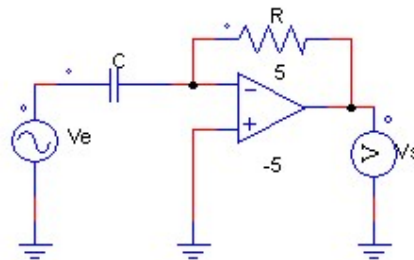
- 1- Construisez le circuit illustré dans la Figure 14 en utilisant $R=10\text{ k}\Omega$ et $C=10\text{ }\mu\text{F}$.

- 2- Appliquez un signal en onde carrée à V_{in} avec une fréquence de 1 kHz et une amplitude de $5V$ crête à crête.

- 3- Connectez le canal $CH1$ au signal d'entrée et le canal $CH2$ au signal de sortie, et réglez le couplage du canal 2 en couplage AC.

- 4- Esquissez le signal de sortie sur l'écran respectif de l'oscilloscope dans la feuille de réponse.

- 5- Commentez le signal de sortie et sa relation avec le signal d'entrée.



Bibliographie

- [1] **Horowitz, Paul, & Hill, Winfield.** (2015). *The Art of Electronics* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- [2] **Alexander, Charles K., & Sadiku, Matthew N. O.** (2016). *Fundamentals of Electric Circuits* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- [3] **Mehta, V. K., & Mehta, Rohit.** (Latest Edition). *Principles of Electronics*. S. Chand & Company Ltd.
- [4] **Eggleston, Dennis L.** (2011). *Basic Electronics for Scientists and Engineers*. Cambridge University Press.
- [5] **Boylestad, Robert L., & Nashelsky, Louis.** (2012). *Electronic Devices and Circuit Theory* (11th ed.). Pearson.