



المسيلة في : 2025/04/15

الرقم : 60.../ق.إ. 2025

شهادة إدارية

بعد الإطلاع على التقارير الايجابية الواردة من السادة الخبراء أعضاء لجنة دراسة المطبوعة الجامعية والآتية أسماؤهم:

- مفدي حجاب
- محمد جريوي
- نزار حسان
- أستاذ محاضر "أ" جامعة محمد بوضياف - المسيلة
- أستاذ محاضر "أ" جامعة محمد بوضياف - المسيلة
- أستاذ محاضر "أ" جامعة العربي التبسي - تبسة

صادق أعضاء اللجنة العلمية على قبول المطبوعة البيداغوجية مع إمكانية إتخاذها سندا في تدريس طلبة السنة الثانية ليسانس الكترولنيك واتصالات، في ميدان علوم و تكنولوجيا و أن تعتمد في أي تقييم المسار العلمي للأستاذ المعني والي محمد عصام (أستاذ محاضر قسم "أ" - جامعة محمد بوضياف - المسيلة) تحت عنوان :

Electronique Fondamentale (Travaux Pratiques)

رئيس اللجنة العلمية

مز عاش عمار



رئيس القسم

طباخ مصطفى

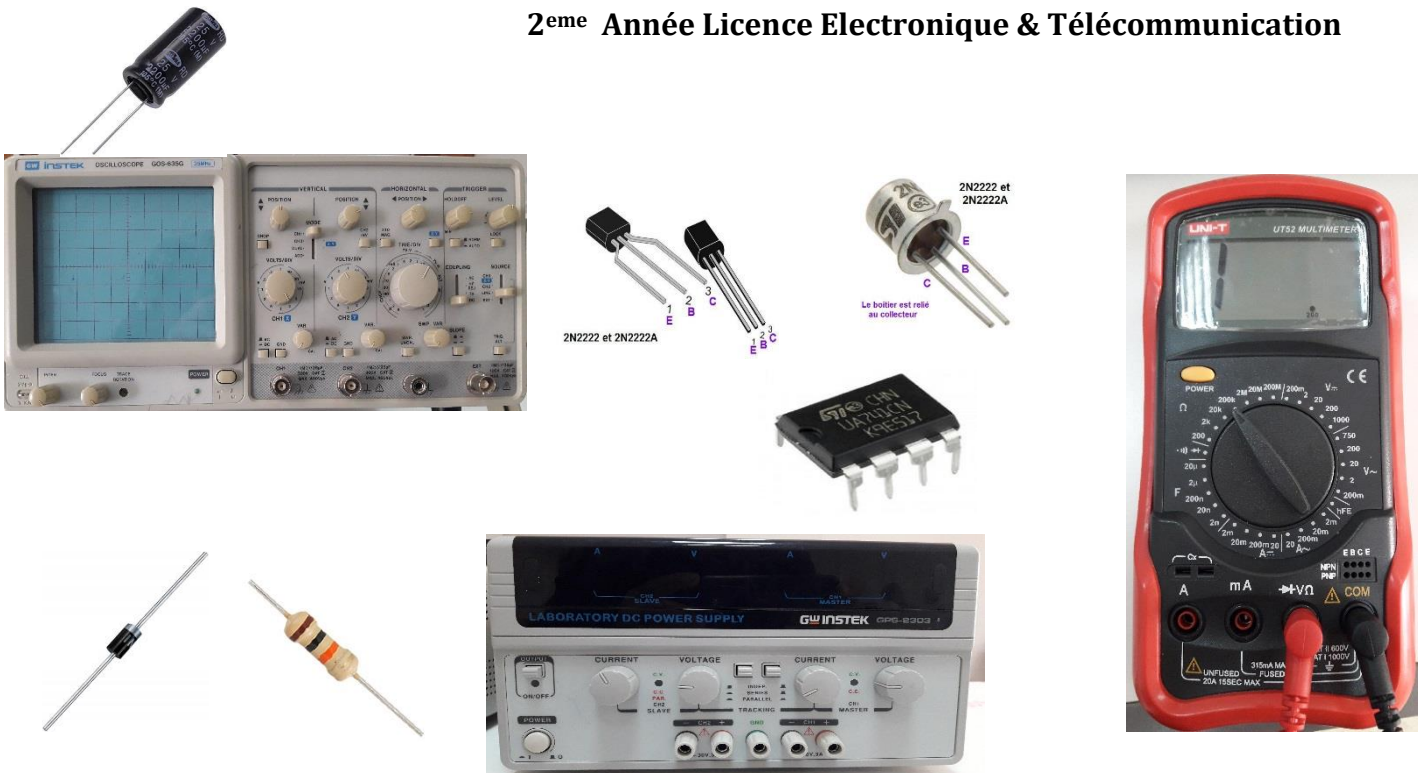


Résumé

Ce polycopié est constitué de textes de travaux pratiques élaborés pour étudier pratiquement des circuits électriques de base déjà présenté en séances de cours et de travaux dirigés, ce qui permet d'approfondir certaines notions sur la pratique et de faire le lien avec la théorie présentée en cours. Cet enseignement qui se déroule au cours de deux semestres est destiné aux étudiants de deuxième année LMD option Electronique et télécommunication. Les textes de travaux pratiques que nous proposons, comportent chacun une partie théorique détaillée suivi d'expérimentations explicatives. Ces textes ont été élaborés pour la formation des étudiants LMD 2eme année. Tout commentaire ou proposition ou critique constructive permettant l'amélioration des textes ainsi élaborés sera recueillie avec grand intérêt.

Electronique Fondamentale

2^{eme} Année Licence Electronique & Télécommunication



Dr : OUALI Mohammed Assam

2024-2025

PREFACE

Ce polycopié est constitué de textes de travaux pratiques élaborés pour étudier pratiquement des circuits électriques de base déjà présenté en séances de cours et de travaux dirigés, ce qui permet d'approfondir certaines notions sur la pratique et de faire le lien avec la théorie présentée en cours. Cet enseignement qui se déroule au cours de deux semestres est destiné aux étudiants de deuxième année LMD option Electronique et télécommunication. Les textes de travaux pratiques que nous proposons, comportent chacun une partie théorique détaillée suivi d'expérimentations explicatives. Ces textes ont été élaborés pour la formation des étudiants LMD 2eme année. Tout commentaire ou proposition ou critique constructive permettant l'amélioration des textes ainsi élaborés sera recueillie avec grand intérêt.

INFORMATIONS PRÉALABLES...









Comment faire un bon travail pratique ?

- ❖ Lire intégralement l'énoncé ;
- ❖ Préparer les questions éventuelles à poser à l'enseignant ;
- ❖ Mener les expériences conjointement (l'un fait, l'autre vérifie et inversement) ;
- ❖ Manier le matériel avec précaution ;
- ❖ Discuter des expériences réalisées (à voie basse) ;
- ❖ Soigner les montages (longueur de fil adaptée et paillasse libérées) ;
- ❖ Terminer les expériences 30 min avant la fin ;
- ❖ Remettre les matériels à leurs positions d'origine ;
- ❖ Finaliser le compte rendu les 30 min restantes...

Comment faire un bon compte rendu d'expérience ?

- ❖ Soigner l'écriture ;
- ❖ Numéroté les réponses ;
- ❖ Décrire schématiquement les expériences ;
- ❖ « Légender » les schémas ;
- ❖ Préciser les réglages ;
- ❖ Titrer, « échelonner » et « dimensionner » les graphiques ;
- ❖ Rendre compte de toutes les expériences ;
- ❖ Décrire et analyser les résultats (avec rigueur et pertinence)
- ❖ Soigner la forme comme le fond (50/50%).

SOMMAIRE

| | |
|---|------|
|  TP N° : 1 | (04) |
| ○ INITIATION AUX APPAREILLAGES ET RAPPELS | |
|  TP N° : 2..... | (16) |
| ○ Théorème de superposition | |
|  TP N° : 3..... | (24) |
| ○ Théorème de Thévenin | |
|  TP N° : 4..... | (30) |
| ○ Caractéristique de la diode à jonction PN | |
|  TP N° : 5..... | (37) |
| ○ La diode (redressement) | |
|  TP N° : 6..... | (45) |
| ○ Amplificateur à transistor bipolaire | |
|  TP N° : 7 | (53) |
| ○ Le transistor à effet de champ (T.E.C) | |
|  TP N° : 8 | (59) |
| ○ Amlpi-Op et montages élémentaires | |

TP N° : 01

INITIATION AUX APPAREILLAGES ET RAPPELS

1. Le but de la manipulation

L'objectif essentiel de ce TP est de familiariser les étudiants aux composants électriques tels que les résistances, appareillages de mesure, et le câblage de circuits électriques alimentés en courant continu. On étudiera notamment les lois reliant la charge et la différence de potentiel pour les résistances, ainsi que des applications concrètes de ces lois dans le cadre de mesure du courant électrique.

2. Rappel théorique

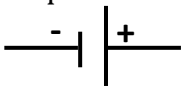
2.1. Appareils de mesures et de tests

Un instrument de mesure (ou appareil de mesure) est un dispositif destiné à obtenir expérimentalement des valeurs qu'on puisse attribuer à une grandeur. L'appareil de mesure qui permet de mesurer la différence de potentiel entre deux points d'un circuit est un voltmètre, celui qui mesure le courant dans une branche d'un circuit, un ampèremètre, celui qui mesure la résistance d'une portion du circuit, un ohmmètre. Les différences de potentiel peuvent aussi être étudiées au moyen d'un oscilloscope dont nous parlerons plus loin. Chaque appareil de mesure possède deux sondes, deux fils qui sortent de l'appareil et qu'il faut connecter au circuit de manière appropriée pour prendre la mesure. Les appareillages existants au niveau de laboratoire de mesure au sein de faculté de technologie-université de M'sila sont (Cf : [Annexe](#)) :

- *Source d'alimentation Continue à affichage numérique et à aiguille ;*
- *Voltmètre à aiguille ;*
- *Ampèremètre à aiguille ;*
- *Multimètre numérique ;*
- *Oscilloscope ;*
- *Générateur de fonction (GBF : Générateur Basse Fréquences),*
- *Plaque d'essai*
- *Câbles et sondes*

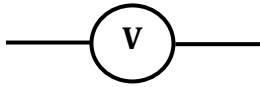
2.1.1. Source d'alimentation Continue

Une source d'alimentation continu est un dispositif pouvant fournir ou évacuer de l'énergie électrique. Les sources d'alimentation didactiques ont été conçues pour un usage dans les laboratoires. Les sources d'alimentation possèdent une sortie de courant ou de tension fixe ou réglable. Cela permet de limiter à travers des sources d'alimentation le courant ou la tension à un niveau déterminé, pour éviter l'interruption des circuits d'essai ([Voir Annexe. A](#)).

Le symbole utilisé pour présenter une source d'alimentation continu dans le schéma d'un circuit électrique est le suivant : 

2.1.2. Le Voltmètre

Le symbole utilisé pour présenter un Voltmètre dans le schéma d'un circuit électrique est le suivant :



Le voltmètre (**Voir Annexe. D**) mesure la différence de potentiel entre deux points quelconques, **a** et **b**, d'un circuit (Figure. 1). Par conséquent il faut connecter une sonde à chacun de ces points et le voltmètre se retrouve placé **en parallèle** avec la branche ou les branches du circuit situées entre **a** et **b**.

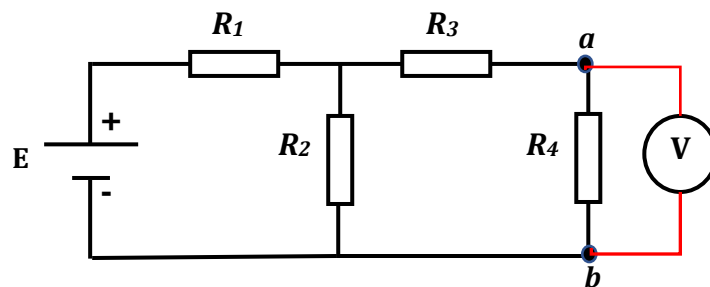
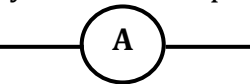


Figure. 1 : Mesure de tension avec Voltmètre.

2.1.3. L'Ampèremètre

Le symbole utilisé pour présenter un Ampèremètre dans le schéma d'un circuit électrique est le suivant :



L'ampèremètre (**Voir Annexe. D**) mesurant le courant qui passe dans une branche du circuit, il faut brancher l'ampèremètre **en série** avec la branche de sorte que le même courant qui passe par la branche traverse aussi l'ampèremètre. Il faut tout d'abord déconnecter la branche pour faire une mesure de courant, afin d'insérer l'ampèremètre dans la branche. Dans la figure. 2 l'ampèremètre est branché en série avec la résistance R_4 et mesure par conséquent le courant qui passe à travers la résistance R_4 .

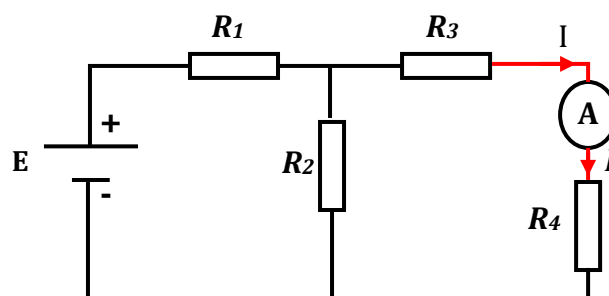



Figure. 2 : Mesure du courant avec Ampèremètre.

2.1.4. L'Ohmmètre

Le symbole utilisé pour représenter un ohmmètre dans un circuit est le suivant : 

Contrairement au voltmètre et à l'ampèremètre, l'ohmmètre est un appareil actif : il possède une pile interne, de valeur connue et envoie du courant dans le circuit, qu'il mesure. Pour mesurer la valeur d'une résistance ou d'une combinaison de résistances, il faut connecter les deux sondes de l'ohmmètre aux extrémités de la résistance ou de la combinaison de résistances, alors qu'elle ne reçoit pas de courant du reste du circuit. En effet, dans le cas contraire, ce courant viendrait s'ajouter au courant fourni par l'ohmmètre, ce qui fausserait la mesure.

La figure 3. *a* montre une manière correcte d'effectuer la mesure de la résistance R_4 du circuit de la figure. 2. Remarquons que seul un des liens qui relie R_4 au reste du circuit a été rompu. On aurait pu rompre les deux mais ce n'est pas nécessaire : il suffit que la branche soit interrompue en un point pour que la pile ne fournisse plus de courant à R_4 .

La figure 3. *b* montre une manière correcte d'effectuer la mesure de la combinaison de résistances en parallèle R_3 et R_4 .

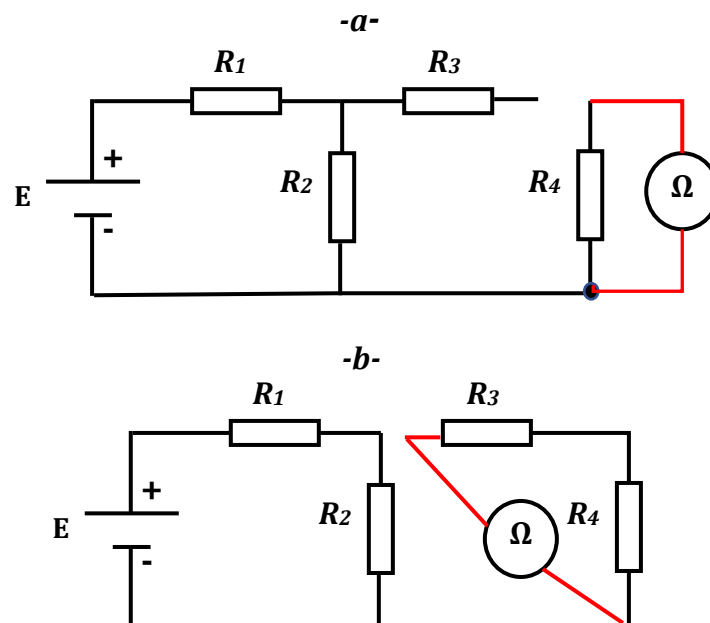


Figure. 3 : Mesure de résistance dans un circuit électrique.

2.1.5. Le Multimètre

En pratique, le plus souvent, les différents appareils décrits ci-dessus sont groupés dans un seul appareil appelé multimètre ([Voir Annexe. C](#)), qui peut être réglé pour être utilisé soit comme voltmètre, soit comme ampèremètre, soit comme ohmmètre. De plus, différentes échelles de sensibilité peuvent

être sélectionnées. Les appareils de mesures électriques à aiguille sont construits à partir d'un galvanomètre, le galvanomètre est basé sur des effets magnétiques, ces appareils à aiguilles ont été supplantés par des appareils à affichage numérique, généralement moins chers, plus robustes et plus précis. Ceux-ci ne sont pas basés sur un galvanomètre mais sur des circuits électroniques comportant des transistors et permettant une mesure directe de différence de potentiel.

N.B : dans le cas de courants alternatifs, les multimètres donnent les valeurs des courants et des tensions efficaces, pas les valeurs maximums ou amplitudes.

2.1.6. L'Oscilloscope

Bien qu'il permette de mesurer une différence de potentiel continue, l'oscilloscope est particulièrement adapté pour étudier les tensions alternatives dont il permet de mesurer non seulement l'amplitude mais aussi d'observer la forme de la variation dans le temps (**Voir Annexe. B**).

L'oscilloscope comporte un tube à rayons cathodiques ou canon à électrons, placé dans un tube en verre dans lequel il y a le vide (voir figure. 4). Les électrons sont émis par une cathode chauffée et accélérés par une forte tension appliquée à l'anode, percée d'un petit trou. Le faisceau d'électrons est envoyé sur un écran fluorescent où il laisse une trace visible ou spot. Avant d'atteindre l'écran, le faisceau d'électrons passe entre deux paires de plaques auxquelles on peut appliquer une différence de potentiel qui crée un champ électrique entre celles-ci. Par conséquent une force agit sur les électrons. Une paire de plaques est verticale et permet de dévier le faisceau horizontalement, l'autre est horizontale et permet de dévier le faisceau verticalement. En variant les tensions des plaques, le spot laissé par les électrons sur l'écran se déplace sur celui-ci et dessine une trajectoire qui peut être observée.

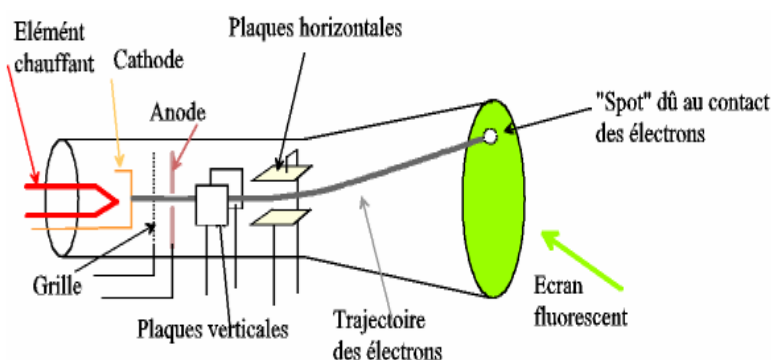


Figure. 4 : Schéma synoptique d'un oscilloscope.

Le mode le plus courant d'utilisation de l'oscilloscope consiste à appliquer une tension dite de balayage aux plaques verticales. Celle-ci fait dévier le spot de gauche à droite, à vitesse constante et le fait revenir rapidement à gauche lorsqu'il atteint l'extrémité droite de l'écran. La différence de potentiel

à observer est placée entre les plaques horizontales et fait dévier le spot verticalement. La combinaison des deux déviations permet d'observer à l'écran la variation de la tension en fonction du temps.

2.1.7. Le Générateur de fonction

Un générateur de fonction, encore appelé générateur de basses fréquences (GBF), est un appareil utilisé dans le domaine de l'électronique à des fins de test ou de dépannage de cartes électroniques. Un GBF permet de délivrer un signal avec la fréquence désirée sous forme de sinusoïdes, de créneaux, ou de triangles. Ce signal peut être observé grâce à un oscilloscope en effectuant un simple montage électrique.

2.1.8. La plaque d'essai

Pour tester un montage avant de le souder, il est préférable de vérifier si celui-ci fonctionne correctement. La plaque d'essai (ou breadboard) est un très bon moyen pour tester un montage sans effectuer aucune soudure et s'assurer rapidement qu'il n'y a pas d'erreur dans notre montage. La plaque d'essai est une plaque en plastique isolant parsemé de plein de trous. Ces trous sont espacés de 2.54 mm qui est l'espacement standard des composants électroniques que nous utilisons dans nos montages. Se servir d'une plaque d'essai est très simple une fois que l'on a compris comment les trous sont reliés (Voir Figure. 5).

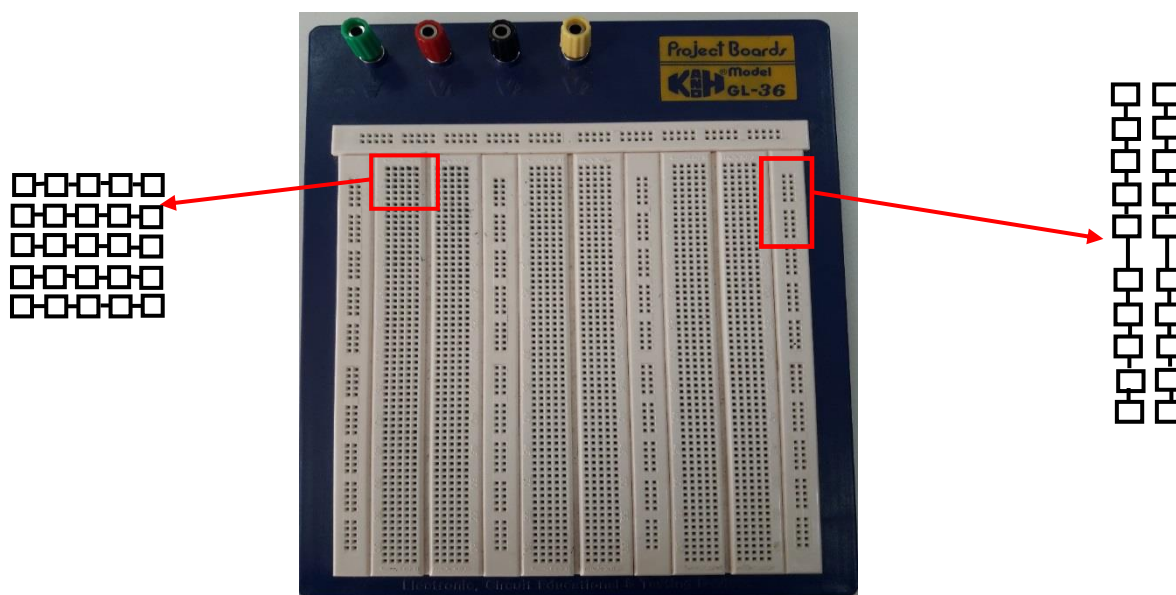


Figure. 5 : Plaque d'essai.

2.2. Introduction sur la résistance

Une résistance est un composant électronique ou électrique dont la principale caractéristique est d'opposer une plus ou moins grande résistance (mesurée en ohms) à la circulation du courant électrique. La résistance électronique est l'un des composants primordiaux dans le domaine de l'électricité. Le mot "résistance" désigne avant tout une propriété physique, mais on en est venu à l'utiliser pour un type de composant. Certains préfèrent ainsi l'appeler un « dipôle résistif ».

2.2.1. Repérage

Pour connaître la valeur ohmique d'une résistance, il faut identifier les couleurs présentes sur la résistance (Figure. 6) et l'associer au code universel des couleurs. La norme internationale CEI 60757, intitulée Code de désignation de couleurs (1983), définit un code de couleur qui est apposé sur les résistances. Ce code définit la valeur des résistances.

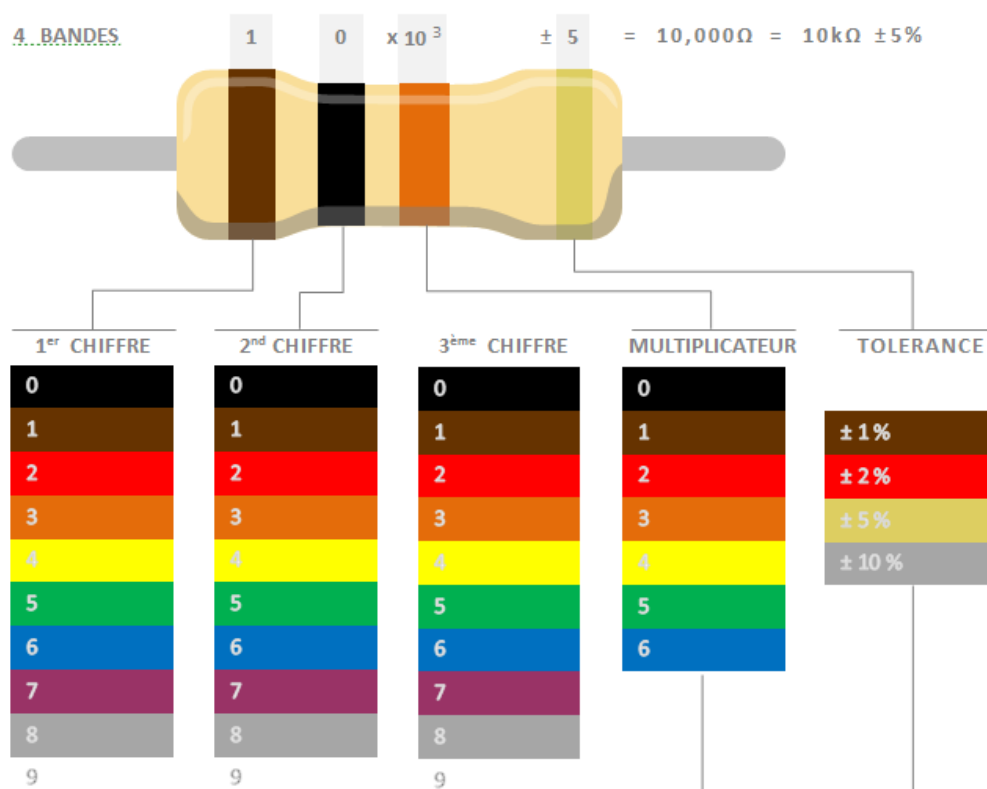


Figure. 6 : Code des couleurs de la résistance.

2.2.2. Association de résistances en série

Quand deux ou plusieurs résistances sont traversés successivement par le même courant, on dit qu'elles sont reliées en série, ou plus simplement qu'elles sont en série. Le fait que le courant circulant

dans ces résistances soit le même pour toutes est une caractéristique spécifique des liaisons en série, donc plusieurs résistances en série sont toutes traversées par le même courant.

Exemple : La résistance R équivalente à deux résistances placées en série (Figure. 7) se calcule facilement. En effet les deux résistances sont traversées par le même courant d'intensité I .

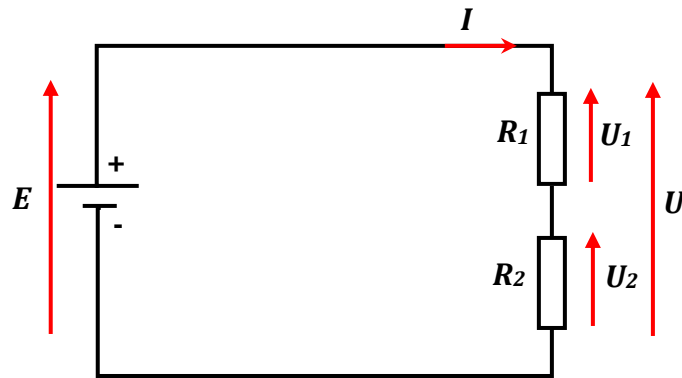


Figure. 7 : Résistances en série

En utilisant la loi d'Ohm on peut écrire :

$$U_1 = R_1 I \quad (1)$$

$$U_2 = R_2 I \quad (2)$$

La tension U aux bornes des deux résistances R_1 et R_2 qui sont en série est égale à la somme des tensions aux bornes de chaque résistance :

$$U = U_1 + U_2 \quad (3)$$

$$U = R_1 I + R_2 I = \underbrace{(R_1 + R_2)}_R I \quad (4)$$

La résistance R Représente la résistance équivalente des deux résistances R_1 et R_2 qui sont en série, Par conséquence, pour N résistances placées en série la résistance équivalente s'exprime donc par :

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N \quad (5)$$

2.2.3. Association de résistances en parallèle

Dans ce type de montage (Figure. 8), chacune des deux résistances R_1 et R_2 ont une de leurs bornes reliées au "+" de l'alimentation et l'autre au "-". Toutes deux se voient donc appliquer la même tension, celle fournie par l'alimentation. Cet état de fait est une caractéristique spécifique des liaisons en parallèle. Aux bornes de plusieurs éléments associés en parallèle, il y a toujours la même tension.

Exemple : Calculons la résistance R équivalente des deux résistances en parallèle de la figure. 8.

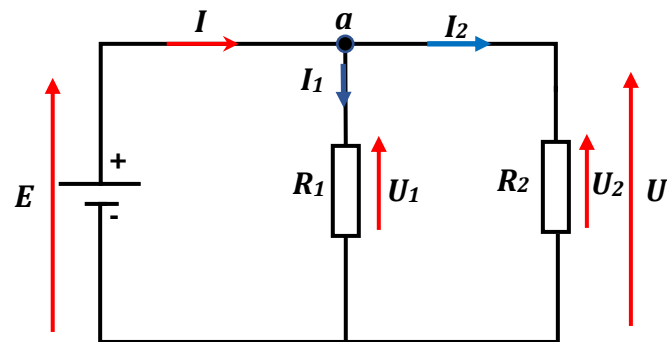


Figure. 8 : Résistances en parallèle.

Les deux résistances R_1 et R_2 sont soumises à la même tension :

$$U=U_1+U_2 \quad (6)$$

La somme des intensités des courants entrants dans un nœud est égale à la somme des intensités des courants sortants du nœud (loi des nœuds), dans le nœud a de la figure. 8 on :

$$I=I_1+I_2 \quad (7)$$

En appliquant la loi d'Ohm à chacune des résistances on trouve :

$$U_1= R_1 I_1 \quad \text{et} \quad U_2= R_2 I_2$$

$$I_1= U/R_1 \quad \text{et} \quad I_2=U/R_2$$

On a :

$$I=I_1+I_2= U/R_1+U/R_2= U(1/R_1+1/R_2) \quad (8)$$

On peut en déduire la conductance équivalente $1/R$:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (9)$$

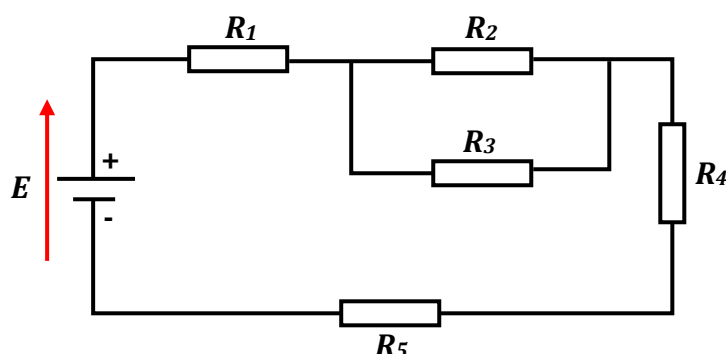
Par conséquent, pour N résistances placées en parallèle la résistance équivalente s'exprime donc par:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

3. Manipulation

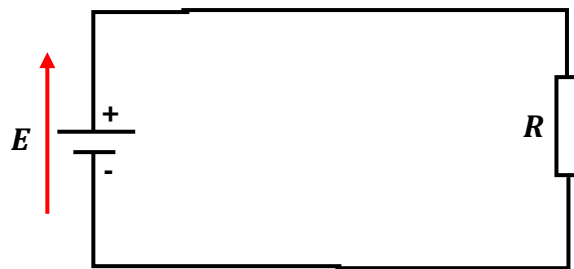
3.1. Travail Personnel

1. Soit le circuit électrique suivant :



- a. Redessiner ce circuit en y incluant un ampèremètre de telle sorte à mesurer le courant qui passe dans la résistance R_3 .
- b. Redessiner le circuit initial en y incluant un voltmètre qui permette de mesurer la chute de tension dans R_4 et R_5 .
- c. Redessiner le circuit initial en y incluant un ohmmètre qui permette de mesurer la résistance R_2 .

2. Soit le circuit suivant :

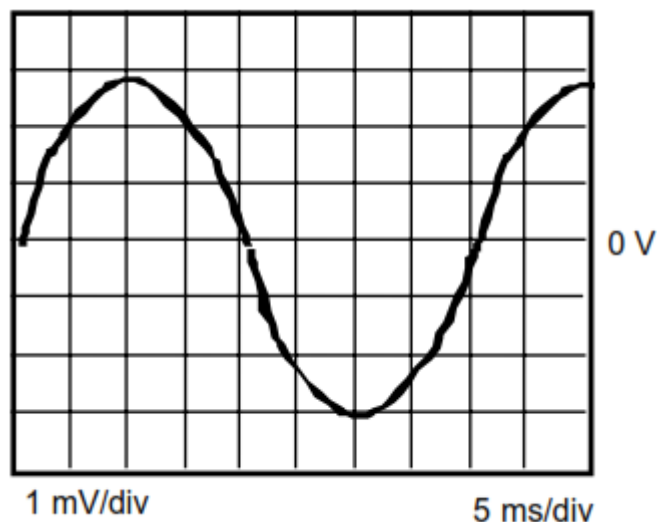


On désire mesurer simultanément le courant qui passe dans R , avec un et la différence de potentiel aux bornes de R , à l'aide d'un voltmètre

a. Faites un schéma du montage à réaliser.

3. La figure ci - dessous représente l'écran d'un oscilloscope utilisé en mode de balayage, pour y observer la variation d'une tension sinusoïdale $V(t)$ en fonction du temps. En tenant compte des échelles de tension et de temps indiquées sur la figure :

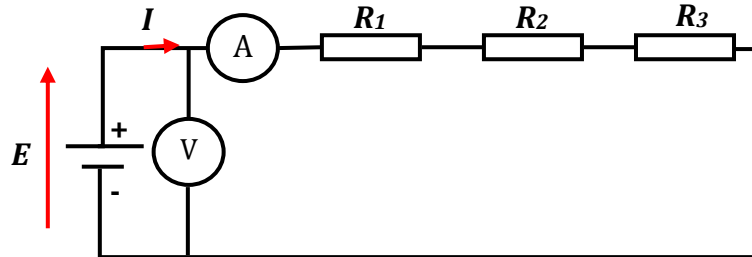
a. Quelles sont l'amplitude, la période et la fréquence de cette tension ?



3.1. Travail présentiel

1. Montage 1

a. Réaliser le montage de la figure suivante avec $R_1=1k\Omega$; $R_2=4,7k\Omega$; $R_3=10k\Omega$



b. Mesurez les valeurs des résistances : R_1 , R_2 et R_3 avec :

- Le code des couleurs ;
- L'ohmmètre.

c. A l'aide d'un voltmètre, mesurer et régler la tension E à 10Volts.

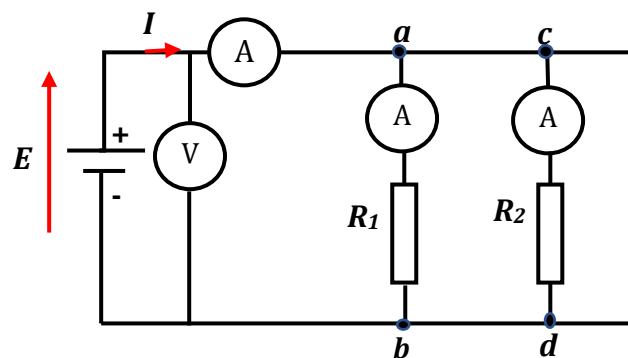
d. A l'aide d'un ampèremètre, mesurer le courant I .

e. Mesurer les chutes de tensions suivantes : U_1 aux bornes de R_1 ; U_2 aux bornes de R_2 et U_3 aux bornes de R_3 . Vérifier la relation : $E=U_1+U_2+U_3$.

f. Déduire, à partir des mesures effectuées, les valeurs des résistances R_1 , R_2 et R_3 . Comparer les valeurs que vous avez trouvées avec celles trouvées en question b.

2. Montage 2

a. Réaliser le montage de la figure suivante avec $R_1=1k\Omega$; $R_2=4,7k\Omega$ et $R_3=10k\Omega$.



b. A l'aide d'un voltmètre, mesurer et régler la tension E à 10Volts.

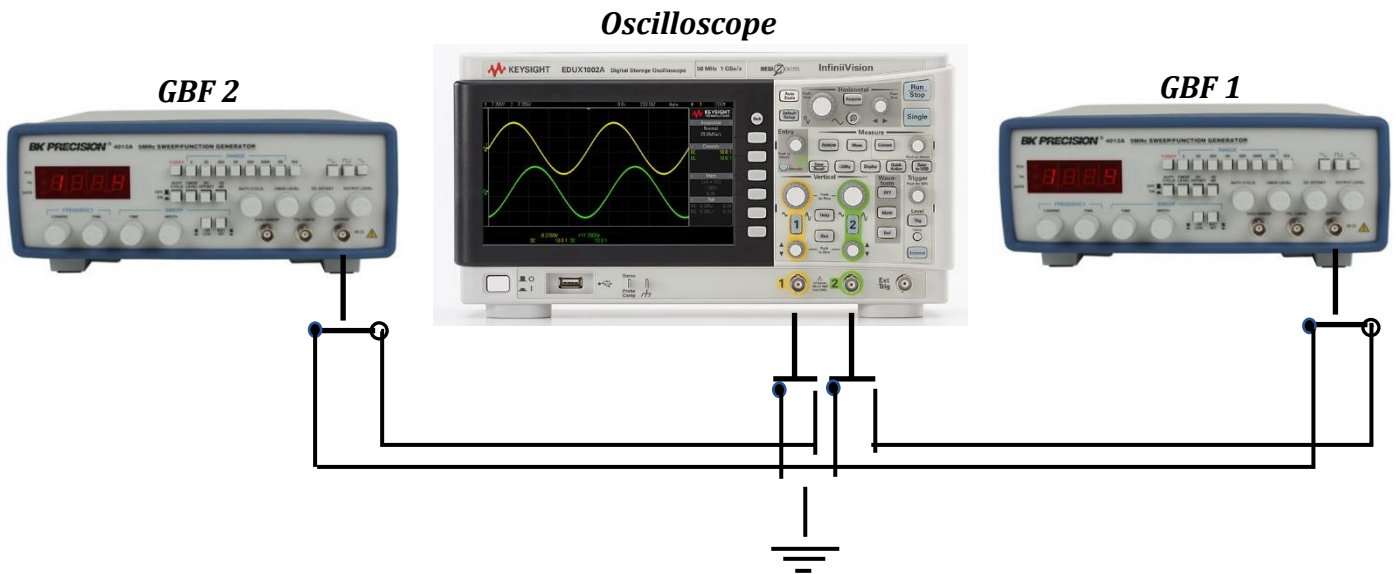
c. A l'aide d'un voltmètre, vérifier que la tension dans chacune des branches (ab et cd) est égale à la tension d'alimentation (Vérifier la relation : $E=U_1(ab)=U_2(cd)$).

d. A l'aide d'un ampèremètre, mesurer le courant à la sortie de l'alimentation I , et au niveau de chaque branche (ab et cd) et vérifier la loi des nœuds.

e. Déduire, à partir des mesures effectuées, les valeurs des résistances R_1 , R_2 . Comparer les valeurs que vous allez trouver avec celles marquées en code couleurs.

3. Montage 3

a. Réaliser le câblage ci-dessous :



b. A l'aide du GBF 1 générez un signal sinusoïdal.

c. A l'aide du GBF 2 générez un signal triangulaire.

d. Visualisez les deux signaux sur l'oscilloscope.

e. Ajustez l'amplitude du signal sinusoïdal à 5V, l'amplitude du signal triangulaire à 10V et la période des deux signaux T à 0.001s.

f. A l'aide de l'oscilloscope créez un déphasage de $T/2$ entre les deux signaux.

TP N° : 02

THÉORÈME DE SUPERPOSITION

1. Le but de la manipulation

Le but de ce TP est d'étudier des circuits comportant plusieurs générateurs (de tension ou de courant) en considérant l'influence de chaque générateur indépendamment des autres, ce qui va beaucoup simplifier la plupart des problèmes.

2. Rappel théorique

2.1. Théorème de superposition

a. *Enoncé 1* : La tension entre deux points dans un circuit électrique contient plusieurs sources d'énergie (générateur) est égale à la somme algébrique des tensions entre ces deux points lorsque chaque source d'énergie agit seule.

b. *Enoncé 2* : L'intensité du courant dans une branche dans un circuit électrique contient plusieurs sources d'énergie (générateur) est égale à la somme algébrique des intensités des courants dans cette branche lorsque chaque source d'énergie agit seule.

2.1.1. Principe de superposition

Le courant I dans une branche de circuit complet (ou la tension U) est égal à la somme algébrique des courants (ou des tensions) qu'imposerait chacun des générateurs, les autres étant passivés (ou bien neutraliser). Donc pour appliquer le théorème de superposition il suffit de mettre successivement chaque générateur en court-circuit.

Donc dans un circuit de N générateurs :

- ***Etat 1*** : tous les générateurs sont passivés sauf le n°1 → calcul de I_1 .
- ***Etat 2*** : tous les générateurs sont passivés sauf le n°2 → calcul de I_2 .
- ***Etat N*** : tous les générateurs sont passivés sauf le n°N → calcul de I_N .
- Calcul de courant I : $I = \sum I_n$

Même principe avec les tensions : $U = \sum U_n$.

✓ **Remarque** :

Passiver un générateur, c'est considérer qu'il est inopérant :

- Pour un générateur de tension, c'est considérer que la tension à ses bornes est nulle, c'est-à-dire en remplaçant le générateur idéal de tension par un court-circuit.
- Pour un générateur de courant, c'est considérer que le courant débité est nul.

Exemple :

Soit le circuit ci-dessous :

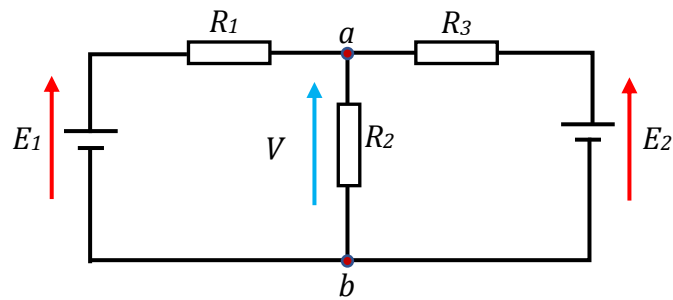


Figure. 1

Selon le théorème de superposition la tension V entre les deux points a et b est :

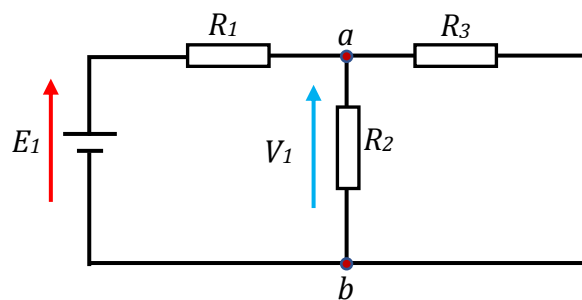
$$V=V_1+V_2 \quad (1)$$

Avec :

- V_1 est la tension entre les deux points a et b lorsque E_1 agit seul (lorsque E_2 est neutralisé).
- V_2 est la tension entre les deux points a et b lorsque E_2 agit seul (lorsque E_1 est neutralisé).

a. Calculer V_1

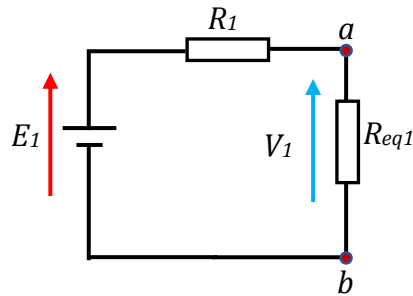
En neutralisant E_2 le circuit de la figure. 1 sera comme suit :



Pour calculer la tension V_1 on doit tout d'abord calculer la résistance équivalente entre les deux points a et b (la résistance équivalente des deux résistances R_2 et R_3 qui sont en parallèle) :

$$\frac{1}{R_{eq1}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (2)$$

Donc le circuit se réduit au suivant :

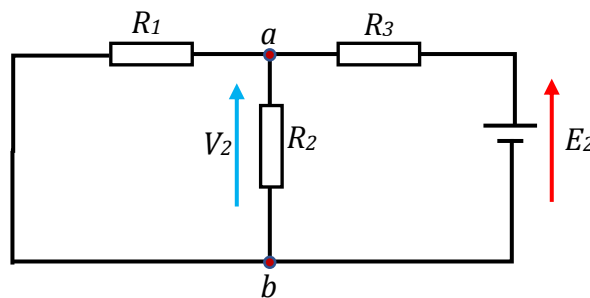


En utilisant la notion de diviseur de tension on trouve que :

$$V_1 = E_1 \frac{R_{eq1}}{R_{eq1} + R_1} \quad (3)$$

b. Calculer V_2

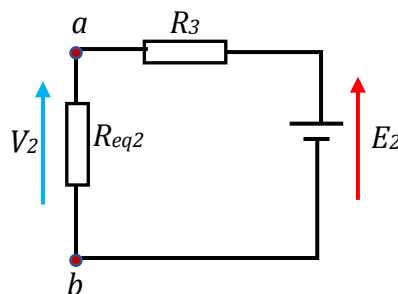
En neutralisant E_1 le circuit de la figure. 1 sera comme suit :



Pour calculer la tension V_2 on doit tout d'abord calculer la résistance équivalente entre les deux points a et b (la résistance équivalente des deux résistances R_1 et R_3 qui sont en parallèle) :

$$\frac{1}{R_{eq2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} \quad (4)$$

Donc le circuit se réduit au suivant :



En utilisant la notion de diviseur de tension on trouve que :

$$V_2 = E_2 \frac{R_{eq2}}{R_{eq2} + R_3} \tag{5}$$

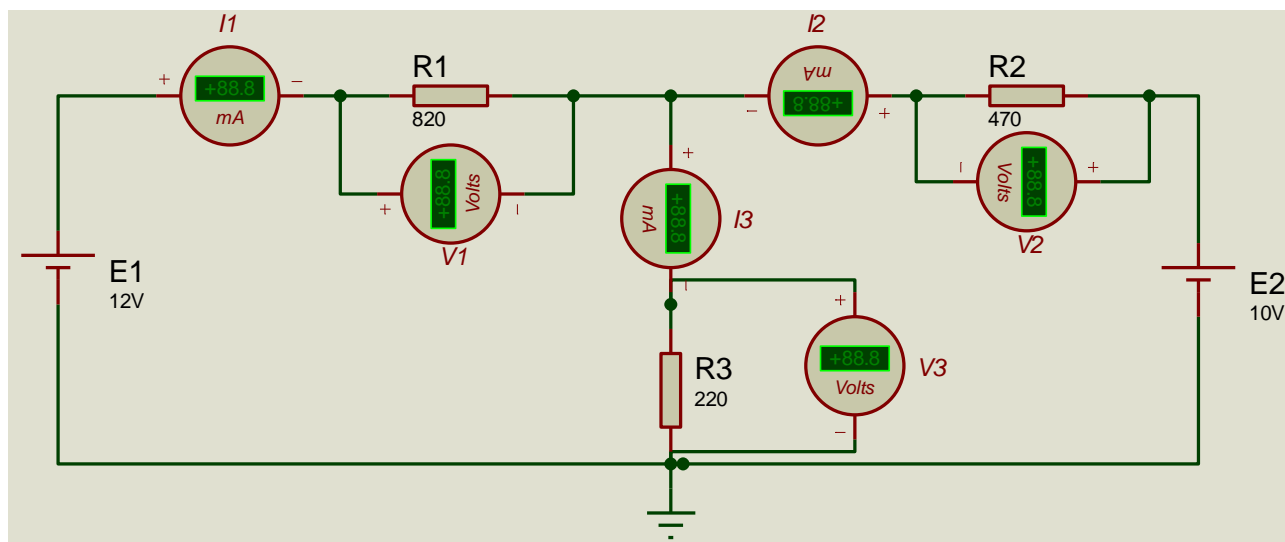
Finalement la tension V entre les deux points a et b est égale à la somme algébrique des deux tensions V_1 et V_2 :

$$V = V_1 + V_2 = E_1 \frac{R_{eq1}}{R_{eq1} + R_1} + E_2 \frac{R_{eq2}}{R_{eq2} + R_3} \tag{6}$$

3. Manipulation

3.1. Travail personnel

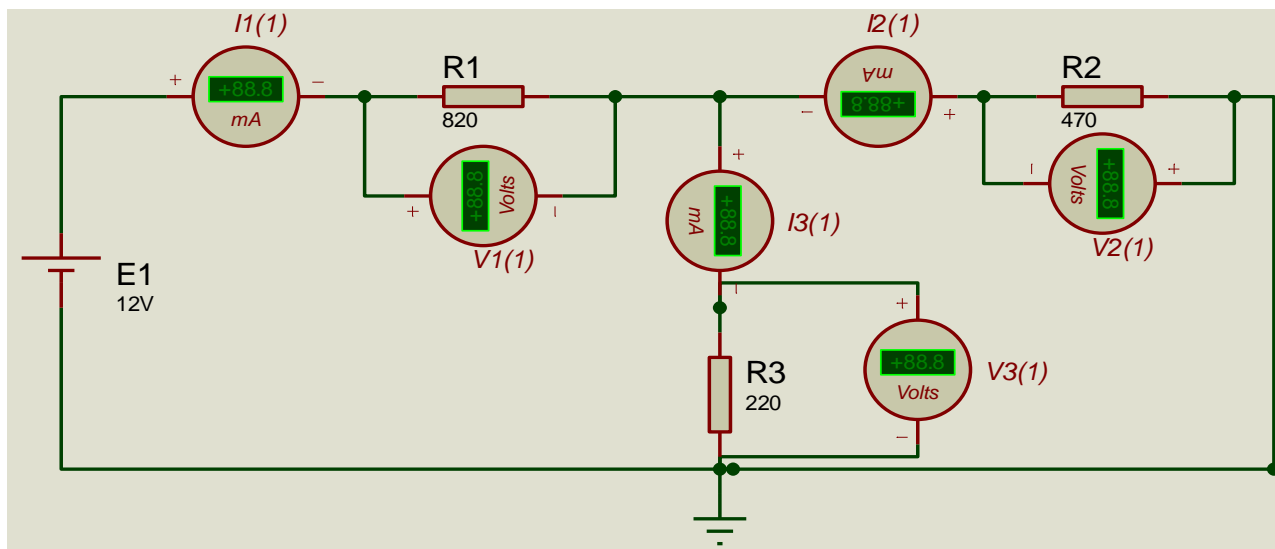
a. A l'aide de Proteus ([Voir Annexe. E](#)) réaliser le circuit ci-dessous :



b. Simuler le circuit et remplir le tableau ci-dessous :

| V_1 (V) | V_2 (V) | V_3 (V) | I_1 (mA) | I_2 (mA) | I_3 (mA) |
|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| | | | | | |

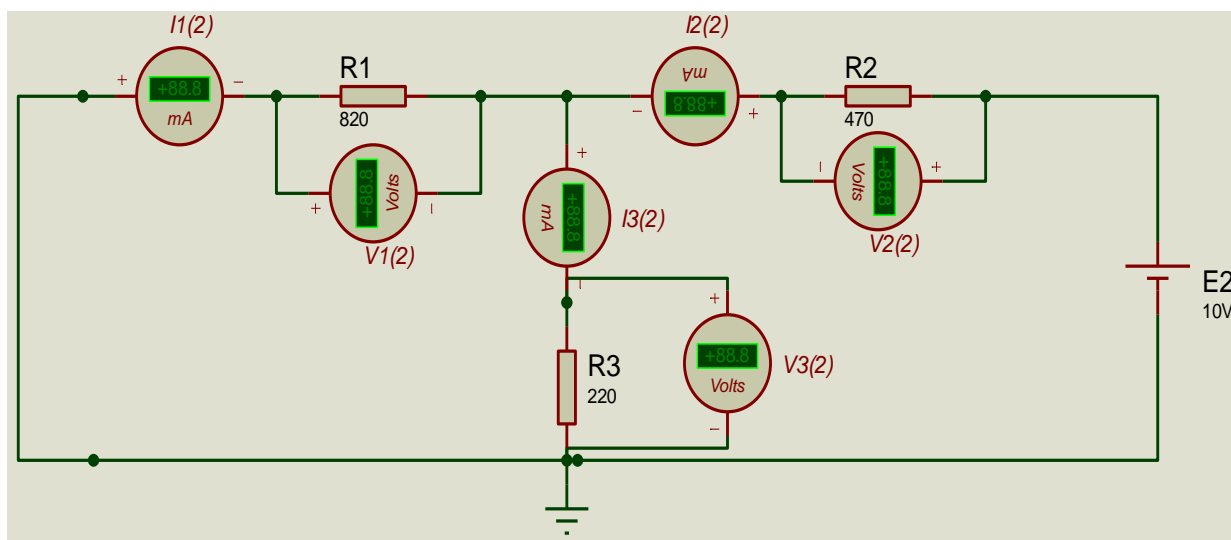
c. Mettre en court-circuit le générateur de tension E_2 pour avoir le circuit ci-après :



d. Simuler ce circuit et remplir le tableau ci-dessous :

| $V_1(1)$ (V) | $V_2(1)$ (V) | $V_3(1)$ (V) | $I_1(1)$ (mA) | $I_2(1)$ (mA) | $I_3(1)$ (mA) |
|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | |

e. Mettre en court-circuit le générateur de tension E_1 pour avoir le circuit ci-dessous :



f. Simuler ce circuit et remplir le tableau ci-dessous :

| $V_1(2)$ (V) | $V_2(2)$ (V) | $V_3(2)$ (V) | $I_1(2)$ (mA) | $I_2(2)$ (mA) | $I_3(2)$ (mA) |
|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | |

g. Vérifiez que :

$$V_n = V_n(1) + V_n(2) \quad 1 \leq n \leq 3$$

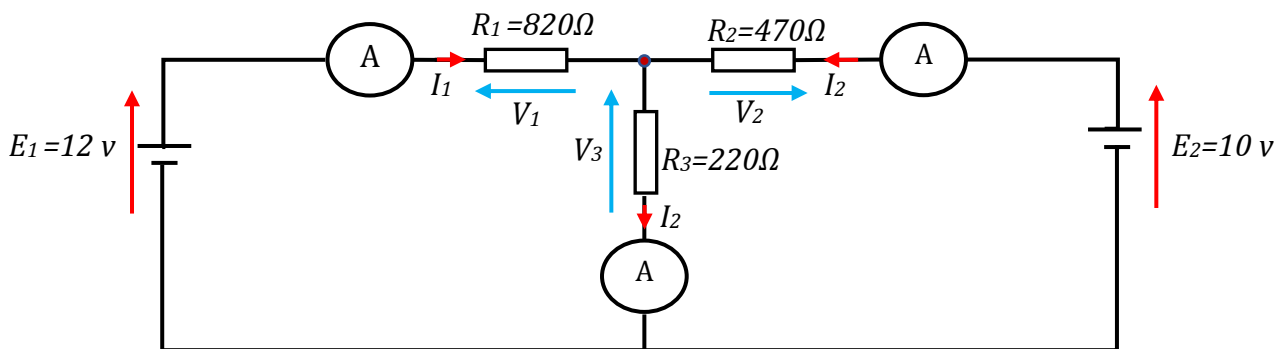
Et

$$I_n = I_n(1) + I_n(2) \quad 1 \leq n \leq 3$$

3.2. Travail Présentiel

3.2.1. Réalisation

a. Réalisez le circuit suivant :



b. Relever sur le tableau suivant les différentes mesures des courants et des tensions :

Tableau. 1

| V_1 | V_2 | V_3 | I_1 | I_2 | I_3 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | |

c. Nous allons essayer maintenant de mesurer les courants et les tensions du circuit précédent en utilisant le théorème de superposition.

1. **Etape 1** : E_1 seul, E_2 neutralisée :

- Dessinez et réalisez le Montage ?
- Relevez sur le tableau suivant les différentes mesures des courants et des tensions :

Tableau. 2

| V'_1 | V'_2 | V'_3 | I'_1 | I'_2 | I'_3 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | |

2. **Etape 2** : E_2 seule, E_1 neutralisée :

- Dessinez et réalisez le Montage ?

- Relevez sur le tableau suivant les différentes mesures des courants et des tensions :

Tableau. 3

| V''_1 | V''_2 | V''_3 | I''_1 | I''_2 | I''_3 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | | | |

3.2.2. Travail à faire

- Quel est le matériel utilisé pour réaliser ces montages ?
- Calculer théoriquement les tensions aux bornes des résistances R_1 , R_2 et R_3 en utilisant le théorème de superposition.
- Calculer théoriquement les intensités des courants dans toutes les branches en utilisant le théorème de superposition.
- A partir des valeurs des tensions trouvées précédemment (mesurer pratiquement et calculer théoriquement), peut-on dire que le théorème de superposition est vérifié dans le cas de ces tensions ? pourquoi ?
- A partir des intensités des courants trouvées précédemment (mesurer pratiquement et calculer théoriquement), peut-on dire que le théorème de superposition est vérifié dans le cas des courants ? pourquoi ?
- La puissance dissipée dans une résistance est donnée par la relation suivante : $P = I^2 \cdot R = VI$. Vérifié que le théorème de superposition est utilisable ou non pour calculer la puissance dissipée par une résistance (R_1 , R_2 et R_3) (c'est-à-dire : est-ce que $P = P' + P''$ ou non).

TP N° : 03

THÉORÈME DE THÉVENIN

1. But de la manipulation

Le but de ce TP est de modéliser des circuits électriques complexes et à les réduire en circuits électriques très simples nous permettant d'appliquer les lois fondamentales de l'électricité sans aucune acrobatie de calcul.

2. Rappel théorique

2.1. Théorème de Thévenin

Un dipôle actif qui contient plusieurs sources de tensions et de courant ainsi qu'un nombre d'impédances, peut être réduit à une seule source de tension (tension de Thévenin) en série avec une impédance unique (impédance de Thévenin). (Voire figure. 1).

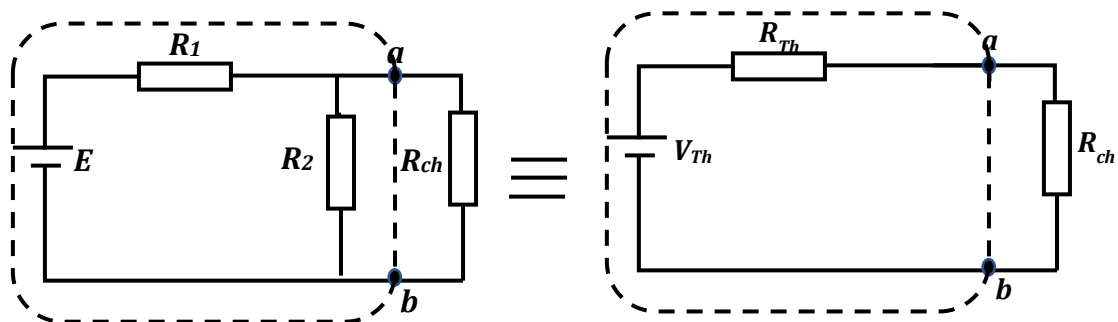


Figure. 1 : Modèle de Thévenin.

2.1.1. Procédure de calcul

a. Tension de Thévenin

On déconnecte la résistance (ou impédance de charge R_{ch}) et on calcule la tension à vide V_{AB} . Donc : $V_{ab} = V_{Th}$.

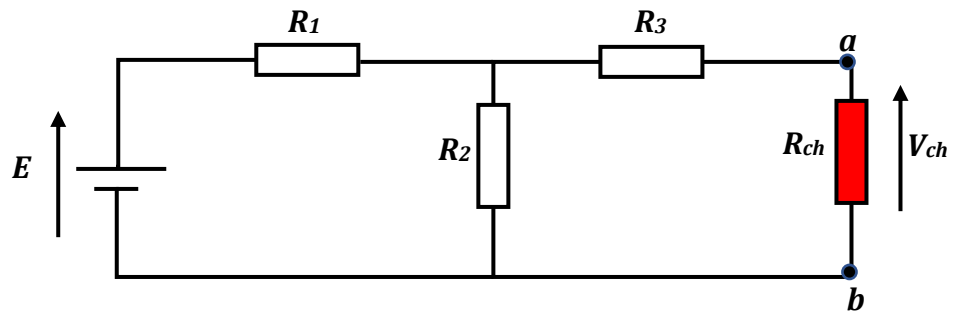
b. Résistance de Thévenin

On garde la charge (R_{ch}) déconnectée. On court-circuite ensuite toutes les sources de tension et on déconnecte toutes les sources de courant.

On calcul ensuite la résistance globale du circuit vue entre les points a et b (R_{ab}) pour aboutir à la résistance de Thévenin $R_{ab} = R_{Th}$.

Exemple :

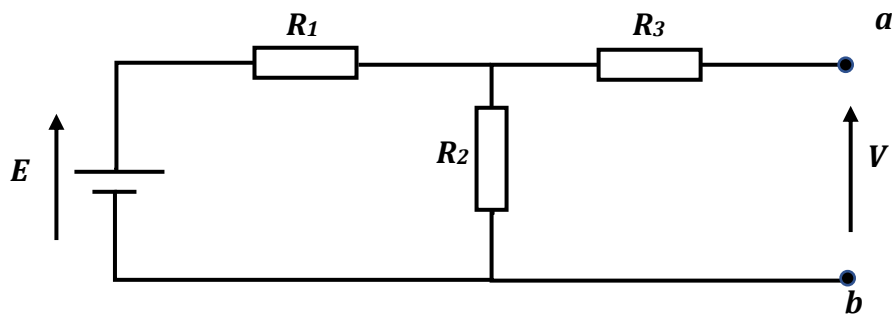
On considère le circuit suivant :



Pour calculer la tension V_{ch} en utilisant le théorème de Thévenin on doit trouver le circuit équivalent de Thévenin du circuit ci-dessus.

a. Calculer V_{Th} :

Pour calculer V_{Th} on doit débrancher la charge R_{ch} en calculant la tension entre les deux points a et b comme suit :

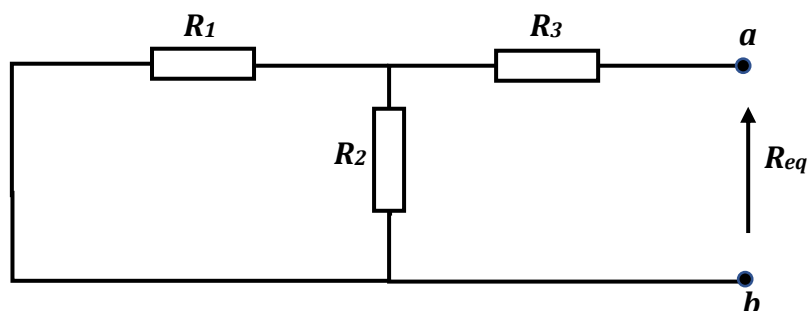


Ce circuit est ouvert entre les deux points a et b , donc il n'y a aucun courant qui passe à travers la résistance R_3 , par conséquent, la tension entre les deux points a et b va être la même que la tension aux bornes de la résistance R_2 , en appliquant la notion de diviseur de tension on trouve que :

$$V = V_{Th} = E \frac{R_2}{R_2 + R_1} \quad (1)$$

b. Calculer R_{Th}

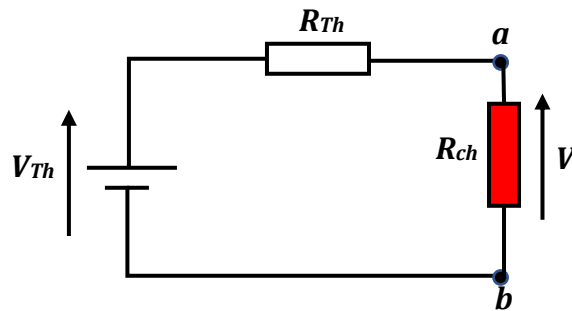
Pour calculer R_{Th} on doit garder R_{ch} en mettant le générateur de tension E en court-circuit :



La résistance de Thévenin R_{th} va correspondre à la résistance équivalente de ce circuit entre les deux points a et b :

$$R_{eq} = R_{Th} = R_3 + (R_1 \parallel R_2) = R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

Finalement le circuit équivalent de Thévenin peut représenter comme suit :



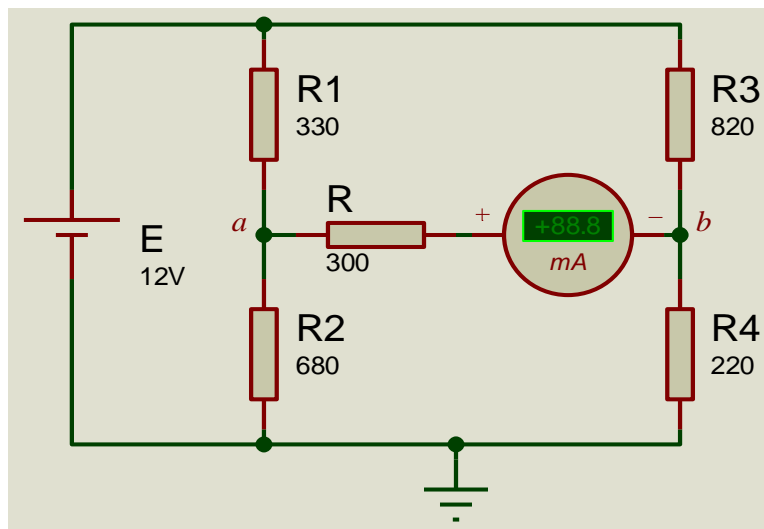
Donc la tension V aux bornes de la résistance R_{ch} peut s'écrire comme suit :

$$V = V_{Th} \frac{R_{ch}}{R_{ch} + R_{Th}} \quad (3)$$

3. Manipulation

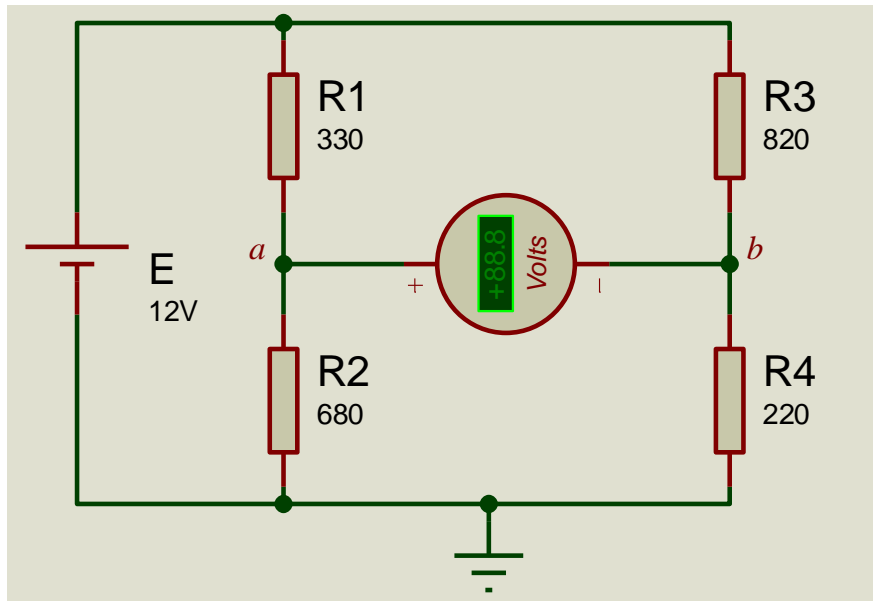
3.1. Travail personnel

a. A l'aide de Proteus réaliser le circuit ci-après :

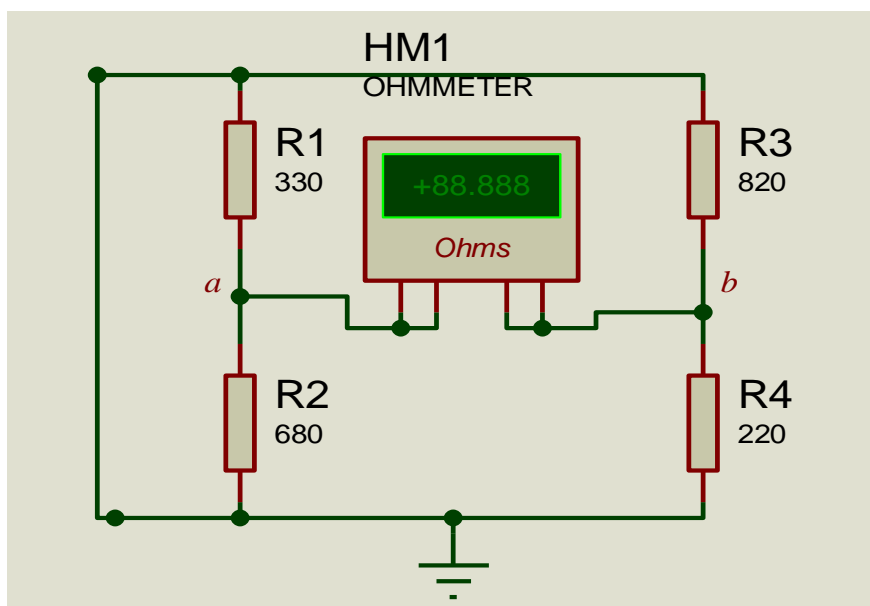


b. Simuler le circuit et relever le courant qui passe à travers la résistance R .

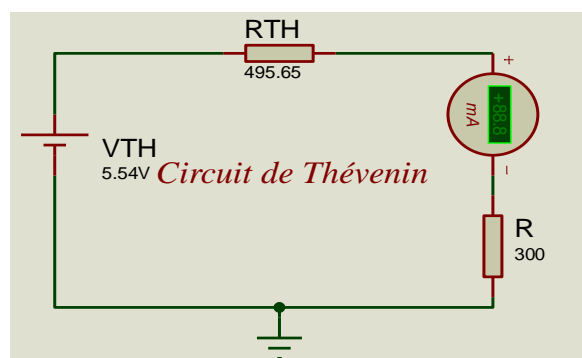
c. Débrancher la résistance R et mesurer la tension entre les deux points a et b ($V_{ab} = V_{Th}$) comme suit :



- d. Garder la résistance R débranchée, mettre le générateur E en court-circuit et calculer la résistance équivalente entre les deux points a et b ($R_{ab}=R_{Th}$) comme suit :



- e. En utilisant les mesures trouvées précédemment (V_{Th} et R_{Th}) réaliser le circuit de Thévenin et calculer le courant qui passe à travers la résistance R comme suit :



- f. Comparer le courant trouvé à l'étape **e** avec celle trouvé à l'étape **b**. que peut-on dire sur le théorème de Thévenin ?

3.2. Travail présentiel

En utilisant le circuit suivant (Figure. 2) :

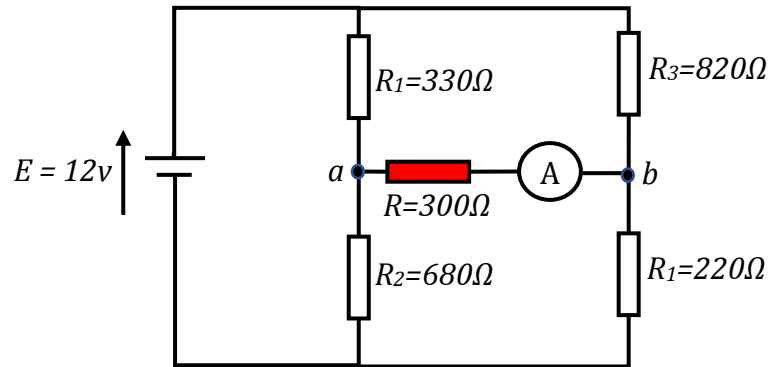


Figure. 2

- Trouver le courant I circulant dans la résistance R par la méthode des mailles.
- Trouver le circuit équivalent de Thévenin (V_{Th} , R_{Th}) vu par la résistance R .
- En déduire le courant I circulant dans R .
- Réaliser le montage de la figure 2.
- Citer le matériel utilisé.
- Mesurer l'intensité du courant circulant dans la résistance R .
- Débrancher la résistance R et mesurer la tension à vide V_{ab} ($V_{ab} = V_{Th}$).
- Mettre en court-circuit la source de tension E , tout en gardant la résistance R débranché, à l'aide d'un ohmmètre mesurer la résistance R_{Th} entre les bornes a et b ($R_{AB} = R_{Th}$).
- Dessiner et réaliser le montage équivalent de Thévenin à l'aide de V_{Th} et R_{Th} .
- Mesurer le courant I circulant dans la résistance R .
- Conclusion.

TP N° : 04

CARACTÉRISTIQUE DE LA DIODE À JONCTION PN

1. But de la Manipulation

L'objectif essentiel de ce TP est d'étudier l'influence de la polarisation directe et inverse sur le courant d'une diode à jonction PN et aussi de relever la caractéristique courant-tension d'une diode dans le sens direct et inverse.

2. Rappel Théorique

La diode est un élément actif comportant deux électrodes désignées généralement par anode et cathode. Une diode est constituée par l'association de semi-conducteurs (silicium ou germanium dopés) de type *P* du côté de l'anode et de type *N* du côté de la cathode.

A cause des propriétés particulières des semi-conducteurs, la circulation du courant à travers la jonction ne peut s'exécuter que dans le sens $P \rightarrow N$.

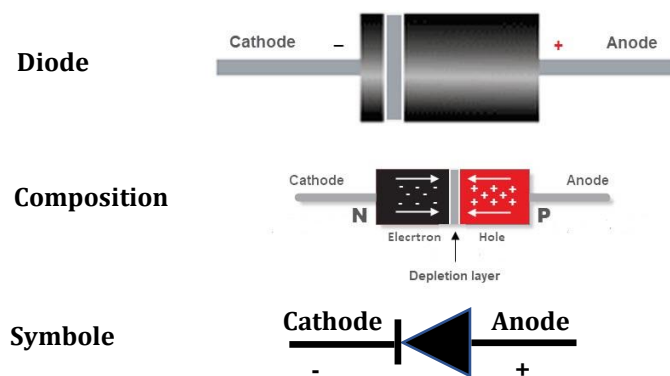


Figure. 1 : Constitution et symbole d'une diode à jonction PN.

2.1. La polarisation de la diode

Le courant passe à travers la diode obéit à la tension appliquée selon la loi exponentielle suivante :

$$I_d = I_s * \left[\exp\left(\frac{qV_d}{nKT}\right) - 1 \right] = I_s * \left[\exp\left(\frac{V_d}{nV_T}\right) - 1 \right] \quad (1)$$

Avec :

I_s : appelé courant inverse de saturation. C'est la valeur asymptotique du courant traversant la jonction en polarisation inverse.

V_T : la tension thermodynamique ($V_T = \frac{KT}{q} \approx 26mV$) à 25 °C.

q : la charge de l'électron ($1.6 \cdot 10^{-19}$ C).

K : le constant de boltzman ($1.3806488 \cdot 10^{-23}$ J/°C).

T : la température absolue en Kelvin.

n : le coefficient d'émission. Il dépend du matériau, voisin de 1 dans les diodes au germanium, et compris entre 1 et 2 dans les diodes au silicium.

La diode peut être polarisée en deux manières :

2.1.1. La polarisation en sens direct (sens passant)

Soit un circuit contenant une source de tension variable et une résistance avec une diode en série :

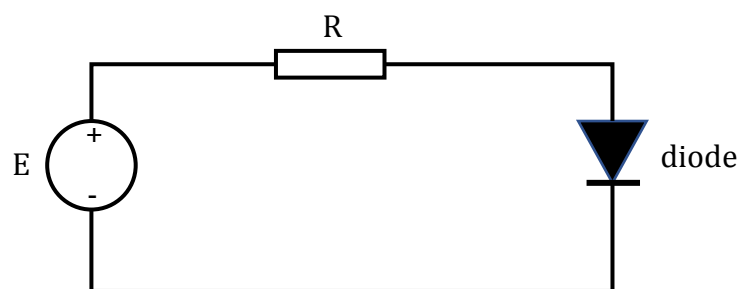


Figure. 2 : Polarisation direct (passant) de la diode.

Lorsque l'anode est reliée au côté plus (+) de l'alimentation (générateur de tension), et la cathode au côté moins (-), on dit que la diode est polarisée en direct (figure. 2).

Un courant parcourt le circuit dès que la tension aux bornes de la diode est supérieure à la tension de seuil V_0 ($V_0 = 0.5$ Volt pour une diode à base de silicium, et $V_0 = 0.3$ Volt pour une diode au germanium).

Ce courant croit très rapidement avec V et se trouve limité pratiquement par la résistance mise en série avec la diode. On voit que le courant I traversant la diode est lié à la tension V qui lui appliquée par l'équation (1).

Dans le cas de la figure. 2, la diode est polarisée dans le sens passant donc :

$$I_d = I_s * \left[\exp\left(\frac{qV_d}{nKT}\right) - 1 \right] \quad (2)$$

2.1.2. La polarisation en sens inverse (sens bloqué)

Soit le circuit suivant :

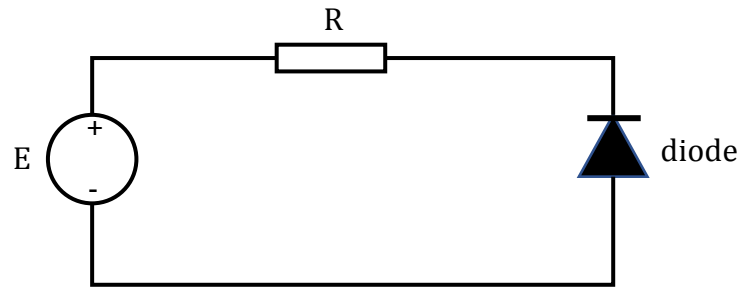


Figure.3. Polarisation inverse (bloqué) de la diode.

Lorsque l'anode est reliée au côté moins (-) de l'alimentation, et la cathode au côté plus (+), on dit que la diode est polarisée en inverse (figure. 3).

Dans le cas de la figure .3, la diode est polarisée en sens bloqué et $I_d = I_i$; $V_d = V_i$ de ce fait l'équation (1) devient :

$$I_i = I_s * \left[1 - \exp\left(\frac{-qV_i}{nKT}\right) \right] \quad (3)$$

2.2. La caractéristique courant - tension $I_d = f(V_d)$

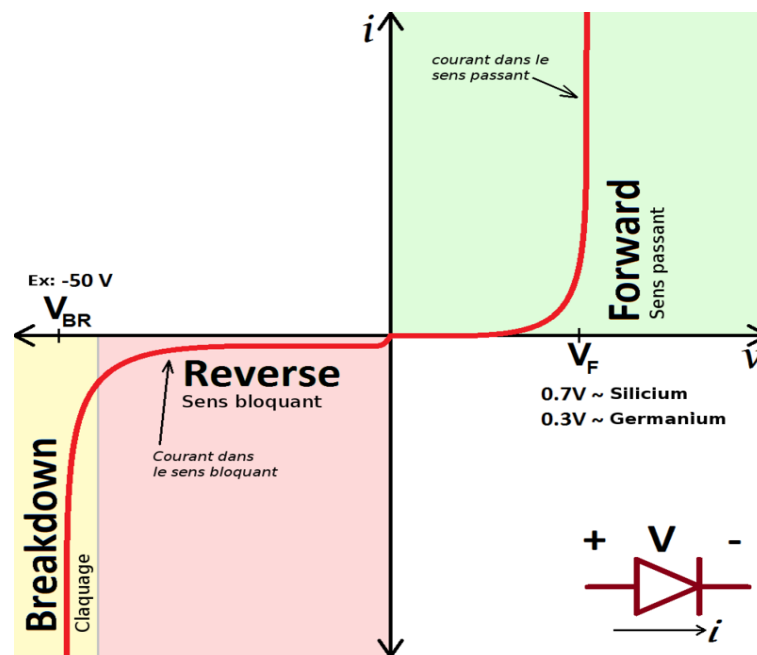
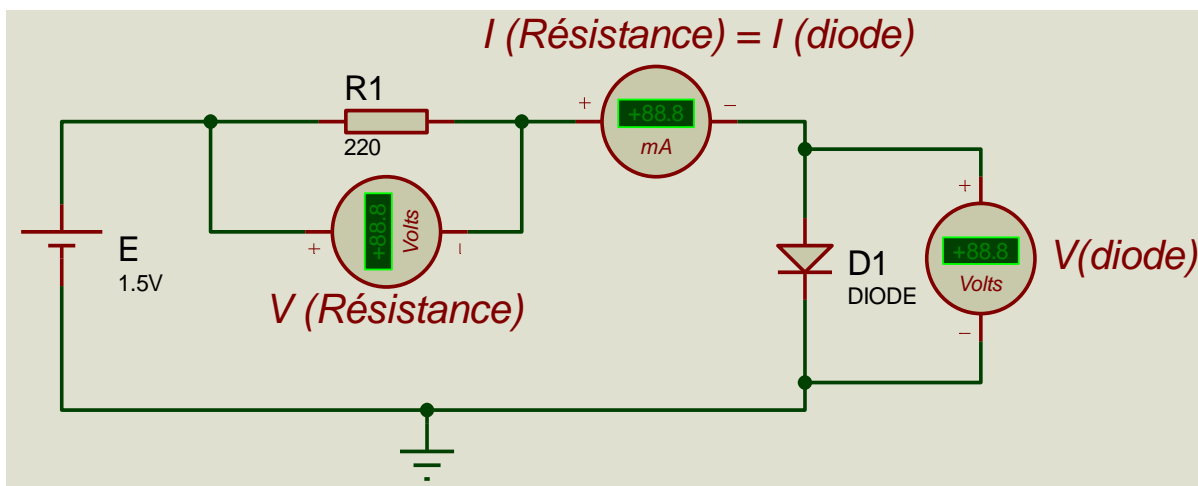


Figure. 4 : Caractéristique courant-tension de la diode.

3. Manipulation

3.1. Travail personnel

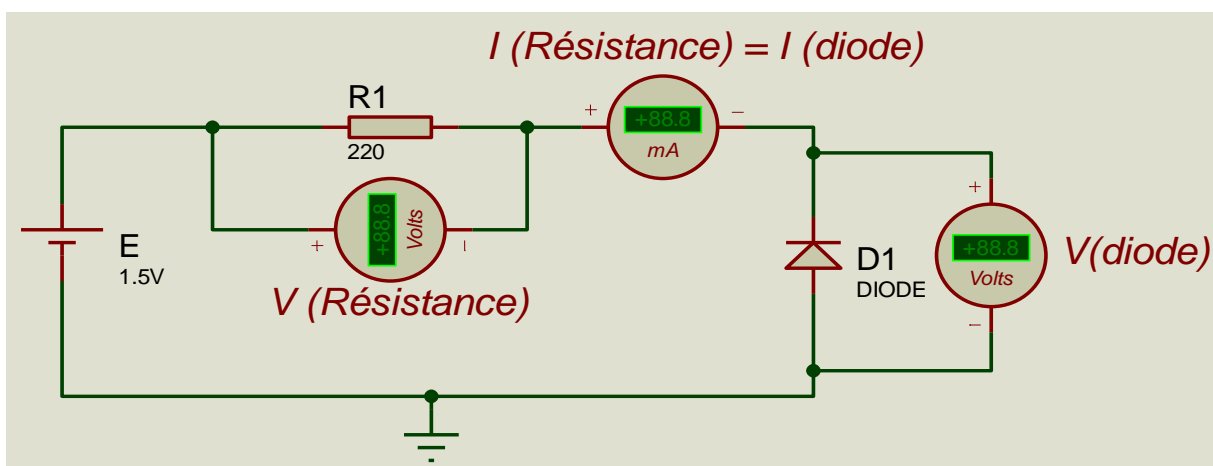
a. A l'aide de Proteus réaliser le montage suivant :



b. Simuler le montage et remplir le tableau suivant :

| E | 0 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 |
|-------|---|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|----|----|----|
| V_R | | | | | | | | | | | | |
| I_R | | | | | | | | | | | | |
| V_d | | | | | | | | | | | | |
| I_d | | | | | | | | | | | | |

c. Inverser la diode pour avoir le montage suivant :



d. Simuler le montage et remplir le tableau suivant :

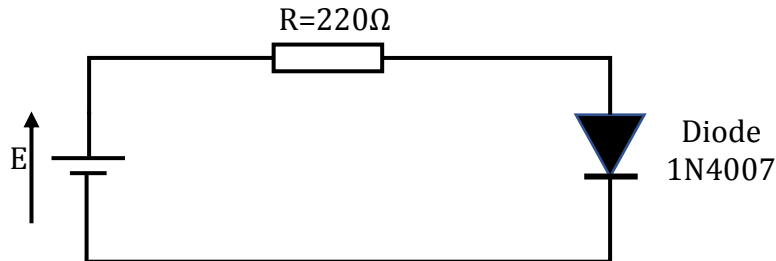
| $E (v)$ | 0 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 |
|------------|---|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|----|----|----|
| $V_R (v)$ | | | | | | | | | | | | |
| $I_R (mA)$ | | | | | | | | | | | | |
| $V_i (v)$ | | | | | | | | | | | | |
| $I_i (mA)$ | | | | | | | | | | | | |

e. Tracer sur le même graphe en choisissant des échelles convenables, les fonctions suivantes : $I_r = f(V_R)$; $I_d = f(V_d)$; $I_i = f(V_i)$.

3.2. Travail Présentiel

3.2.1. Polarisation direct (sens passant)

a. Réaliser le montage suivant :

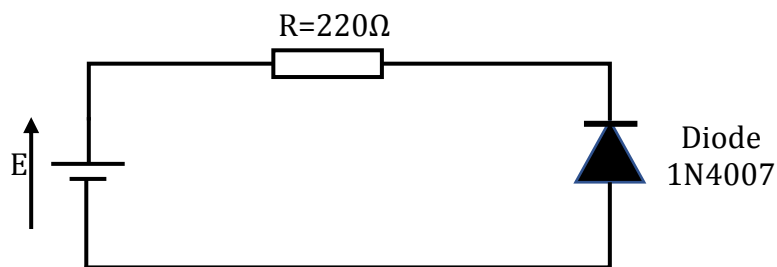


b. En faisant varier le générateur de tension E , relever pour chaque valeur la chute de tension V_R aux bornes de la résistance R et le courant I_R qui la traverse et porter ces valeurs dans le tableau de mesures.

c. En faisant varier le générateur de tension E , relever pour chaque valeur la chute de tension V_d aux bornes de la diode et le courant I_d qui la traverse et porter ces valeurs dans le tableau des mesures (Tableau. 1).

3.2.2. Polarisation inverse (sens bloqué)

a. Réaliser le montage suivant :



b. En faisant varier le générateur de tension E , relever pour chaque valeur la chute de tension V_i aux bornes de la diode et le courant I_i qui la traverse et porter ces valeurs dans le tableau des mesures (Tableau. 1).

Tableau. 1.

| <i>E</i> | 0 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 |
|----------------------|---|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|----|----|----|
| <i>V_R</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>I_R</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>V_d</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>I_d</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>V_i</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>I_i</i> | | | | | | | | | | | | |

3.2.3. Travail à faire

- a. Citer le matériel utilisé au cours de la manipulation.
- b. Tracer sur le même graphe en choisissant des échelles convenables, les fonctions suivantes :
 $I_r = f(V_R)$; $I_d = f(V_d)$; $I_i = f(V_i)$.
- c. Déterminer la pente de la droite $I_r = f(V_R)$.
- d. Déterminer la tension de seuil de la diode, et sa résistance dynamique.
- e. Donner le courant de saturation I_s de la diode.
- f. Conclusion.

TP N° : 05

LA DIODE (REDRESSEMENT)

1. Le but de la manipulation

L'objectif essentiel de cette manipulation est de voir l'opération par laquelle un courant alternatif est transformé en courant unidirectionnel en utilisant les propriétés des diodes à semi-conducteur.

2. Rappel théorique

2.1. Redressement simple alternance

La diode, présentant une résistance pratiquement infinie lorsqu'elle est polarisée en inverse, peut être utilisée pour obtenir un courant unidirectionnel à partir d'un courant alternatif tel que le courant sinusoïdal.

Nous n'utilisons qu'une seule diode pour ne laisser passer que l'alternance positive :

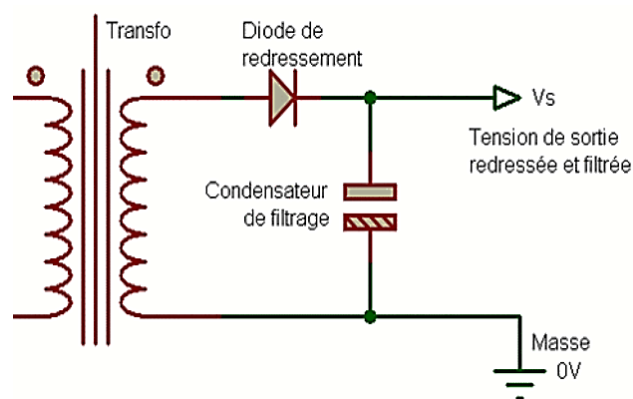


Figure. 1 : Redresseur simple alternance.

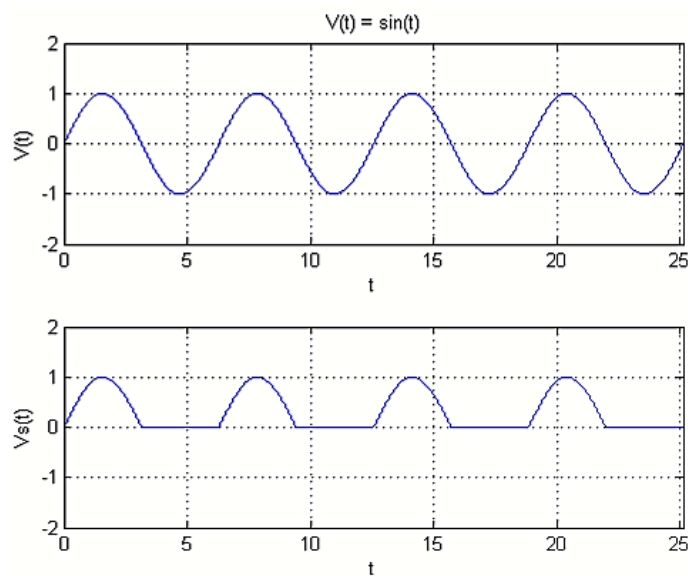


Figure. 2 : Tension d'entrée ($V(t)$) et la tension de sortie ($V_s(t)$).

2.2. Redressement double alternance à 4 diodes

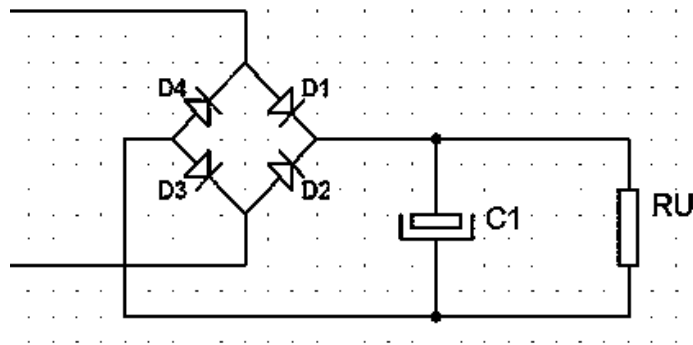


Figure.3 : Redresseur double alternance.

a. D'abord, l'alternance positive :

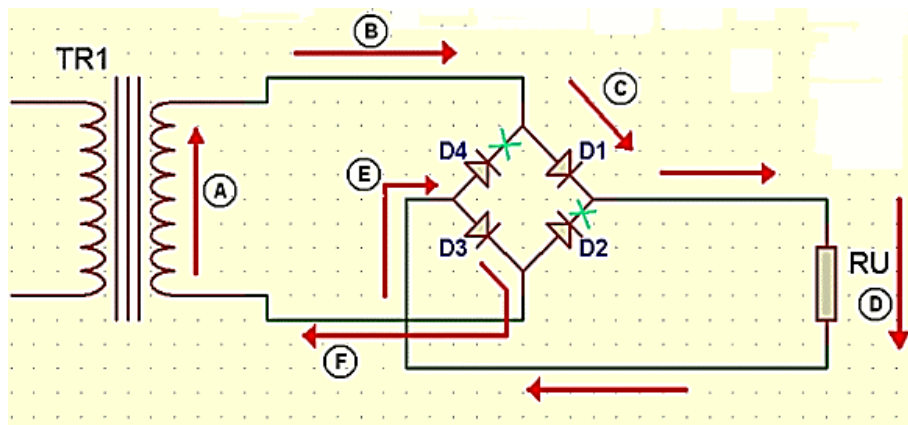


Figure. 4

Le courant (B) passe par D1 (D4 est bloqué ainsi que D2) et traverse R_U . Pour le retour, en [E], le courant ne peut passer que par [D3] (il y a le même potentiel aux bornes de [D4], donc bloquée). Et retour au secondaire du transfo.

b. Puis, l'alternance négative :

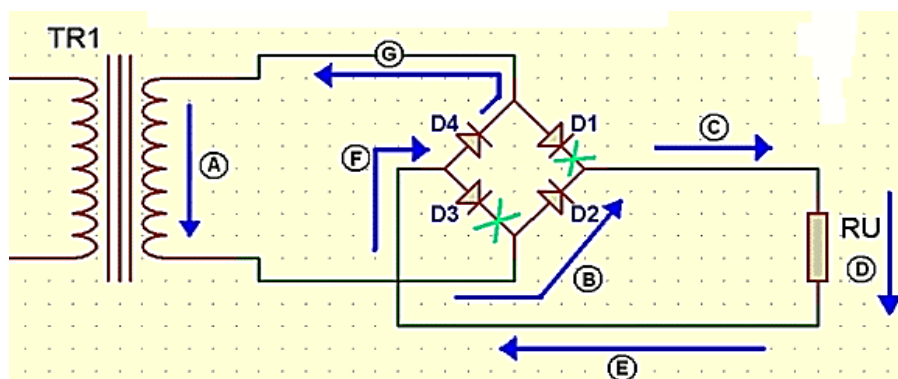


Figure. 5

C'est identique à ceci près que le courant, bien sûr, est inversé. Passage par [D2] car [D1] et [D3] sont bloquées. On traverse RU (et dans le même sens qu'avec l'alternance positive). Et le retour au transfo s'effectue par [D4].

Nous avons donc réalisé ce que nous voulions, à savoir les deux alternances passant dans le même sens dans RU :

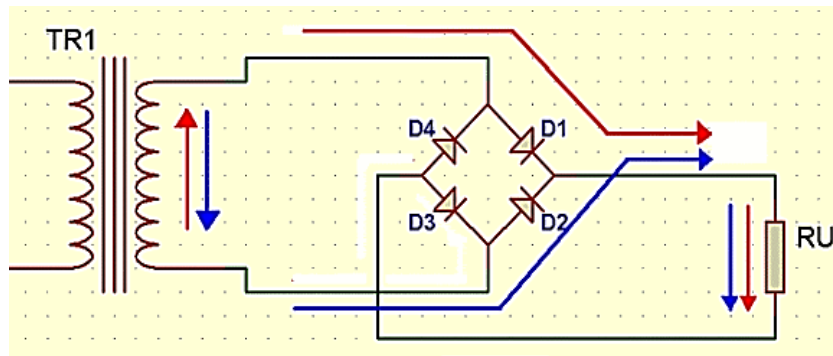


Figure. 6

A l'aide de l'oscilloscope, nous obtenons cette forme d'onde :

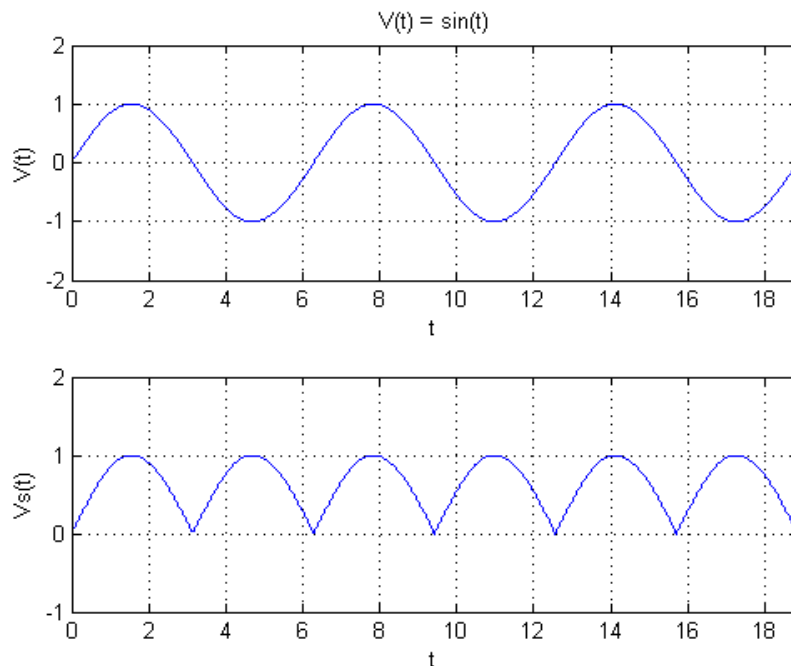


Figure. 7 :

Avec Vs = signal aux bornes de Ru.

Nous retrouvons donc notre schéma complet avec le condensateur de filtrage sous la figure 3. Comment fonctionne-t-il ?

Jusqu'à la première montée en tension de la 1/2 alternance, le condensateur se charge. Dès que la tension baisse, les diodes D1 ou D2 (suivant l'alternance) sont bloquées. Le condensateur se décharge donc dans R_U . D'où l'importance de la valeur du condensateur, car s'il possède une trop faible valeur, il se déchargera trop vite et adieu votre tension. Le surdimensionnement du condensateur n'est pas non plus une bonne méthode, car il va coûter beaucoup plus cher et son encombrement sur le circuit aussi.

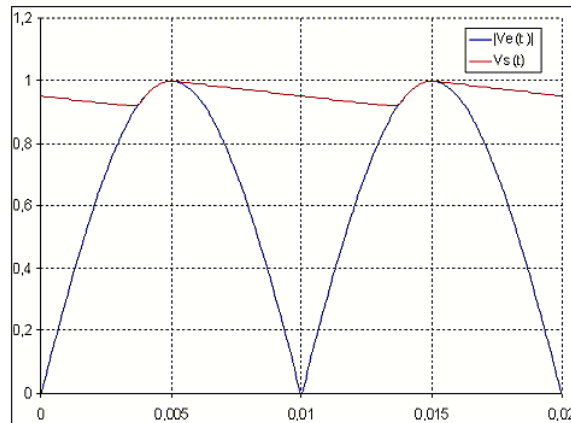


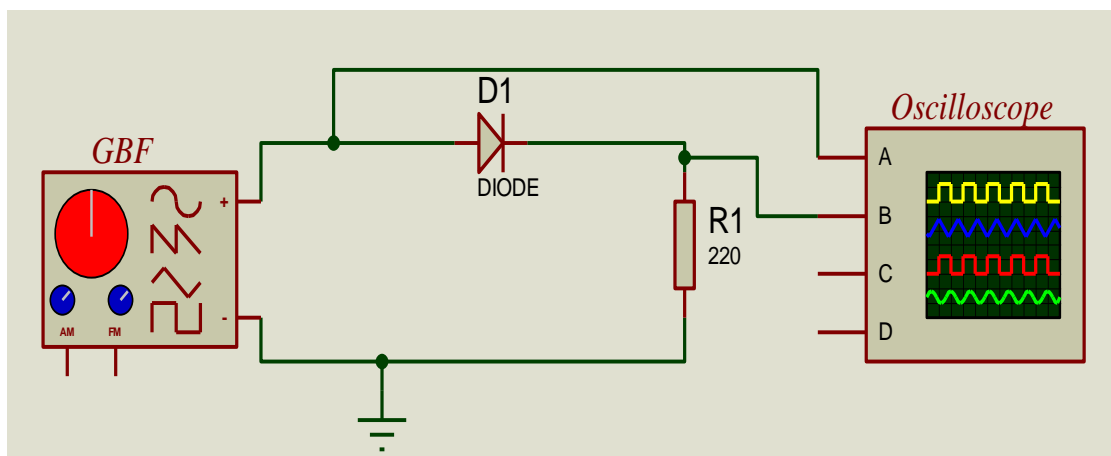
Figure. 8.

3. Manipulation

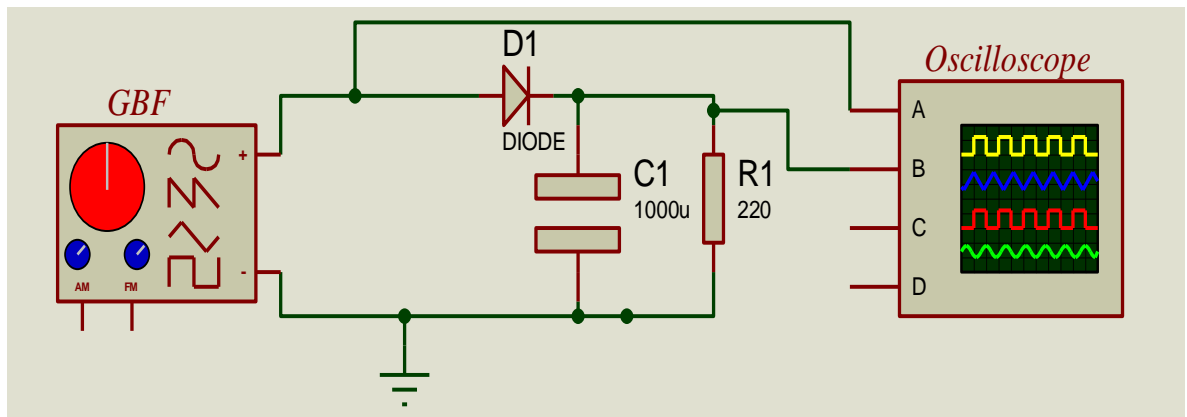
3.1. Travail Personnel

3.1.1. Redresseur simple alternance

a. A l'aide de Proteus réaliser le montage suivant :



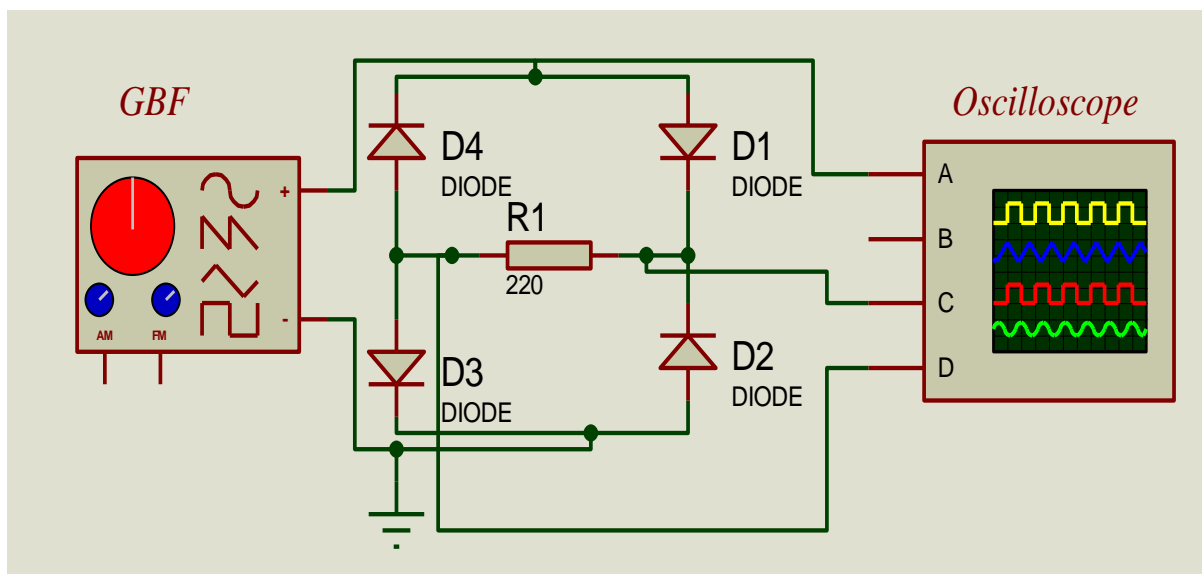
- Simuler le montage en ajustant le GBF pour avoir un signal sinusoïdal de fréquence égale à 100Hz et amplitude de 10V.
- Observer sur l'oscilloscope le signal d'entrée et le signal aux bornes de la résistance R_1 .
- Dessiner sur un papier millimétrique les signaux observés.
- Rajouter un condensateur en parallèle avec la résistance R_1 comme suit :



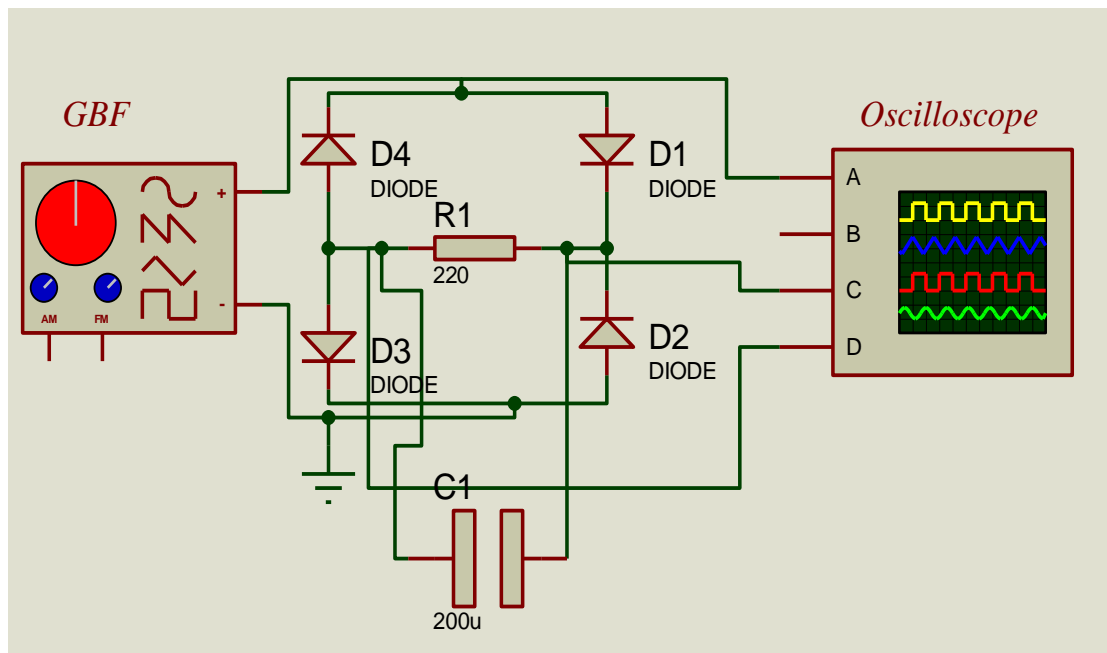
- f. Simuler le montage pour différentes valeurs de condensateur ($5\mu f$, $10\mu f$, $50\mu f$, $100\mu f$ et $1000\mu f$).
- g. Dessiner sur un papier millimétrique les signaux observés sur l'oscilloscope pour les différentes valeurs de condensateur.

3.1.2. Redresseur double alternance

- a. A l'aide de Proteus réaliser le montage suivant :



- b. Simuler le montage en faisant le suivant :
 1. Ajuster le GBR sur un signal sinusoïdal de fréquence égale à 100 Hz et amplitude de 10v.
 2. Inverser le signal observer par le channel D.
 3. Sommer les deux signaux observer par le channel C et D en appuyant sur le bouton (C+D) de l'oscilloscope.
- c. Dessiner sur un papier millimétrique les signaux observés sur l'oscilloscope.
- d. Rajouter un condensateur en parallèle avec la résistance R_1 comme suit :



- e. Simuler le montage pour différentes valeurs de condensateur ($5\mu f$, $10\mu f$, $50\mu f$, $100\mu f$ et $1000\mu f$).
- f. Dessiner sur un papier millimétrique les signaux observés sur l'oscilloscope pour les différentes valeurs de condensateur.

3.2. Travail présentiel

3.2.1. Redresseur mono-alternance

- a. Réaliser le montage de la (figure.9).

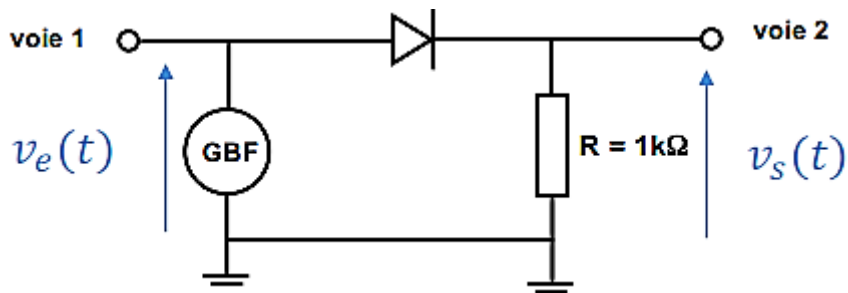


Figure. 9

- b. Mettre l'oscilloscope en balayage horizontal et fixer le « spot » de l'oscilloscope au milieu des axes.
- c. Régler le GBF sur un signal sinusoïdal de 5V d'amplitude.
- d. Visualisez les deux signaux sur l'oscilloscope (voie 1 et voie 2).
- f. Observez et dessinez sur un papier millimétré la forme du signal d'entrée $V_e(t)$ (voie 1) et du signal de sortie $V_s(t)$ (voie 2). (Ne pas oublier de prendre les échelles qui sont données par les calibres de l'oscilloscope).
- g. faire varier l'amplitude du signal d'entre que remarquez vous sur les signaux de sorties.

- h. Ajoutez dans le circuit un condensateur « C » en parallèle avec le résistance « R ». Faites le schéma du nouveau circuit.
- i. Observez et dessinez pour les valeurs de condensateurs « C = 1, 10 et 100 μF » la forme du signal de sortie.
- j. Comment comprenez-vous la forme du signal ? Expliquez pourquoi vous obtenez un tel signal.

3.2.2. Redresseur double-alternance

- a. Réaliser le schéma suivant (pont de Graetz) :

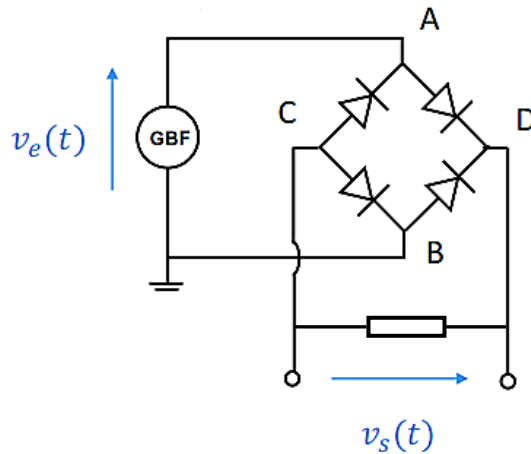


Figure. 10

- b. Régler le GBF encore sur un signal sinusoïdal de 5V d'amplitude.
- c. Dessinez le signal que vous observez en sortie $V_s(t)$.
- d. Expliquez pourquoi.
- e. Si on met un condensateur « C = 100 μF » dans la sortie du montage de la (fig 10) tracer le signal de sortie sur un papier millimétré.

TP N° : 06

AMPLIFICATEUR À TRANSISTOR BIPOLAIRE

1. But de la manipulation

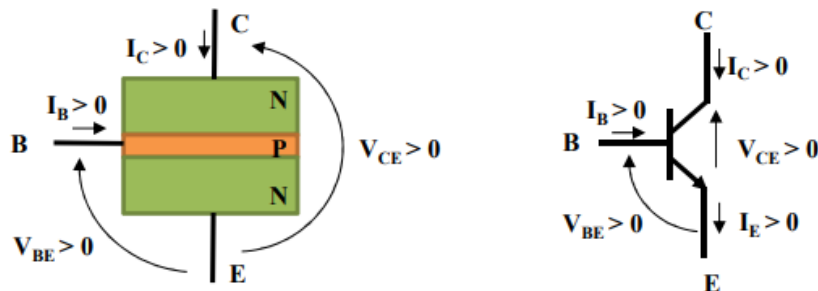
Le but de cette manipulation est d'étudier les méthodes de polarisation et de mesurer les principales caractéristiques de l'amplification en utilisant un transistor bipolaire monté en émetteur commun.

2. Rappel théorique

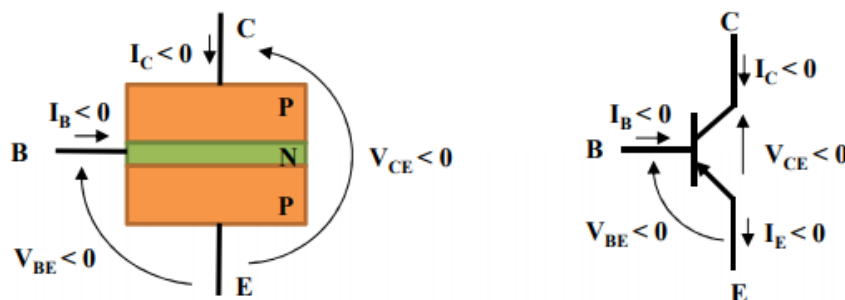
2.1. Transistor bipolaire

Le transistor bipolaire est un élément actif à 3 accès (Base (B), Collecteur (C), Emetteur (E)) constitué de 3 couches semiconductrices NPN et PNP.

➤ Transistor NPN :

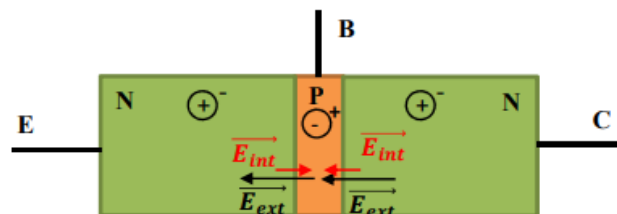


➤ Transistor PNP :



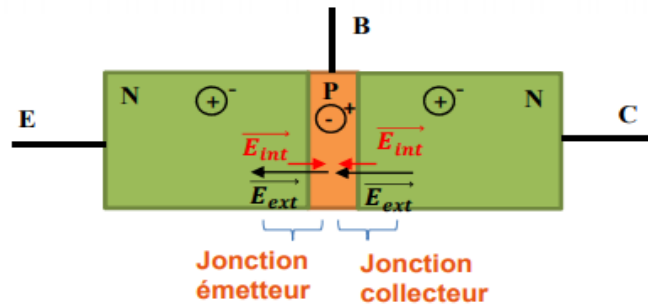
Les tensions de polarisation (V_{BE} et V_{CE}) et les courants (I_B et I_C) sont des grandeurs continues données avec leurs signes respectifs (>0 ou <0) pour un fonctionnement normal.

- Cas du transistor NPN



- ✓ L'émetteur (E) est fortement dopé. Son rôle est d'injecter des électrons dans la base.
- ✓ La base (B) est faiblement dopée et très mince. Elle transmet au collecteur la plupart des électrons venant de l'émetteur.
- ✓ Le collecteur (C) recueille les électrons qui lui viennent de la base d'où son nom.

• Cas du transistor NPN



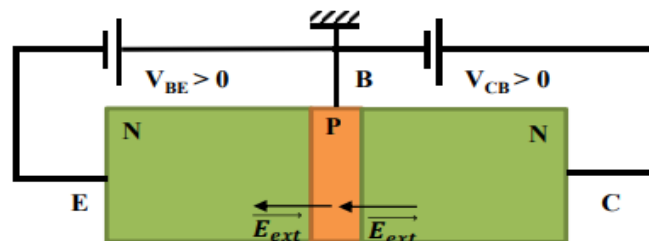
- ✓ Jonction émetteur polarisée en directe pour créer un champ externe \vec{E}_{ext} opposé au champ interne \vec{E}_{int} .

SI $|\vec{E}_{ext}| > |\vec{E}_{int}|$, les électrons majoritaires au niveau de l'émetteur peuvent passer dans la base. La base est faiblement dopée et très mince donc très peu d'électrons se recombinent avec des trous. Le courant de base est très faible.

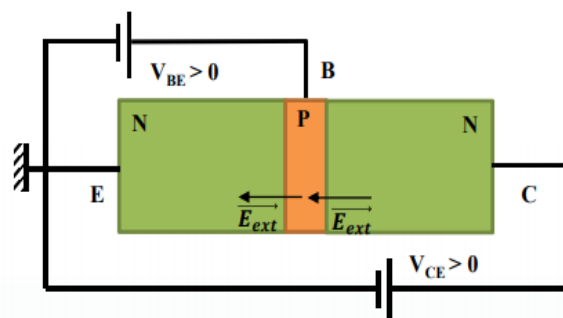
- ✓ Jonction collecteur polarisée en inverse - Le champ externe \vec{E}_{ext} est dans le même sens que le champ interne \vec{E}_{int} .

Les électrons qui n'ont pas été recombinés avec les trous au niveau de la base peuvent passer dans le collecteur.

• Polarisation base commune



• Polarisation émetteur commun



Avec $V_{CE} > V_{BE}$
car $V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} > 0$

• **Caractéristiques courant tension d'un transistor bipolaire**

Le transistor comporte trois accès et il est caractérisé par 6 grandeurs électriques :

- ✓ Trois courant : I_B , I_C et I_E ;
- ✓ Trois tensions : V_{BE} , V_{CE} et V_{CB} .

Mais : $I_E = I_C + I_B$ et $V_{CB} = V_{CE} + V_{BE}$

La relation entre ces grandeurs est donnée par la figure suivante :

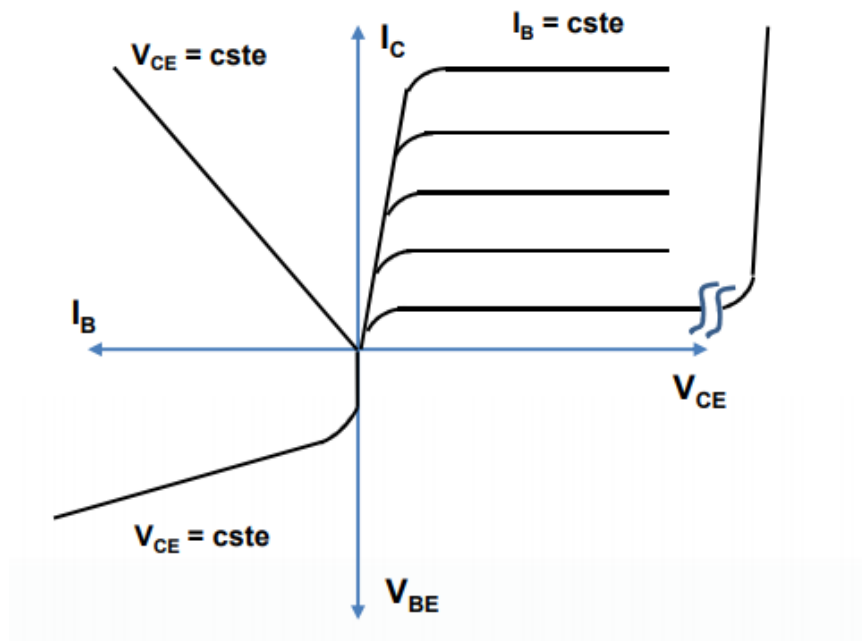


Figure.1 : Caractéristiques courant-tension d'un transistor bipolaire.

2.2. Principe d'un amplificateur

Un amplificateur sert à amplifier un signal électrique dont l'amplitude ou la puissance est trop faible et qui ne peut être utilisé directement ; il lui permet d'avoir une amplitude ou une puissance suffisante permettant son utilisation.

2.2.1. Caractéristique dynamique

A. Gain d'un amplificateur

On peut classer les amplificateurs selon la grandeur qu'ils permettent principalement d'amplifier (tension, courant ou puissance).

- ✓ Gain en tension : $G_v = V_s/V_e$ ou $G_v(dB) = 20 \cdot \log(V_s/V_e)$
- ✓ Gain en Courant : $G_i = I_s/I_e$ ou $G_i(dB) = 20 \cdot \log(I_s/I_e)$
- ✓ Gain en puissance : $G_p = P_s/P_e$ ou $G_p(dB) = 20 \cdot \log(P_s/P_e)$

B. Linéarité

Un amplificateur est dit linéaire si le rapport $A_v = V_s/V_e$ est constant lorsque V_e varie ; donc il ne doit pas déformer le signal amplifié, dans le cas contraire il est non linéaire.

C. Bande passante

La bande passante est le domaine d'utilisation d'un amplificateur, elle est représentée par le gain en tension en fonction des fréquences des signaux à amplifier $G_v = h(f)$ pratiquement, on admet que le domaine d'utilisation de l'amplificateur est limité par les fréquences f_{c1} et f_{c2} pour lesquelles l'affaiblissement de G_v est de 3dB par rapport à la valeur maximale de ce gain. Donc la bande passante est : $B = f_{c2} - f_{c1}$.

2.2.2. Montage d'amplificateur à émetteur commun

Le montage émetteur commun (Figure.2) est le plus utilisée figure ci-dessous car il permet d'obtenir de fort gain en tension et en puissance.

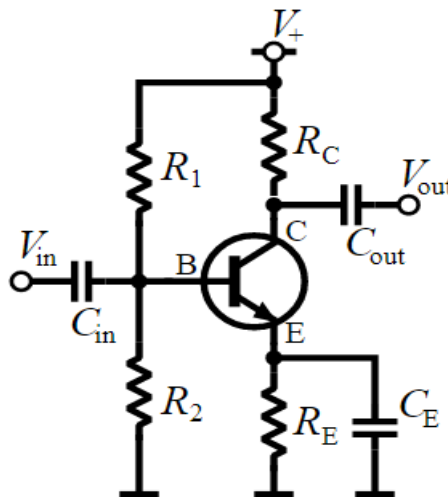


Figure. 2 : Amplificateur à émetteur commun.

Avec :

C_{out} , C_{in} et C_E : Capacités de liaison ;

R_C : Résistance de collecteur ;

R_E : Résistance d'émetteur ;

R_1 et R_2 : Résistances de pont de base.

Les principaux résultats sont :

- ✓ Gain en tension : $G_V = \frac{R_C}{h_{11} + R_E} \approx \frac{R_C}{R_E}$
- ✓ Impédance d'entrée du transistor : $Z_{et} = h_{11} + R_E \approx R_E$
- ✓ Impédance d'entrée de l'étage : $Z_e = Z_{et} // R_1 // R_2$

✓ Impédance de sortie de l'étage : $Z_s \cong RC$

La bande passante est limitée du côté basse fréquence par la capacité C_{out} et du côté haute fréquence par les capacités inter-électrodes du transistor (C_{EB} ; C_{CB} , C_{CE} , ...) et du montage.

✓ Fréquence de coupure basse : $Fc1 \approx \frac{1}{2\pi RB.Cout}$

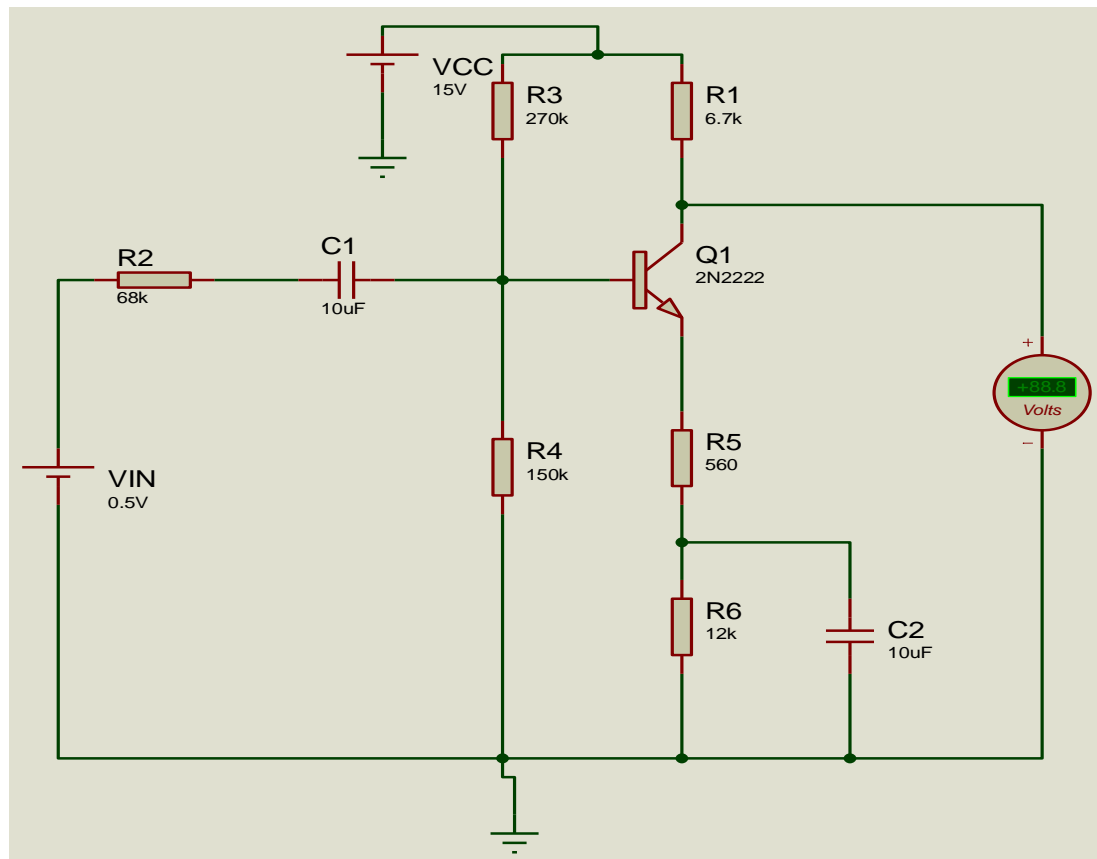
✓ Fréquence de coupure basse : $Fc2 \approx \frac{1}{2\pi h_{11}.C_{EB}} = f_{\beta}$

f_{β} : fréquence de coupure du gain en courant du transistor.

3. Manipulation

3.1. Travail Personnel

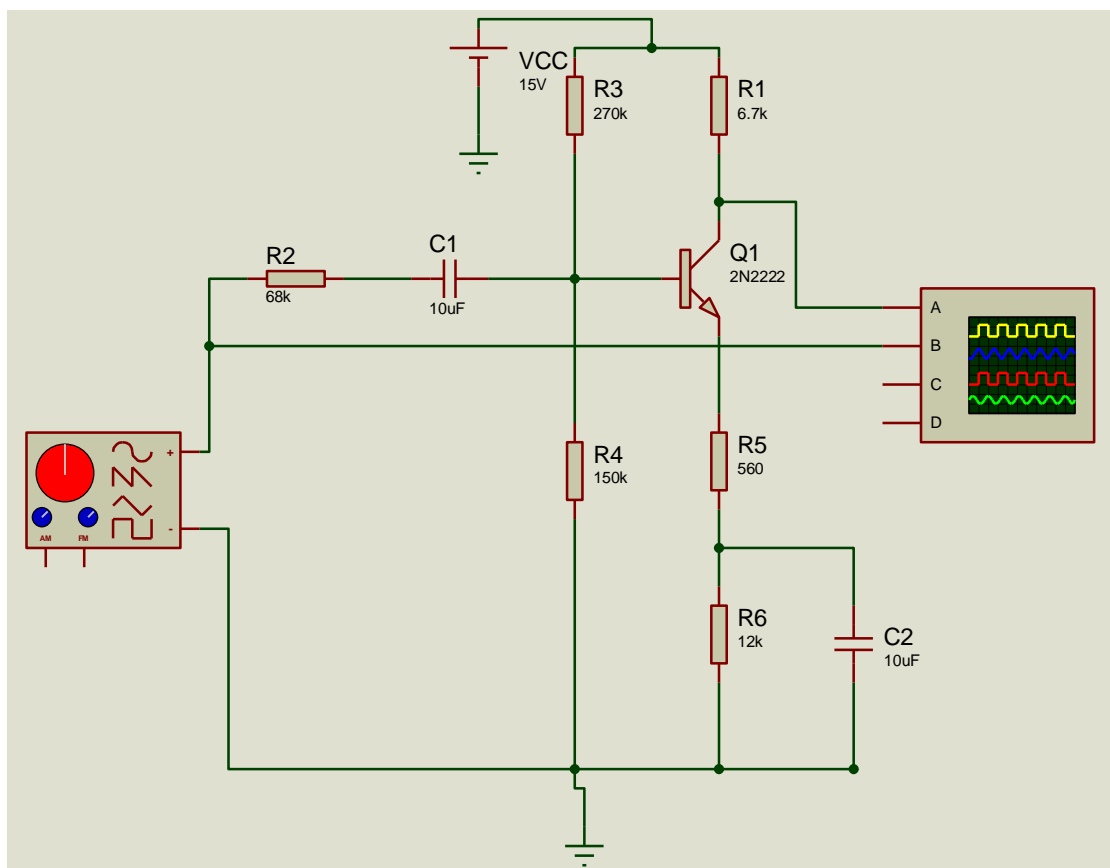
a. A l'aide de Proteus réaliser le montage suivant :



b. Simuler le circuit et mesurer les tensions V_B , V_C et V_E .

c. En déduire la tension V_{CE} et les courants I_B , I_C et I_E .

d. Débrancher l'alimentation d'entrée (V_{in}), à l'aide d'un GBF générer un signal sinusoïdal de fréquence 1kHz et d'amplitude de 150mv.



- e. Simuler le montage et visualiser le signal d'entrée et le signal de sortie sur un oscilloscope.
- f. Reporter les signaux observés sur un papier millimétrique.
- g. Mesurer le gain en tension. Comparer cette valeur avec la valeur théorique.

3.2. Travail Présentiel

- a. Réaliser le montage (prendre en compte le brochage du transistor 2N2222 (Figure. 4)) ci-dessous :

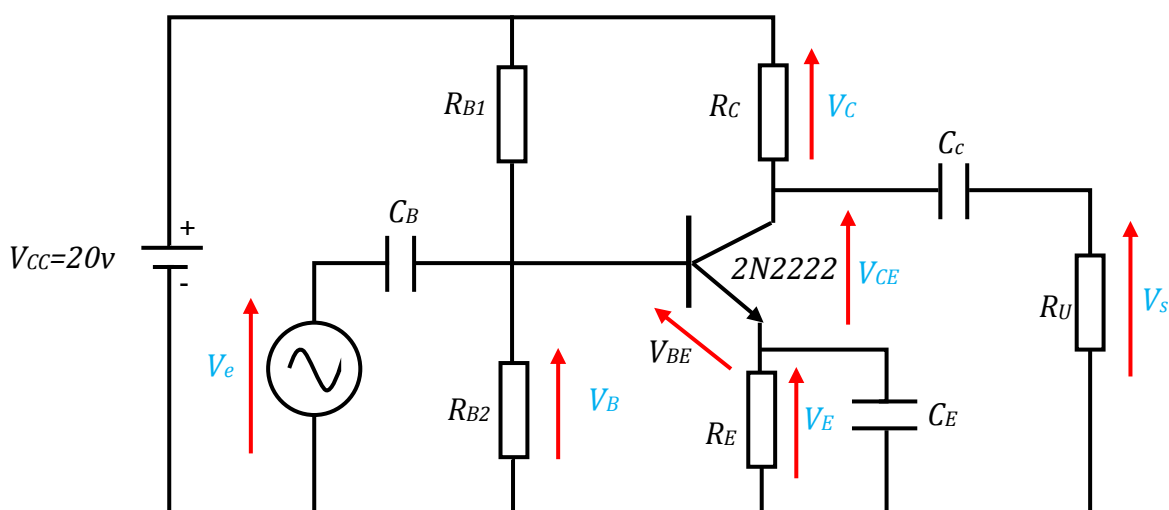


Figure. 3 : Amplificateur à émetteur commun.

Avec ; $R_{B1}=10K\Omega$, $R_{B2}=1K\Omega$, $R_E=100\Omega$, $C_B=C_C=C_E=4,7 \mu F$.

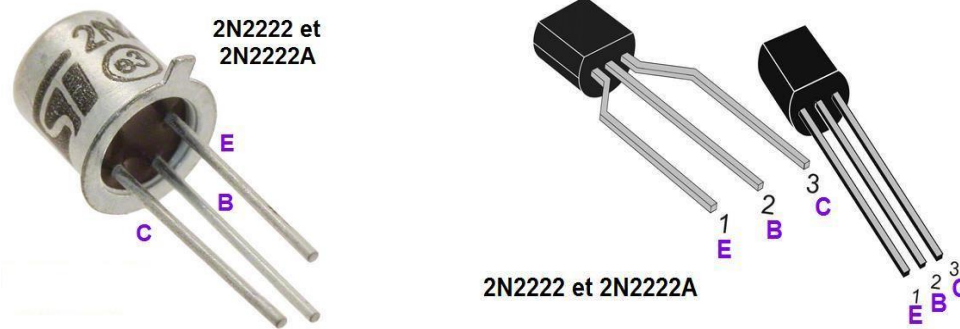


Figure. 4 : Brochage du transistor 2N2222 et 2N2222A.

- b. A l'aide d'un générateur de tension continu ; alimenter le montage amplificateur de la figure. 3.
- c. Mesurer V_C , V_B , V_E , V_{BE} , I_B , I_C et porter ces valeurs au tableau 1 :

Tableau .1

| | V_C | V_B | V_{BE} | V_{CE} | I_B | I_C |
|--------------------------|-------|-------|----------|----------|-------|-------|
| Valeurs mesurées | | | | | | |
| Valeurs calculées | | | | | | |

- d. En déduire le gain β du transistor.
- e. Brancher le GBF à l'entrée du montage, générer un signal sinusoïdal de fréquence $f=10KHz$, en faisant varier l'amplitude du signal d'entrée V_e , relever le signal de sortie V_s à l'aide de l'oscilloscope et porter les valeurs au tableau 2 :

Tableau. 2

| | | | | | | | |
|-----------------|--|--|--|--|--|--|--|
| $V_e(V)$ | | | | | | | |
| $V_s(V)$ | | | | | | | |
| $G_v=V_s / V_e$ | | | | | | | |

- f. Tracer la courbe de linéarité $V_s=f(V_e)$ et la courbe de gain $G_v=f(V_e)$.
- g. A partir de quelle valeur de V_e , le signal de sortie V_s présente-t-il de la distorsion d'amplitude.
- h. Faire varier la fréquence du générateur visualiser le signal de sortie sur l'oscilloscope, que remarquer vous ? (Expliquer le phénomène).
- i. D'après les expériences faites sur le transistor que peut -on conclure.

TP N° : 07

LE TRANSISTOR À EFFET DE CHAMP (T.E.C)

1. Le but de la manipulation

Dans ce TP nous allons étudier un transistor appartenant à la famille des transistors à effet de champ (TEC), un transistor à jonction couramment appelé (JFET), dont le but est la familiarisation de l'étudiant avec les transistors à effet de champs.

2. Rappel théorique

2.1. Le transistor à effet de champ

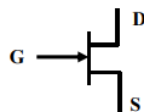
2.1.1. Présentation générale

Le transistor à effet de champ se présente comme une résistance variable commandée par une tension extérieure.

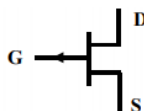
- **Comparaison avec le transistor bipolaire :**

- ✓ Fonctionnement lié au déplacement d'un seul type de porteur (porteur majoritaire).
- ✓ Très forte impédance d'entrée ($M \Omega$).
- ✓ Facteur de bruit inférieur au transistor bipolaire.

➤ **Transistor à canal N**



➤ **Transistor PNP**

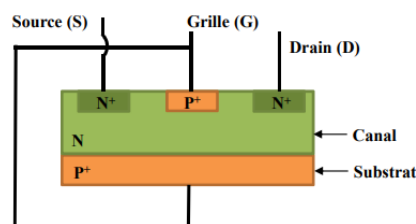


NB : Le sens de la flèche indique le sens du courant de grille.

- **Constitution du TEC à canal N**

Sur un substrat de type P (Grille) fortement dopé (P^+) sont déposées :

- ✓ Une zone N faiblement dopée qui constitue le canal
- ✓ Deux zones N fortement dopées (N^+) qui constituent des bornes d'entrée (Source) et de sortie du canal (Drain)



• **Elément actif à 3 accès :**

Grille (G) : électrode de commande,

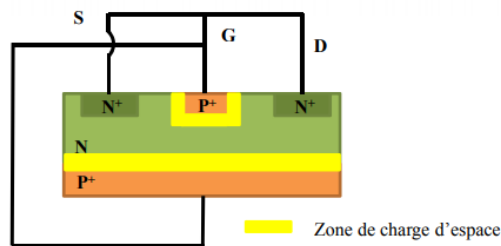
Source (S) : électrode par laquelle les porteurs majoritaires entrent dans le canal,

Drain (D) : électrode par laquelle les porteurs majoritaires quittent le canal.

2.1.2. Fonctionnement du transistor à canal N

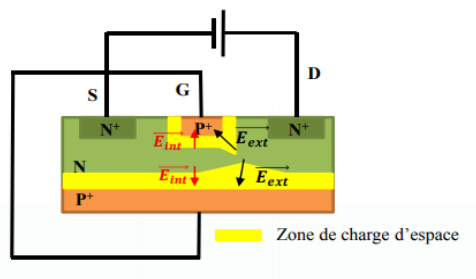
➤ **$V_{GS} = 0\text{ V}$ (grille et source reliées) - $V_{DS} = 0\text{ V}$**

La mise en contact des zones P et N donne naissance à des zones de charges d'espace qui diminuent la largeur effective du canal :



➤ **$V_{GS} = 0\text{ V}$ (grille et source reliées) - $V_{DS} \geq 0\text{ V}$ faible**

La jonction grille drain est polarisée en inverse – Les zones de charge d'espace augmentent – Si V_{DS} faible, le canal se comporte comme une résistance R_{DS} (transistor à un comportement ohmique).



➤ **$V_{GS} = 0\text{ V}$ (grille et source reliées) - $V_{DS} \geq 0\text{ V}$ élevée**

Si V_{DS} augmente la section conductrice du canal diminue et R_{DS} augmente, le courant I_D entre le drain et la source commence à être limité – Lorsque les deux zones de charge d'espace se rejoignent le canal est pincé ($V_{DS} = V_p$).

➤ **$V_{GS} < 0\text{ V}$ - $V_{DS} = 0\text{ v}$**

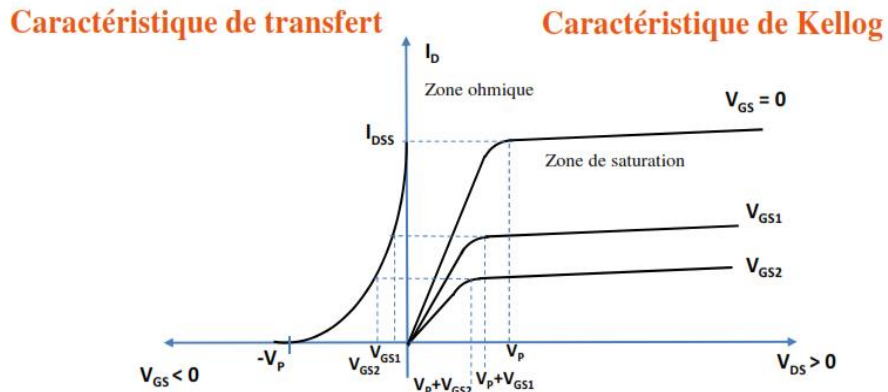
Si $|V_{GS}|$ augmente l'épaisseur du canal se rétrécit ; le canal est totalement pincé lorsque $V_{GS} = -V_p$.

➤ **$V_{GS} < 0\text{ v}$ - $V_{DS} > 0\text{ v}$**

✓ Si $|V_{GS}| < V_p$ le canal ne peut être complètement fermé ; le courant I_D qui circule dépend de V_{DS} .

✓ Si $V_{DS} > V_{DScoude} = V_p - V_{GS}$ le courant I_D n'augmente plus.

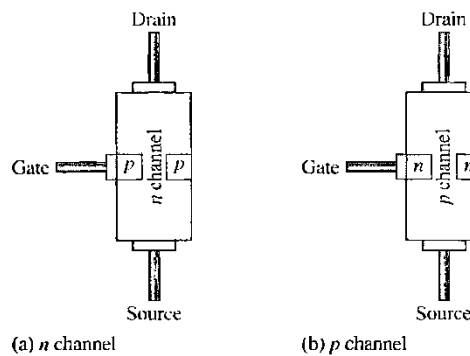
2.1.3. Caractéristiques d'un transistor à effet de champ



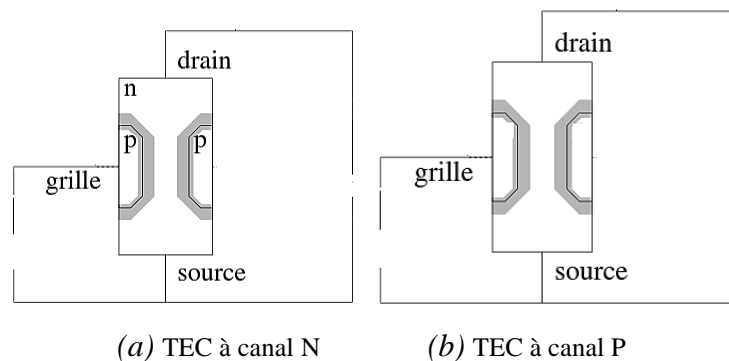
NB: La caractéristique de transfert est tracée lorsque le transistor est dans la zone de saturation.

3. Travail de préparation

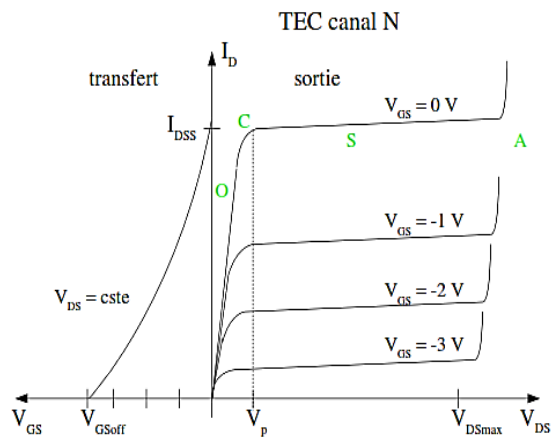
a. Quelle est la différence entre un TEC à canal N et à canal P ? (Expliquer).



b. Compléter sur les deux schémas électrique (a) et (b) la polarisation des deux TEC à canal N et à canal P (V_{GS} et V_{DS}) avec les sens des courants I_G , I_D et I_S . (Expliquer).



c. La figure ci-dessous représente la caractéristique de TEC « de transfert et de sortie »:

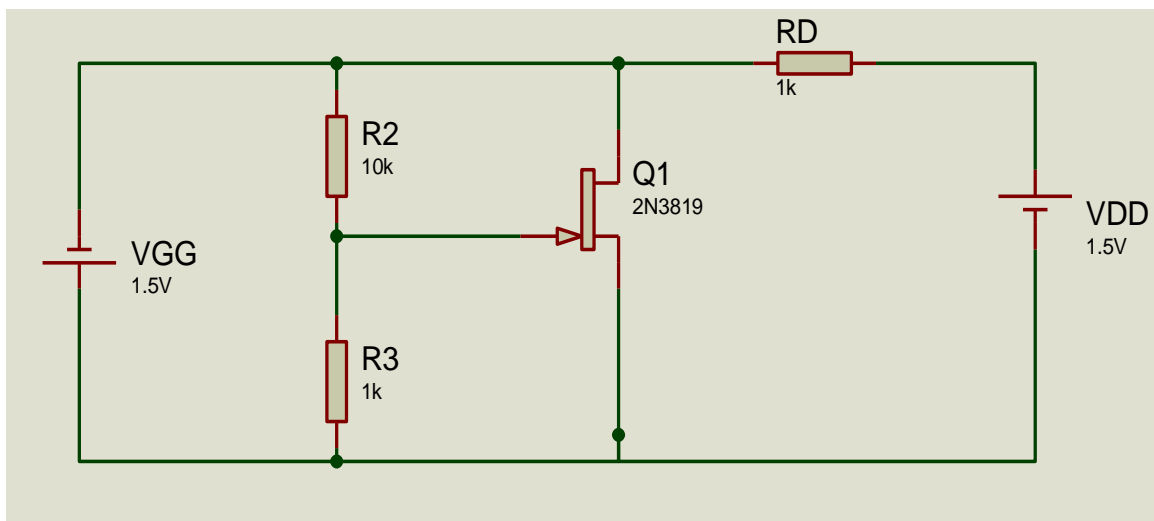


1. Que signifie les termes I_{DSS} , V_{GSoff} , V_p et V_{DSmax} .
2. Expliquer en bien détail le comportement du TEC dans les deux caractéristiques de transfert et de sortie.

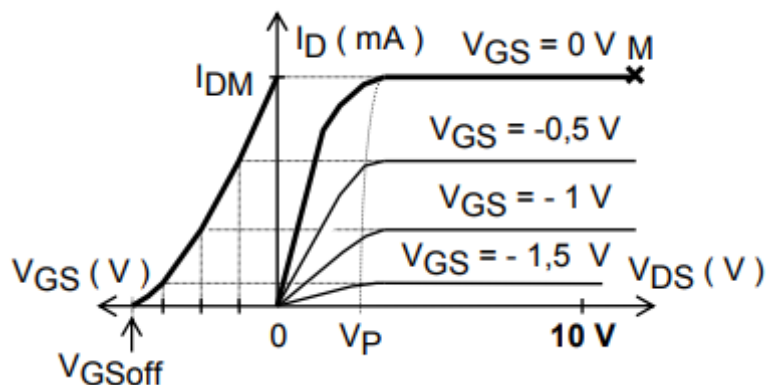
4. Manipulation

4.1. Travail personnel

a. A l'aide de Proteus réaliser le montage ci-dessous :



b. Relever et simuler le montage en ajoutant les appareils mesurant les grandeurs électriques nécessaires pour réaliser les courbes ci-dessus :



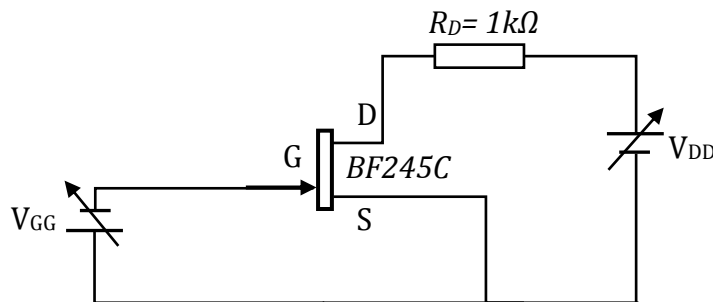
c. Montrer que $R_D = 1\text{ k}\Omega$ limite la puissance transmise par l'alimentation V_{DD} au T.E.C.

NB : la puissance maximale transmise au TEC par V_{DD} associé à R_D est $V_{DD}^2 / 4 R_D$.

4.2. Travail présentiel

4.2.1. Etudier les caractéristiques de transfert d'un FET

a. Réaliser le montage ci-dessous :



b. Relever le montage en ajoutant les appareils mesurant les grandeurs électriques nécessaires pour remplir le tableau ci-dessous :

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------|------|----|------|----|------|------|----|------|------|---|
| $V_{DS} = 10\text{ Volt}$ | | | | | | | | | | |
| $V_{GS}\text{ (V)}$ | -3.5 | -3 | -2.5 | -2 | -1.5 | -1.2 | -1 | -0.6 | -0.3 | 0 |
| $I_D\text{ (mA)}$ | | | | | | | | | | |

c. Tracer sur un papier millimétrique la caractéristique de transfert $I_D = f(V_{GS})$ avec $V_{DS} = C^{st}$.

d. Donnez les valeurs de: V_{GSoff} et I_{DSS} .

4.2.2. Etudier les caractéristiques de sortie

a. En utilisant le même montage compléter le tableau ci-dessous :

| $V_{GS} = 0\text{ Volt}$ | | $V_{GS} = -1\text{ Volt}$ | | $V_{GS} = -2\text{ Volt}$ | |
|--------------------------|-------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|
| V_{DS} | I_D | V_{DS} | I_D | V_{DS} | I_D |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

b. Tracer sur un papier millimétrique la caractéristique de sortie $I_D = f(V_{DS})$ avec $V_{GS} = C^{st}$.

c. Donner les valeurs de: V_P et I_{DSS} .

TP N° : 08

AMPLI-OP ET MONTAGES ÉLÉMENTAIRES

1. But de la manipulation

Le but de ce TP est d'étudier les caractéristiques d'un Ampli-op et ses applications élémentaires.

2. Rappel théorique

2.1. Caractéristiques d'un amplificateur opérationnel en courant continu

Un amplificateur opérationnel (AO) comporte (Figure. 1):

- 2 entrées
 - L'une inverseuse (-)
 - L'autre non inverseuse (+)
- Une seule sortie, où le signal U_s est mesuré par rapport à un **point commun**.
- Une source d'alimentation externe à courant continu ± 15 V par rapport au point commun.

L'AO est un amplificateur différentiel à grande gain en boucle ouverte A_{ol} (ol : open loop), c'est-à-dire en absence de contre-réaction.

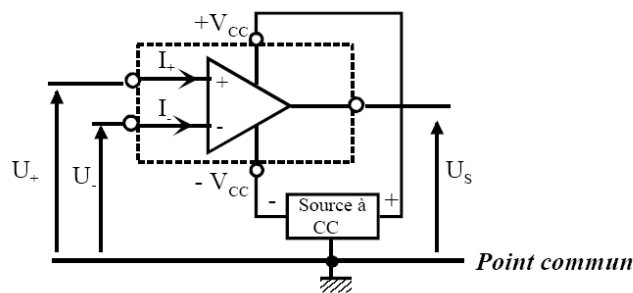


Figure.1 : Amplificateur opérationnel.

L'AO idéal (parfait) remplit les conditions suivantes :

- ✓ Un gain différentiel infini en boucle ouverte :

$$A_{ol} = \frac{U_s}{\varepsilon} = \infty, \text{ ou } \varepsilon = U_+ - U_-;$$

- ✓ La tension de sortie est nulle en absence de signal d'entrée ;
- ✓ Les courants sur chaque entrée sont nuls : $I_+ = I_- = 0$. L'impédance d'entrée différentiel est infinie : $Z_e = \infty$;
- ✓ Une impédance de sortie nulle : $Z_s = 0$. L'AO idéal est équivalent à la sortie à une source de tension U_s de résistance nulle.

L'AO est caractérisé par sa réponse en tension (tension de sortie en fonction de la tension différentielle d'entrée).

La caractéristique $U_s = f(\varepsilon)$ comporte 3 zones :

- $U_+ \succ U_- \Rightarrow U_s = +V_{CC}$ Zone de saturation positive ;
- $U_+ = U_- \Rightarrow \varepsilon = 0$ Régime linéaire ;
- $U_+ \prec U_- \Rightarrow U_s = -V_{CC}$ Zone de saturation négative ;

L'AO réel diffère sensiblement de l'AO idéal :

- ✓ Le gain en boucle ouverte n'est pas infini, mais de l'ordre de 10^4 à 10^6 ;
- ✓ L'impédance d'entrée n'est pas non plus infinie, d'où des courants I_+ et I_- non nuls,
- ✓ L'impédance de sortie n'est plus nulle, et le courant de charge sera donc limité ;
- ✓ La symétrie de l'AO n'est jamais parfaite ce qui signifie qu'une tension nulle en entrée conduira à une sortie non nulle.

2.2. Amplificateur de tension non inverseur

Dans ce classe d'amplificateur le signal d'entrée attaque l'entrée non inverseuse, la réaction réinjecte un échantillon de la tension de sortie sur l'entrée inverseuse $\varepsilon = U_+ - U_-$ (Figure. 2).

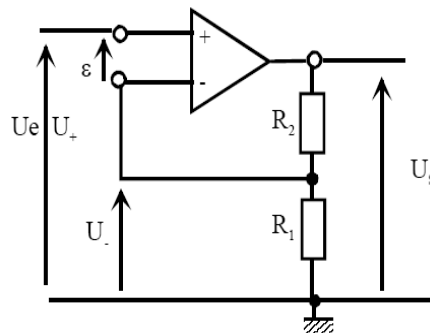


Figure .2

Dans l'hypothèse d'un fonctionnement en régime Linéaire :

- $U_+ = U_e$ (Signal d'attaque) ;
- $\varepsilon = U_e - BU_s$ et $U_- = \frac{R_1}{R1 + R2} U_s = BU_s$;
- $U_s = A_{ol} \varepsilon = A_{ol} (U_e - BU_s)$ donc $U_s (1 + A_{ol} B) = A_{ol} U_e$;

Soit donc :

$U_s = A_{cl} U_e$: Définition d'un gain en boucle fermée en raison de la contre-réaction A_{cl} (cl : closedloop).

Ici l'AO adapte la tension de sortie U_s , afin que la tension échantillonnée U_- soit égale à la tension d'entrée U_e : c'est la **contre-réaction**.

2.3. Amplificateur de tension inverseur

Si le signal de sortie est en phase avec le signal d'entrée pour l'amplificateur non inverseur, il peut être utile dans certaines applications d'avoir un signal en opposition de phase. Le schéma principal d'un amplificateur inverseur est donné par la figure 3.

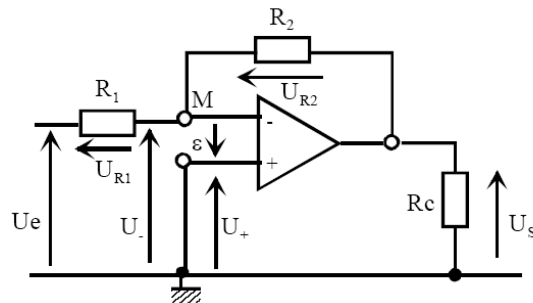


Figure. 3

Dans l'hypothèse d'un régime linéaire $\varepsilon = 0$.

$\varepsilon = U_+ - U_- = 0 \Rightarrow U_- = U_+ = 0$ car l'entrée non inverseuse est connectée à la masse.

Le point M (fig.3) est une masse virtuelle, au potentiel de $U_- \cong 0$, mais où aucun courant ne s'écoule.

$$U_{R1} = U_e - U_- = I_{R1} R_1 \Rightarrow I_{R1} = U_e / R_1 \text{ et } U_{R2} = U_- - U_s = I_{R2} R_2 \text{ car } I_+ = I_- ,$$

donc :

$$I_{R1} = I_{R2} = I.$$

Alors :

$$U_{R2} = -U_s = I R_2$$

Donc :

$$U_s = -\frac{R_2}{R_1} U_e \text{ soit } U_s = A_{cl} U_e ,$$

Avec :

$$A_{cl} = -\frac{R_2}{R_1} \text{ (signe « - » indique inversion de phase).}$$

2.4. Amplificateur sommateur inverseur

L'amplificateur inverseur peut traiter Simultanément plusieurs entrées, car L'entrée inverseuse est une masse virtuelle (Figure. 4).

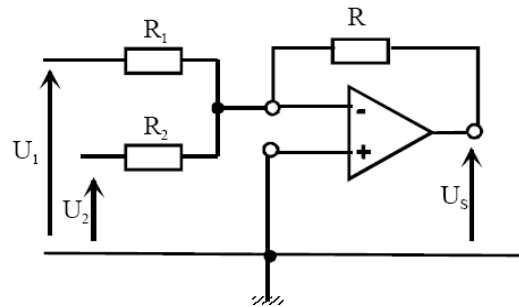


Figure. 4

$$\varepsilon = U_+ - U_- = 0 \Rightarrow U_- = U_+ = 0$$

$$U_{Ri} = I_i R_i \Rightarrow I_i = \frac{U_{Ri}}{R_i} = \frac{U_i - U_-}{R_i} = \frac{U_i}{R_i}$$

$$U_R = U_- - U_s = -U_s = IR, I = \sum_i I_i$$

$$U_s = -\sum \frac{R}{R_i} U_i$$

2.5. Amplificateur différentiel (soustracteur)

Les signaux d'attaque étant appliqués sur les entrées inverseuse et non inverseuse, les propriétés de l'amplificateur inverseur et non inverseur sont exploitées. En utilisant le théorème de superposition on trouve successivement :

$$U_1 = 0, U_s = f(U_2)$$

$$U_2 = 0, U_s = f(U_1)$$

$$U_+ \equiv 0 = U_-$$

$$\left. \begin{array}{l} U_2 - 0 = R_2 I \\ 0 - U_s = R_1 I \end{array} \right\} \Rightarrow U_s(U_2) = -\frac{R_1}{R_2} U_2 \quad U_- = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_s = U_+ \equiv \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_1 \Rightarrow U_s(U_1) = \frac{R_1}{R_2} U_1$$

- Superposition :

$$U_s = U_s(U_1) + U_s(U_2) = \frac{R_1}{R_2} U_1 - \frac{R_1}{R_2} (U_1 - U_2)$$

- L'impédance d'entrée R_e est finie :

$$U_e = U_1 - U_2 = R_2 I_1 + \varepsilon - R_2 I_2 = R_2 (I_1 - I_2) = R_2 I_e \Rightarrow R_e = U_e / I_e = R_2.$$

Si on applique le signal U_1 par l'intermédiaire d'un diviseur de tension formé par $R_1 = R_4$ et $R_2 = R_3$ on obtient un montage soustracteur (Figure. 5):

$$U_s = \frac{R_4}{R_3} U_1 - \frac{R_1}{R_2} U_2$$

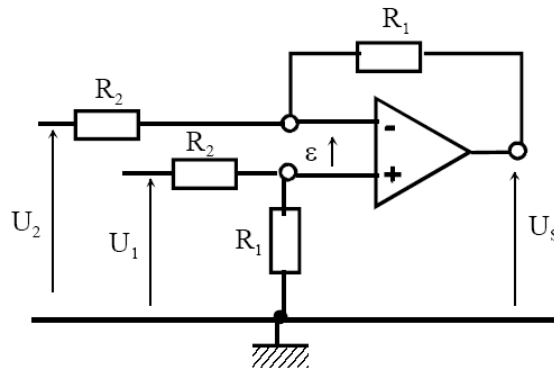
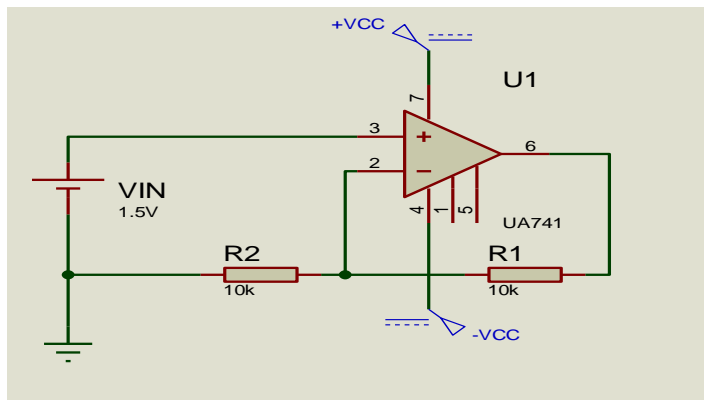


Figure.5 Amplificateur différentiel.

3. Manipulation

3.1. Travail personnel

a. A l'aide de Proteus réaliser le montage ci-dessous :



b. Relever et simuler le montage en ajoutant les appareils mesurant les grandeurs électriques nécessaires pour remplir le tableau suivant :

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| U_e (V) | -12 | -9.0 | -7.5 | -6.0 | -4.5 | -3.0 | 0.0 | 3.0 | 4.5 | 6.0 | 7.5 | 9.0 | 12 |
| U_s (V) | | | | | | | | | | | | | |

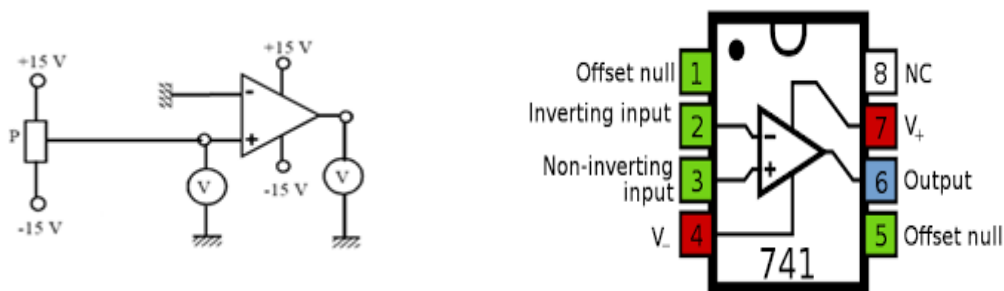
c. Tracer sur un papier millimétrique la courbe $U_s = f(U_e)$, en mentionnant sur la courbe la zone linéaire et la zone de saturation.

d. Calculer le gain d'amplification.

3.2. Travail Présentiel

3.2.1. Etude en boucle ouverte

a. Réaliser le montage d'après le schéma électrique ci-dessous :



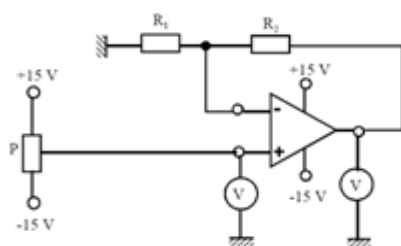
- b. Faire vérifier le montage par l'enseignant.
- c. Régler la source de tension continue à 15 V.
- d. Appliquer à l'entrée du circuit des tensions U_e de valeurs différentes (en utilisant le potentiomètre P et le multimètre) et mesurer la tension de sortie U_s .
- e. Compléter le tableau 1.
- f. Tracer sur le document le graphe $U_s = f(U_e)$.
- g. Qu'est-ce que vous remarquez si $U_e=0$.
- h. Que s'appelle cette tension.

Tableau 1

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| $U_e(V)$ | -12 | -9.0 | -7.5 | -6.0 | -4.5 | -3.0 | 0.0 | 3.0 | 4.5 | 6.0 | 7.5 | 9.0 | 12 |
| $U_s(V)$ | | | | | | | | | | | | | |

3.2.2. Caractéristique d'un amplificateur de tension non inverseur

a. Réaliser le montage d'après le schéma électrique ci-dessous :



- b. Faire vérifier le montage par l'enseignant.
- c. Régler la source de tension continue à 15 V.
- d. Appliquer à l'entrée du circuit des tensions U_e de valeurs différentes (en utilisant le potentiomètre P et le multimètre) et mesurer la tension de sortie U_s .
- e. Compléter le tableau 2.
- f. Tracer le graphe $U_s = f(U_e)$.
- g. Repérer et délimiter les domaines du régime linéaire et non linéaire.

h. Déterminer la valeur du gain A_{cl} .

e. Comparer le gain A_{cl} au terme $1 + \frac{R_2}{R_1}$. En déduire une relation entre U_s , U_e et les résistances R_1 et R_2 en régime linéaire.

R_2 en régime linéaire.

Tableau 2

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| U_e (V) | -12 | -9.0 | -7.5 | -6.0 | -4.5 | -3.0 | 0.0 | 3.0 | 4.5 | 6.0 | 7.5 | 9.0 | 12 |
| U_s (V) | | | | | | | | | | | | | |

3.2.3. Caractéristique d'un amplificateur de tension inverseur

a. Modifier le montage précédent d'après le schéma électrique ci-dessous :

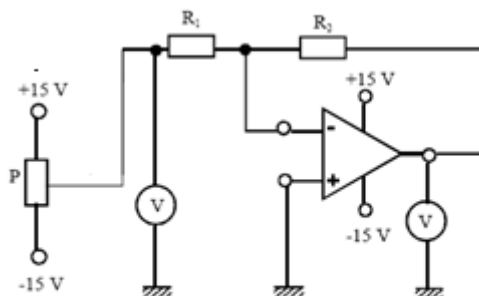


Fig.8

b. Appeler l'enseignant avant de continuer.

c. En variant à l'aide du potentiomètre P la tension d'entrée U_e ; mesurer la tension de sortie U_s correspondante, puis compléter le tableau 3.

d. Tracer le graphe $U_s = f(U_e)$.

e. Délimiter sur le graphe les zones des régimes linéaires et saturés. Justifier le terme « inverseur » donné à ce montage.

f. Déterminer la valeur du gain A_{cl} .

g. Comparer le gain A_{cl} au terme $-\frac{R_2}{R_1}$. En déduire une relation entre U_s , U_e et les résistance R_1 et R_2 en régime linéaire.

Tableau.3

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| U_e (V) | -12 | -9.0 | -7.5 | -6.0 | -4.5 | -3.0 | 0.0 | 3.0 | 4.5 | 6.0 | 7.5 | 9.0 | 12 |
| U_s (V) | | | | | | | | | | | | | |

ANNEXES

Annexe. A

Dans le laboratoire « MESURE » au sein de faculté de technologie à l'universite de M'sila on trouve deux types de sources d'alimentations continus : la serie GPC-3020 (Figure. 1) et GPS 3303 (Figure. 2).

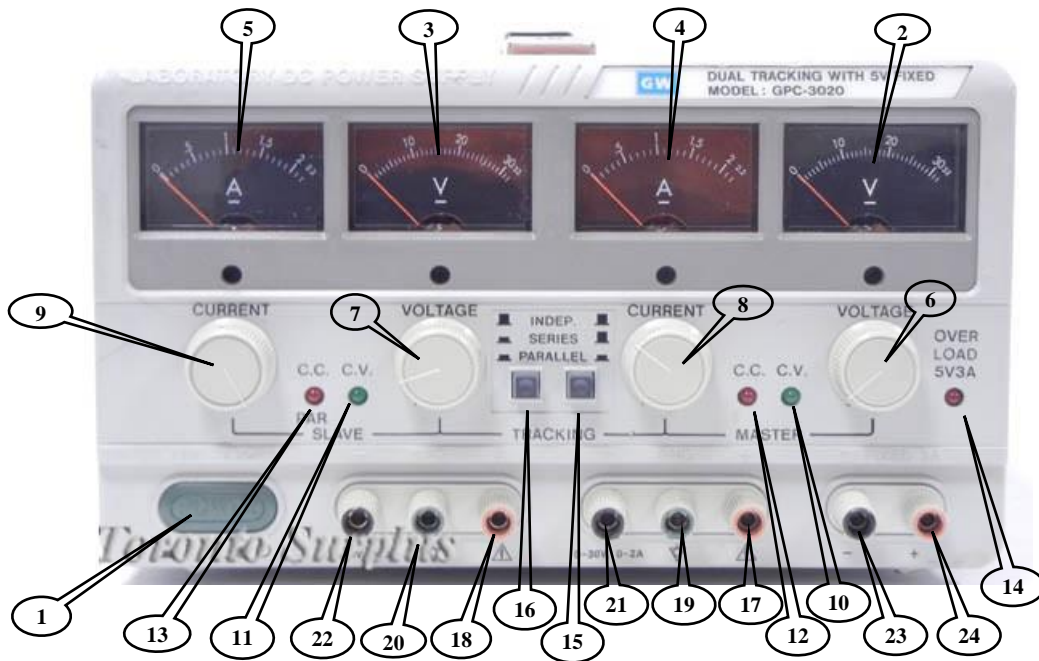


Figure 01 : Source d'alimentation Continu (Type analogique)

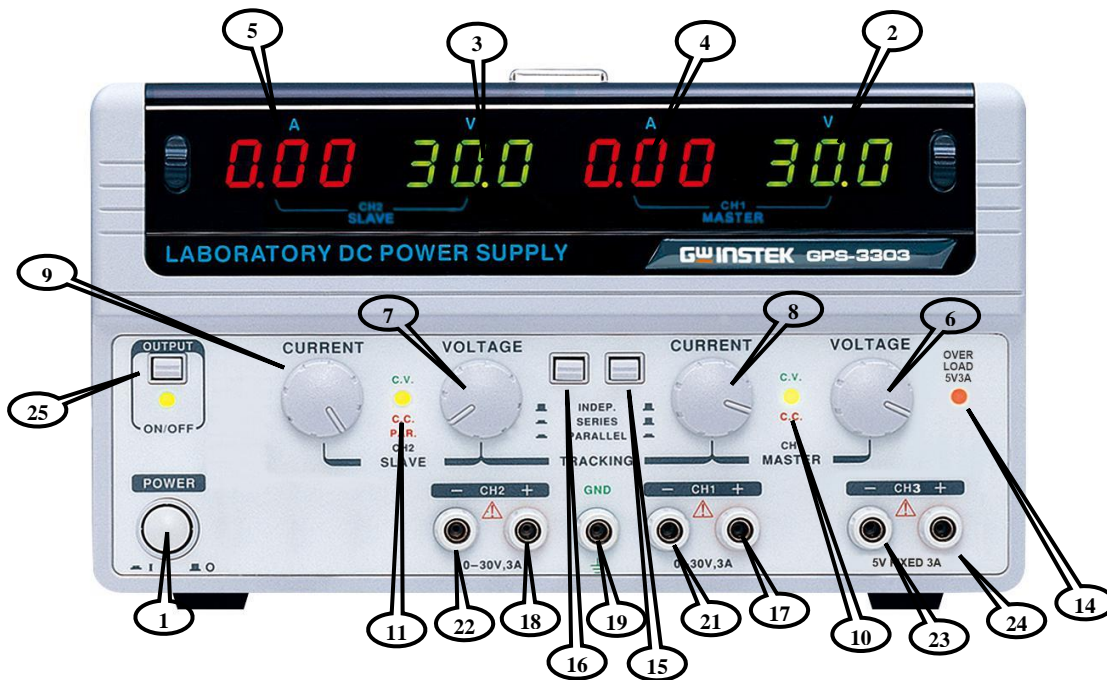


Figure 02 : Source d'alimentation Continu (Type numérique).

- (1) **Interrupteur** : Marche /Arrêt l'alimentation d'entrée
- (2) **Parcmètre** : indique la tension de sortie **PRINCIPALE** (maître) (type analogique (Figure. 1), Type numérique (Figure. 2)).
- (3) **Parcmètre** : indique la tension de sortie **SECONDAIRE** (esclave) (type analogique (Figure. 1), Type numérique (Figure. 2)).
- (4) **Parcmètre** : indique le courant de sortie **PRINCIPALE** (maître) (type analogique (Figure. 1), Type numérique (Figure. 2)).
- (5) **Parcmètre** : indique le courant de sortie **SECONDAIRE** (esclave) (type analogique (Figure. 1), Type numérique (Fig. 2)).
- (6) **Contrôle de la tension** : pour régler la tension de sortie de l'alimentation **PRINCIPALE** (maître). Fonctionne également comme contrôle de réglage de la tension de sortie maximale de l'alimentation secondaire (esclave) lors d'une opération d'alignement en parallèle ou en série.
- (7) **Contrôle de tension** : pour le réglage de la tension de sortie de l'alimentation **SECONDAIRE** (esclave) lors du fonctionnement indépendant.
- (8) **Contrôle courant** : pour régler le courant de sortie de l'alimentation **PRINCIPALE** (maître). Fonctionne également comme contrôle de réglage de courant de sortie maximale de l'alimentation secondaire (esclave) lors d'une opération d'alignement en parallèle ou en série.
- (9) **Contrôle courant** : pour le réglage de courant de sortie de l'alimentation **SECONDAIRE** (esclave) lors du fonctionnement indépendant.
- (10) **Indicateur C.V** : s'allume lorsque l'alimentation **PRINCIPALE** est en fonctionnement constant. En mode d'alignement en série ou en parallèle, les alimentations principale et secondaire sont en fonctionnement à tension constante.
- (11) **Indicateur C.V** : s'allume lorsque l'alimentation **SECONDAIRE** est en fonctionnement constant.
- (12) **Indicateur C.C** : s'allume lorsque l'alimentation **PRINCIPALE** est en fonctionnement à courant constant.
- (13) **Indicateur C.C** : s'allume lorsque l'alimentation **SECONDAIRE** est en fonctionnement à courant constant. S'allume également lorsque le mode d'alignement parallèle est sélectionné.
- (14) **indicateur de surcharge** : s'allume lorsque la charge sur 5 volts devient trop importante.

(15) (16) **Commutateurs de mode d'alignement** : deux commutateurs sélectionnent le mode indépendant, le mode d'alignement en série ou le mode d'alignement parallèle comme suit :

(a) lorsque les deux interrupteurs sont désengagés, l'unité est en mode indépendant et les alimentations principale et secondaire sont complètement indépendantes l'une de l'autre.

(b) lorsque l'interrupteur gauche est engagé et que l'interrupteur droit est désengagé, l'unité est en mode d'alignement en série. Dans ce mode, les tensions maximales des deux alimentations sont définies à l'aide des commandes de tension principale (la tension aux bornes de sortie de l'alimentation secondaire suit la tension aux bornes de sortie de l'alimentation principale). De plus, dans ce mode de fonctionnement, la borne positive (rouge) de l'alimentation esclave est connectée à la borne négative (noire) de l'alimentation maître. Cela permet aux deux alimentations d'être utilisées comme une alimentation de tension nominale de 0 à double.

(d) lorsque les deux commutateurs sont engagés, l'unité est en mode d'alignement parallèle. Dans ce mode, les alimentations principale et secondaire sont câblées ensemble en parallèle et le courant et la tension maximum sont réglés à l'aide des commandes principales. Les sorties principale et secondaire peuvent être utilisées comme deux alimentations individuelles ou simplement la sortie maître peut être utilisée comme une alimentation de tension nominale de 0 avec une capacité de courant de 0 à double.

(17) « + » Borne de sortie : borne de sortie à polarité positive pour l'alimentation principale.

(18) « + » Borne de sortie : borne de sortie à polarité positive pour l'alimentation secondaire.

(19) Borne GND : Terre et masse du châssis.

(20) Borne GND : Terre et masse du châssis.

(21) « - » Borne de sortie : borne de sortie à polarité négative pour l'alimentation principale.

(22) « - » Borne de sortie : borne de sortie à polarité négative pour l'alimentation secondaire.

(23) « - » Borne de sortie : borne de sortie à polarité négative (alimentation 5 v).

(24) « + » Borne de sortie : borne de sortie à polarité positive (alimentation 5 v).

Annexe. B

Dans le laboratoire « MESURE » au sein de faculté de technologie à l'université de M'sila on trouve l'oscilloscope de la série instek GOS-635G (Figure. 1)

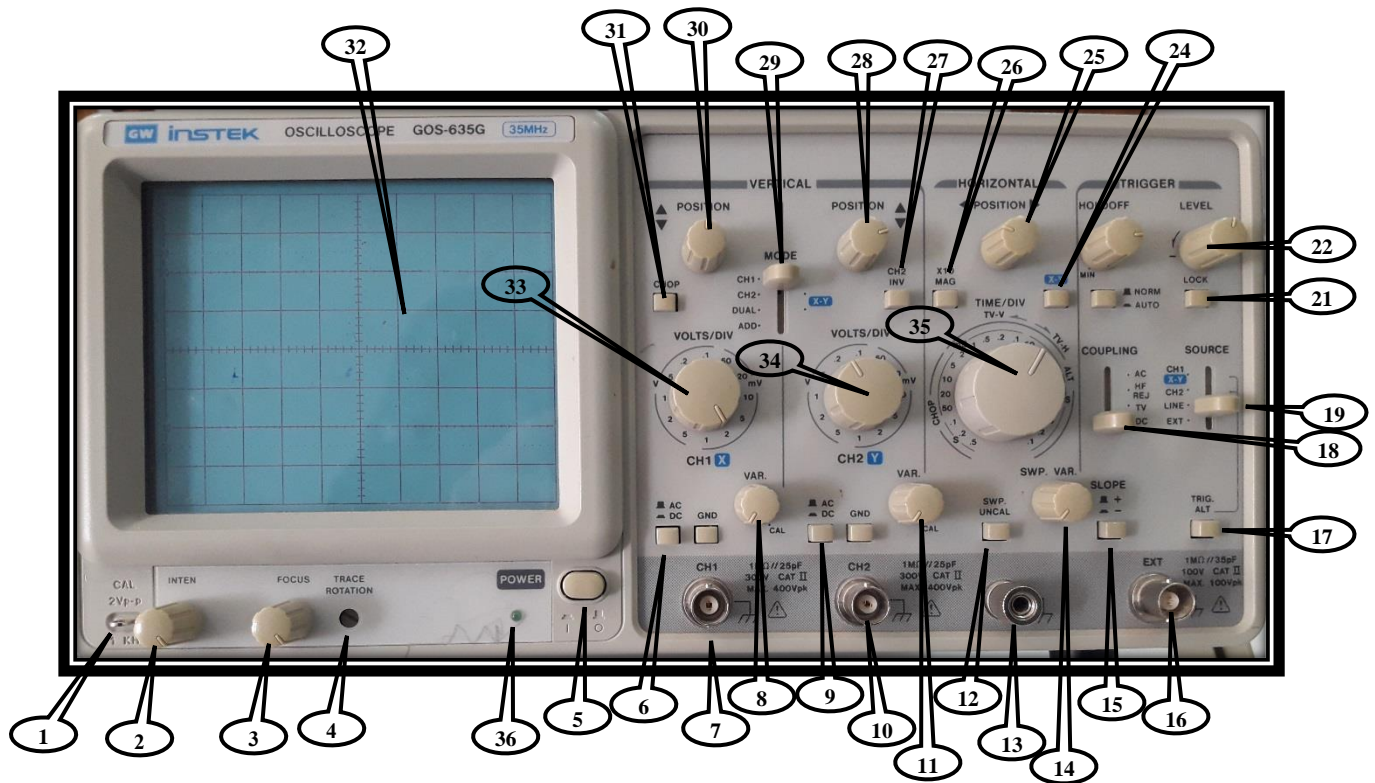


Figure 01 : Oscilloscope instek GOS-635G.

- (1) **CAL** : Cette borne délivre la tension d'étalonnage de 2 Vp-p, 1 Khz, onde carrée positive.
- (2) **INTRN** : Contrôle la luminosité du spot ou de la trace.
- (3) **Focus** : Pour focaliser la trace sur l'image la plus nette.
- (4) **Trace rotation** : Potentiomètre semi-fixe pour aligner la trace horizontale en parallèle avec les lignes du réticule.
- (5) **Power** : Interrupteur d'alimentation principal de l'instrument. Lorsque cet interrupteur est activé, la LED (36) est également allumée.
- (6) (9) **AC-DC- GND** : Commutateur pour sélectionner le mode de connexion entre le signal d'entrée et l'amplificateur vertical :
 - AC* : Couplage AC
 - DC* : Couplage DC
 - GND* : L'entrée de l'amplificateur vertical est mise à la terre et les bornes d'entrée sont déconnectées.

- (7) **CH 1** : Borne d'entrée verticale de CH 1. En fonctionnement X-Y, borne d'entrée de l'axe X.
- (8) (11) **VAR** : Réglage fin de la sensibilité, avec un facteur $\geq 1/2,5$ de la valeur indiquée. En position CAL, la sensibilité est calibrée à la valeur indiquée.
- (10) **CH 2** : Borne d'entrée verticale de CH 2. En fonctionnement X-Y, borne d'entrée de l'axe Y.
- (13) Borne de masse de l'unité centrale de l'oscilloscope.
- (14) **SWP VAR** : Contrôle vernier du temps de balayage. Lorsque le bouton **SWP.UNCAL** (12) est enfoncé, le temps de balayage peut être ralenti d'un facteur $\geq 2,5$ de la valeur indiquée. Les valeurs indiquées sont calibrées lorsque ce bouton n'est pas enfoncé.
- (15) **Slope** : Sélectionnez la pente de déclenchement
- «+» : le déclenchement se produit lorsque le signal de déclenchement franchit le niveau de déclenchement dans le sens positif.*
- «-» : le déclenchement se produit lorsque le signal de déclenchement franchit le niveau de déclenchement dans le sens négatif.*
- (16) **EXT** : le signal externe appliqué via la borne d'entrée (16) est utilisé pour le signal source de déclenchement externe. En mode X-Y, EXT, l'axe X fonctionne avec le signal de balayage externe.
- (17) **TRIG.ALT** : Lorsque le commutateur de **MODE** (29) est réglé sur l'état **DUAL** ou **ADD** et que le commutateur **SOURCE** (19) est sélectionné sur CH1 ou CH 1, avec l'engagement du commutateur **TRIG.ALT** (17), il sélectionnera alternativement CH1 & CH 2 pour le signal source de déclenchement interne.
- (18) **COUPLING** : Sélectionner le mode de couplage (18) entre le signal source de déclenchement et le circuit de déclenchement ; sélectionner la connexion du circuit de déclenchement de synchronisation TV.
- (19) **SOURCE** : Sélectionner le signal source de déclenchement interne et le signal d'entrée.
- (CH 1) (X-Y) : Lorsque le commutateur **MODE** (29) est réglé sur l'état **DUAL** ou **ADD**, sélectionner CH 1 pour le signal source de déclenchement interne. En mode X-Y, sélectionnez CH 1 pour le signal de l'axe X.
 - (CH 2) : Lorsque le commutateur **MODE** (29) est réglé sur l'état **DUAL** ou **ADD**, sélectionnez CH 2 pour le signal source de déclenchement interne.

- *LINE* : Pour sélectionner le signal de fréquence de la ligne d'alimentation AC comme signal de déclenchement.

(20) **TRIGGER MODE** : Sélectionnez le mode de déclenchement souhaité.

- *AUTO* : Lorsqu'aucun signal de déclenchement n'est appliqué ou lorsque la fréquence du signal de déclenchement est inférieure à 50 Hz, le balayage s'exécute en mode de fonctionnement libre.
- *NORM* : Lorsqu'aucun signal de déclenchement n'est appliqué, le balayage est dans un état prêt et la trace est supprimée. Utilisé principalement pour l'observation d'un signal ≤ 50 Hz.

(21) **LOCK** : Le niveau de déclenchement est automatiquement maintenu à une valeur optimale quelle que soit l'amplitude du signal (de très petite à grande amplitude), ne nécessitant aucun réglage manuel du niveau de déclenchement.

(22) **LEVEL** : Pour afficher une forme d'onde stationnaire synchronisée et définir un point de départ pour la forme d'onde.

- *Vers «+»* : le niveau de déclenchement se déplace vers le haut sur la forme d'onde d'affichage.
- *Vers «-»* : le niveau de déclenchement se déplace vers le bas sur la forme d'onde d'affichage.

(23) **HOLD OFF** : Utilisé lorsque la forme d'onde du signal est complexe et qu'un déclenchement stable ne peut pas être obtenu avec le bouton **LEVEL** (22) seul.

(24) **X-Y** : Appuyez sur le bouton X-Y pour activer le fonctionnement X-Y.

(25) **POSITION** : Contrôle du positionnement horizontal de la trace ou du spot.

(26) **X10 MAG** : Lorsque le bouton est enfoncé, un grossissement de 10 se produit.

(28) (30) **POSITION** : Contrôle du positionnement vertical de la trace ou du spot.

(29) **MODE** : Sélectionnez les modes de fonctionnement des amplificateurs CH 1 et CH 2.

- *CH 1* : l'oscilloscope fonctionne comme un instrument monocanal avec CH 1 seul.
- *CH 2* : l'oscilloscope fonctionne comme un instrument monocanal avec CH 2 seul.
- *DUAL* : L'oscilloscope fonctionne comme un instrument à double canal CH 1 et CH 2. *CHOP / ALT* sont automatiquement modifiés par le commutateur **TIME / DIV** (35). Lorsque le bouton **CHOP** (31) est enfoncé, les deux traces sont affichées en mode **CHOP** à toutes les plages.

- *ADD* : l'oscilloscope affiche la somme algébrique ($CH\ 1 + CH\ 2$) ou la différence ($CH\ 1 - CH\ 2$) des deux signaux. Le bouton poussé à l'état **CH 2 INV** (27) correspond à la différence ($CH\ 1 - CH\ 2$).

(32) Filtre pour faciliter la visualisation de la forme d'onde.

(33) (34) **VOLTS/DIV** : Sélectionnez la sensibilité de l'axe vertical, de 1 mV / DIV à 5 V / DIV dans 12 plages.

(35) **TIME/DIV** : Sélectionnez le temps de balayage.

Annexe. C

Dans le laboratoire « MESURE » au sein de faculté de technologie à l'université de M'sila on trouve le multimètre de la série DM9030 (Figure. 1)

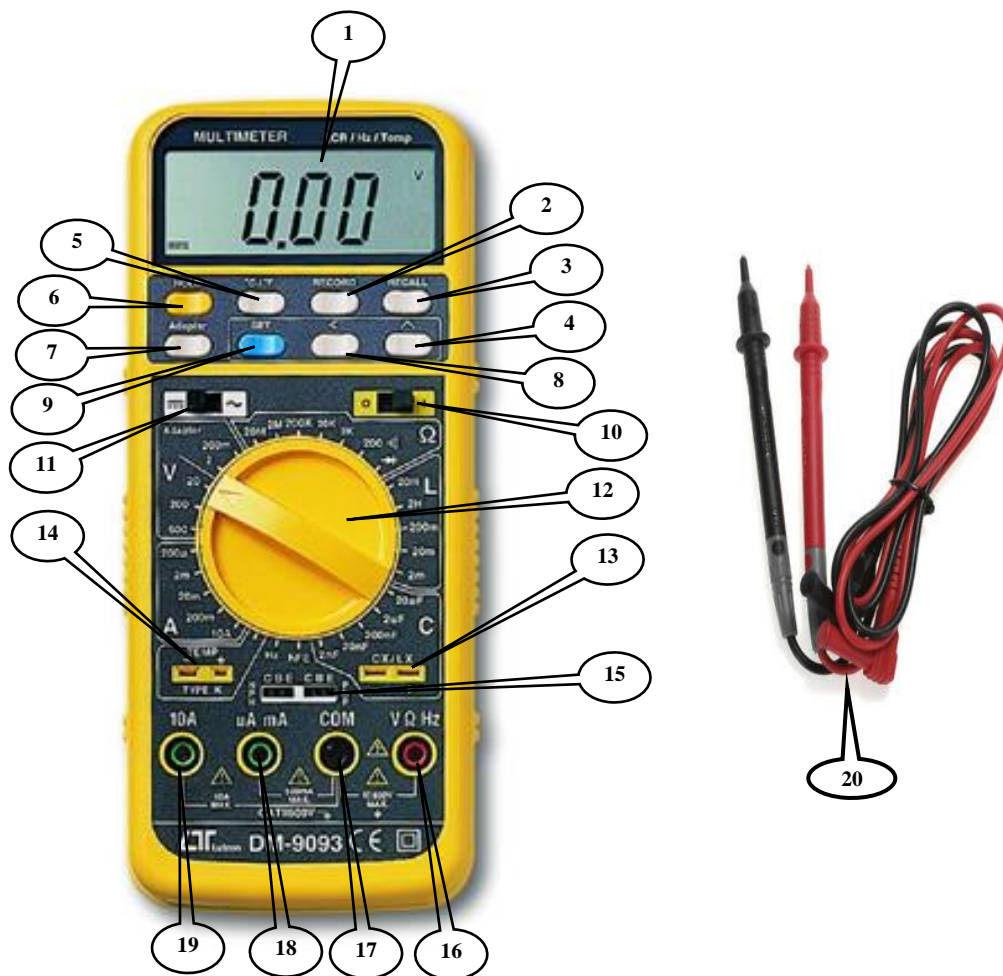


Figure.1 : Multimètre de la série DM9030.

- (1) **Afficheur numérique** : pour afficher les mesures trouvées.
- (2) **RECORD** : Touche de mémorisation- en mode de mémorisation, le multimètre apparait sur l'affichage et la dernière mesure effectuée est mémorisée. Le chiffre mémorisé et effacé quand on appuie sur le bouton SET (9).
- (3) **RECALL** : Touche de rappel, on peut utiliser cette touche pour rappeler une mesure mémorisée sur l'affichage
- (4) (8) : Sont utilisés pour se déplacer entre les différentes mesures enregistrées auparavant.
- (5) Pour voir la température de fonctionnement

(6) **HOLD** : Cette touche sert à entrer et à sortir du mode de retenue des données. En mode de retenue, apparait sur l'affichage et la mesure indiquée est retenue jusqu'à ce qu'on appuie de nouveau sur la touche **HOLD**.

(10) Interrupteur d'alimentation principal de l'instrument

(11) Se modifier selon le type de tension ou bien de courant à mesurer (alternatif ou continu)

(12) **Commutateur rotatif de fonction et de plage** : Ce commutateur sert à sélectionner les fonctions et les plages de mesure.

(16) **Prise V Ω Hz** : Entrée pour la mesure de tension et de résistance, l'essai de diode et la mesure et de la fréquence

(17) **Prise COM** : Entrée pour le potentiel commun

(18) **Prise μA mA** : Entrée pour la mesure du courant en milliampères et microampères.

(19) **Prise A** : Entrée pour mesure du courant.

(20) Sondes pour multimètre

Annexe. D

Dans le laboratoire « MESURE » au sein de faculté de technologie à l'université de M'sila on trouve le voltmètre à aiguille de la Figure. 1 et l'ampèremètre à aiguille de la Figure.2.



Figure. 1 : Voltmètre à aiguille.



Figure. 2 : l'ampèremètre à aiguille.

- (1) **Calibre** : On appelle **calibre** la plus forte intensité que peut mesurer l'ampèremètre.
- (2) **Prise +** : borne positive de l'ampèremètre/voltmètre.
- (3) **Prise -** : borne négative de l'ampèremètre/voltmètre.
- (4) **Echelle** : Un ensemble de graduations numérotées sur lesquelles l'aiguille se déplace.
- (5) **AIGUILLE** : se déplace devant une graduation commune à plusieurs calibres (**lecture**). L'indication lue ne représente qu'un nombre de divisions. Il faut déduire l'intensité à partir de ce nombre en tenant compte de la valeur du calibre en utilisant la formule suivante :

$$\text{Valeur d'intensité du courant/ tension} = \text{lecture} \times \text{calibre} / \text{Echelle.}$$

- (6) Sert à ajuster l'aiguille à la graduation 0 avant de commencer les mesures.

Annexe. E

1. Proteus Professionnel

Proteus Professional est un logiciel destiné à la simulation des circuits électroniques et à la réalisation des circuits imprimés. CE logiciel é été Développé par la société **LABCENTER ELECTRONICS**, les logiciels incluent dans Proteus Professional permettent la Construction Assistée par Ordinateur (CAO) dans le domaine électronique. Deux sous-logiciels principaux composent ce logiciel : (ISIS, ARES, PROSPICE) et VSM. Cette suite logicielle est très connue dans le domaine de l'électronique. De nombreuses entreprises et organismes de formation utilisent ce logiciel.

Les deux principaux logiciels de Proteus professionnel Sont :

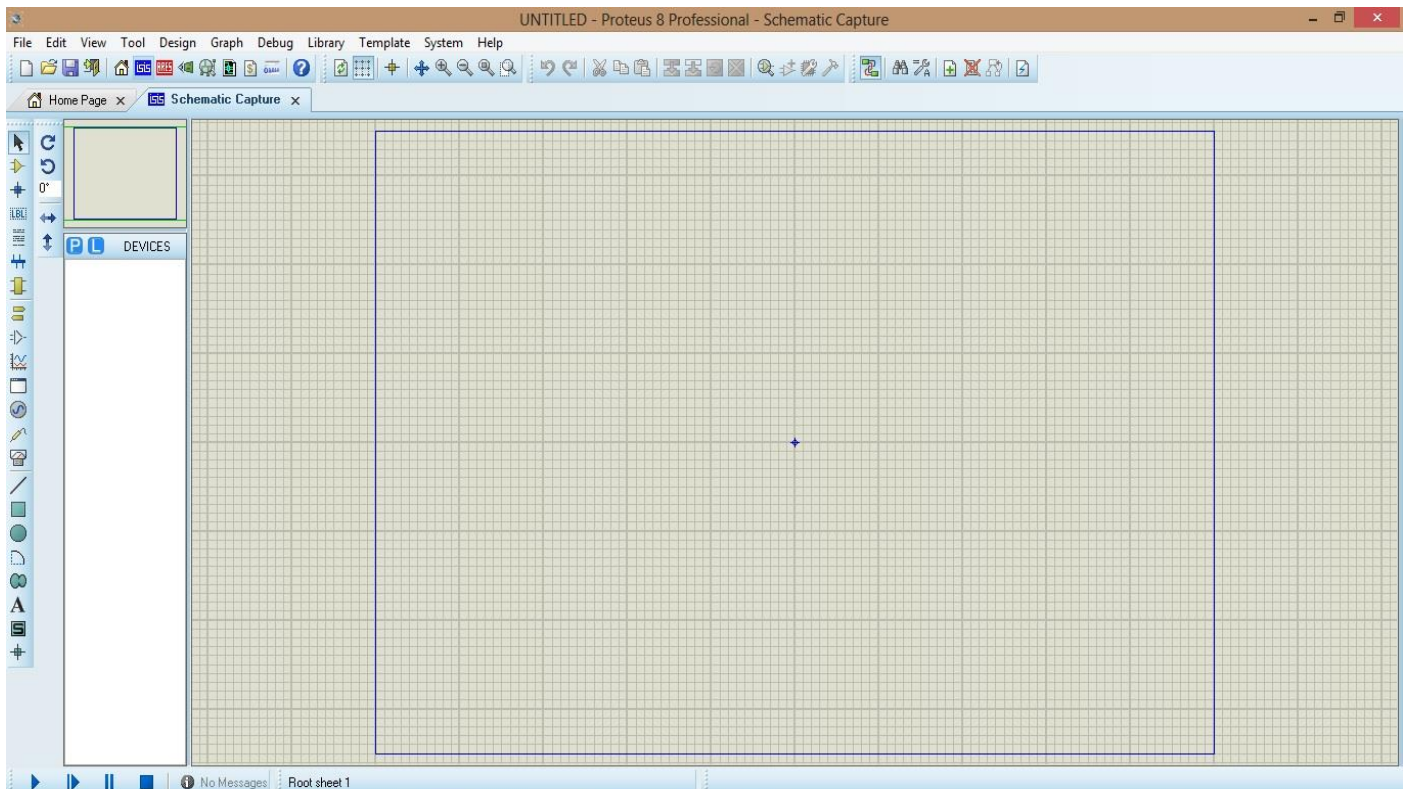
➤ **ISIS**

*Le logiciel ISIS de **Proteus Professional** est principalement utilisée pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler ces schémas ce qui permet de déceler certaines erreurs dès l'étape de conception.*

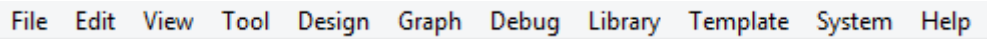
➤ **ARES**

*Le logiciel ARES est un outil d'édition et de routage qui complète parfaitement ISIS. Un schéma électrique réalisé sur ISIS peut alors être importé facilement sur ARES pour réaliser le circuit imprimé (PCB : **Printed circuit board**).*

L'interface principale de Proteus professions V 8.1 et donnée par la figure ci-dessous :



1) **Barre de menus** : Permet de gérer le travail (ouverture, sauvegarde, impression, mode d'affichage, etc.).



2) **Barres d'outils de commande** : Fournissent un accès équivalent aux commandes des menus. Elles peuvent être masquées par la commande "Barre d'outils" du menu "Affichage".



Commandes fichier (ouvrir et sauvegarder des projets).



Commandes d'affichage (zoom et autres).

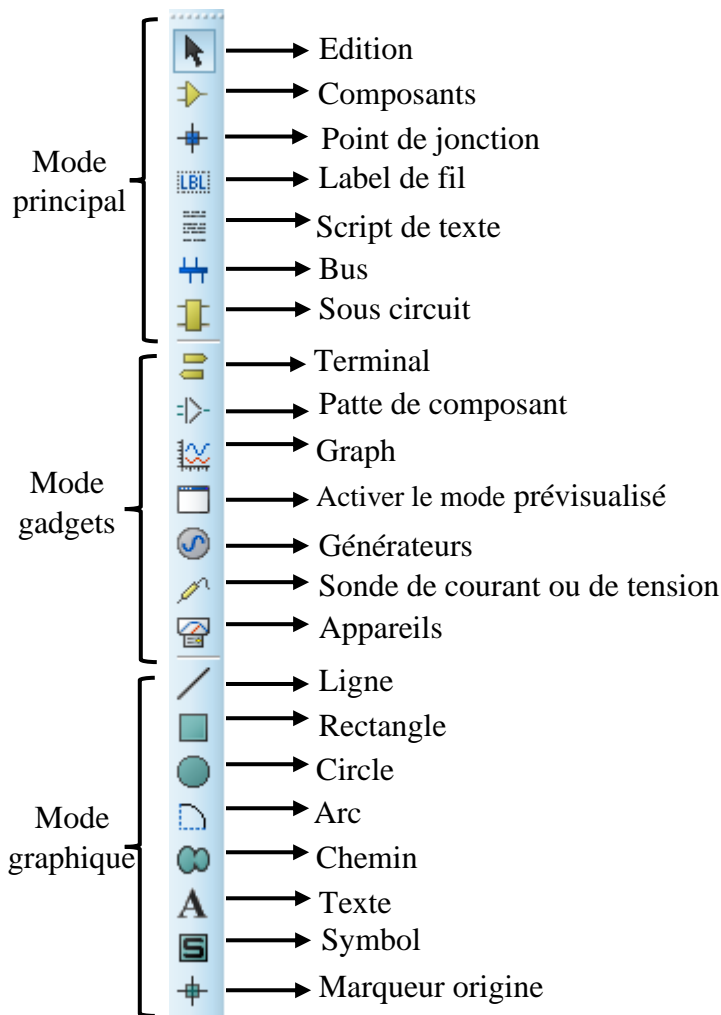


Commandes édition (copie, coller, retour et autres).



Commandes outils.

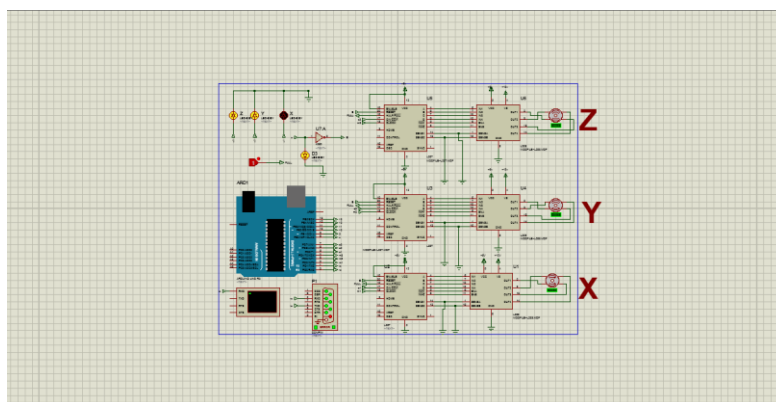
3) La barre d'outils ci-dessous permet de sélectionner un outil parmi les 3 modes d'édition disponibles (Mode principale, Mode gadgets et Mode graphique).



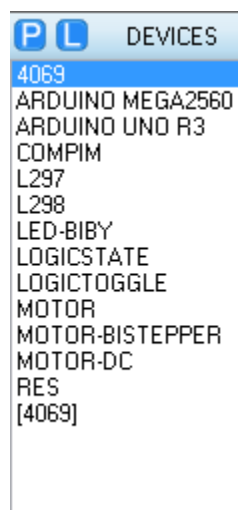
- 4) **Barre d'outils d'orientation :** Cette barre permet d'afficher et de contrôler la rotation et la réflexion d'un objet placé ou à placer.



- 5) L'espace rectangulaire ci-dessous correspond à la zone de travail effectif. Tous vos schémas apparaîtront dans cette zone et seront visualisés avec le coefficient d'agrandissement ou de réduction choisi.



- 6) **Sélecteur d'objets :** Le sélecteur d'objets ci-dessous liste les différents éléments, selon le mode de travail choisi. Les types d'objets qui peuvent y apparaître sont les composants, les terminaux, les pattes, les symboles graphiques, les marqueurs, les graphes.



1.1. Gestion d'un projet

a. Création d'un nouveau projet

File → **New project** (ou appuyer directement sur l'icône ).

b. Ouverture d'un projet

File → **Open project** (ou appuyer directement sur l'icône ).

c. Enregistrement d'un projet

File → **Save project AS**

d. Sauvegarde d'un projet

File → **Save project** (ou appuyer directement sur l'icône ).

1.2. Option d'affichage

a. Rafraichissement de l'écran

View → **Redraw Display** (ou appuyer directement sur l'icône ).

b. Aspect de curseur

Appuyer sur la touche X pour modifier l'aspect du curseur (3 options).

c. Affichage de La grille

View → **Toggle grid** (ou appuyer directement sur l'icône ).

d. Choix de La grille

View → **Snap 10th** pour une grille de **0,254 mm** ou appuyer sur la touche Ctrl+F1.

View → **Snap 50th** pour une grille de **1,27 mm** ou appuyer sur la touche F2


View → **Snap 0.1in** pour une grille de **2,54 mm** ou appuyer sur la touche F3


View → **Snap 0.5in** pour une grille de **1,27 cm** ou appuyer sur la touche F4


e. Affichage de la zone de travail (Agrandissement-Réduction)

Il existe plusieurs façons de modifier la portion visualisée dans la zone d'édition.

1- Positionner le curseur dans la zone de travail sur la zone à "zoomer"

- Appuyer sur la touche **F5** pour centrer votre fenêtre de travail sur la position du curseur ou appuyer sur l'icône  et cliquer dans la zone d'édition à visualiser.

- Appuyer sur la touche **F6** pour effectuer un zoom avant sur la position du curseur.
- Appuyer sur la touche **F7** pour effectuer un zoom arrière sur la position du curseur.
- Appuyer sur la touche **F8** ou sur l'icône  pour afficher la totalité de votre espace de travail.

2- Appuyer sur l'icône  et tracer un cadre autour de la zone à visualiser avec le bouton gauche de la souris appuyé.

1.3. Edition d'un schéma


a. Ajout d'un composant

➤ Chargement de composants

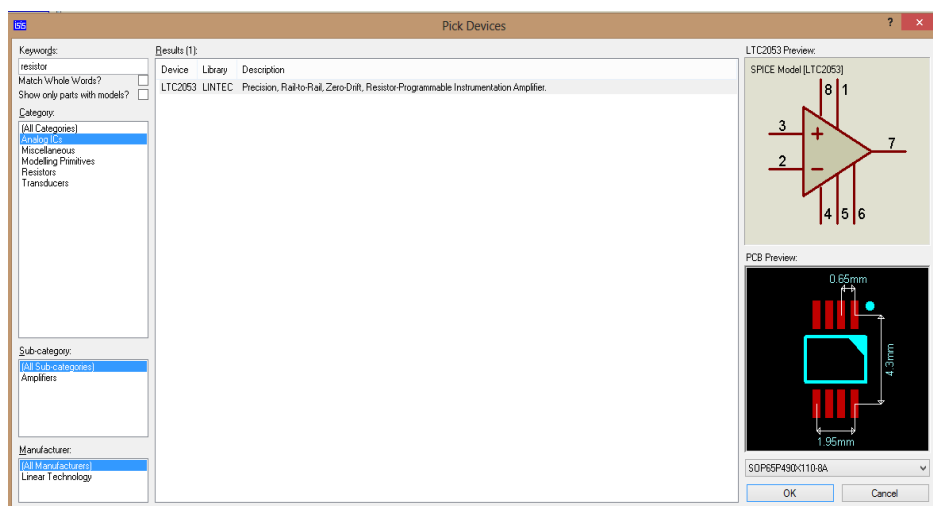
Avant de réaliser un projet en Proteus, on doit tout d'abord précharger et mettre en attente les différents composants constituant notre montage. Les composants disponibles en Proteus sont regroupés dans des bibliothèques classées par thèmes.

Pour télécharger un composant :

1/ Appuyer sur l'icône 

2/ Et puis appuyer sur la touche **P** du sélecteur d'objets  , donc en appuyant sur la touche **P** la fenêtre Pick Devices apparait :

- Si on ne connaît pas la catégorie où se trouve le composant désiré, il suffit de taper son nom ou quelques lettres dans la zone « **Keywords** » afin que l'application sélectionne certaines catégories susceptibles d'accueillir le composant recherché.
- Si on connaît le catégorie, il suffit de sélectionner la catégorie dans la zone « **Category** », cliquer sur l'objet, son aperçu apparait dans la fenêtre de droit « **Results** », et en fin double clique sur l'objet désiré pour le charger, celui-ci sera ajouté dans la liste « **Devices** » du sélecteur d'objet.



b. Placement d'un composant ou d'un objet

1/ Cliquer sur l'icône 

2/ Choisir, dans le sélecteur d'objet, le composant ou l'objet à placer, celui-ci apparaît dans la fenêtre vue d'ensemble et puis orienté le composant ou bien l'objet grâce aux boutons de la barre d'outils d'orientation.

3/ Positionner le curseur dans la zone d'édition et cliquer sur le lieu de placement du composant ou de l'objet.

c. Connexions

➤ Placement des connexions

Proteus supporte 2 types de connexion : manuelle ou automatique. Pour faciliter la connexion, vérifiez que l'option Auto-routeur de connexions du menu Outils est cochée.

1- Connexion manuelle


- Placer le curseur sur l'extrémité de la patte à connecter. Cliquer pour valider le point de départ.
- Déplacer le curseur et valider chaque changement de direction par un clic jusqu'à atteindre le point d'arrivée (dans ce mode on est libre de notre trace).
- Pour arrêter la pose d'une connexion, il suffit d'appuyer sur la touche « **Echap** »

2- Connexion automatique

- Placer le curseur sur l'extrémité de la patte à connecter. Cliquer pour valider le point de départ.
- Placer directement le curseur sur le point d'arrivée, puis cliquer. La liaison est faite automatiquement

(Dans ce mode rapide, vous n'êtes pas libre du chemin de connexion).

➤ Suppression de connexions

- Appuyer sur l'icône  , Cliquer sur la connexion à supprimer et puis sur la touche « **Suppr** ».
- Ou bien Cliquer droit sur la connexion à effacer, Cliquer sur "**Delete wire**".

➤ Modification de tracé d'une connexion

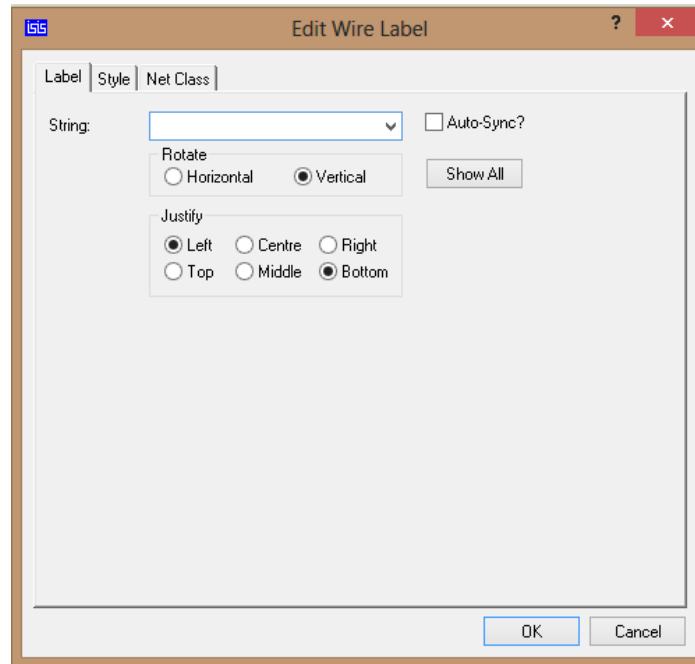
- Sélectionner le fil par un clic droit.
- Cliquer en gardant appuyé le bouton gauche de la souris sur le lieu à modifier, puis glisser vers la nouvelle position.

- Répéter autant de fois que nécessaire l'étape précédente.

➤ Label de connexion

Proteus offre la possibilité de nommer les connexions ; Pour cela :

- Cliquer sur l'icône 
- Cliquer sur le fil, la fenêtre « **Edit Wire Label** » apparaît



- Saisir le nom de la connexion dans la zone "**String**"
- Choisir l'orientation du texte à l'aide des cases des zones « **Rotate** » et "**justify**"
- La case « **Auto-Sync** » permet d'affecter le même nom à tous les fils connectés au fil sélectionné.
- Cliquer « **OK** »

1.4. Edition d'objets

a. SÉLECTION D'UN OBJET

- Cliquer droit sur l'objet à sélectionner, celui-ci devient alors rouge.
- Pour désélectionner un objet, cliquer droit dans une zone vide de la fenêtre d'édition.

b. Sélection d'un groupe d'objets

- Cliquer sur le bouton droit de la souris et, en le maintenant appuyé, déplacer la souris Pour faire un cadre de sélection autour des objets.


c. Effacement d'un objet

- Double-cliquer droit sur l'objet à effacer.


d. Déplacement d'un objet

- Cliquer sur l'objet et en maintenant le bouton gauche appuyé, déplacer l'objet à la position désirée.


e. Déplacement d'un groupe d'objets

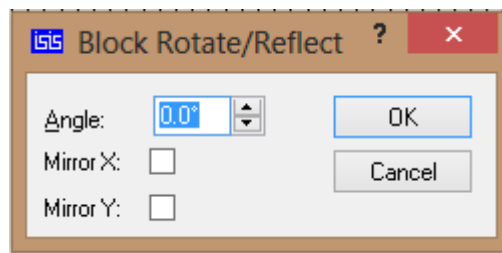
- Sélectionner le groupe d'objet à déplacer.
- Cliquer sur l'icône  de la barre d'outils de commande.
- Positionner le groupe d'objets à l'endroit désiré

f. Copie d'un objet ou d'un groupe d'objets

- Sélectionner le ou les objets.
- Cliquer sur l'icône  de la barre d'outils de commande.
- Positionner l'objet ou le groupe d'objets à l'endroit désiré.

i. Orientation d'un objet

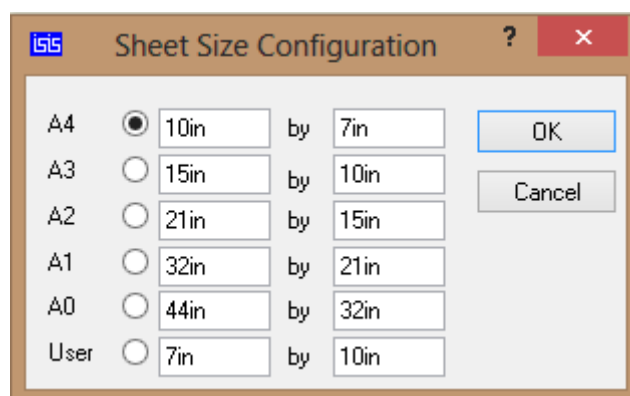
- Sélectionner les objets.
- Cliquer sur l'icône  de la barre d'outils de commande, puis Choisir dans la fenêtre proposée l'orientation ou la réflexion désirée et cliquer OK.



1.5. Edition d'un schema

a. Définir la zone de travail

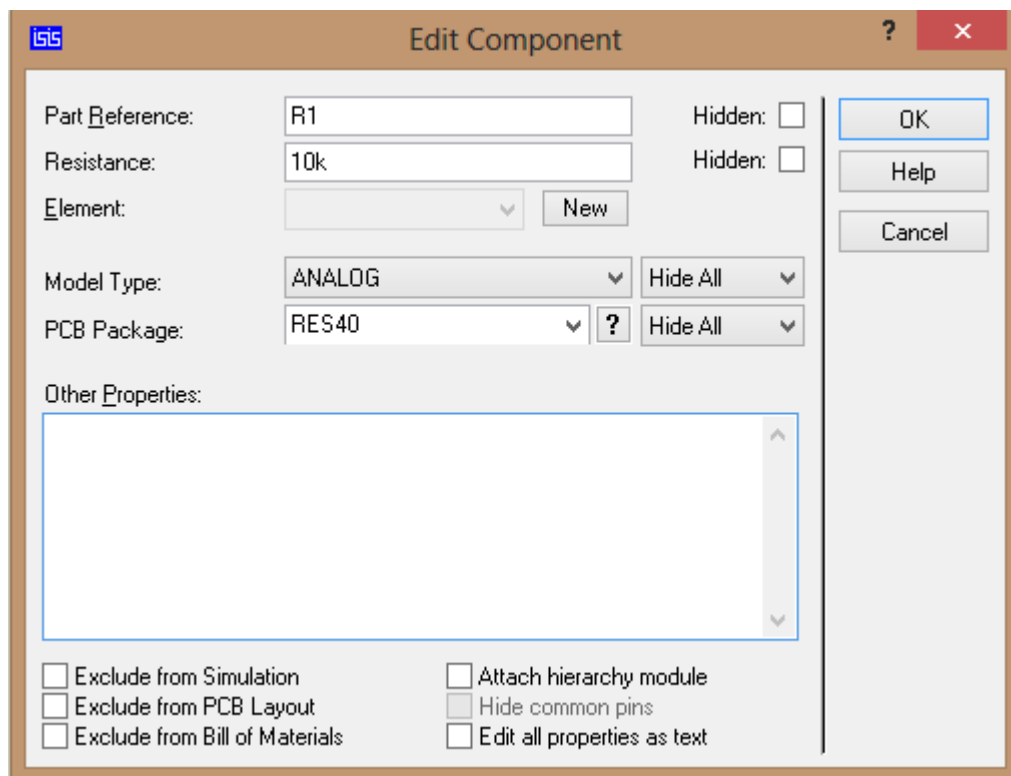
- **Menu** → **System** → **Set sheets Sizes...** La fenêtre ci-dessous apparait :



- Choisir le format de la feuille désirée.
- Pour personnaliser le format de la feuille cocher la case **Use**.
- Cliquer **OK**.


b. Editer les paramètres d'un composant

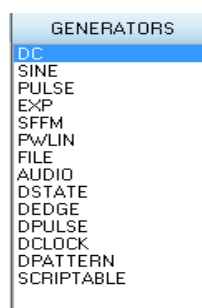
Chaque composant possède ses propres paramètres à savoir : Référence, valeur, paramètres de simulation et empreintes, ces paramètres peuvent être visualiser ou modifier, donc pour faire apparaitre ces paramètres double clique sur le composant la fenêtre « **Edit Component** » apparaitre :



1.6. Simulation

a. Placement d'un générateur

- Cliquer sur l'icône "**Generator Mode**"  de la barre d'outils de sélection de mode.
- Choisir dans le sélecteur d'objets (ci-dessous) le type de générateurs à utiliser :



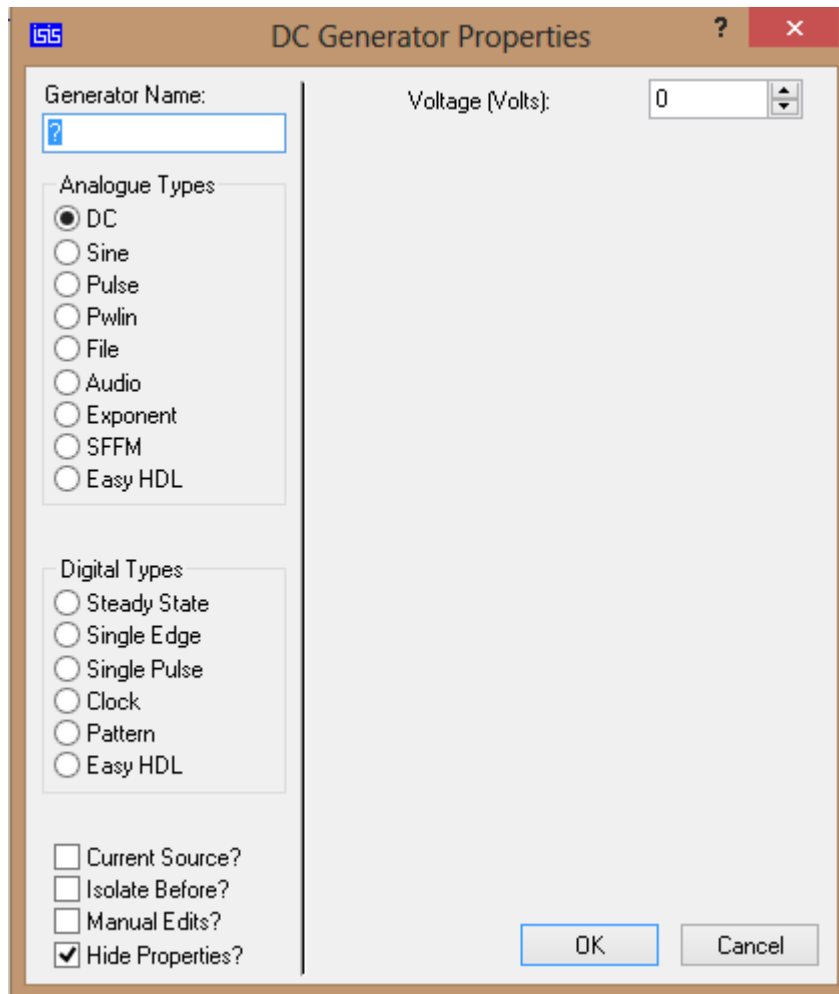
- Cliquer dans la fenêtre d'édition pour placer le générateur.
- Relier le générateur au point à appliquer le signal

c. Types de Générateurs

- **DC** : Source de tension continue
- **SINE** : Générateur de signal sinusoïdal, avec contrôle de l'amplitude, de la fréquence et de la phase.
- **PULSE** : Générateur d'impulsion analogique, avec contrôle de l'amplitude, de la période et des temps de montée / descente.
- **EXP** : Générateur d'impulsion exponentielle qui produit une impulsion identique à la charge /décharge d'un circuit RC.
- **SFFM** : Générateur de fréquence FM simple qui produit une onde définie par la fréquence de modulation d'une onde sinusoïdale par une autre.
 - **PWLIN** : Générateur linéaire Piece-Wise pour des signaux ou formes d'ondes arbitraires.
 - **FILE** : Comme ci-dessus, mais les valeurs sont contenues dans un fichier ASCII.
 - **AUDIO** : Utilise les fichiers WAV de Windows comme forme d'onde en entrée. Ils sont particulièrement utiles en relation avec les graphes Audio, ils permettent d'écouter les effets d'un circuit sur les signaux audio.
 - **DSTATE** : Niveau logique constant.
 - **DEDGE** : Transition logique simple ou front.
 - **DPULSE** : Impulsion logique simple.
 - **DCLOCK** : Signal d'horloge.
 - **DPATTERN** : Séquence arbitraire de niveaux logiques.


d. Editer Les caractéristiques d'un Générateur

- Sélectionner le générateur.
- Cliquer sur le générateur, la fenêtre de propriétés du générateur apparaît (EX : Ci-dessous), chaque générateur possède sa propre fenêtre.
- Choisir dans la colonne de gauche les caractéristiques désirées.




e. Placement d'une sonde

➤ Placement d'une sonde de tension

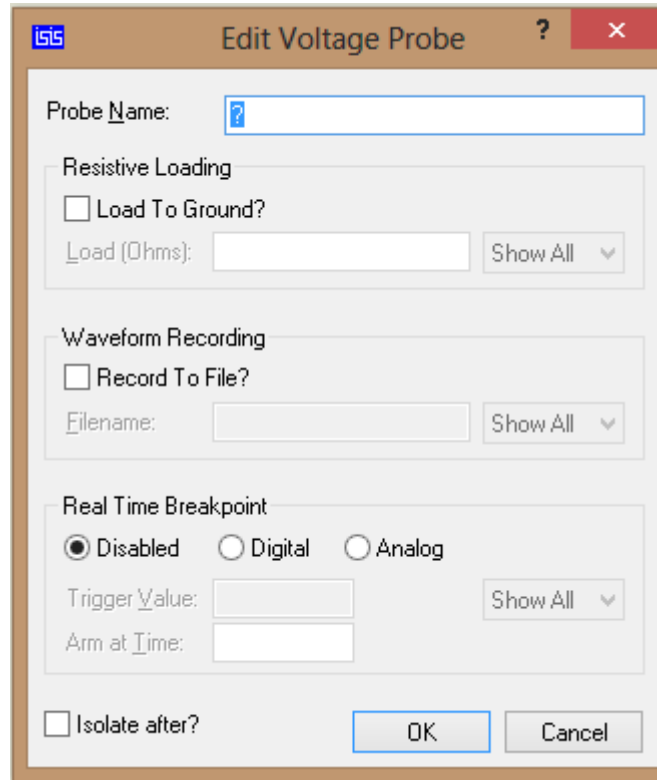
- Cliquer sur l'icône  « **Probe Mode** » de la barre d'outils de sélection de mode. Choisir **VOLTAGE (TENSION)**.
- Cliquer dans la fenêtre d'édition pour placer la sonde.
- Relier la sonde au point à relever le signal.

➤ Placement d'une sonde de courant

- Cliquer sur l'icône  « **Probe Mode** » de la barre d'outils de sélection de mode. Choisir **CURRENT (COURANT)**.
- Cliquer dans la fenêtre d'édition pour placer la sonde.
- Relier la sonde au point à relever le signal .


e. Configuration des sondes

- Sélectionner la sonde
- Cliquer sur la sonde la fenêtre d'édition apparaît (EX ci dessous).



- Saisir le nom dans la zone "**Nom**"

f. Placement d'un graphe

- Cliquer sur l'icône "**Graph Mode**"  de la barre d'outils de sélection de mode.
- Choisir dans le sélecteur d'objets le type de graphe à utiliser.
- Tracer avec la souris un rectangle dans la fenêtre d'édition où le graphe doit être positionné.

Les différents types de graphes possibles sont :

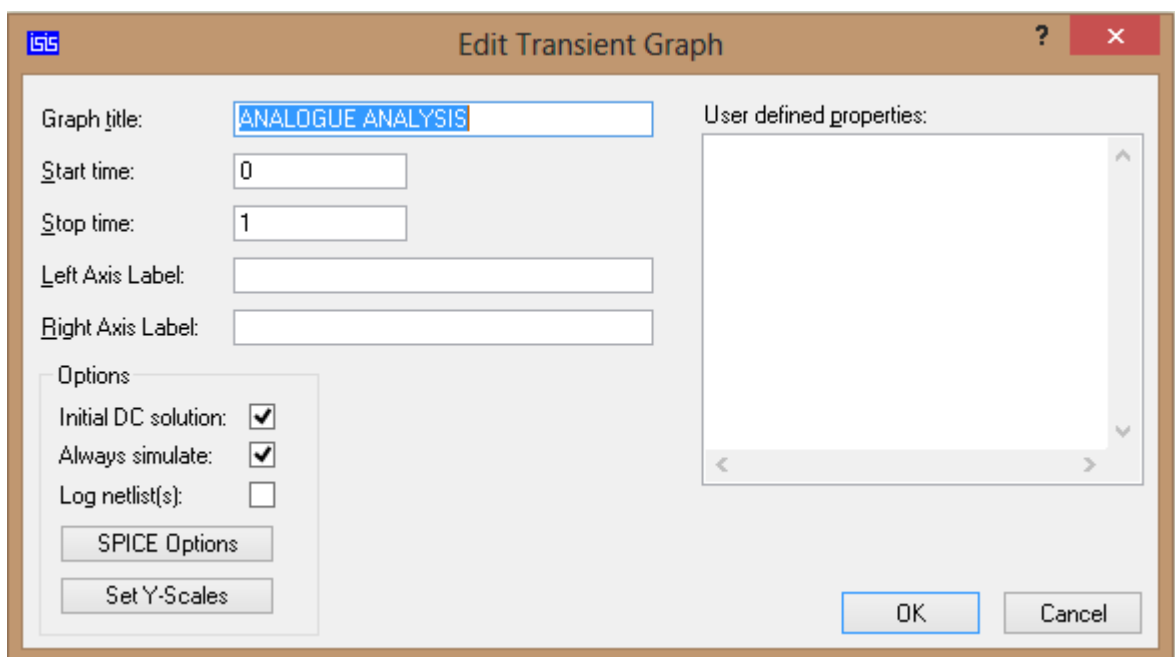
- **ANALOGUE** : Tensions, courants (ou valeurs calculées) en fonction du temps.
- **DIGITAL** : Signaux numériques en fonction de temps.
- **MIXED** : Tensions, courants, signaux numériques en fonction du temps.
- **FREQUENCY** : Gains et phases en fonction de la fréquence.
- **TRANSFER** : Tension DC en fonction de la valeur d'une ou de deux tensions d'entrée de balayage.
- **NOISE** : Niveau de bruit en fonction de la fréquence.

- **DISTORTION** : Harmoniques de distorsion d'ordre 2 et 3 en fonction de la fréquence. Peut également être utilisé pour montrer la distorsion d'intermodulation entre deux fréquences en entrée.
- **FOURIER** : Analyse spectrale (contenu des harmoniques).
- **AUDIO** : Identique au graphe 'analogue' avec la fonctionnalité supplémentaire que la forme d'onde résultante peut être écoutée via une carte son.
- **DC SWEEP** : Tension ou courant à un point de fonctionnement donné en fonction d'un paramètre de contrôle.

AC SWEEP : Gains et phases à une fréquence donnée en fonction d'un paramètre de contrôle.

➤ Editer les paramètres d'un Graphe

- Sélectionner le graphe.
- Cliquer sur le graphe la fenêtre « **Edit Transient Graph** » apparaît.



- Compléter les différentes rubriques (Titre, temps de départ, temps de fin ..etc)

I WISH YOU LUCK AND SUCCESS