

Conception et réalisation d'un matériel didactique sur la polarisation d'un transistor bipolaire en 2eme électronique

Katembo Kataliko Roger et Mbusa Sivamwanza Richard sont Assistants à l'ISPT-Muhangi/RD.

Congo et Kambale Kalengero Jackson, Kambale Misonia Archimède sont Assistants à l'ISP-Oicha/RDC

RESUME

Actuellement le domaine de l'éducation est devenu complexe. L'enseignant a besoin du matériel didactique pour faire assimiler ses matières. Notre étude naît d'un besoin et consiste à matérialiser la polarisation d'un transistor bipolaire lors de son apprentissage, lequel matériel pourra susciter l'intérêt et la curiosité des apprenants et permettre aux enseignants de concilier la théorie à la pratique. Ainsi nous avons trouvé que le matériel didactique est nécessaire même s'il ne suffit pas à lui seul. Les matériels didactiques jouent plusieurs fonctions dans le processus d'apprentissage. Nous présenterons les formules nécessaires afin de réaliser une bonne polarisation. L'expérimentateur doit trouver les caractéristiques réelles du transistor afin que les résultats de l'expérience soient proches des résultats des calculs. Nous sommes parvenus à la réalisation du matériel didactique qui peut équiper les laboratoires électroniques dans les écoles secondaires.

SUMMARY

The educational field has actually become complex. The teacher needs teaching aids to make their lessons mastered. Our study generates a need, and consists of making aware the polarization of a transistor especially a two folded polar during the learning; which aids would bear an interest and curiosity of apprentices, that allows trainers to link the theory to the practice on the field. Thus, we have found out that the teaching aids are necessary and useful even if they do not suffice by themselves. These aids play great and several works in the learning process. We present the necessary way in order to make up a well done polarization. The experimenter must find the real characteristics of the transistor so that the results of experimentation be near the results of calculation. We have come up to the realization of the teaching materials that equip the electronic laboratories in the diverse secondary schools.

Date of Submission: 12-01-2022

Date of Acceptance: 27-01-2022

I. Introduction

La formation de l'homme constitue le premier investissement, l'outil déterminant dans le processus de développement des autres secteurs d'activité. L'enseignement secondaire a pour mission de développer chez l'apprenant l'esprit critique, la créativité et la curiosité intellectuelle, il le prépare à l'exercice d'un métier, d'une profession ou à la poursuite des études supérieures ou universitaires.¹ Le gouvernement de la République Démocratique du Congo, dans son projet de la modernisation du pays par le biais du ministère de l'EPSP a voulu transformer les 60% des institutions générales en institutions techniques². Montaigne nous dit : « Savoir par cœur n'est pas savoir, c'est tenir ce qu'on a donné en garde à sa mémoire. »³

En se référant à la phrase ci-haut, une observation dans l'apprentissage en 2^{ème} Electronique (2^e E^o) nous a révélé que la polarisation d'un transistor bipolaire paraît difficile aux apprenants qui se heurtent aux difficultés de (d') :

Manque de concrétisation ;

Inexistence des laboratoires d'électronique dans la majorité des écoles organisant les options techniques industrielles en ville de Butembo. La polarisation d'un transistor bipolaire étant une notion de base pour un futur technicien électronique, les questions suivantes se posent :

Le matériel didactique est-il nécessaire dans l'enseignement de la polarisation d'un transistor bipolaire?

¹ Equipe Technique du PEQPESU, Programme Math 7^{ème}, 1^{ère} édition, DIPROMAD/MEPSP, Kinshasa, juillet 2018, page 16.

² Circulaire ministérielle N°MINEPSP/CAB/07/2013 du 28-08-2013.

³ C. MEEUS, *Anthologie 5^{ème}, 2^e édition, CRP, Kinshasa, 2014, page 104.*

Existe-t-il le moyen de concevoir un matériel didactique sur la polarisation d'un transistor bipolaire ?
Les résultats obtenus par expérimentations seront-ils égaux aux résultats obtenus par calculs ?

En vue de mener à bon train nos recherches, nous sommes partis de trois suppositions suivantes :

Il semble que le matériel didactique est nécessaire dans l'enseignement de la polarisation d'un transistor bipolaire.

Il serait possible de concevoir un matériel didactique sur la polarisation d'un transistor bipolaire.

Il semble que les résultats obtenus par expérimentations seront égaux aux résultats obtenus par calculs.

Notre province éducationnelle Nord-Kivu II connaît quelques problèmes dans les domaines techniques et surtout en électronique vu la progression de la technologie. En tant qu'ingénieur et pédagogue de formation, il est de notre devoir d'apporter des solutions aux problèmes qui guettent la société. Ce travail nous a intéressés car nous voulons que la polarisation d'un transistor bipolaire ne soit plus un casse-tête pour les élèves du secondaire de la ville de Butembo et ses environs.

Notre travail a pour objectifs d' :

- Arriver à concevoir un matériel didactique sur la polarisation d'un transistor, lequel matériel pourra susciter l'intérêt et la curiosité des apprenants.
- Aider les enseignants à mieux transmettre la notion de la polarisation d'un transistor bipolaire en conciliant la théorie à la pratique.

Dans ce travail, nous n'irons pas loin de la province éducationnelle Nord-Kivu II et particulièrement dans la ville de Butembo.

Nous utiliserons trois boîtiers des transistors dont le TO-220, le TO-92 et le TO-3PN. Nous utiliserons une alimentation symétrique de +12V et -12V avec un courant maximal de 500mA.

II. Resultats

II.1. TRANSISTORS BIPOLAIRES ET POLARISATION

Le transistor bipolaire a été officiellement inventé aux « Bell Telephone Laboratories » en 1947 par John Bardeen et Walter Brattain sous la direction de William Shockley⁴. Cette invention, considérée comme l'une des plus importantes du XX^e siècle a permis le remplacement des tubes à vide qui dominaient autrefois l'industrie électronique.

L'impact du transistor sur l'électronique fut énorme. Il permit d'inventer toutes sortes de dispositifs connexes tels les circuits intégrés et les microprocesseurs⁵.

LA POLARISATION DES TRANSISTORS BIPOLAIRES⁶

Polariser un transistor c'est appliquer des tensions convenables entre ses bornes prises deux à deux. Le transistor a trois bornes : la base (B), l'émetteur (E) et le collecteur (C). Il existe deux types de transistors bipolaires : les transistors NPN et les transistors PNP, dont les symboles sont donnés à la figure suivante :

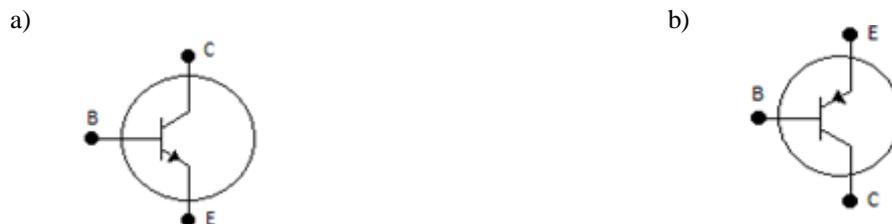


Figure 1 : Symbole du transistor de type : a) NPN, b) PNP

Nous énumérons les diverses façons de polariser un transistor pour qu'il fonctionne en régime linéaire. Dans les circuits suivants, nous utiliserons les notations suivantes : V_B = potentiel de base ; V_C = potentiel de collecteur ; V_E = potentiel d'émetteur ; V_{BE} = tension base-émetteur ; V_{CE} = tension collecteur-émetteur ; V_{CB} = tension collecteur-base ; I_B = courant de base ; I_E = courant d'émetteur ; I_C = courant de collecteur ; β_{CC} = gain statique en courant du transistor.

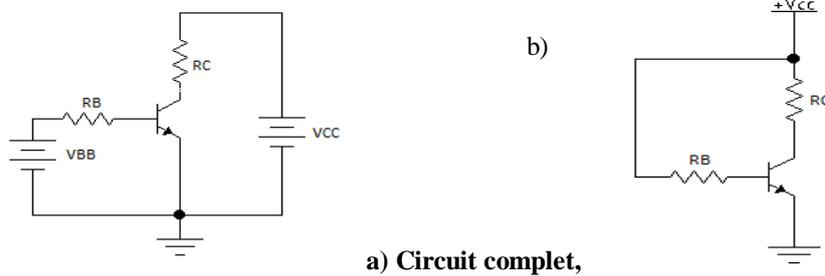
⁴ Albert Paul MALVINO et David BATES, Principes d'électronique, 8^e édition, Dunod, Malakoff, 2016, page 182.

⁵ . Albert Paul MALVINO et David BATES, Principes d'électronique, 8^e édition, Dunod, Malakoff, 2016, page 182.

⁶ [www.bts.uba.be/aide-memoire>lapolarisation des transistors>pdf](http://www.bts.uba.be/aide-memoire/lapolarisation%20des%20transistors.pdf), consulté le 28 septembre 2021.

a) Polarisation par la base⁷

La figure 2a représente un exemple de polarisation de base. Habituellement, l'alimentation de base est la même que l'alimentation de collecteur. Considérons la figure 2b ci-dessous où un seul générateur de tension V_{CC} est utilisé comme source unique de polarisation.



a) Circuit complet,

En appliquant la loi de maille autour du circuit fermé par le collecteur et par la base, on obtient les équations $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$ et $I_C = \beta_{CC} \left(\frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \right)$.

b) Polarisation par contre-réaction d'émetteur⁸

Habituellement, les alimentations de base et de collecteur sont égales, et on dessine le schéma de la figure 3b qui découle de celui de la figure 3a.

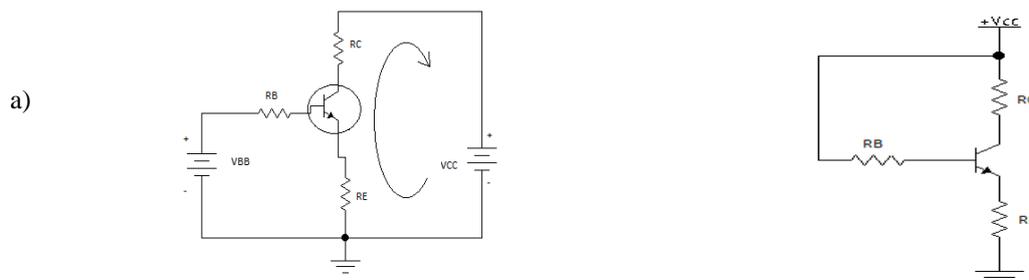


Figure 3 : Polarisation par réaction d'émetteur : a) Circuit complet, b) Schéma simplifié

En appliquant la loi d'additivité des tensions le long de la maille du collecteur du circuit représenté à la figure 3b, nous avons : $I_C \cong \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C + R_E}$ (1)

L'addition des tensions le long de la maille de la base donne $I_C \cong \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_E + R_B / \beta_{CC}}$ (2)

c) Polarisation par contre-réaction de collecteur⁹

La figure 4 représente la polarisation par contre-réaction de collecteur aussi appelée polarisation automatique. On ramène la résistance de base au collecteur plutôt qu'à l'alimentation, c'est ce qui différencie la polarisation par contre-réaction de collecteur de la polarisation de base.

⁷Albert Paul MALVINO et David BATES, Principes d'électronique, 8^e édition, Dunod, Malakoff, 2016, page 207.

⁸ Albert Paul MALVINO et David BATES, Principes d'électronique, 8^e édition, Dunod, Malakoff, 2016, page 257.

⁹ Albert Paul MALVINO et David BATES, Principes d'électronique, 8^e édition, Dunod, Malakoff, 2016, page 258.



Figure 4 : Polarisation par réaction de collecteur : a) Circuit complet, b) Base court-circuitée au collecteur

L'addition des tensions le long de la maille de base donne :

$$V_{BE} - V_{CC} + (I_C + I_B)R_C + I_B R_B = 0 \text{ d'où } V_{BE} - V_{CC} + I_C R_C + I_B R_B \cong 0.$$

$$\text{Or } I_B = I_C / \beta_{CC}, \text{ d'où selon l'équation précédente : } I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + R_B / \beta_{CC}}$$

d) Polarisation par diviseur de tension¹⁰

La figure 5a représente le circuit de polarisation par diviseur de tension (auss appelé circuit universel de polarisation). La tension entre les bornes de R_2 polarise la diode d'émetteur en direct.

On obtient la tension de Thévenin par :

$$V_{TH} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} (1)$$

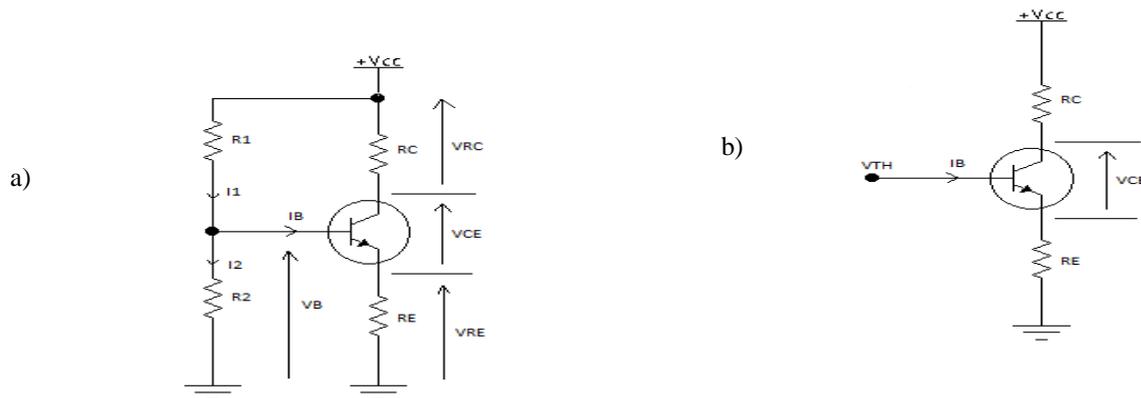


Figure 5 : Polarisation par diviseur de tension : a) Circuit complet, b) Schéma simplifié.

L'émetteur étant assujéti à la base, on a $I_C = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_E} (2)$ si $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \leq \frac{\beta_{CC} R_E}{100}$. Il faut respecter la règle $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \leq \frac{\beta_{CC} R_E}{100}$ pour le gain β_{CC} minimal rencontré dans toutes les conditions.

e) Polarisation par l'émetteur¹¹

Un circuit de polarisation par l'émetteur utilise à la fois une tension d'alimentation positive et une tension d'alimentation négative. Dans le circuit, la tension V_{EE} fournit une polarisation directe sur la jonction base-émetteur.

¹⁰ Albert Paul MALVINO et David BATES, Principes d'électronique, 8^e édition, Dunod, Malakoff, 2016, page 245.

¹¹ Albert Paul MALVINO et David BATES, Principes d'électronique, 8^e édition, Dunod, Malakoff, 2016, page 234.

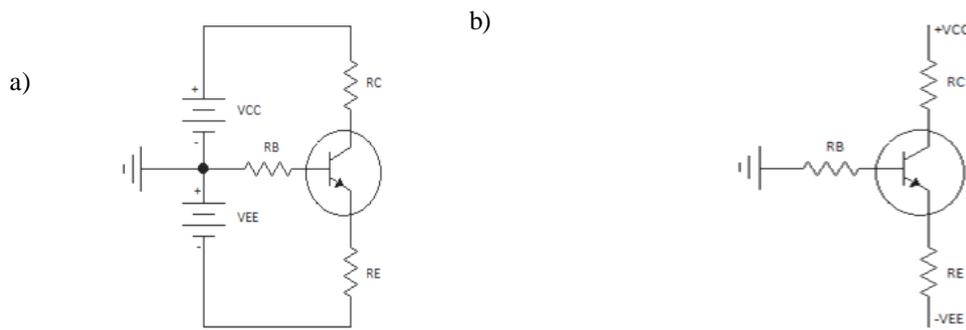


Figure 6 : Polarisation d'émetteur : a) Circuit complet, b) Schéma simplifié.

En considérant $I_C \cong I_E$ et $I_B \cong \frac{I_E}{\beta_{CC}}$

On a $V_{EE} = \frac{I_E}{\beta_{CC}} R_B + I_E R_E + V_{BE}$

$$\Rightarrow I_E \left(\frac{R_B}{\beta_{CC}} + R_E \right) + V_{BE} = V_{EE}, \quad I_E \cong I_C = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E + \frac{R_B}{\beta_{CC}}}$$

$$V_E = -V_{EE} + I_E R_E, \quad V_C = V_{CC} - I_C R_C \quad \text{et} \quad V_B = V_E + V_{BE}$$

Dans la suite, nous prendrons $V_{CC} = V_{EE}$.

f) Circuit à transistor PNP¹²

La figure 7a représente un transistor PNP. Les diodes d'émetteur et de collecteur pointent dans les sens opposés, tous les courants et toutes les tensions sont inversés par rapport à ceux du NPN. Pour polariser en direct la diode d'émetteur d'un transistor PNP, la polarité de V_{BE} doit être négative. Pour polariser la diode de collecteur en inverse, V_{BC} doit avoir la polarité positive. La figure 7b représente les sens conventionnels des courants.

Circuits complémentaires

Le transistor PNP est appelé le complément du transistor NPN. Par complément, entendre que toutes les tensions et tous les courants d'un transistor PNP sont opposés à ceux d'un transistor NPN. Chaque circuit à transistor NPN a un complément à transistor PNP. Pour trouver le circuit complémentaire à transistor PNP, il faut :

remplacer le transistor NPN par un transistor PNP ;

inverser toutes les tensions et tous les courants.

A titre d'exemple, la figure 8a représente un circuit de polarisation d'un transistor NPN par diviseur de tension. Le potentiel de collecteur est positif par rapport à la masse. Pour obtenir le circuit complémentaire à transistor PNP à la figure 8b, nous avons simplement remplacé le transistor NPN par un transistor PNP et pris les compléments des tensions.

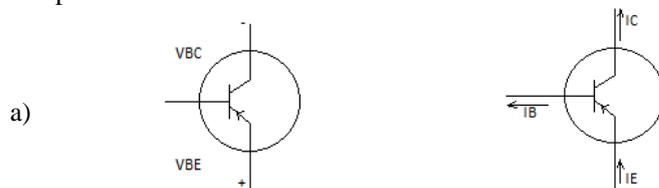


Figure 7 : a) Polarités du transistor PNP, b) Sens conventionnel du courant

Partant de la figure 8b nous avons :

$$V_{CC} = V_{RE} + V_{EC} + V_{RC}$$

$$V_{RE} = I_E \cdot R_E \text{ et } V_{RC} = I_C \cdot R_C$$

$$\Rightarrow V_{CC} = V_{RE} + V_{EB} + V_B$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{CC} = I_E \cdot R_E + V_{EB} + I_2 \cdot R_2} \quad \text{Avec } I_2 = I_1 + I_B$$

$$\boxed{V_{CC} = I_E \cdot R_E + V_{EC} + I_C \cdot R_C}$$

¹² Albert Paul MALVINO et David BATES, Principes d'électronique, 8^e édition, Dunod, Malakoff, 2016, page 261.

I_1 = courant traversant R_1 et I_2 = courant traversant R_2

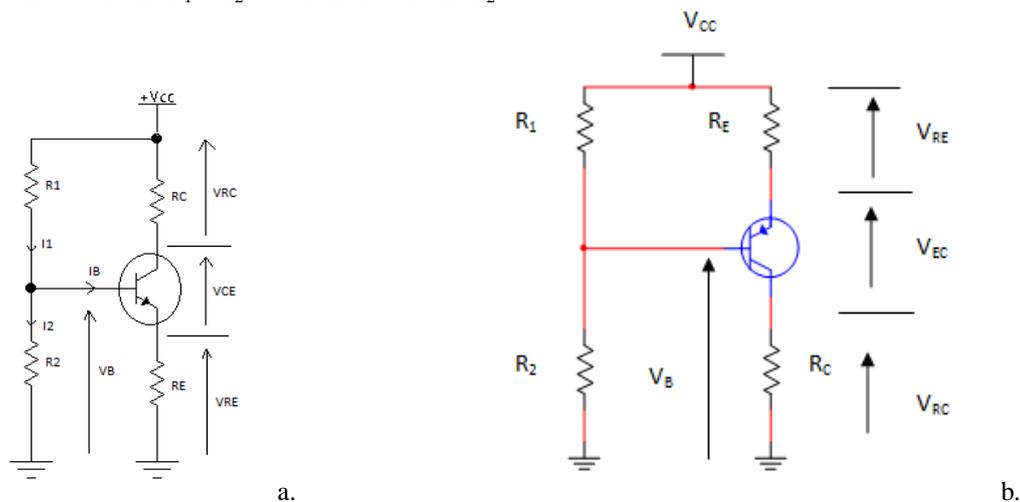
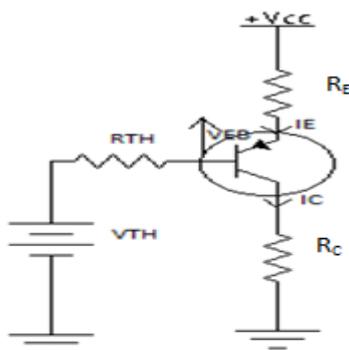


Figure 8 : Polarisation par diviseur de tension : a) NPN, b) PNP

En appliquant le théorème de Thévenin à la figure 8b, on obtient le circuit ci-dessous :



La maille d'entrée donne :

$$V_{CC} = I_E \cdot R_E + V_{EB} + I_B \cdot R_{TH} + V_{TH}$$

$$V_{CC} = (\beta + 1)I_B \cdot R_E + V_{EB} + I_B \cdot R_{TH} + V_{TH}$$

$$(\beta + 1)I_B \cdot R_E + V_{EB} + I_B \cdot R_{TH} = V_{CC} - V_{EB} - V_{TH}$$

$$I_B [(\beta + 1)R_E + R_{TH}] = V_{CC} - V_{EB} - V_{TH}$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{EB} - V_{TH}}{(\beta + 1) R_E + R_{TH}}$$

Figure 9 : Modèle de Thévenin

Partant de la figure 8b; on a les relations suivantes:

$$V_E = V_B + V_{EB} \text{ et } I_E = \frac{V_{CC} - V_E}{R_E}$$

$$V_C = I_C \cdot R_C, V_{EC} = V_E - V_C$$

$$V_B = \left(\frac{R_2 // R_{en}}{R_1 + R_2 // R_{en}} \right) \cdot (V_{CC}) \text{ ou } V_B = \frac{R_2 \cdot V_{CC}}{R_1 + R_2} \text{ si } R_2 \ll \beta_{CC} R_E$$

II.2. NECESSITE D'UN MATERIEL DIDACTIQUE

Les matériels didactiques constituent un ensemble d'objets de toute nature qui interviennent dans le processus d'apprentissage pour concrétiser les leçons, faciliter l'acquisition de connaissances, l'assimilation et la maîtrise de matières par les apprenants¹³

Par les entretiens organisés avec les enseignants du secondaire et de l'ISPT-Muhangi, nous avons constaté qu'il y a nécessité du matériel didactique lors de l'apprentissage de la polarisation d'un transistor bipolaire. L'absence du matériel didactique dans l'apprentissage cause beaucoup de problèmes, par exemple le désintéressement des élèves et les échecs. Il faut admettre que le matériel didactique est l'un des éléments importants du système éducatif. L'enseignant a fort besoin du matériel didactique dans son œuvre éducatif afin de concrétiser la théorie. Nous nous sommes entretenus avec cinquante enseignants du cours d'électronique au secondaire à Butembo. Aucun de ces cinquante enseignants n'utilise un matériel didactique adéquat lors des enseignements sur la polarisation des transistors.

¹³ <http://eduquepsp.cd/old-site2/Actulit%C3>, consulté le 29 septembre 2021

Il est à noter que le matériel didactique ne remplace pas l'enseignant et ne justifie pas l'insuffisance de la préparation de la leçon, mais il accompagne l'enseignant lors de ses prestations.

Nous avons utilisé des méthodes analytique, descriptive et expérimentale. La méthode analytique a permis d'appréhender les notions de polarisation des transistors bipolaires, de matériel didactique et l'analyse des résultats expérimentaux. La technique documentaire nous a permis de récolter les données en consultant les ouvrages et les sites web qui traitent de la polarisation, du matériel didactique et des composants utilisés. Par la méthode descriptive, nous avons obtenu des détails nécessaires afin de comprendre davantage la thématique abordée dans ce travail. La méthode expérimentale nous a permis d'évaluer le matériel réalisé grâce à différents essais. Par de divers essais, nous avons trouvé qu'il était mieux de travailler avec des transistors en faibles signaux que de travailler avec des transistors de puissance. Le calcul des moyennes a permis de mesurer l'écart entre les résultats expérimentaux et les résultats mathématiques. La technique d'entretien nous a permis d'avoir les envies et considérations des enseignants et des apprenants du domaine électronique de la ville de Butembo.

II.4. REALISATION DU MATERIEL DIDACTIQUE

a) Schéma de réalisation

Nous avons choisi une alimentation symétrique (+12V/-12V) pour l'alimentation de notre matériel didactique. Dans nos calculs, nous avons réglé habituellement le point Q (V_{CE}, I_C) près du point milieu de la droite de charge statique. Nous avons pris V_{CE} pour le transistor NPN et V_{EC} pour le PNP qui est égale à $V_{CC}/2$ sauf pour la polarisation par l'émetteur où nous avons pris $V_{CE} (V_{EC})$ qui est égale à V_{CC} .

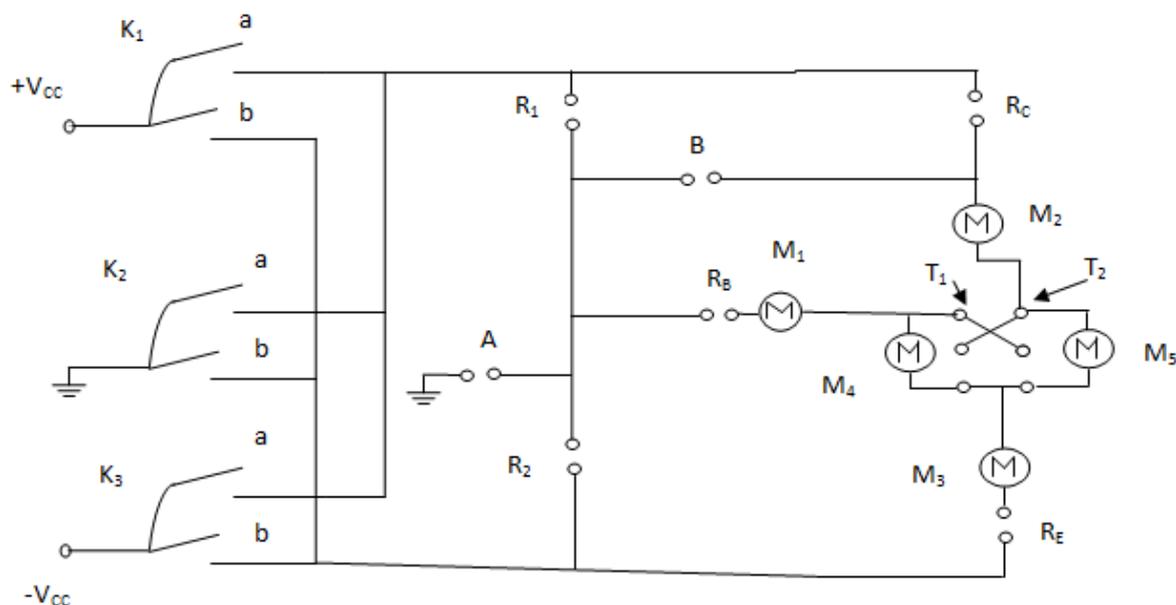


Figure 10 : Schéma de réalisation du matériel didactique

Pour faciliter nos calculs, nous allons dresser le tableau de caractéristiques données par les constructeurs des composants.

Tableau I : Principales caractéristiques des transistors bipolaires utilisés

Désignation	Mat	Type	P_D W	V_{CE} V	V_{EB} V	I_C A	T_j °C	H_{FE} β	Boitier
BC548	Si	NPN	0,5	30 V_{CEmax}	5 V_{EBmax}	0,1	150	330	T0-92
BC558	Si	PNP	0,5	30 V_{ECmax}	5 V_{BEmax}	0,1	150	330	T0-92

Source : Fiches techniques des constructeurs.

Dans le tableau ci-haut, nous avons repris les caractéristiques des transistors bipolaires utilisés qui sont le BC548 et le BC558. Parmi les caractéristiques données par le constructeur, deux d'entre-elles nous intéressent : I_C max qui est le courant de collecteur maximal en Ampère et β ou H_{FE} . Nous prenons I_C de repos égale $\frac{I_C \text{ max}}{6}$ pour $I_C \text{ max} < 5A$ afin de bien exploiter le transistor et I_C de repos égale $\frac{I_C \text{ max}}{20}$ pour

I_C max > 5A afin d'éviter une dissipation importante de puissance dans le transistor et réduire l'encombrement du matériel didactique. Pour les puissances nominales des résistances, nous utilisons les valeurs normalisées qui sont 1/8, 1/4, 1/2, 1 et 2w.

Tableau II : Synthèse des modes de polarisation pour le transistor BC548 /BC558

Polarisation	V_{CC} V	V_{CE} V	R_B Ω /W	R_C Ω /W	R_E Ω /W	R_1 Ω /W	R_2 Ω /W	I_C A
Par résistance à la base	12	6	220K/ 0,125	360/ 0,125	–	–	–	0,016
Par contre-réaction d'émetteur	12	6	220K/ 0,125	330/ 0,125	68/ 0,125	–	–	0,016
Par contre-réaction du collecteur	12	6	120K/ 0,125	360/ 0,125	–	–	–	0,016
Par l'émetteur	12	12	100K/ 0,125	360/ 0,125	330/ 0,125	–	–	0,016
Par diviseur de tension	12	6	–	270/ 0,125	68/ 0,125	10K/ 0,125	2,2K/0,125	0,016

Source : Résultats de calculs et de normalisation dans la série E₂₄

Nous constatons que $I_C=0,016A$ est le même pour les cinq modes de polarisation. La résistance de collecteur R_C est la même pour les trois montages de polarisation sauf pour la polarisation par réaction à l'émetteur et par pont diviseur de tension. La puissance dissipée par le transistor ne dépasse pas 0,25W. La valeur moyenne de tension V_{CE} est de 7,2V. Les valeurs nominales des résistances sont trouvées après calcul et normalisation, leur tolérance est de $\pm 5\%$ et leurs puissances nominales dépendent des courants les traversant.

Tableau III : Spécifications des multimètres numériques utilisés (en anglais).

Function	Range	Resolution	Accuracy	Over load protection
DCV	200mV	100 μ V	$\pm(0,5\%rdg+2dgts)$	500VDC/350VAC
	2000mV	1mV		1000VDC/750VAC
	20V	10mV		
	200V	100mV		
	1000V	1V		
ACV	200V	100mV	$\pm(1,2\%+rdg+10dgts)$	750VAC
	750V	1V		
DCA	200 μ A	100nA	$\pm(1,0\%+2dgts)$	500mA/250V Fuse
	2000 μ A	1 μ A		
	20mA	10 μ A		
	200mA	100 μ A		
	10A	10mA		

Source : Fiche technique du fabricant

Le tableau ci-haut présente les spécifications du multimètre utilisé dont voici les explications concernant les colonnes :

Function : elle présente les grandeurs électriques à mesurer ;

Range : elle présente la plage des valeurs à mesurer, de la valeur inférieure jusqu'à la valeur limite supérieure ;

Resolution : c'est la netteté que présente l'appareil de mesure ;

Accuracy : c'est la précision ou l'exactitude que présente le multimètre ;

Over load protection : elle présente la valeur limite à laquelle la protection se déclenche pour sauver l'appareil des dommages graves.

b) Mode d'emploi du matériel didactique

Ce matériel didactique sur la polarisation du transistor a été réalisé pour la détermination des courants (I_B , I_C et I_E) et des tensions (V_{BE} et V_{CE}). Les appareils de mesure sont déjà connectés. Pour utiliser ce matériel didactique, il faut suivre les étapes ci-dessous :

1. Introduire le transistor, les résistances dans les ports prévu pour ce faire et mettre un pont selon le mode de polarisation. La lettre T₁ désigne les ports prévus pour les boîtiers TO-220 et TO-3PN, et la lettre T₂ désigne les boîtiers TO-92. La vue de face du transistor doit tourner vers la droite ;

2. Calibrer les multimètres M_1, M_2, M_3 en [A] ou en [mA] selon le courant à mesurer en tenant compte de l'emplacement des cordons et les multimètres M_4 et M_5 à 20V/DC ;
3. Alimenter le matériel en tension continue $V_{CC} = 12V$;
4. Les interrupteurs K_1, K_2 et K_3 ont chacun deux manettes dont la première est nommée a et la seconde b ; Pour utiliser le transistor NPN, pour tous les modes de polarisation sauf à la polarisation par émetteur, nous aurons besoin des interrupteurs K_1 et K_2 . On actionne la manette a de l'interrupteur K_1 et la manette b de l'interrupteur K_2 , la tension positive est au collecteur du transistor et la masse à l'émetteur. Pour appliquer la polarisation par l'émetteur, la manette a de K_1 doit être actionnée et la manette b de K_3 actionnée aussi. Le port A (jumper) sert à relier la base à la masse.

Pour le transistor PNP, nous allons utiliser l'interrupteur K_1 et K_2 sauf à la polarisation par l'émetteur. La manette b de l'interrupteur K_1 doit être actionnée et la manette a de l'interrupteur K_2 , d'où la tension positive à l'émetteur et la tension négative au collecteur. Pour appliquer la polarisation par l'émetteur, la manette a de l'interrupteur K_3 doit être actionnée et la manette b de l'interrupteur K_1 actionnée aussi. Les résultats obtenus seront pris en valeur absolue suite à la non-inversion des cordons. Le port B (jumper) est utilisé pour la polarisation par contre-réaction au collecteur.

Pour ne pas être surpris par des résultats désagréables, on doit se rassurer que :

Le transistor ne dissipe pas une puissance élevée ;

Les résistances utilisées ont une puissance nominale convenable ;

La valeur de β_{CC} du transistor qui est donnée sur la fiche technique du fabricant est presque la même que celle donnée par une méthode de mesure appropriée.

c) Coût du matériel didactique

Le coût global de ce matériel didactique est de 40\$. Ce coût tient compte des prix des composants sur le marché local de Butembo au mois d'octobre 2021. C'est un coût abordable vu que la polarisation des transistors bipolaires est une notion capitale dans l'enseignement de l'électronique.

III. Discussions

Dans cette section, nous discutons les résultats de l'expérimentation avec un transistor NPN et un transistor PNP, puis nous exprimons notre degré de satisfaction.

3.1. Expérimentation avec le transistor NPN : BC548

Tableau IV : Résultats de l'expérimentation avec le transistor BC548 (Boitier TO- 92)

Polarisation	V_{CC} V	V_{CE} V	R_B Ω /W	R_C Ω /W	R_E Ω /W	R_1 Ω /W	R_2 Ω /W	I_C A
Par la base	11,9	5,96	22K/ 0,125	360/0,125	–	–	–	0,016
Par contre-réaction d'émetteur	11,9	5,85	220K/0,125	330/0,125	68/0,125	–	–	0,015
Par contre-réaction du collecteur	11,9	6,28	120K/ 0,125	360/0,125	–	–	–	0,015
Par l'émetteur	11,9	11,6	100K/ 0,125	360/0,125	360/0,125	–	–	0,017
Par diviseur de tension	11,9	5,83	–	270/0,125	68/0,125	10K/0,125	220/0,125	0,019

Source : Résultats de l'expérimentation

Nous constatons que les résultats obtenus par expérimentation sont presque égaux aux résultats obtenus par calcul pour ce transistor BC548. En effet, les résistances utilisées ont une tolérance de $\pm 5\%$. Comme les résultats de l'expérimentation et les résultats de calcul diffèrent de moins de 5%, nous avons atteint notre objectif. La valeur de I_C obtenue par calcul était de 0,016A. La valeur moyenne de I_C obtenue par mesure est de 0,0164A. La différence entre les deux moyennes est de 0,0004A, soit 2,5%. La valeur moyenne de V_{CE} obtenue par calcul était de 7,2V. La valeur moyenne de V_{CE} obtenue par mesure est de 7,1V. La différence entre les deux valeurs moyennes est de 0,1V, soit 1,4%.

3.2. Expérimentation avec le transistor PNP : BC558

Tableau V : Résultats de l'expérimentation avec le transistor BC558 (Boitier TO-92)

Polarisation	V_{CC} V	V_{CE} V	R_B Ω /W	R_C Ω /W	R_E Ω /W	R_1 Ω /W	R_2 Ω /W	I_C A
Par la base	11,9	6,17	220K/0,125	360/0,125	–	–	–	0,015

Par contre-réaction d'émetteur	11,9	6	220K/0,125	330/0,125	68/0,125	–	–	0,014
Par contre-réaction du collecteur	11,9	6,35	120K/0,125	360/0,125	–	–	–	0,015
Par l'émetteur	11,9	11,3	100K/0,125	360/0,125	360/0,125	–	–	0,017
Par diviseur de tension	11,9	5,43	–	270/0,125	68/0,125	10K/0,125	2200/0,125	0,018

Source : Résultats de l'expérience

Sachant que le transistor PNP demande des polarités inverses à celles du NPN, les résultats trouvés par expérimentation ont un signe négatif car nous n'avons pas changé les cordons des appareils de mesure. Les résultats obtenus par expérimentation ont été pris en valeur absolue. Nous constatons que les résultats obtenus par expérimentation sont presque égaux aux résultats obtenus par calcul pour ce transistor BC558 aussi presque égaux aux résultats obtenus lors de l'expérimentation du transistor BC548. La valeur de I_C calculée est de 0,016A et la valeur moyenne de I_C obtenue par mesure est de 0,0158A. La différence entre les deux valeurs est de 0,0002A, soit 1,25%. La valeur moyenne de V_{CE} obtenue par calcul est de 7,2V. La valeur moyenne de V_{CE} obtenue par mesure est de 7,05V. La différence entre les deux moyennes est de 0,15V, soit 2%.

IV. Conclusion

Notre travail est intitulé « Conception et réalisation d'un matériel didactique sur la polarisation d'un transistor bipolaire en 2^e Electronique ». Notre objectif était de concevoir et réaliser un matériel didactique sur la polarisation d'un transistor lequel matériel pourra susciter l'intérêt et la curiosité des apprenants lors de l'apprentissage et aider les enseignants à mieux transmettre la notion de la polarisation d'un transistor en conciliant la théorie à la pratique.

Partant de la problématique, il a fallu vérifier si le matériel didactique sur la polarisation d'un transistor bipolaire est nécessaire dans l'enseignement. Dans la deuxième section de ce travail, nous avons donné la nécessité du matériel didactique dans l'enseignement. Cette réponse est venue confirmer notre première hypothèse selon laquelle, il semble que le matériel didactique est nécessaire dans l'enseignement de la polarisation d'un transistor bipolaire. La tâche revient à l'enseignant qui doit avoir un esprit de créativité afin de mettre les apprenants en contact avec le matériel didactique, à leur tour, ils interpréteront les phénomènes en vue de l'amélioration des connaissances.

De même, il a fallu trouver un moyen de concevoir le matériel didactique. Nous avons conçu le schéma de réalisation de ce matériel. La présentation de ce schéma du matériel didactique nous a permis de confirmer notre deuxième hypothèse, qu'il serait possible de concevoir un matériel didactique.

Notre dernière hypothèse, selon laquelle, il semble que les résultats obtenus par expérimentation seront égaux aux résultats obtenus par calcul, se trouve confirmée dans la troisième section. Les expérimentateurs doivent avoir les caractéristiques réelles du transistor utilisé pour éviter toute saturation de celui-ci. Nous estimons avoir atteint l'objectif de notre recherche.

Nous suggérons à tous les chefs d'établissements des institutions qui organisent la section technique industrielle, et surtout l'option électronique, d'équiper leurs laboratoires électroniques avec des matériels didactiques comme celui que nous présentons dans cet article.

Bibliographie

- [1]. Albert Paul MALVINO et David BATES, Principes d'électronique, 8^e édition, Dunod, Malakoff, 2016.
- [2]. C. Cimelli et R. Bourgeron, Guide du Technicien en électronique, Hachette Livre, Paris, 2007.
- [3]. C. MEEUS, *Anthologie 5^{ème}, 2^e édition, CRP, Kinshasa, 2014.*
- [4]. Cathleen Shamieh, L'électronique pour les nuls, 2^e édition, Editions First, Paris, 2017.
- [5]. Circulaire ministérielle N°MINEPSP/CAB/07/2013 du 28-08-2013, République Démocratique du Congo.
- [6]. Direction des Programmes Scolaires et Matériel Didactique, Programme National, Electronique, EDIDEPS, Kinshasa, 2006.
- [7]. Equipe Technique du PEQPESU, Programme Math 7^{ème}, 1^{ère} édition, DIPROMAD/MEPSP, Kinshasa, juillet 2018.
- [8]. <http://core.ac.uk/>pdf>35285243>
- [9]. <http://eduquespsp.cd/old-site2/Actualit>
- [10]. <http://www.bts.uba.be/>aide-mémoire>la polarisation des transistors>.pdf>
- [11]. <http://www.Cdc.qc.ca/parea/701083-V3-bruneau-morin-phaneuf-soins-PAREA-1991.pdf>
- [12]. <http://www.gossermettrawatt.com >fr>>
- [13]. <http://www.Larousse.fr/dictionnaire/français>
- [14]. <http://www.microlab.ti.bfh>Script>transistor bipolaire>.pdf>
- [15]. <http://www.astuces-pratique.fr/>fiabilité >>
- [16]. IBEKI LEONARD GEGET, Didactique des disciplines, Pédagogie de pointe, Kinshasa, 2009.
- [17]. IBEKI LEONARD GEGET, Manuel de Didactique Générale et pratique professionnelle, Pédagogie de pointe, Kinshasa, 2005.

- [18]. IBEKI LEONARD GEGET, Manuel de Pédagogie Générale, Pédagogie de pointe, Kinshasa, 2001.
- [19]. IBEKI LEONARD GEGET, Manuel de Psychologie Générale, Pédagogie de pointe, Kinshasa, 2005.
- [20]. José-Philippe PEREZ et al., Electronique, 2^e édition, Dunod, Paris, 2012.
- [21]. LOI-CADRE n° 14/004 du 11 Février 2014 de l'enseignement national, République Démocratique du Congo.
- [22]. Robert le Goff, *Physique appliquée*, 1^{ère} STI Génie électrotechnique, Nathan, Paris, 2002.
- [23]. SIMONE SCAILLET, *Méthodologie Générale et Pratique*, 3^{ème} édition, Société missionnaire de St Pool, dépôt légal n°65.
- [24]. Tahar Neffati, Introduction à l'électronique analogique, Dunod, Paris, 2008.
- [25]. Tahar Neffati, L'électronique de A à Z, Dunod, Paris, 2006.
- [26]. Vincent Carette et Bernard Rey, *Savoir enseigner dans le secondaire : Didactique générale*, 1^{ère} édition, De Boeck, Bruxelles, 2017.

Katembo Kataliko Roger. " Conception et réalisation d'un matériel didactique sur la polarisation d'un transistor bipolaire en 2eme électronique." *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, 24(01), 2022, pp. 40-50.