

Chapitre II : Etude des moteurs, relais et transistor sous Proteus

I. Objectifs :

L'objectif de ce cours est de découvrir trois nouveaux composants électroniques dans le logiciel de simulation électronique **PROTEUS** :

- * le moteur à courant continu;
- * le relais;
- * le transistor.

L'ensemble de ces nouveaux composants, ajouté aux composants déjà connus, vous permettra de simuler ultérieurement le fonctionnement d'un montage électronique complexe.

Après une découverte séparée des trois nouveaux composants vous devrez appliquer vos acquis dans différents problèmes.

Ce cours est structuré en 5 grandes parties :

- * Listes des composants dans Proteus
- * Découverte du moteur à courant continu
- * Découverte du relais
- * Découverte du transistor
- * Applications à réaliser en mettant en œuvre les savoir-faire acquis précédemment

II. Liste des 5 nouveaux composants à connaître :

Vous trouverez dans le tableau suivant les 5 nouveaux composants. Vous ferez systématiquement référence à ce tableau pour connaître les noms exacts et les catégories des différents composants utilisés dans différentes manipulations futures. Cette liste de composants complète la liste des composants déjà vus et qui ne sont pas rappelés ici. On rappelle que l'utilisation des « Mots clés » accélère la recherche des composants dans la boîte de dialogue « Pick Devices » de Proteus. Cochez la case identique sur tous les mots si vous saisissez le nom complet du composant dans « Mots clés ».

Nom réel du composant	Nom exact du composant (colonne Device à saisir dans Mots clés)	Catégorie	Bibliothèque
Un moteur à courant continu	MOTOR-DC	Electromechanical	ACTIVE
Un relais 1RT (1 contact)	RELAY	Switches & Relays	ACTIVE
Un relais 2RT (2 contacts)	RELAY2P	Switches & Relays	ACTIVE
Un transistor NPN	NPN	Transistors	DEVICE
Un transistor PNP	PNP	Transistors	DEVICE

III. Découverte du moteur à courant continu :

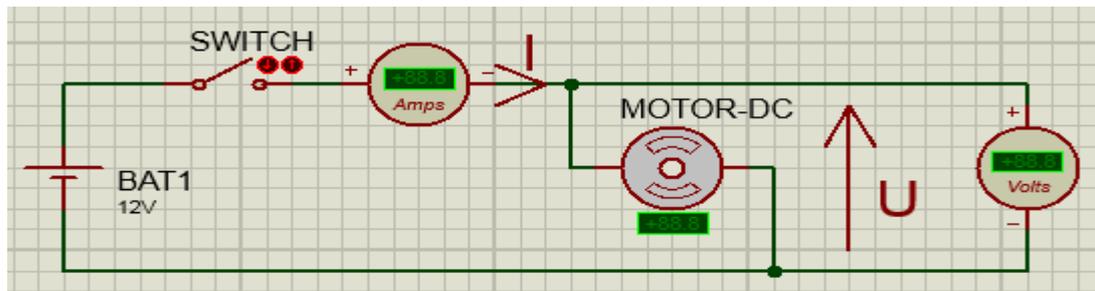
3.1. Ouvrez le logiciel de simulation Proteus et agrandissez sa fenêtre à tout l'écran.

Appuyez sur la **touche p** pour ouvrir la boîte de dialogue Pick Devices, ajoutez les composants ci-dessous dans votre sélecteur et réalisez le Montage 1 dans lequel la pile fournit une tension de 12 V et l'ampèremètre sera réglé sur le meilleur calibre.

Composants à ajouter à votre sélecteur avant de commencer le schéma :

- Une pile de 12 V **CELL**
- Un interrupteur **SWITCH**
- Un moteur **MOTOR-DC**

Réaliser le schéma ci-dessous :



Montage 1

3.2. Un moteur électrique peut tourner dans les deux sens de rotation possible :

* Le **sens trigonométrique** est appelé « **sens direct** » pour un moteur.

* Le **sens horaire** est appelé « **sens inverse** » pour un moteur.

Appuyez sur F12 pour lancer la simulation du Montage 1, fermez l'interrupteur puis observez le moteur :

Quel est le sens de rotation du moteur dans le Montage 1 (Le sens direct ou Le sens inverse)

.....

Quel est l'intensité du courant I traversant le moteur dans le Montage 1 ?

.....

Ce courant est de quel ordre? (Microampère, milliampère ou de l'ampère)

.....

Quel est la tension aux bornes du moteur?

.....

Calculer la puissance absorbée P_a par le moteur.

.....

En déduire la puissance utile P_u , sachant que le rendement est de 70%.

.....

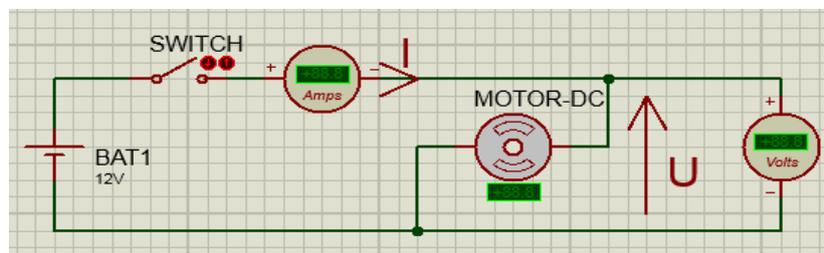
Quel est la vitesse de rotation n du moteur en tr/min?

.....

En déduire le couple du moteur.

.....

3.3. Modifiez le câblage de votre moteur en inversant sa polarité comme sur le Montage 2 puis lancez la simulation.



Montage 2

Quel est le sens de rotation du moteur dans le Montage 2? (Le sens direct ou Le sens inverse)

.....

3.4. Conclusion sur le moteur à courant continu

Compléter les phrases ci-dessous :

Un moteur à courant continu consomme un courant de l'ordre de

Pour inverser le sens de rotation du moteur, il suffit de

IV. Découverte du relais :

4.1. Ajoutez les composants ci-dessous dans votre sélecteur (en plus des composants déjà présents) puis réalisez le Montage 3 utilisant un relais RELAY et dans lequel la pile fournit une tension de 12 V. Vous veillerez à régler l'ampèremètre sur le meilleur calibre.

Composants à ajouter à votre sélecteur avant de commencer le schéma :

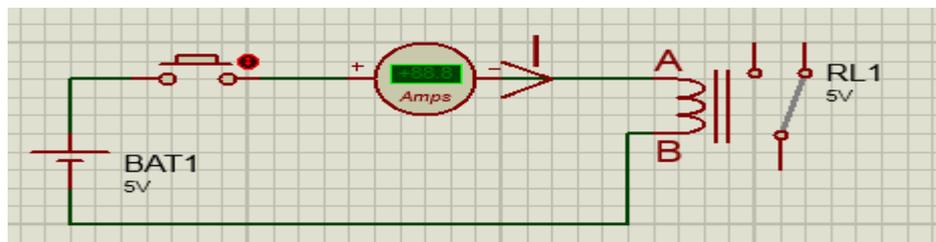
Un bouton poussoir BUTTON

Un relais RELAY

Un relais RELAY2P

Une ampoule LAMP

Réaliser le schéma ci-dessous :



Montage 3

Attention : Régler la batterie et le relais sur 5v: clique droit Edit properties

4.2. Les deux bornes notées A et B sur le Montage 3 sont les bornes de la bobine du relais. La bobine du relais se comporte comme un électro-aimant capable d'aimanter le contact mobile du relais :

Si la **bobine est alimentée** par un courant, alors elle attire vers elle le contact du relais : on dit alors que le relais est dans la **position TRAVAIL**

Si la **bobine n'est pas alimentée** (courant nul), alors elle n'attire pas le contact du relais : on dit alors que le relais est dans la **position REPOS** (sur le schéma ci-dessus le relais est dessiné dans sa position REPOS)

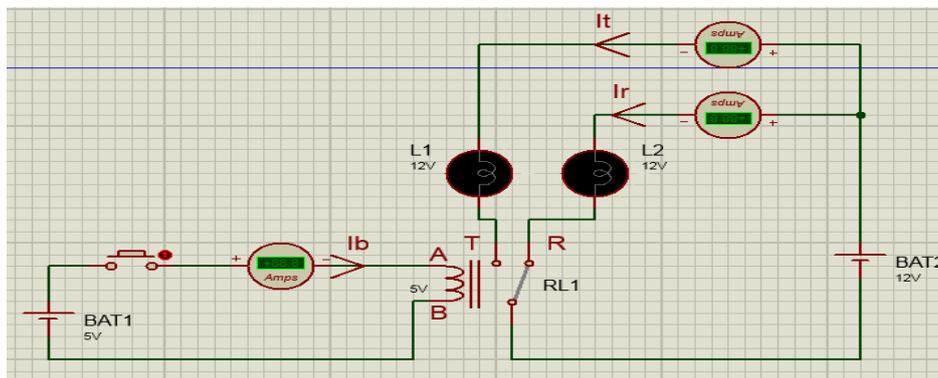
Appuyez sur F12 pour lancer la simulation du Montage 3, actionnez le bouton poussoir tout en observant le relais :

- Lorsque le bouton poussoir est fermé, quelle est la position du relais ? (Travail ou Repos)
- Lorsque le bouton poussoir est ouvert, quelle est la position du relais ? (Travail ou Repos)

- Quel est l'intensité du courant circulant dans la bobine du relais lorsqu'il est au travail ?
- Ce courant est de l'ordre?

4.3. On va maintenant utiliser le contact du relais pour alimenter 2 ampoules L1 et L2.

Complétez votre schéma pour réaliser le Montage 4 utilisant 1 pile de 5V et 1 pile de 12V puis lancez la simulation :



Montage 4

- Quel lampe est allumée lorsque le relais est en position repos?
- Quel lampe est allumée lorsque le relais est en position travail?
- Quel est l'intensité du courant circulant dans une ampoule lorsqu'elle est allumée ?

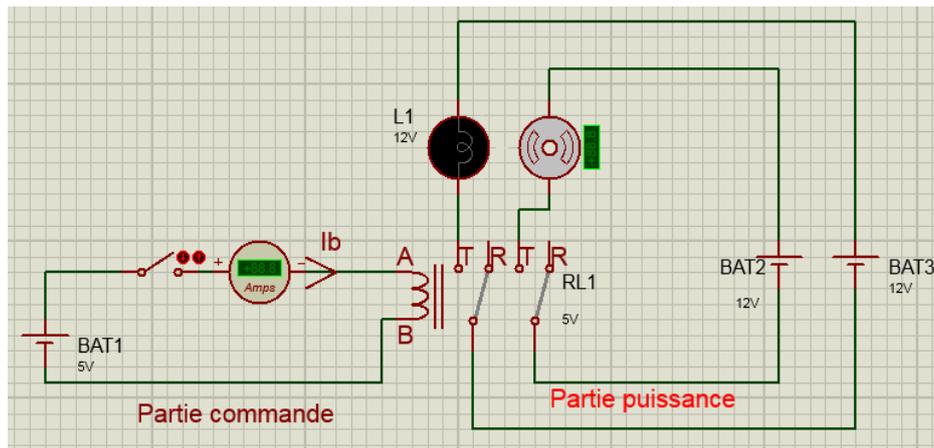
On appelle I_B le courant circulant dans la bobine du relais et I_L le courant circulant dans une ampoule.

- Quel est l'ordre de grandeur de I_L par rapport à I_B ? (I_L est 10 fois plus grand que I_B par exemple)

Le relais utilisé dans les montages 3 et 4 possède 1 seul contact. Ce contact possède à la fois une borne de repos (noté R sur le Montage 4) et une borne de travail (notée T sur le Montage 4). Ce relais est appelé un relais 1RT.

4.4. On va maintenant utiliser le relais *RELAY2P* qui possède 2 contacts. Chaque contact possède à la fois une borne de repos (noté R sur le Montage 5) et une borne de travail (notée T sur le Montage 5). Ce relais est appelé un relais 2RT. Lorsqu'un relais 2RT passe au TRAVAIL, tous ses contacts sont attirés vers la bobine.

Réalisez le Montage 5 (page 4) utilisant 3 piles différentes, une ampoule, un moteur et un relais 2RT *RELAY2P*.



Montage 5

Grâce à ses 2 contacts indépendants, le relais 2RT permet d'alimenter deux récepteurs utilisant chacun son alimentation. Par exemple sur le Montage 5, l'ampoule est alimentée avec une pile de 12 V alors que le moteur est alimenté avec une autre pile de 6 V. L'ampoule et le moteur (les 2 « récepteurs ») utilisent chacun leur propre circuit électrique et n'ont aucun point commun.

Lancez la simulation puis complétez le tableau suivant récapitulant le fonctionnement du Montage 5 :

Etat du bouton poussoir	Position du relais 2RT (repos ou travail)	Etat de l'ampoule (allumée ou éteinte)	Etat du moteur (marche ou arrêt)
ouvert			
fermé			

Conclusion sur les relais :

Un relais est un interrupteur commandé en courant et actionné par un électro-aimant (la bobine).

Le courant de commande circulant dans la bobine est de l'ordre de 50 mA

Les contacts du relais peuvent alimenter un circuit de puissance consommant plusieurs ampères

Un relais possédant 1 contact avec les bornes Travail et Repos est appelé un relais 1RT

Un relais possédant 2 contacts ayant chacun les bornes Travail et Repos est appelé un relais 2RT.

V. Découverte du transistor :

5.1. Supprimez le montage actuel de votre feuille de travail sans fermer le projet afin de conserver les composants déjà présents dans votre sélecteur. Pour cela cliquez droit sur votre feuille de travail + Sélectionner tous les objets + touche Suppr du clavier. Ajoutez les composants ci-dessous dans votre sélecteur, en plus des composants déjà présents.

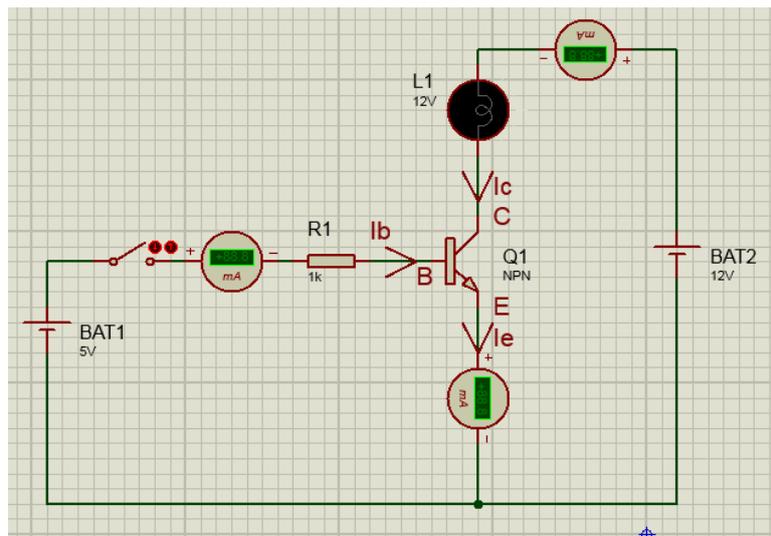
Composants à ajouter à votre sélecteur avant de commencer le schéma :

Une résistance RES

Un transistor NPN

Un transistor PNP

Réalisez le Montage 6 utilisant un transistor NPN, une pile de 5V, une pile de 12V, un interrupteur SWITCH, une résistance RES, une ampoule LAMP et 2 ampèremètres réglés sur le calibre milliampère et branchés exactement comme sur le schéma : le plus de l'ampèremètre vers le plus de la pile.



Montage 6

- Lancez la simulation, actionnez l'interrupteur, observez l'ampoule et les ampèremètres mesurant les courants i_B et i_L puis complétez le tableau suivant récapitulant le fonctionnement du Montage 6 :

Etat de l'interrupteur	Valeur du courant i_B	Valeur du courant i_C dans la lampe	Valeur du courant i_E	Etat de l'ampoule L1
ouvert				
fermé				

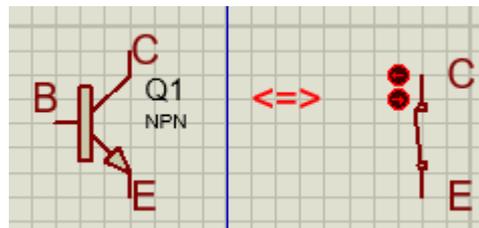
Q19 : Quel est la relation entre i_E , i_B et i_C lorsque l'interrupteur est fermé.

- Quel est l'ordre de grandeur entre I_c et I_b lorsque l'interrupteur est fermé.

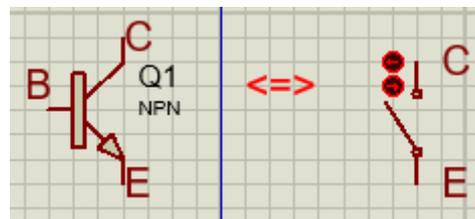
5.2. Description du fonctionnement du transistor et décodage de son symbole :

Les 3 bornes du transistor s'appelle la Base, l'Emetteur et le Collecteur (notées B, E et C sur le symbole ci-contre). Vous venez de remarquer dans l'expérience précédente que le transistor se comporte comme un interrupteur entre ses bornes C et E :

soit le transistor laisse passer le courant entre C et E (l'ampoule est allumée) : il est alors équivalent à un interrupteur fermé



Soit le transistor interrompe le passage du courant entre C et E (l'ampoule est éteinte) : il est alors équivalent à un interrupteur ouvert.



Le transistor est équivalent à un interrupteur commandé en courant.

Lorsqu'un transistor est équivalent à un interrupteur fermé entre ses bornes C et E, on dit qu'il est saturé.

Lorsqu'un transistor est équivalent à un interrupteur ouvert entre ses bornes C et E, on dit qu'il est bloqué.

Les 2 états d'un transistor sont *bloqué et saturé*.

Complétez le tableau suivant relatif au fonctionnement du Montage 6

Etat de l'interrupteur Etat du transistor Q1 Etat de l'ampoule L1 ouvert fermé

5.3. Découverte du transistor PNP :

Réalisez le Montage 7 utilisant

un transistor PNP,

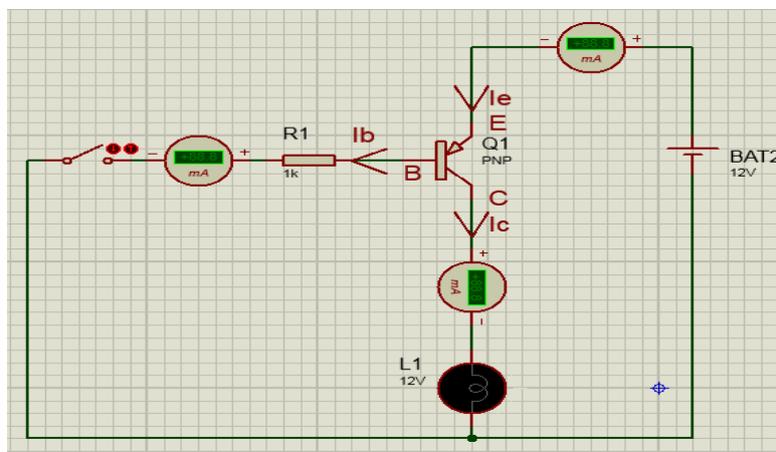
une seule pile de 12V,

un interrupteur SWITCH appelé K,

une résistance RES de 1 kilo ohms,

une ampoule LAMP

et 2 ampèremètres réglés sur le calibre milliampère et branchés exactement comme sur le schéma : le moins de l'ampèremètre vers le moins de la pile.



Montage 7

Lancez la simulation, actionnez l'interrupteur K, observez l'ampoule et les ampèremètres mesurant les courants i_b , i_c et I_e puis complétez le tableau suivant récapitulant le fonctionnement du Montage 7 :

Etat de l'interrupteur	Valeur du courant i_b	Valeur du courant i_c dans la lampe	Valeur du courant I_e	Etat de l'ampoule L1
ouvert				
fermé				

- Quel est l'ordre de grandeur entre I_c et I_b lorsque l'interrupteur est fermé.
- Comparaison des transistors NPN et PNP et conclusion à retenir :
Les 3 bornes d'un transistor s'appellent la base, l'émetteur et le collecteur (annotées B, E et C).

Un transistor se comporte comme un interrupteur commandé en courant.

Les deux états d'un transistor sont saturé et bloqué.

Lorsqu'un transistor est saturé il se comporte comme un interrupteur fermé entre ses bornes C et E.

Lorsqu'un transistor est bloqué il se comporte comme un interrupteur ouvert entre ses bornes C et E.

Le courant de puissance distribué par le collecteur du transistor peut être 100 fois plus grand que le courant de commande circulant dans la base du transistor.

Il existe 2 types de transistor : le transistor NPN et le transistor PNP.

Pour saturer un transistor NPN il faut relier sa base à la borne plus de l'alimentation avec une résistance.

Pour saturer un transistor PNP il faut relier sa base à la borne moins de l'alimentation avec une résistance.

Sur le symbole d'un transistor la flèche est toujours sur l'émetteur (pour le NPN comme pour le PNP).

Le sens de la flèche sur le symbole d'un transistor permet de distinguer le transistor NPN du transistor PNP.

La flèche sur le symbole indique aussi le sens du courant dans l'émetteur, dans le collecteur et dans la base.

VI. Applications à réaliser en mettant en œuvre les savoir-faire acquis précédemment :

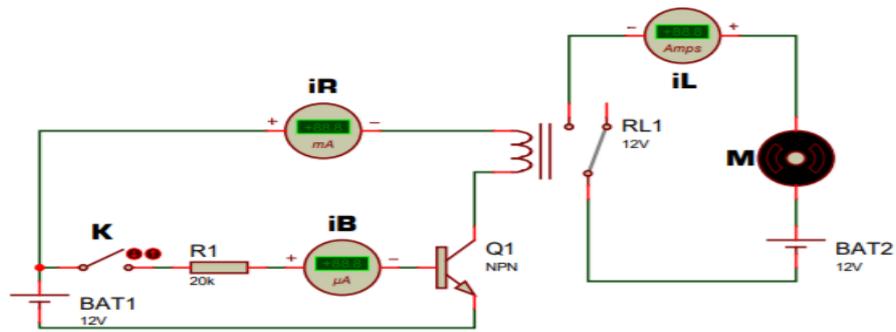
Créez un nouveau projet dans Proteus (menu Fichier + Nouveau projet) puis réalisez chacune des 5 applications ci-dessous après avoir intégré la remarque suivante :

Remarque à surligner en fluo, à retenir et à appliquer pour toutes vos futures utilisations de Proteus :

Pour agrandir la feuille de travail afin de saisir un montage complexe cliquez sur « Définir taille des feuilles » dans le menu « Système » de Proteus (puis sur F8)

6.1. Application 1 :

Réalisez le Montage 8 dans lequel l'interrupteur K commande le transistor Q1, le transistor Q1 commande le relais RL1, et le relais RL1 alimente le moteur M.



Montage 8

- Relevez chacun des trois courants avec une précision maximale (3 chiffres significatifs) puis complétez le tableau ci-dessous. Lorsque K est fermé.

Etat de K	Valeur de i_B	Valeur de i_R	Valeur de i_L	Etat de Q1	Position de RL1	Etat de M (marche/arrêt)
ouvert						
fermé						

- Calculez les 3 rapports suivants :

$$i_R / i_B = \dots\dots\dots$$

$$i_L / i_R = \dots\dots\dots$$

$$i_L / i_B = \dots\dots\dots$$

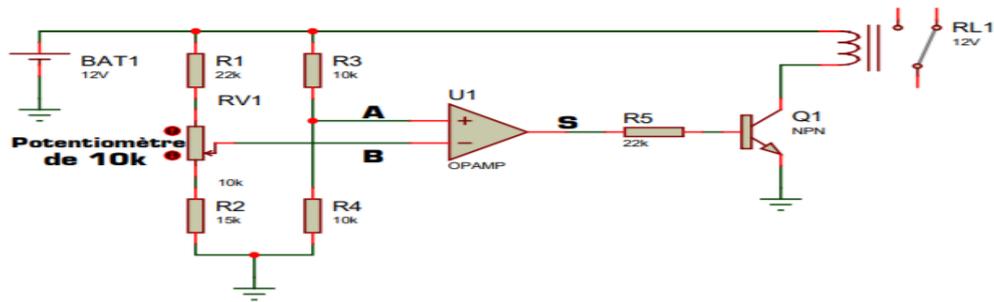
Lorsque l'interrupteur K est fermé :

- i_L est combien de fois plus grand que i_R ?
- i_R est combien de fois plus grand que i_B ?
- i_B est combien de fois plus petit que i_L ?

Cette application vous a montré comment commander un moteur (qui a besoin d'un courant de l'ordre de l'ampère) à partir d'un courant de commande de l'ordre du micro-ampère : il faut utiliser **un transistor et un relais**.

6.2. Application 2

Réalisez le Montage 9 (en respectant toutes les valeurs) dans lequel les deux niveaux en sortie du comparateur de tension sont 12V et 0V, et la résistance totale du potentiomètre est de 10 kilo ohms.



Montage 9

On appelle :

VA le potentiel au point A

VB le potentiel au point B

VS le potentiel au point S

Ajoutez 3 voltmètres à votre montage afin de mesurer les potentiels VA, VB et VS.

- Lancez la simulation, modifiez la position du curseur du potentiomètre, observez la valeur des tensions VA, VB et VS ainsi que la position du relais puis complétez le tableau ci-contre.

Condition	Valeur de VS	Etat de Q1	Position de RL1
VA > VB			
VB > VA			

Cette application vous a montré comment commander un relais à partir d'un comparateur de tension : entre le comparateur de tension et le relais il faut utiliser un transistor.

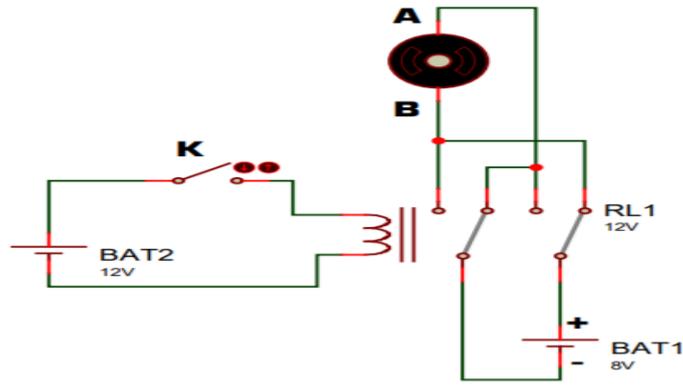
6.3. Application 3

Réalisez le Montage 10 utilisant un relais 2RT, une pile de 12V, une pile de 8V, un moteur et un interrupteur K.

Dans ce schéma électronique :

les deux bornes du moteur sont appelée A et B

les bornes de la pile de 8V sont appelées + et -



Montage 10

- Lancez la simulation, observez la position du relais et le fonctionnement du moteur pour chaque état de l'interrupteur K puis complétez le tableau ci-dessous :

Etat de K	Position du relais RL1 (travail ou repos)	La borne A du moteur est reliée à quelle borne de la pile de 8 V ? (+ ou -)	La borne B du moteur est reliée à quelle borne de la pile de 8 V ? (+ ou -)	Sens de rotation du moteur (direct ou inverse)
ouvert	Au repos	-	+	direct
fermé	travail	+	-	inverse

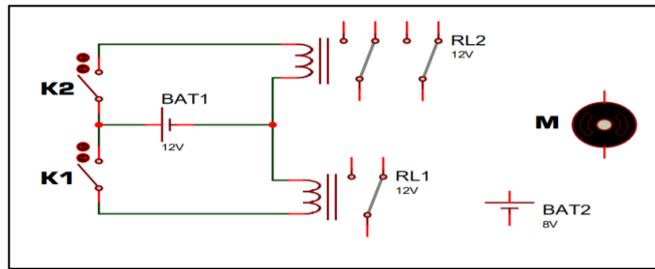
Cette application vous a montré comment inverser le sens de rotation d'un moteur à courant continu sans modifier le câblage : il faut utiliser pour cela un relais 2RT câblé au moteur comme sur le Montage 10.

Dans les deux dernières applications vous devez maintenant proposer un montage électronique répondant au fonctionnement demandé en utilisant les différents composants que vous connaissez désormais.

5.4. Application 4

Dans cette application vous disposez de deux interrupteurs K1 et K2, d'un relais 1RT RL1, d'un relais 2RT RL2, d'un moteur à courant continu M, d'une batterie de 12 V et d'une batterie de 8 V.

Comme le montre le schéma du Montage 11, la batterie de 12 V sert à alimenter les bobines des relais par l'intermédiaire des interrupteurs K1 et K2. La batterie de 8 V servira à alimenter le moteur à courant continu M par l'intermédiaire des relais :



Montage 11

- Câblez le circuit de puissance du Montage 11 sans rajouter de composant supplémentaire afin qu'il réponde au fonctionnement décrit dans le tableau ci-dessous.

Etat de K1	Etat de K2	Etat de M
fermé	fermé	Arrêté
fermé	ouvert	Arrêté
ouvert	fermé	Marche en sens direct
ouvert	ouvert	Marche en sens inverse

Testez et validez votre proposition dans le logiciel Proteus (utilisez tel quel le circuit de commande du Montage 11). Ouvert Marche en sens inverse En cas de dysfonctionnement modifiez votre montage jusqu'à obtenir expérimentalement une solution fonctionnelle.

6.5. Application 5

Dans cette dernière application on désire motoriser un panneau solaire afin qu'il suive automatiquement le soleil tout au long de la journée. On dispose pour cela de deux capteurs de lumière placés sur le panneau solaire et détectant la quantité de lumière : un capteur placé sur la gauche du panneau solaire (*LDR1*) et l'autre placé sur la droite du panneau solaire (*LDR2*) :

si la lumière reçu par le capteur gauche est supérieure à la lumière reçu par le capteur droit, cela signifie que le soleil est à gauche du panneau solaire

si la lumière reçu par le capteur droit est supérieure à la lumière reçu par le capteur gauche, cela signifie que le soleil est à droite du panneau solaire

Le moteur à courant continu M permet de mettre en mouvement la rotation du panneau solaire:

Si le moteur M tourne en sens direct le panneau tourne vers la droite

Si le moteur M tourne en sens inverse le panneau tourne vers la gauche



Montage 12

Si le soleil est à gauche du panneau, alors le panneau doit tourner vers la gauche pour se placer face au soleil.

Si le soleil est à droite du panneau, alors le panneau doit tourner vers la droite pour se placer face au soleil.

- Proposez dans Proteus une solution pour motoriser le panneau solaire afin qu'il suive le soleil.

Vous utiliserez pour cela 2 capteurs de lumière *TORCH_LDR*, un moteur à courant continu *MOTOR*, ainsi que tous les composants qui vous paraîtront utiles afin que votre montage réponde au cahier des charges suivant :

Condition sur la position relative du soleil par rapport au panneau solaire	Sens de rotation du moteur M	Déplacement du panneau
lumière sur capteur gauche > lumière sur capteur droit	sens inverse	vers la gauche
lumière sur capteur droit > lumière sur capteur gauche	sens direct	vers la droite

Tester votre montage dans Proteus en évaluant son bon fonctionnement.

En cas de dysfonctionnement modifiez votre montage et poursuivez votre recherche jusqu'à obtenir expérimentalement une solution fonctionnelle répondant au cahier des charges.

Une fois parfaitement fonctionnelle, appelez le professeur pour faire valider votre solution, puis recopiez votre schéma en complétant ci-dessus le Montage 12.

Problème du Montage 12 et amélioration à apporter : le problème du montage 12 est que le moteur est en permanence en fonctionnement. Or dans la pratique il faudrait que le panneau s'immobilise lorsqu'il est en face du soleil.

Comment faire pour que le moteur s'arrête de tourner lorsque la lumière est sensiblement la même sur les 2 capteurs, c'est-à-dire lorsque le panneau est en face du soleil ? Expérimentez vos propositions dans Proteus.