

1. Mise en situation et objectif du TP

L'objectif de ce TP est d'apprendre à utiliser le logiciel de simulation électronique Proteus, dans le but de simuler le fonctionnement d'un montage électronique analogique. Après un apprentissage des fonctions de base du logiciel, vous devrez les appliquer dans 5 nouveaux problèmes différents. Ce TP est structuré en 6 parties :

- Apprentissage du logiciel de simulation Proteus, et utilisation des appareils de mesure
- Application 1 : constatation de la loi d'addition des tensions dans un circuit en série
- Application 2 : constatation de la loi d'addition des courants dans un circuit en dérivation
- Application 3 : constatation de la loi d'ohm
- Application 4 : association de résistances en série
- Application 5 : association de résistances en dérivation

2. Travail demandé

2.1. Apprentissage du logiciel de simulation Proteus

Nous allons voir dans cette première partie, en 7 étapes et à travers un exemple élémentaire, la mise en œuvre pas à pas de la simulation analogique d'un circuit électronique avec le logiciel Proteus. Pour cela nous allons réaliser la saisie puis lancer la simulation d'un montage simple, afin d'obtenir les valeurs des tensions et d'intensités de courants présents dans le circuit.

Vous apprendrez à cette occasion comment utiliser les appareils de mesure (voltmètre et ampèremètre) et comment câbler des résistances dans le logiciel Proteus.

Effectuez chacune des 7 étapes suivantes, en mémorisant consciemment la procédure de saisie, de configuration, et de simulation du circuit. Dans la suite du TP vous devrez simuler d'autres montages, mais les actions à effectuer sur le logiciel ne vous seront plus données en détail.

Étape 1

Ouvrez le logiciel de simulation Proteus (son icône de couleur bleue s'appelle ISIS 7 Professional et est disponible dans le menu Démarrer-Tous les programmes-Proteus 7 Professional), et agrandissez sa fenêtre à tout l'écran. Dans la partie gauche de l'écran se trouve une boîte verticale de boutons : en plaçant le curseur de la souris sur un bouton, sans cliquer, une info-bulle affiche le nom du bouton.

Le premier bouton de cette barre d'outils, en forme de flèche noire, s'appelle "Mode sélection".

Repérer les boutons nommés "Mode composant", "Mode point de jonction", "Mode terminal", "Mode générateur" et "Mode instruments virtuels" parmi les 23 boutons verticaux de cette barre d'outils et mémorisez leur position. Vous aurez régulièrement besoin de ces boutons qui seront désormais désignés par leur nom, sans rappeler leur emplacement.

Étape 2

Préparez les 2 composants du tableau suivant, en allant les chercher dans les catégories indiquées. Pour cela :

- **cliquer** sur "Prendre un composant/symbole" dans le menu "Bibliothèques" (raccourcis touche P),
- **cliquer** dans une des catégories puis double-cliquez sur le composant recherché : le composant se rajoute à la liste des composants dans votre espace de travail,
- **recommencer** l'opération pour tous les composants dont vous avez besoin,
- **fermer** la boîte de dialogue Pick Devices après y avoir pris tous les composants (raccourcis Echap).

Nom réel du composant	Catégorie contenant le composant	Nom exact du composant (colonne Device) dans la catégorie
Résistance	Resistors	RES
Pile	Miscellaneous	CELL

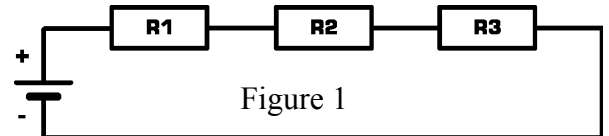
Astuce

Pour rechercher un composant dont vous connaissez le nom mais pas la catégorie vous pouvez utiliser la recherche par Mots clés dans la boîte de dialogue Pick Devices (en cochant identique sur tous les mots).

Étape 3

Réaliser le montage indiqué sur la figure 1, en utilisant 3 résistances (composant RES) et une pile (composant BATTERY). Pour connecter 2 composants avec un fil électrique dans le logiciel Proteus, vous devez :

- placer les composants sur la feuille de travail,
- cliquer sur le bouton "Mode point de jonction"
- cliquer sur la borne du premier composant,
- cliquer sur la borne du second composant.



Il est inutile de perdre du temps à faire des virages avec les fils électriques, c'est le logiciel qui s'en charge !

Remarques

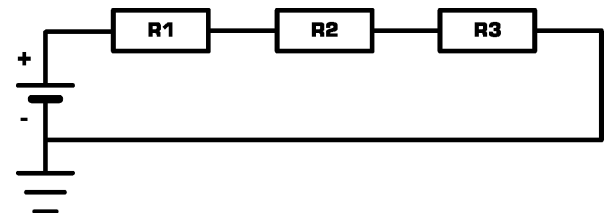
Les touches F6 et F7 du clavier permettent de faire un zoom avant et un zoom arrière centré sur le curseur de la souris. La touche F5 permet de centrer à l'écran la zone pointée par le curseur de la souris. La touche F8 permet d'afficher l'ensemble de votre feuille de travail.

N'hésitez pas à zoomer la région du circuit sur laquelle vous travaillez et maîtrisez l'utilisation des touches F5, F6, F7 et F8 en les utilisant fréquemment !

Étape 4

Lors de la simulation analogique dans le logiciel Proteus, il faut toujours connecter un composant GROUND à la borne moins du générateur de tension (ici la pile) du montage. Ce composant GROUND représente la masse du circuit, et est indispensable pour pouvoir simuler le comportement électrique du montage. En suivant la procédure suivante, **rajouter** un composant GROUND dans votre schéma et **connecter**-le à la borne moins de la pile :

- cliquer sur le bouton "Mode terminal",
- dans la liste des composants qui sont présentés cliquer gauche sur GROUND pour le sélectionner,
- cliquer dans votre schéma pour rajouter le composant GROUND à votre montage,
- connecter cette masse (GROUND) à la borne moins de la pile.



Pour déplacer, configurer, supprimer un composant ou lui faire subir une rotation, cliquez droit sur le composant puis utilisez une des entrées du menu contextuel.

Étape 5

Nous allons maintenant configurer les valeurs des résistances (en ohms) et du générateur de tension (en volts). Pour configurer un composant, il faut cliquer droit sur le composant (il devient rouge), puis cliquer gauche sur "Éditer propriétés", la boîte de dialogue de configuration apparaît.

Pour désélectionner tous les composants (afin qu'aucun composant ne soit rouge) il faut cliquer gauche sur le fond de la feuille de travail, à l'extérieur de tout composant.

Ouvrez la boîte de dialogue de configuration de la pile, puis entrez 12V dans le champ "Voltage".

Ouvrez la boîte de dialogue de configuration de chaque résistance, puis entrez les valeurs suivantes pour chacune d'entre elles dans le champ "Resistance".

Composant	Valeur
R1	800
R2	1k
R3	1.2k

Remarques

Le logiciel Proteus utilise les préfixes suivants pour les valeurs des composants :

- M pour méga,
- k pour kilo,
- m pour milli,
- u pour micro.

La virgule décimale est représentée par un point (et non par une virgule).

Étape 6

Avant de lancer la simulation, et dans le but de pouvoir observer les mesures des tensions et de l'intensité des courants, nous allons **ajouter** les appareils de mesure nous permettant d'obtenir la tension aux bornes de la pile, la tension aux bornes de chaque résistance, ainsi que le courant circulant dans le circuit.

Pour cela, **rajoutez** 4 voltmètres (instrument DC VOLTMETER disponible dans le "Mode instruments virtuels") et 1 ampèremètre (instrument DC AMMETER disponible dans le "Mode instruments virtuels") dans votre montage comme indiqué sur le schéma de la figure 2, en respectant la polarisation de chaque appareil de mesure.

Remarque au sujet du câblage de l'ampèremètre

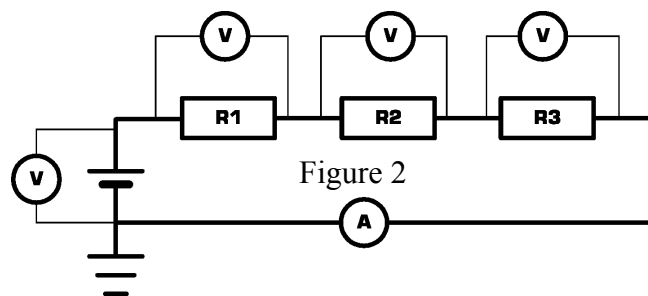
L'ampèremètre se branchant en série, il faut effacer le fil sur lequel on veut le brancher AVANT de placer l'ampèremètre, puis il faut ensuite le connecter avec 2 nouveaux fils. Ne pas "déposer" l'ampèremètre sur un fil !

Remarques au sujet des calibres de l'ampèremètre

L'ampèremètre de Proteus (instrument DC AMMETER) possède 3 calibres différents configurables dans ses propriétés (champ Display Range) :

- Amps (pour mesurer un courant de l'ordre de l'ampère),
- Milliamps (pour mesurer un courant de l'ordre du milliampère),
- Microamps (pour mesurer un courant de l'ordre du microampère).

Si l'ampèremètre affiche 0.00 cela signifie peut-être qu'il est sur un calibre trop grand !

**Étape 7**

Le schéma est maintenant complètement terminé, nous pouvons lancer la simulation afin d'observer les valeurs sur les appareils de mesure. Pour cela, **cliquer** sur "Exécuter" dans le menu "Mise au point" de Proteus (vous pouvez aussi utiliser le bouton de raccourcis "Jouer" (symbolisé par un triangle noir) placé en bas à gauche de l'écran). **Observer** les valeurs données par les appareils de mesure. Pour arrêter la simulation, **cliquer** sur "Stop animation" dans le menu "Mise au point" de Proteus (vous pouvez aussi utiliser le bouton de raccourcis "Arrêt" (symbolisé par un carré noir) placé en bas à gauche de l'écran).

Quelle valeur indique l'ampèremètre sur le schéma de la figure 2 pour chacun de ses 3 calibres ? Conclusion, il faudra toujours utiliser le calibre de l'ampèremètre correspondant à l'ordre de grandeur du courant à mesurer (de l'ordre du microampère, ou du milliampère, ou bien de l'ampère) et être attentif aux messages de l'ampèremètre (ex : MAX).

Nous venons de voir, à travers les 7 étapes précédentes, comment réaliser un montage analogique sous Proteus, comment configurer les composants (les résistances et la pile), comment connecter deux composants ensemble, comment placer des appareils de mesure (voltmètre et ampèremètre) et comment lancer et arrêter la simulation analogique. Vous allez maintenant appliquer cet apprentissage dans les cinq applications suivantes.

2.2. Application 1 : constatation de la loi d'addition des tensions dans un circuit série

Saisissez dans Proteus le montage indiqué sur le schéma de la figure 3, où les 4 résistances sont branchées en série, et sur lequel on a nommé 7 tensions de la manière suivante :

- U_1 est la tension aux bornes de R_1 ,
- U_2 est la tension aux bornes de R_2 ,
- U_3 est la tension aux bornes de R_3 ,
- U_4 est la tension aux bornes de R_4 ,
- U_5 est la tension présente aux bornes des deux résistances R_1 et R_2 ,
- U_6 est la tension présente aux bornes des deux résistances R_3 et R_4 ,
- U_7 est la tension totale du circuit, présente aux bornes des quatre résistances R_1 R_2 R_3 et R_4 .

Valeur des résistances :

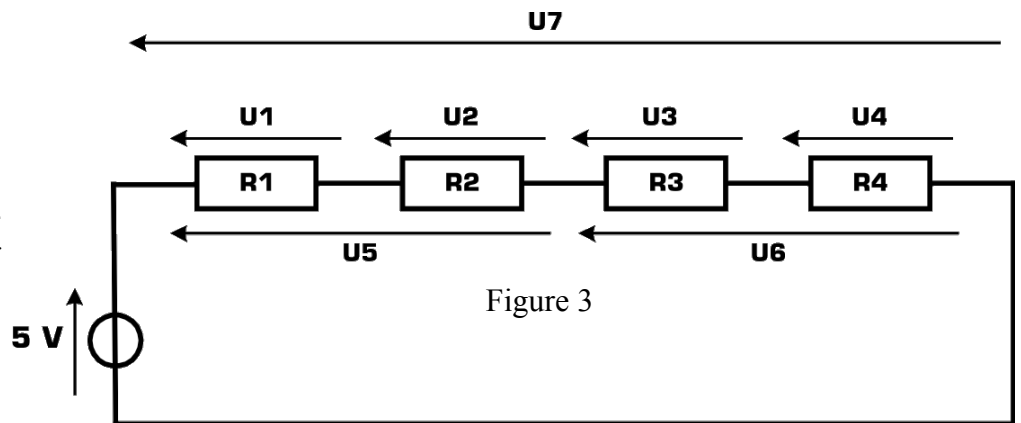
$$R_1=100 \Omega$$

$$R_2=200 \Omega$$

$$R_3=300 \Omega$$

$$R_4=400 \Omega$$

Le générateur de tension 5V sera réalisé par une pile (cell).



En utilisant le voltmètre, **mesurer** chacune des 7 tensions du circuit et consignez vos résultats dans un tableau (tableau 1).

Dans un autre tableau (tableau 2) **donner** les sommes suivantes :

$$U_1 + U_2 \quad U_3 + U_4 \quad U_5 + U_6 \quad U_1 + U_2 + U_3 + U_4$$

En comparant la valeur de U_1+U_2 avec la valeur de U_5 , **déduire** une égalité.

Observer la position des flèches des tensions U_1 , U_2 , et U_5 sur le schéma de la figure 3, dans le but de retrouver cette égalité à partir du schéma.

En comparant les 3 autres valeurs du tableau 2 avec les tensions du tableau 1, et en observant les flèches de tension sur le schéma de la figure 3, **déduire** 3 autres égalités entre les sommes des tensions et certaines tensions.

Complétez la phrase suivante résumant le phénomène que vous venez de constater :

Dans un circuit électronique utilisant plusieurs résistances branchées en série, la somme de toutes les _____ présentes aux bornes de chaque _____ est égale à la _____ totale du circuit.

2.3. Application 2 : constatation de la loi d'addition des courants dans un circuit en dérivation

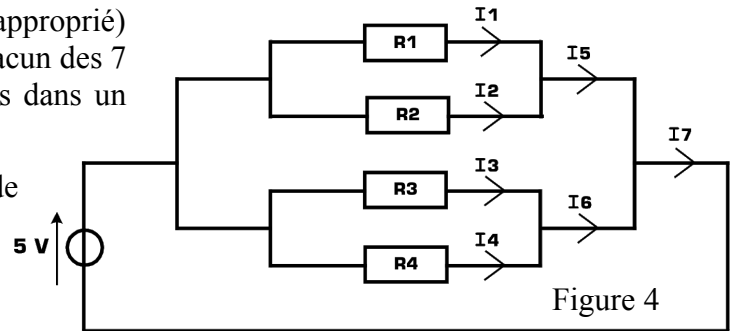
Saisissez dans Proteus le montage indiqué sur le schéma de la figure 4, où les 4 résistances (qui ont les mêmes valeurs que pour le montage précédent) sont branchées en dérivation, et sur lequel on a nommé 7 courants.

En utilisant l'ampèremètre (avec son calibre approprié) et en le connectant correctement, **mesurer** chacun des 7 courants du circuit et **consigner** vos résultats dans un tableau (tableau 3).

Calculer dans le tableau 4 les 4 sommes de courants indiquées :

$$I_1 + I_2 \quad I_3 + I_4 \quad I_5 + I_6$$

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$



En comparant les 4 valeurs du tableau 4 avec les courants du tableau 3, et en observant les flèches des courants sur le schéma de la figure 4, **déduire** 4 égalités entre les sommes des courants et certains courants.

Compléter la phrase suivante résumant le phénomène que vous venez de constater :

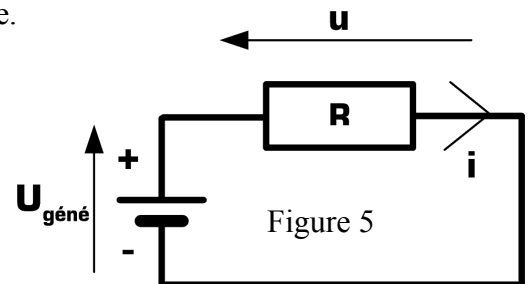
Dans un circuit électronique utilisant plusieurs résistances branchées en dérivation, la somme de tous les _____ est égale au _____ circulant dans chacune des _____ total du circuit.

2.4. Application 3 : constatation de la loi d'ohm

Vous allez dans cette troisième application constater la relation mathématique liant la tension u , la résistance R et le courant d'intensité i dans un circuit électrique.

Réaliser dans le logiciel Proteus le schéma de la figure 5 ci-contre, dans lequel $U_{\text{généré}}$ représente la tension aux bornes du générateur de tension, u représente la tension aux bornes de la résistance, et i représente le courant circulant dans le circuit.

Ajoutez les appareils de mesure convenables pour mesurer u et i .



Faire puis compléter le tableau (tableau 5) ci-contre en utilisant les 3 valeurs de R pour chacune des 3 valeurs de $U_{\text{généré}}$, et en mesurant les valeurs de u et de i grâce au logiciel Proteus.

Tension du générateur $U_{\text{généré}}$	Valeur de la résistance R	Valeur de la tension u	Valeur du courant i	Valeur du produit $R \cdot i$
5 V	100 Ω			
	2,2 k Ω			
	470 k Ω			
9 V	100 Ω			
	2,2 k Ω			
	470 k Ω			
17 V	100 Ω			
	2,2 k Ω			
	470 k Ω			

Rappel

Il faut toujours exprimer les valeurs numériques des grandeurs physiques avec des puissances de 10 multiples de 3 ou un préfixe multiplicateur, sans oublier l'unité de mesure de la grandeur physique. Lorsqu'on utilise un préfixe, la valeur numérique qui le précède **doit toujours être comprise entre 1 et 999** et contiendra 3 chiffres significatifs au maximum. Par exemple, on ne dit pas 0,8 mA, mais on dira 800 μA . De même, on ne dit pas 4500 Ω , mais on dira 4,5k Ω . Ou encore on n'écrit pas $29 \cdot 10^{-4}$ V mais on marquera 2.9 mV. Un dernier exemple : on n'écrit pas $U=74,5829314 \times 10^{-5}$ (trop de chiffres, mauvaise puissance de 10, et sans unité !!!), mais on écrira $U=746 \mu\text{V}$ en arrondissant la valeur numérique à 3 chiffres significatifs, et en utilisant le préfixe approprié.

Vous devez donc interpréter et formater les résultats numériques donnés par la calculatrice, et non les recopier aveuglément sans aucune réflexion !

En observant les valeurs numériques trouvées dans le tableaux 5, déduire une relation liant la tension u aux bornes d'une résistance R et le courant i circulant dans cette résistance R . Cette relation doit utiliser seulement les 3 grandeurs R , u et i .

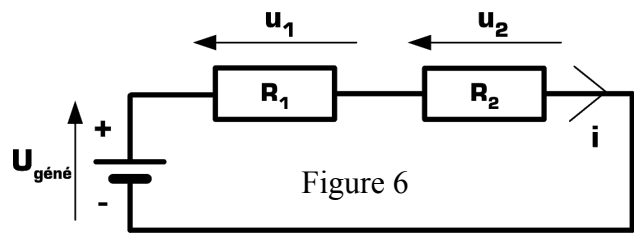
2.5. Application 4 : association de résistances en série

Réaliser à nouveau le schéma de la figure 5 dans le logiciel Proteus, en configurant $U_{\text{généré}}$ à la valeur de

12 volts et R à la valeur de 600 ohms.

Quelle est alors la valeur du courant i circulant dans le circuit ?

On désire maintenant réaliser le schéma de la figure 6, qui utilise 2 résistances différentes R_1 et R_2 branchées en série, de telle sorte qu'il soit équivalent au schéma de la figure 5, c'est-à-dire que le courant i soit le même dans les deux circuits. On donne $R_1 = 400\Omega$ pour le schéma de la figure 6. **Réaliser** ce schéma dans le logiciel Proteus, en configurant $U_{\text{généré}}$ à la valeur de 12 volts et R à la valeur de 400 ohms.



Rechercher expérimentalement la valeur à donner à R_2 dans le schéma de la figure 6, afin que le courant i soit le même que celui trouvé à la question précédemment.

En déduire une relation liant R , R_1 et R_2 .

Complétez la phrase suivante qui généralise la loi que vous venez de constater, en utilisant les mots **résistances**, **série**, et **somme**.

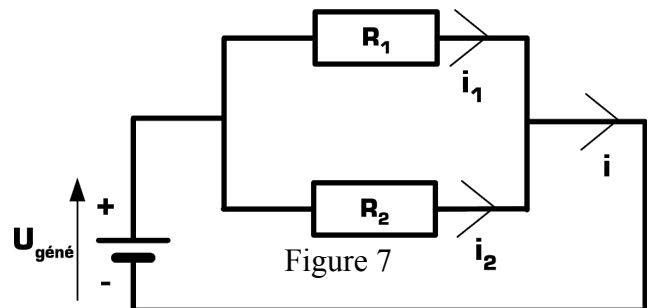
La résistance équivalente d'un circuit en _____ est égale à la _____ de toutes les _____.

2.6. Application 5 : association de résistances en dérivation

Réalisez à nouveau le schéma de la figure 5 dans le logiciel Proteus, en configurant $U_{\text{généré}}$ à la valeur de 12 volts et R à la valeur de 300 ohms.

Quelle est alors la valeur du courant i circulant dans le circuit ?

On désire maintenant réaliser le schéma de la figure 7, qui utilise 2 résistances différentes R_1 et R_2 branchées en dérivation, de telle sorte qu'il soit équivalent au schéma de la figure 5, c'est-à-dire que le courant i soit le même dans les deux circuits. On donne $R_1 = 400\Omega$ pour le schéma de la figure 7. **Réaliser** ce schéma dans le logiciel Proteus, en configurant $U_{\text{généré}}$ à la valeur de 12 volts.



Connaissant les valeurs de $U_{\text{généré}}$ et R_1 , **calculer** la valeur du courant i_1 .

Dans le schéma de la figure 7, on veut que le courant i ait la même valeur que celle trouvée à la au début de l'application 5. En **déduire** la valeur que doit prendre le courant i_2 .

Quelle doit être la valeur de R_2 afin que i_2 soit égal à la valeur trouvée à la question précédente ?

Saisir puis **tester** le schéma de la figure 7 dans le logiciel Proteus, en donnant à R_2 la valeur que vous venez de trouver et en configurant $U_{\text{généré}}$ à la valeur de 12 volts.

Vérifier alors si la valeur de i correspond à votre attente.

Parmi les 6 propositions ci-dessous, **trouver** les 5 propositions fausses afin de ne garder que la proposition correspondant à la phrase suivante.

La résistance équivalente d'un circuit avec 2 résistances R_1 et R_2 branchées en dérivation est :

$$R_1 + R_2 \quad R_1 \times R_2 \quad \frac{R_1}{R_2} \quad \frac{R_1 + R_2}{R_1 \times R_2} \quad \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \frac{R_1 \times R_2}{R_1 - R_2}$$