

Thème : Ondes et signaux

Chapitre : Lois de l'électricité

Objectifs :

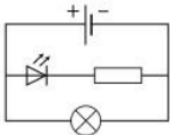
- Exploiter la loi des mailles et la loi des nœuds dans un circuit électrique comportant au plus deux mailles.
- Mesurer une tension et une intensité.
- Exploiter la caractéristique d'un dipôle électrique : point de fonctionnement, modélisation par une relation $U = f(I)$ ou $I = g(U)$.
- Utiliser la loi d'Ohm.
- Représenter et exploiter la caractéristique d'un dipôle.
- Citer des exemples de capteurs présents dans les objets de la vie quotidienne.
- Mesurer une grandeur physique à l'aide d'un capteur électrique résistif. Produire et utiliser une courbe d'étalonnage reliant la résistance d'un système avec une grandeur d'intérêt (température, pression, intensité lumineuse, etc.).
- Utiliser un dispositif avec microcontrôleur et capteur.

Sommaire

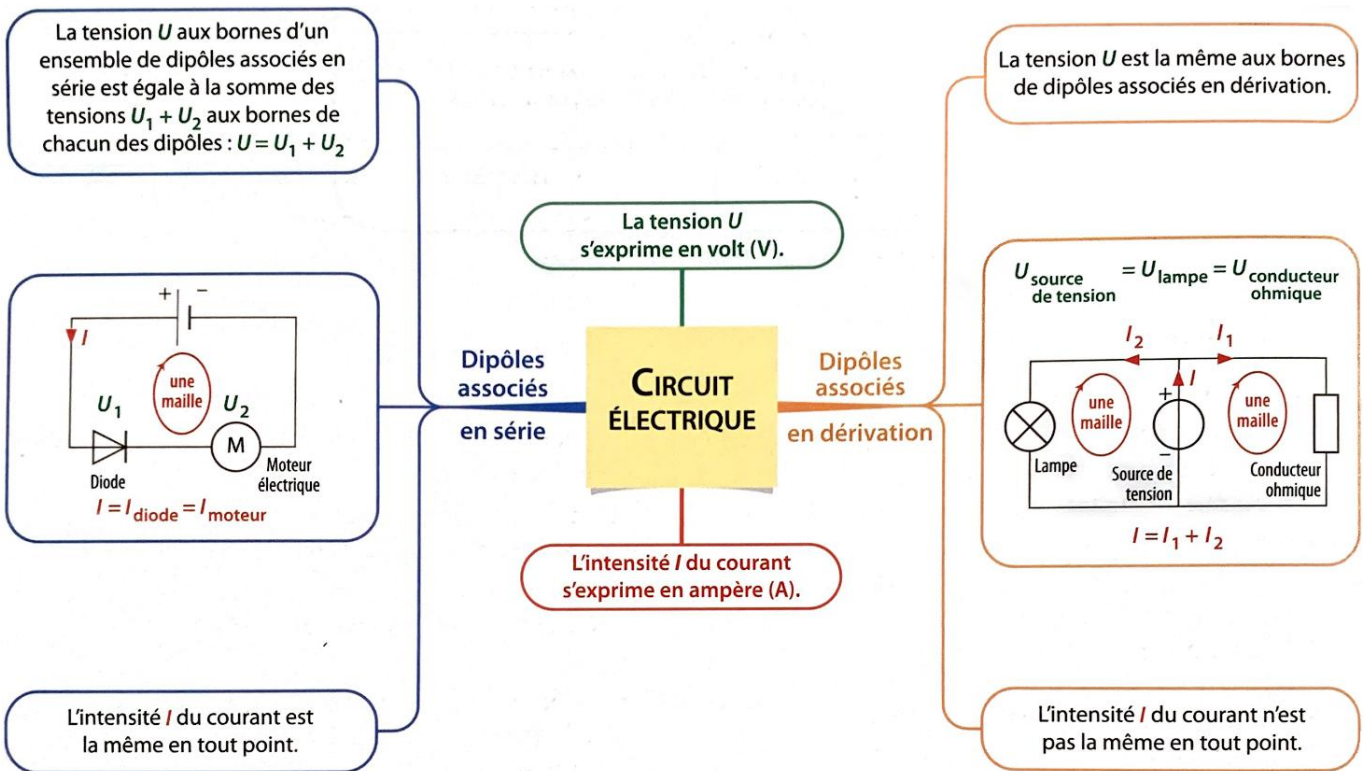
| | | | |
|---|---|--|----|
| 1. Rappels du collège | 2 | 2.3 Les capteurs électriques | 5 |
| 2. Cours | 3 | 3. Activité 1 : On travaille sous tension. | 6 |
| 2.1 Les lois relatives à la tension et à l'intensité du courant | 3 | 4. Activité 2 : La loi d'Ohm | 8 |
| a) Loi des mailles | 3 | 5. Activité 3 : Capteur de luminosité | 9 |
| b) Loi des nœuds | 3 | 6. Exercices | 12 |
| 2.2 La loi d'Ohm | 4 | | |

1. Rappels du collège

Quizz

| | A | B | C |
|--|--|---|---|
| 1. Sur le schéma :  | la DEL et le conducteur ohmique sont associés en dérivation. | la DEL et le conducteur ohmique sont associés en série. | l'ensemble {DEL+ conducteur ohmique} est associé en dérivation avec la lampe. |
| 2. Dans un circuit comportant uniquement des dipôles associés en série, l'intensité du courant : | diminue tout au long du circuit. | varie d'un dipôle à un autre. | est la même dans tout le circuit. |
| 3. Dans un circuit électrique, lorsqu'une lampe fonctionne : | le courant électrique circule dans celle-ci. | le circuit électrique est ouvert. | le circuit électrique est fermé. |

Rappels



2. Cours

2.1 Les lois relatives à la tension et à l'intensité du courant

a) Loi des mailles

Entre deux points A et B, la tension peut être positive ou négative. Pour tenir compte du fait que la tension électrique est une grandeur algébrique, on la représente par un segment fléché qui pointe vers la première lettre du symbole de cette tension.

Représenter les tensions U_{AB} et U_{BA} :



Quelle est l'unité d'une tension électrique ? Avec quel appareil la mesure-t-on ? Comment se branche-t-il ?

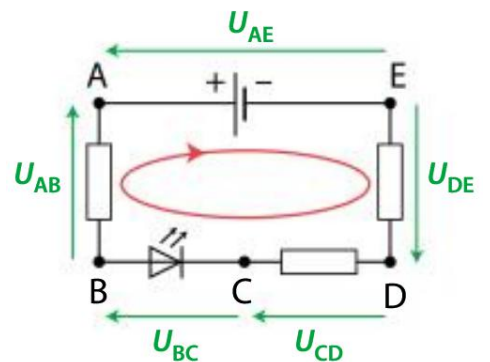
.....
.....
.....

Un circuit électrique peut être constitué d'une ou plusieurs **mailles**. Une **maille** est un **parcours fermé** sur un circuit électrique à laquelle on associe un sens de parcours.

Énoncer la loi des mailles :

.....
.....

Exemple : Dans le circuit suivant ,comportant une maille, on représente les tensions U_{AB} , U_{BC} , U_{CD} , U_{DE} et U_{AE} . Écrire la loi des mailles.



.....
.....

b) Loi des nœuds

Quelle est l'unité d'une intensité électrique ? Avec quel appareil la mesure-t-on ? Comment se branche-t-il ?

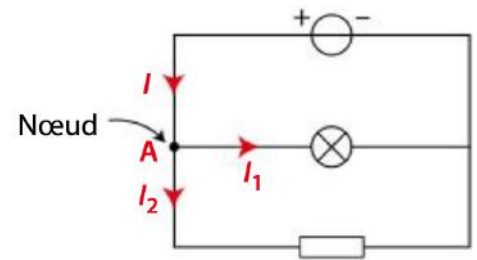
.....
.....

.....
Dans un circuit électrique comportant des dérivations, un point au niveau duquel sont connectés au moins trois fils de connexion est appelé un **nœud**.

Énoncer la loi des nœuds :

.....
.....

Exemple : Dans le circuit suivant ,comportant deux nœuds et deux mailles, on représente les intensités I , I_1 et I_2 . **Écrire** la loi des nœuds.



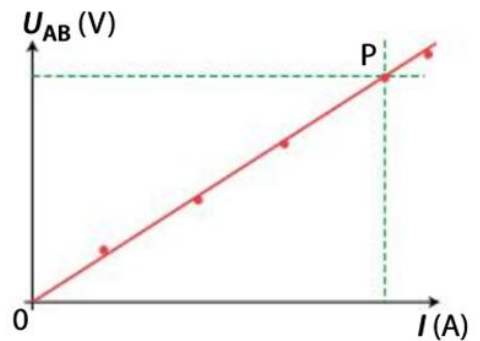
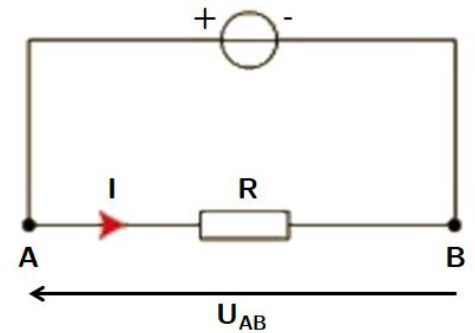
.....
.....

2.2 La loi d'Ohm

Un conducteur ohmique est caractérisé par sa résistance R qui s'exprime en ohm (Ω) et se mesure avec un ohmmètre.

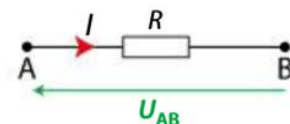
Énoncer la loi d'Ohm :

.....
.....
.....



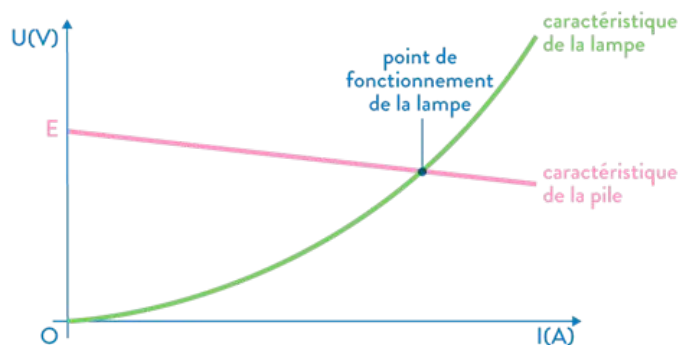
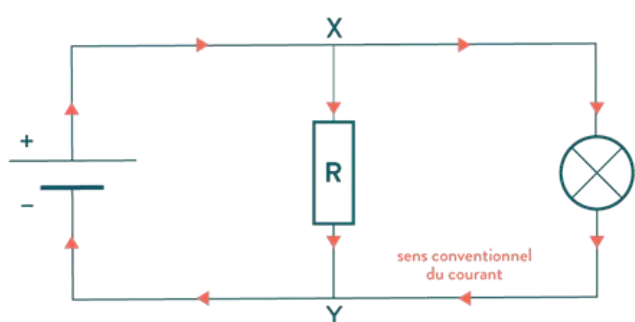
La caractéristique tension-intensité d'un dipôle est la courbe donnant la tension U à ses bornes en fonction de l'intensité I du courant qui le traverse.

On peut modéliser la caractéristique d'un conducteur ohmique par une **droite passant par l'origine**, d'équation : $U_{AB} = R \times I$. La résistance R est le **coefficient directeur** de la droite.



Comment appelle-t-on l'intersection des caractéristiques de deux dipôles (tension en fonction de l'intensité du courant qui les traverse) quand le circuit fonctionne ?

.....



2.3 Les capteurs électriques

Définir la notion de capteur électrique :

.....

De nombreux capteurs électriques sont basés sur la modification de la résistance des matériaux en fonction de paramètres extérieurs.

Compléter le tableau suivant :

| Paramètre extérieur | Exemple de dipôle | Exemple de capteur | Objet de la vie quotidienne |
|---------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------|
| Température | | | |
| Luminosité | | | |

3. Activité 1 : On travaille sous tension.

Objectif :

- Exploiter la loi des mailles et la loi des nœuds dans un circuit électrique comportant au plus deux mailles.
- Mesurer une tension et une intensité.

Déjà sous tension !

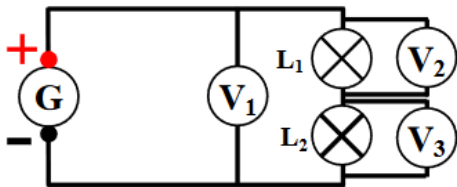
Dans cette partie, vous devez **télécharger** et **lancer** l'application suivante : <http://acver.fr/ljq>.

⚠ Lors du lancement de l'application, une fenêtre s'ouvre. Il faut cliquer sur "Informations complémentaires", puis sur le bouton "Exécuter quand même".

Pour faire les montages suivants (il faut à chaque fois changer la position de l'appareil de mesure), noter pour chaque situation la valeur de la tension (en utilisant le calibre le mieux adapté).

Vous pouvez aussi vous aider de la vidéo suivante : <https://youtu.be/P9q5HK1VU3E>.

Circuit série : Deux lampes différentes en série



Sur le schéma ci-contre, V_1 , V_2 et V_3 représentent les positions successives du voltmètre qui permettent donc la mesure de trois tensions U_1 , U_2 et U_3 .

1. Noter les différentes valeurs de U_1 , U_2 et U_3 . Que remarque-t-on ?

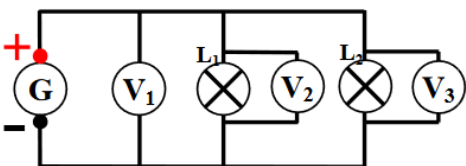
2. Choisir la ou les égalités qui conviennent :

- $U_1 = U_2$
- $U_2 = U_3$
- $U_1 = U_3$
- $U_1 = U_2 + U_3$
- $U_2 = U_1 + U_3$
- $U_3 = U_1 + U_2$

3. Choisir la phrase qui convient :

- Dans un circuit série la tension diminue tout au long du circuit ;
- Dans un circuit série la tension est la même tout au long du circuit ;
- Dans un circuit série la tension augmente tout au long du circuit ;
- Dans un circuit série les tensions s'ajoutent.

Circuit avec dérivation : Deux lampes différentes en dérivation



Sur le schéma ci-contre, V_1 , V_2 et V_3 représentent les positions successives du voltmètre qui permettent donc la mesure de trois tensions U_1 , U_2 et U_3 .

4. Noter les différentes valeurs de U_1 , U_2 et U_3 . Que remarque-t-on ?

5. Choisir la ou les égalités qui conviennent :

- $U_1 = U_2$
- $U_2 = U_3$
- $U_1 = U_3$
- $U_1 = U_2 + U_3$
- $U_2 = U_1 + U_3$
- $U_3 = U_1 + U_2$

6. Choisir la phrase qui convient :

- Dans un circuit en dérivation la tension diminue tout au long du circuit ;
- Dans un circuit en dérivation la tension est la même tout au long du circuit ;
- Dans un circuit en dérivation la tension augmente tout au long du circuit ;
- Dans un circuit en dérivation les tensions s'ajoutent.

C'est très intense !

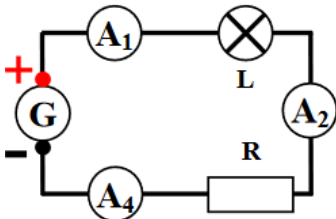
Dans cette partie, vous devez **télécharger** et **lancer** l'application suivante : <http://acver.fr/lju>.

⚠ Lors du lancement de l'application, une fenêtre s'ouvre. Il faut cliquer sur "Informations complémentaires", puis sur le bouton "Exécuter quand même".

Pour faire les montages suivants (il faut à chaque fois changer la position de l'appareil de mesure), noter pour chaque situation la valeur de la tension (en utilisant le calibre le mieux adapté).

Vous pouvez aussi vous aider de la vidéo suivante : <https://youtu.be/PokDVxH35fw>.

Circuit série : Une lampe et une résistance en série



Sur le schéma ci-contre, A_1 , A_2 et A_4 représentent les positions successives de l'ampèremètre qui permettent donc la mesure de trois intensités I_1 , I_2 et I_4 .

7. Noter les différentes valeurs de I_1 , I_2 et I_4 . Que remarque-t-on ?

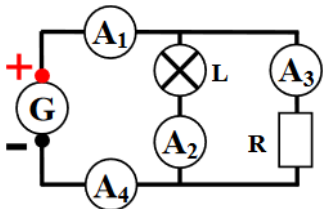
8. Choisir la ou les égalités qui conviennent :

- $I_1 = I_2$ • $I_1 = I_4$ • $I_2 = I_4$ • $I_1 = I_2 + I_4$ • $I_2 = I_1 + I_4$ • $I_4 = I_1 + I_2$

9. Choisir la phrase qui convient :

- Dans un circuit série l'intensité diminue tout au long du circuit ;
- Dans un circuit série l'intensité est la même tout au long du circuit ;
- Dans un circuit série l'intensité augmente tout au long du circuit ;
- Dans un circuit série les intensités s'ajoutent.

Circuit en dérivation : Une lampe et une résistance en dérivation



Sur le schéma ci-contre, A_1 , A_2 , A_3 et A_4 représentent les positions successives de l'ampèremètre qui permettent donc la mesure de trois intensités I_1 , I_2 , I_3 et I_4 .

10. Noter les différentes valeurs de I_1 , I_2 , I_3 et I_4 . Que remarque-t-on ?

11. Choisir la ou les égalités qui conviennent :

- $I_1 = I_2$ • $I_1 = I_3$ • $I_1 = I_4$ • $I_2 = I_3$ • $I_2 = I_4$ • $I_3 = I_4$
- $I_1 = I_2 + I_3$ • $I_2 = I_3 + I_4$ • $I_1 + I_2 = I_3 + I_4$ • $I_2 + I_3 = I_4$ • $I_2 + I_4 = I_1 + I_3$

12. Choisir la phrase qui convient :

- Dans un circuit en dérivation l'intensité diminue tout au long du circuit ;
- Dans un circuit en dérivation l'intensité est la même tout au long du circuit ;
- Dans un circuit en dérivation l'intensité augmente tout au long du circuit ;
- Dans un circuit en dérivation les intensités s'ajoutent.

À la maison !

13. Quel est le type de circuit utilisé pour l'installation domestique ?

- En série • En dérivation

14. Donner au moins argument qui le confirme (ou qui le prouve).

Bilan : Énoncer la loi des mailles (tension) et la loi des nœuds (intensité).

4. Activité 2 : La loi d'Ohm

Objectif :

- Mesurer une tension et une intensité.
- Exploiter la caractéristique d'un dipôle électrique : point de fonctionnement, modélisation par une relation $U = f(I)$ ou $I = g(U)$.
- Utiliser la loi d'Ohm.
- Représenter et exploiter la caractéristique d'un dipôle.
- Citer des exemples de capteurs présents dans les objets de la vie quotidienne.
- Mesurer une grandeur physique à l'aide d'un capteur électrique résistif.

Un bain-marie électrique est constitué d'une résistance chauffante. Pour deux résistances chauffantes différentes soumises à la même tension, le chauffage est d'autant plus fort que l'intensité du courant qui traverse la résistance chauffante est élevée.



Comment utiliser la caractéristique tension-intensité d'un conducteur ohmique pour déterminer sa résistance ?

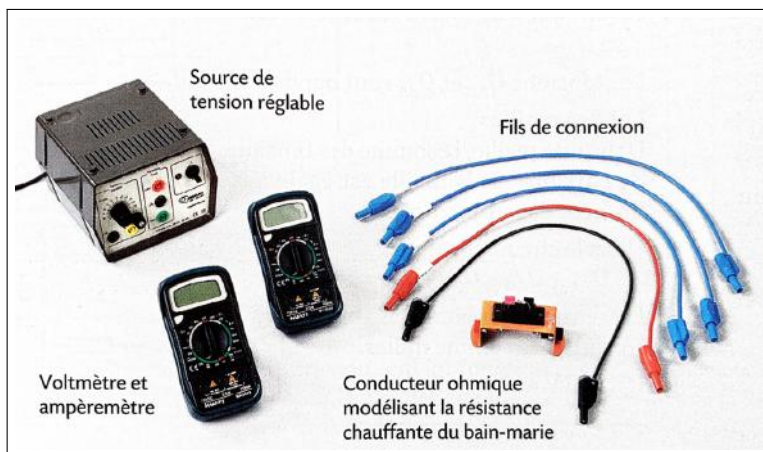


FIGURE 1 – Matériel disponible

- La caractéristique tension-intensité $U = f(I)$ d'un dipôle est la courbe représentant la tension U entre les bornes du dipôle étudié en fonction de l'intensité I du courant qui le traverse.
- La caractéristique d'un dipôle permet de prévoir l'intensité du courant qui le traverse à partir de la tension entre les bornes de ce dipôle et vice-versa.

FIGURE 2 – Complément scientifique.

1. **Proposer** et **mettre en œuvre** un protocole expérimental permettant de tracer la caractéristique tension-intensité $U = f(I)$ du conducteur ohmique disponible pour des tensions comprises entre $-5,0$ V et $+5,0$ V.
- 2.a) **Montrer** que la caractéristique tension-intensité $U = f(I)$ du conducteur ohmique est en accord avec la loi d'Ohm.
- b) **Identifier** les sources d'erreur.
- 3.a) À partir de la caractéristique tension-intensité du conducteur ohmique, **retrouver** sa résistance.
- b) **Vérifier** la résistance du conducteur ohmique à l'aide d'un ohmmètre.
4. **Comparer** les résistances chauffantes de deux bains-marie, soumises à la même tension, mais dont l'un chauffe plus que l'autre.

Bilan : Comment utiliser la caractéristique tension-intensité d'un conducteur ohmique pour déterminer sa résistance ? **Énoncer** la loi d'Ohm.

5. Activité 3 : Capteur de luminosité

Objectif :

- Mesurer une tension et une intensité.
- Exploiter la caractéristique d'un dipôle électrique : point de fonctionnement, modélisation par une relation $U = f(I)$ ou $I = g(U)$.
- Représenter et exploiter la caractéristique d'un dipôle.
- Mesurer une grandeur physique à l'aide d'un capteur électrique résistif. Produire et utiliser une courbe d'étalonnage reliant la résistance d'un système avec une grandeur d'intérêt (température, pression, intensité lumineuse, etc.).
- Utiliser un dispositif avec microcontrôleur et capteur.

Beaucoup de capteurs sont utilisés dans des appareils de la vie courante et permettent de créer des automatismes. Associés à une électronique prête à l'emploi et programmable comme l'Arduino, les capteurs ouvrent les portes de la domotique même pour un bricoleur du dimanche. L'objectif de ce travail est de découvrir l'utilité d'une photorésistance qui permettrait d'allumer automatiquement une lampe à la tombée de la nuit, par exemple. La lampe sera simulée par une DEL dans le circuit électrique qui sera monté autour de l'Arduino¹.

Une diode électroluminescente (abrégé DEL en français ou LED en anglais) est un dispositif capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique. Une diode électroluminescente ne laisse passer le courant électrique que dans un seul sens et produit un rayonnement monochromatique ou polychromatique lorsqu'un courant la traverse. En raison de leur rendement lumineux, les LED pourraient représenter 75% du marché de l'éclairage domestique et automobile. Elles sont aussi utilisées dans la construction des écrans plats de nombreux appareils comme les téléviseurs munis de LED trois couleurs réunies en un seul composant : rouge, vert et bleu. Ce sont des composants fragiles qui peuvent être détruits par des courants d'intensités trop importantes.



FIGURE 1 – Diodes électroluminescentes.

La DEL produit un rayonnement lorsque l'intensité qui la traverse est non nulle. La tension minimale qui le permet est appelée tension de seuil. On dit parfois que la diode entraîne dans le circuit une chute de tension, c'est en fait la tension nécessaire à la DEL pour fonctionner, on peut considérer qu'elle correspond, avec approximation, à la tension de seuil U_s .

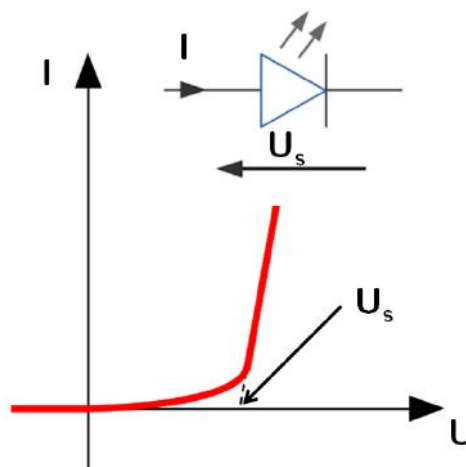


FIGURE 2 – Fonctionnement d'une DEL.

1. <https://www.positron-libre.com/electronique/arduino/arduino.php>

| Couleur | Longueur d'onde (nm) | Tension de seuil (V) |
|---------|----------------------|----------------------|
| Rouge | 610-760 | 1,63-2,03 |
| Jaune | 570-590 | 2,10-2,18 |
| Vert | 525-565 | 2,18-2,48 |
| Bleu | 450-500 | 2,48-2,76 |
| Blanc | 3 couleurs (RVB) | 3,5 |

FIGURE 3 – Tension de seuil de quelques DEL.

Son symbole en forme de flèche indique son sens passant, c'est-à-dire avec une tension U_s positive entre la borne d'arrivée du courant et borne de sortie du courant. Les DEL sont prévues pour fonctionner avec des courants dont l'intensité est comprise entre 10 et 30 mA.

FIGURE 4 – Représentation symbolique d'une DEL.

Fonctionnement de la DEL et protection

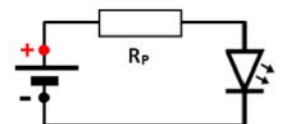
- Observer** la caractéristique donnée dans la figure 2. La caractéristique de la DEL présentée est une caractéristique courant-tension, car la tension est sur l'axe des y et l'intensité sur l'axe des x .
- La caractéristique de la DEL, indique qu'elle ne fonctionne que dans un seul sens, car lorsque la tension est négative, l'intensité du courant vaut 0.

On dispose d'une DEL, d'une pile bâton de 1,5 V et d'une pile de 9 V (équivalent à 6 piles bâtons en série). On admet qu'une DEL fonctionne normalement si elle dispose à ses bornes de la tension U_s .

- **Ouvrir** le site Tinkercad (<https://www.tinkercad.com>) puis **cliquer** sur "Rejoindre ta classe".
 - **Entrer** le code de la classe puis le pseudo.
 - **Cliquer** ensuite sur "Créer un circuit".
 - **Brancher** une DEL à une pile bâton et à une pile de 9 V
 - **Cliquer** sur "Démarrer la simulation" et **observer** les effets.
- La pile bâton de 1,5 V ne convient pas à un allumage correct de la DEL, car
 - la tension de seuil n'est pas atteinte
 - la tension de seuil est dépassée
 - La pile de 9 V ne convient pas à un allumage correction de la DEL, car
 - la tension de seuil n'est pas atteinte
 - la tension de seuil est dépassée

Cliquer sur le logo du site, pour revenir à la page d'accueil de l'utilisateur.

Pour utiliser la DEL, il faut donc la protéger en utilisant comme dans le montage schématisé ci-contre avec une résistance de protection R_p .



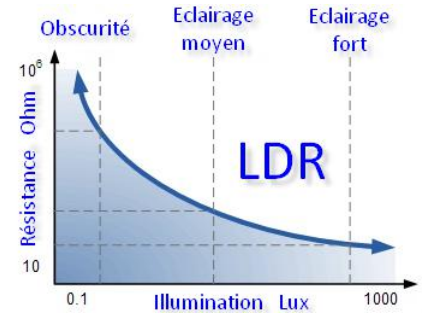
- Les dipôles sont associées en **série** ou **dérivation** ?
- Entourer** la bonne réponse : Une résistance de protection est nécessaire pour **diminuer/augmenter** l'intensité du courant dans la DEL. La résistance et la DEL se partagent alors la tension de la pile conformément à la **loi des mailles/loi des nœuds**.
- Ajouter** par une flèche rouge le sens du courant dans le circuit et par des flèches noires à côté des dipôles les flèches de tensions U_G pour la pile, U_r pour la résistance puis U_s pour la DEL.
- La relation correcte entre les tensions aux bornes de chaque dipôle est alors :
 - $U_G + U_r = U_s$
 - $U_G = U_r + U_s$
 - $U_r = U_s + U_G$

Un capteur de lumière : la photorésistance

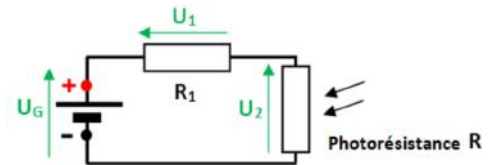
Une photorésistance est un dipôle dont la résistance varie avec l'éclairement comme montré dans le graphe ci-contre.

9. On observe que la photorésistance a une résistance qui : **diminue/augmente** lorsque l'éclairement augmente.

Pour une photorésistance, on applique donc la loi d'Ohm mais avec une valeur de R qui dépend de l'éclairement.



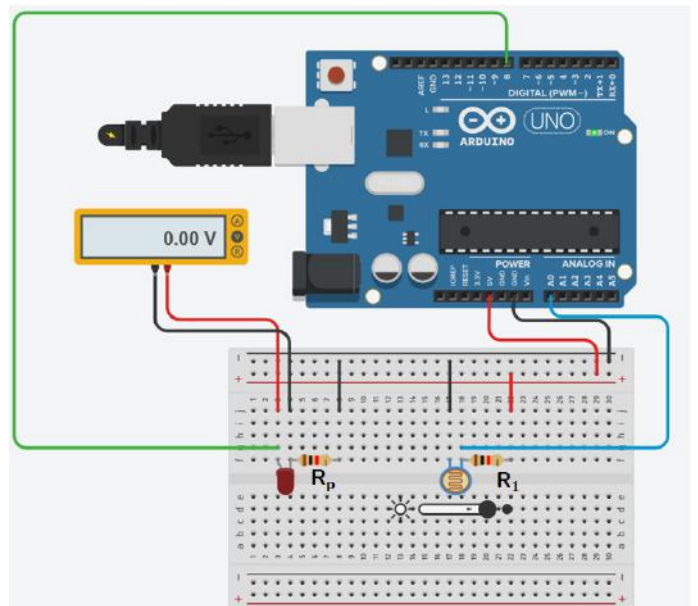
10. Dans le montage présenté, la tension U_2 aux bornes de la photorésistance **diminue/augmente** lorsque l'éclairement augmente tandis que la tension U_1 **diminue/augmente**.



Allumeur de réverbère

Une photorésistance est utilisée dans le montage ci-contre pour simuler un « allumeur de réverbère ». L'éclairement reçu par le capteur permet d'allumer ou d'éteindre la DEL en fonction de l'éclairement reçu par la photorésistance branchée comme dans le circuit précédent.

- Dans Tinkercard, **cliquer** sur "Créer un circuit" puis **reproduire** le circuit ci-contre.
- **Copier** le code (<http://acver.fr/lk2>) mis à disposition et **démarrer** la simulation.
- **Vérifier** le rôle joué par en cliquant sur la photorésistance.



11. La DEL est allumée lorsque :

- l'éclairement est faible
- l'éclairement est important

12. Le voltmètre est branché aux bornes de :

- la diode
- la résistance
- l'association DEL + R_p

13. Relever les valeurs de tensions lorsque la DEL est allumée : et éteinte :

14. Était-ce prévisible? Justifier.

La broche de connexion (ou pin) A0 de la carte Arduino est branchée entre la résistance R_1 et la photorésistance.

15. Entre le pin A0 et pin GND (ground), la tension mesurée est :

- U_1
- U_2

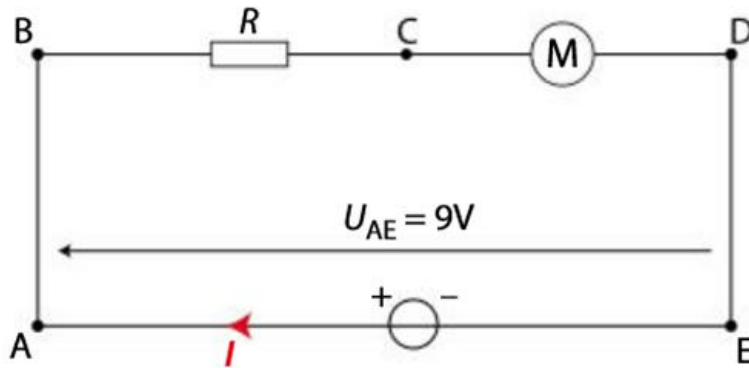
Ce circuit permet de contrôler l'allumage d'un réverbère en fonction de l'éclairement. En déplaçant certains dipôles de façon très simple, on pourrait au contraire, allumer la DEL lorsque l'éclairement reçu est plus important.

Réaliser la modification.

16. Proposer une utilisation possible d'un tel dispositif.

6. Exercices

Exercice 1

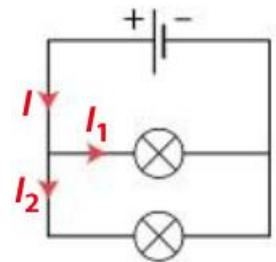


1. Reproduire le schéma et représenter les tensions U_{BC} , U_{CD} , U_{AB} et U_{DE} .
2. Appliquer la loi des mailles dans le circuit.
3. Exprimer alors la tension U_{BC} en fonction des autres tensions électriques.

Exercice 2

Pour le circuit schématisé ci-contre, $I_1 = 100$ mA et $I_2 = 150$ mA.

1. Reproduire le schéma en ajoutant l'ampèremètre permettant de mesurer l'intensité I du courant.
2. Calculer cette intensité.



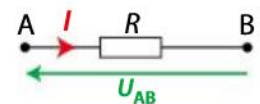
Exercice 3

Un circuit électrique est constitué d'une source de tension, d'un moteur et d'un conducteur ohmique associés en dérivation. L'intensité du courant qui traverse la source de tension est $I = 250$ mA. Les intensités des courants circulant dans le moteur et le conducteur ohmique sont respectivement $I_1 = 100$ mA et $I_2 = 150$ mA.

1. Proposer une loi des nœuds compatible avec les mesures d'intensités fournies.
2. Schématiser le circuit en faisant apparaître les trois flèches d'intensité.

Exercice 4

1. Pour le conducteur ohmique schématisé, indiquer la relation entre U_{AB} et I en précisant le nom et les unités des différentes grandeurs.
2. Calculer U_{AB} lorsque $I = 20$ mA sachant qu'elle est égale à 1,0 V lorsque $I = 10$ mA.



Exercice 5

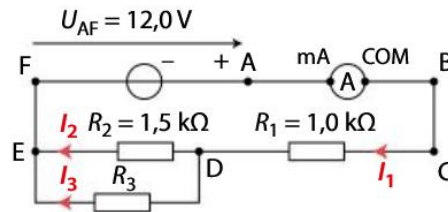
On a relevé l'intensité du courant circulant dans un dipôle pour différentes tensions entre ses bornes.

| | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|
| U (V) | 2,0 | 5,0 | 7,0 | 9,0 |
| I (mA) | 9 | 22 | 33 | 40 |

1. À l'aide du tracé de sa caractéristique, montrer que le dipôle est un conducteur ohmique.
2. Calculer sa résistance.

Exercice 6

Dans un capteur électrique, on alimente le dipôle résistif dont la résistance R_3 dépend d'un paramètre extérieur, avec le montage ci-après.



L'ampèremètre affiche une intensité de 6,0 mA.

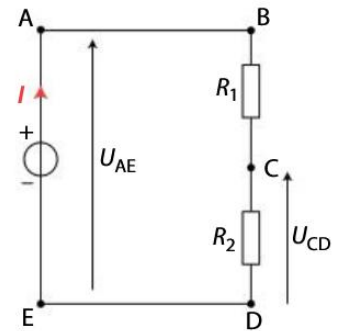
1. Utiliser la loi d'Ohm pour déterminer la tension U_{CD} .
2. En déduire la tension U_{DE} à l'aide de la loi des mailles.
3. Déterminer les intensités I_2 et I_3 des courants circulant dans les branches du circuit électrique.

Exercice 7

Le montage à pont diviseur de tension schématisé ci-contre est souvent utilisé dans des capteurs électriques. La résistance R_2 dépend d'un paramètre extérieur.

Dans ce montage : $R_2 = 100 \Omega$, $R_1 = 200 \Omega$ et $U_{AE} = 6,0 \text{ V}$.

On mesure la tension U_{CD} .

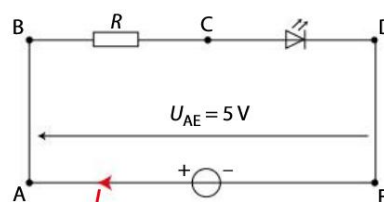


1. Citer un paramètre dont peut dépendre R_2 .
- 2.a) Exprimer U_{BD} en fonction de U_{AE} .
- b) En déduire l'expression de l'intensité I du courant électrique en fonction de U_{AE} , R_1 et R_2 .
3. Exprimer la tension U_{CD} en fonction de U_{AE} , R_1 et R_2 , puis expliquer l'appellation « diviseur de tension ».

Exercice 8

Un montage très simple pour apprendre à utiliser un microcontrôleur permet la mise en clignotement d'une DEL.

La DEL rouge utilisée fonctionne lorsque la tension entre ses bornes est 1,8 V et pour une intensité du courant qui la traverse comprise entre 10 mA et 30 mA. Le microcontrôleur impose entre ses bornes une tension périodique valant soit 0 soit 5,0 V. Il est donc nécessaire de protéger la DEL à l'aide d'un conducteur ohmique. Le schéma du circuit réalisé peut être représenté ainsi :



1. Exprimer puis calculer la tension U_{BC} .
2. On dispose de trois conducteurs ohmiques de résistances respectives : 0,22 kΩ, 2,2 kΩ et 2 MΩ. Lequel choisir pour protéger la DEL ?
3. Expliquer pourquoi la DEL clignote.