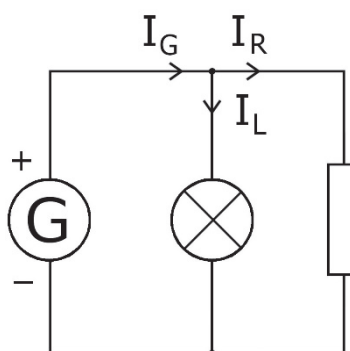


ÉLECTRICITÉ

Proposition d'énoncés des lois dans un circuit électrique

La loi des nœuds (appelée loi d'additivité des intensités au collège)

La somme des intensités des courants qui arrivent à un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui en repartent.

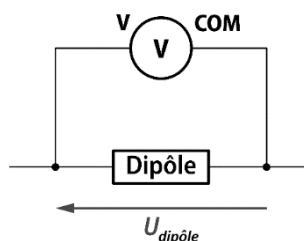


Dans le cas de l'exemple, la loi des nœuds s'écrit :

$$I_G = I_R + I_L$$

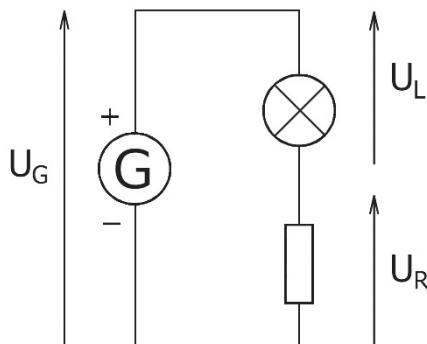
Représentation d'une tension

On peut représenter une tension par une flèche. Par convention, la flèche pointe vers la borne V du voltmètre.



La loi des mailles (appelée loi d'additivité des tensions au collège)

Dans une maille comportant un générateur, la tension aux bornes du générateur est égale à la somme des tensions aux bornes des récepteurs.



Dans le cas de l'exemple ci-contre, la loi des mailles s'écrit :

$$U_G = U_L + U_R$$

Activité 1 : Quel est le comportement électrique d'une thermistance ?

Références au programme

Notions et contenus	Capacités exigibles Activités expérimentales support de la formation
Caractéristique tension-courant d'un dipôle. Résistance et systèmes à comportement de type ohmique. Loi d'Ohm.	Mesurer une intensité et une tension. 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.

Prérequis

- Savoir mesurer une tension et une intensité et savoir schématiser les appareils de mesure.
- Connaître les symboles des dipôles usuels.
- Savoir schématiser un circuit simple.

Documents

Contextualisation

L'océanographe étudie les fonds marins, les mers, les océans, les organismes animaux et végétaux qui y vivent. Pour comprendre le fonctionnement des océans, il a notamment besoin de mesurer la température de l'eau, aussi bien en surface qu'en eau profonde. Pour cela, il utilise un bathythermographe. Cet appareil permet d'effectuer cette mesure grâce à un capteur électrique de température, appelé thermistance, qui est insensible à la pression de l'eau qu'il subit.

Retrouvez eduscol sur :



Plus d'informations sur le site de l'IFREMER.

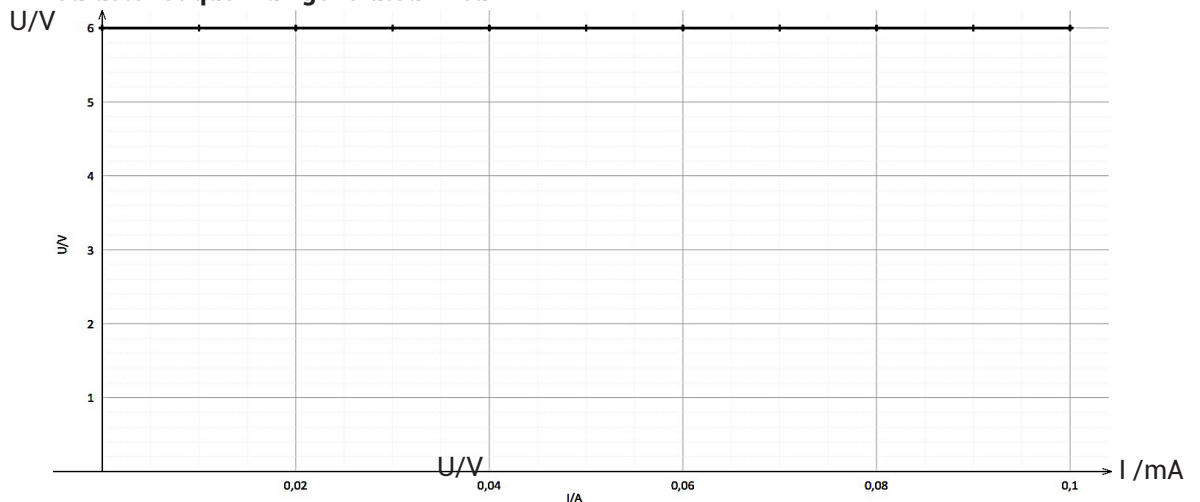
Qu'est-ce qu'une caractéristique ?

La caractéristique d'un dipôle électrique est la relation existant entre l'intensité I du courant traversant le dipôle et la tension U aux bornes de celui-ci. Généralement elle est fournie sous la forme d'un graphique représentant :

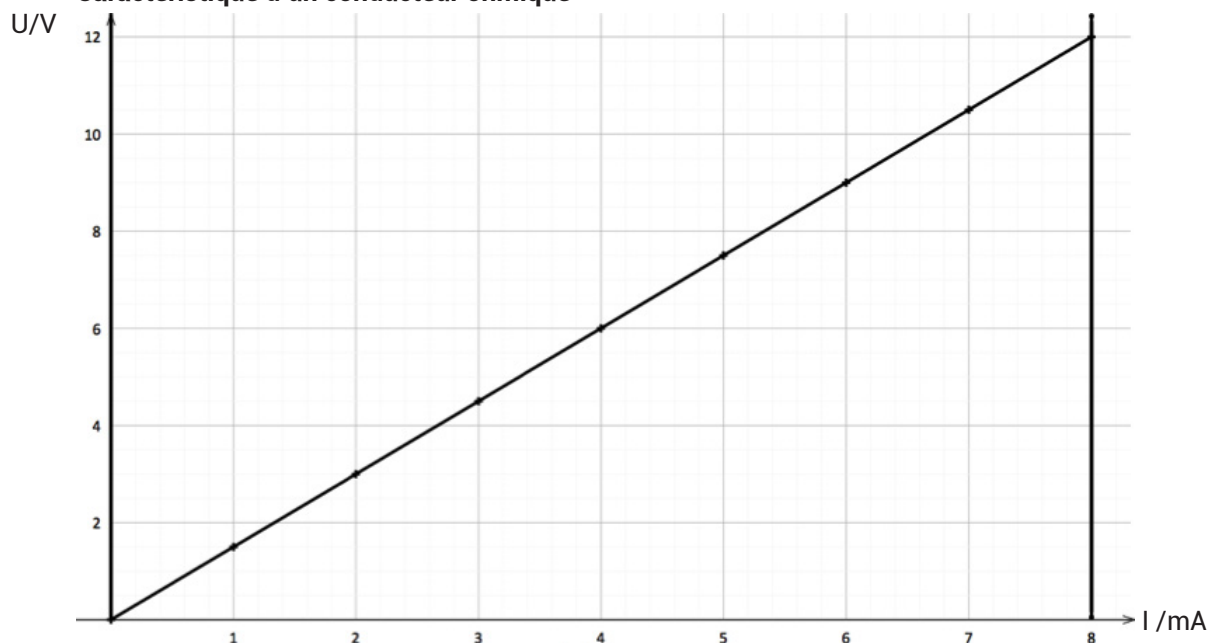
- soit la tension aux bornes du dipôle en fonction de l'intensité du courant qui le traverse : $U = f(I)$;
- soit l'intensité du courant traversant le dipôle en fonction de la tension appliquée à ses bornes : $I = g(U)$.

Caractéristiques de quelques dipôles électriques usuels

Caractéristique d'un générateur idéal

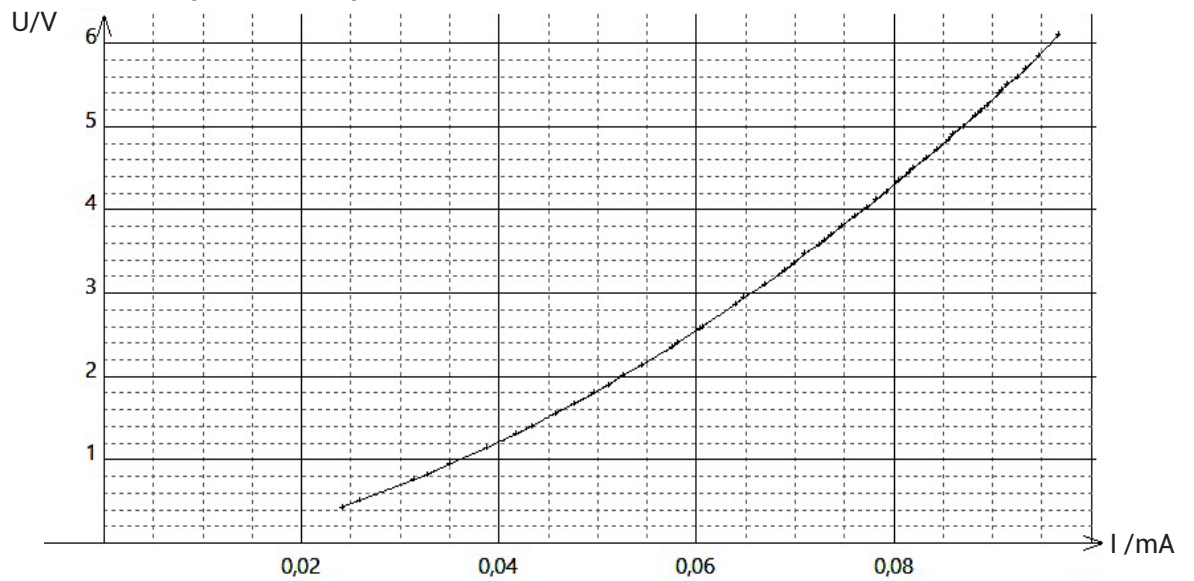
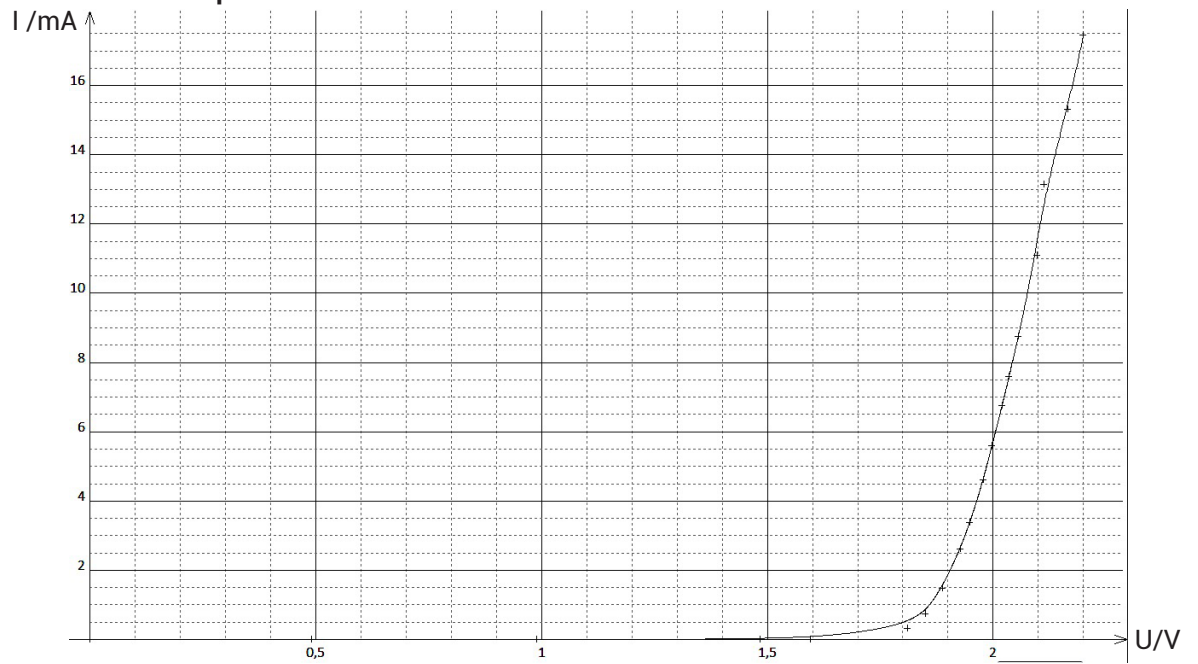


Caractéristique d'un conducteur ohmique



Retrouvez éduscol sur :



Caractéristique d'une lampe à incandescence**Caractéristique d'une DEL****La thermistance**

La thermistance est un capteur de température dont le symbole est :



Retrouvez éducol sur :



Liste du matériel disponible

- un générateur de tension continue réglable.
- une thermistance.
- un voltmètre.
- un ampèremètre.
- une plaque de câblage.
- des fils de connexion.

Questionnement possible

1. Quelles grandeurs faut-il mesurer simultanément pour réaliser expérimentalement la caractéristique d'un dipôle ? Préciser alors les appareils de mesures à utiliser et la manière dont ils se branchent dans le circuit.
2. Proposer une démarche expérimentale pour tracer la caractéristique de la thermistance (faire un schéma du montage, expliquer quelles sont les mesures à effectuer, expliquer comment les mesures seront exploitées pour tracer la caractéristique de la thermistance).
3. Après validation par le professeur, réaliser les mesures. La tension fournie par le générateur devra constamment rester inférieure à 2,5 V.
4. Tracer la caractéristique du dipôle étudié grâce à un tableur.
5. Quelle caractéristique retrouve-t-on ? En déduire le comportement électrique de la thermistance.

Capacité mathématique

Si la représentation graphique $y = f(x)$ est une droite qui passe par l'origine alors les grandeurs x et y sont proportionnelles et liées par la relation mathématique : $y = a \times x$ avec la constante de proportionnalité correspondant au coefficient directeur. On dit alors que la fonction f est linéaire.

6. Que peut-on dire de la tension et de l'intensité aux bornes du dipôle étudié ? Justifier.
7. Modéliser l'ensemble des points par la fonction adaptée puis écrire l'équation de la modélisation obtenue.
8. En déduire la valeur du coefficient directeur de la droite obtenue et noter son unité.
9. Mesurer la grandeur caractérisant le dipôle étudié à l'aide d'un multimètre. Commenter.
10. Quelle loi connue retrouve-t-on aux bornes de la thermistance ? Énoncer cette loi.

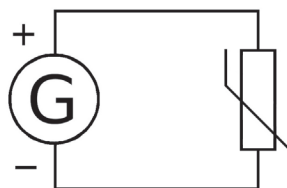
Pistes de différenciation pour la question 2

Mesurer des tensions et des intensités

Pour mesurer une tension, un voltmètre de symbole  est utilisé. Il se branche en dérivation aux bornes du dipôle dont on veut mesurer la tension électrique. Pour qu'il indique une valeur positive le courant doit entrer dans l'appareil par la borne V et en sortir par la borne COM.

Pour mesurer une intensité, un ampèremètre de symbole  est utilisé. Il se branche en série avec le dipôle dont on veut mesurer l'intensité du courant électrique qui le traverse. Pour qu'il indique une valeur positive le courant doit entrer dans l'appareil par la borne A et en sortir par la borne COM.

On souhaite réaliser expérimentalement la caractéristique de la thermistance. Pour cela, on réalise le montage ci-dessous :

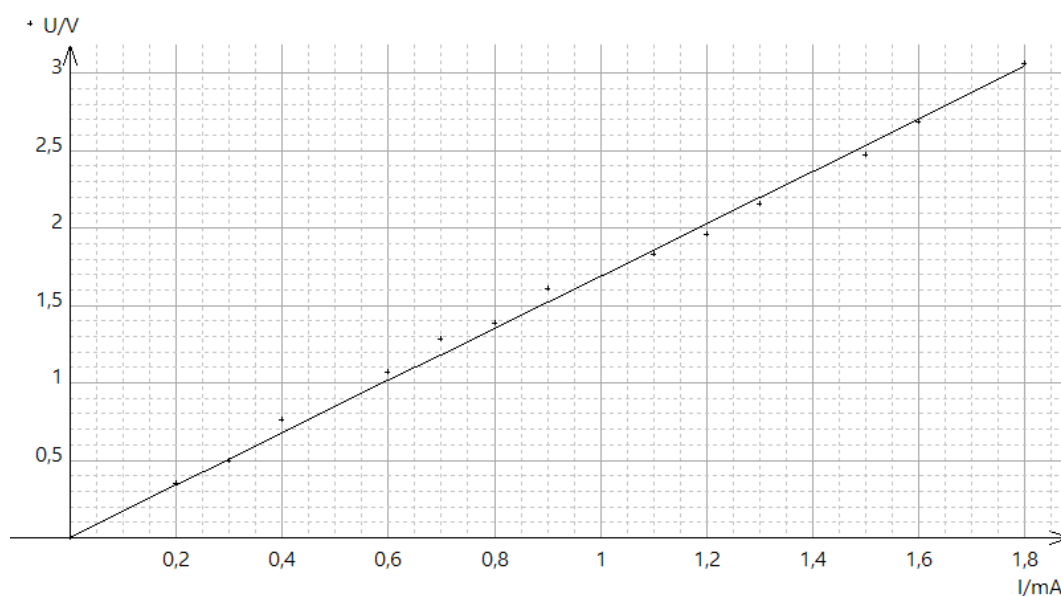


- 2.1. Ajouter sur le schéma ci-dessus les appareils de mesure permettant de mesurer la tension aux bornes du conducteur ohmique et l'intensité du courant qui le traverse.
- 2.2. Que va-t-on modifier sur le circuit afin d'obtenir des points de mesure différents pour pouvoir tracer la caractéristique à partir d'une dizaine de points de mesure ?
- 2.3. Quel est le seul moyen de modifier les valeurs de la tension et de l'intensité dans le circuit ?

Mesures obtenues

U (V)	0	0,596	0,766	0,920	1,21	1,42	1,64	1,93	2,25	2,55
I (mA)	0	0,48	0,62	0,76	1,00	1,18	1,36	1,61	1,88	2,14

Caractéristique obtenue



Résultat de la modélisation : $U = R \times I$ avec $R = 1,69 \times 10^3 \Omega$.

Institutionnalisation : proposition d'une expression de la loi d'Ohm

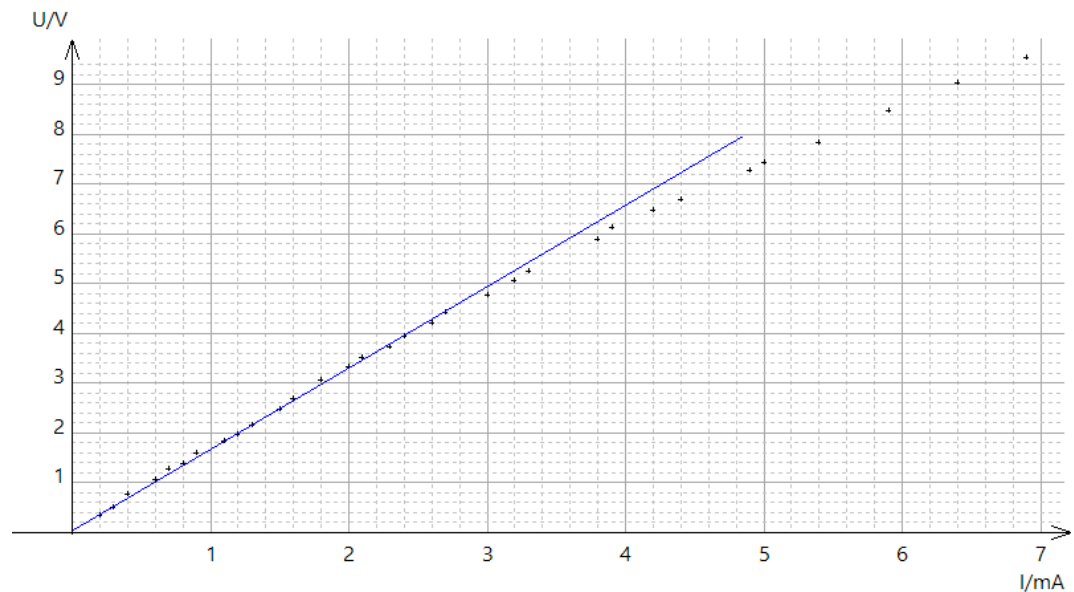
Si la tension U_R aux bornes d'un dipôle est proportionnelle à l'intensité I_R du courant électrique qui le traverse, alors ce dipôle est un conducteur ohmique et sa résistance est donnée par la relation : $U_R = R \times I_R$.

Retrouvez éduscol sur :



Prolongement possible : point de fonctionnement d'un circuit et résistance non idéale

Caractéristique « plus complète » de la thermistance utilisée :



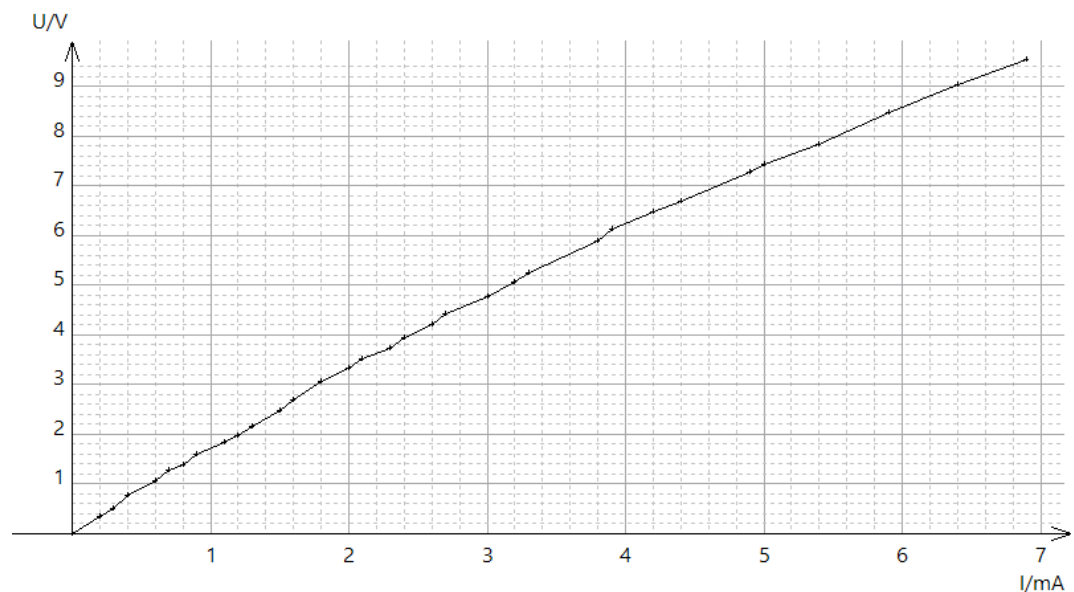
1. La modélisation proposée précédemment pour la thermistance est-elle valable, quelle que soit la valeur de l'intensité du courant qui la traverse ?

Association de deux dipôles

L'utilisation de deux caractéristiques sur un même graphique permet de prévoir la valeur de l'intensité du courant délivré par le générateur et la valeur de la tension aux bornes du récepteur. Pour cela, il convient de superposer les deux courbes, le point d'intersection est appelé point de fonctionnement du circuit.

On suppose que la thermistance est alimentée directement par un générateur de tension de 5,6 V.

Document : caractéristique lissée de la thermistance utilisée



Retrouvez éducol sur :



2. Ajouter la caractéristique du générateur sur la courbe ci-dessous, représentant la caractéristique lissée de la thermistance.
3. Relever les coordonnées du point de fonctionnement du circuit.
4. Quelle est alors la valeur de la tension aux bornes de la thermistance ? Quelle est la valeur de l'intensité du courant qui la traverse ?

Proposition de réponse pour la question 1 : Lorsque la valeur de l'intensité du courant qui traverse la thermistance augmente, la caractéristique de la thermistance s'éloigne du modèle mathématique. La thermistance n'est donc pas un conducteur ohmique parfait. L'échauffement du capteur modifie la valeur de sa résistance.

Activité 2 : Comment fabriquer un thermomètre avec une thermistance ?

Références aux programmes

Notions et contenus	Capacités exigibles Activités expérimentales support de la formation
Capteurs électriques.	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.).

Objectifs

Le but de cette activité expérimentale est de réaliser un dispositif de mesure de température à l'aide de la thermistance étudiée lors de l'activité expérimentale précédente.

Prérequis

- Savoir utiliser un multimètre.
- Savoir qu'une thermistance est un capteur de type résistif.
- Savoir utiliser un logiciel de type tableur-grapheur. Si ce n'est pas le cas, il conviendra de fournir à l'élève un mode d'emploi simplifié du logiciel.

Documents

La thermistance, un capteur de température

Dans de nombreux appareils électriques, la température doit pouvoir être suivie pour garantir un fonctionnement optimal du dispositif (thermostat électronique pour la commande du chauffage, d'un four, d'un congélateur...). Pour cela, il est nécessaire d'utiliser des dipôles dont les propriétés électriques varient en fonction de la température : on parle alors de capteurs de température. À cet effet, la thermistance, la sonde Pt 100 et le thermocouple sont les plus utilisés.

La thermistance est un capteur de type résistif : la valeur de la résistance du capteur varie en fonction de la température. On distingue deux types de thermistances :

- les CTP, le coefficient de température est positif c'est-à-dire la valeur de la résistance augmente lorsque la température augmente ;
- les CTN, le coefficient de température est négatif c'est-à-dire la valeur de la résistance diminue lorsque la température augmente.

Retrouvez eduscol sur :



Utiliser un multimètre en ohmmètre

Un ohmmètre ne doit jamais être utilisé dans un circuit électrique alimenté par un générateur.

Étape 1 : identifier la zone Ω .

Étape 2 : placer le sélecteur sur le plus grand calibre.

Étape 3 : relier par des câbles de connexion les bornes de la thermistance aux bornes V/ Ω et COM du multimètre.

Étape 4 : selon la valeur lue sur l'écran, on peut passer à un calibre inférieur pour avoir une valeur plus précise (le calibre le plus adapté à une mesure est celui ayant une valeur juste supérieure à la valeur mesurée).

Remarque : si l'écran de l'ampèremètre affiche la valeur « 1. », ce n'est pas la valeur de la résistance, mais un signal qui indique que le calibre choisi est trop petit. Il faut augmenter la valeur du calibre.

Désignation commerciale de certaines thermistances

Appellation commerciale	Valeur nominale à 25 °C (R_{25} en Ω)	Sensibilité à 25 °C (α en %/K)
642 6.109	10	- 3,2
642 6.101	100	- 3,7
642 6.471	470	- 4,1
642 6.102	1 000	- 4,3
6.152	1 500	- 4,5
642 6.222	2 200	- 4,6
642 6.472	4 700	- 4,9
642 103	10 000	- 4,8

Principe de l'étalonnage

En métrologie (science de la mesure), l'étalonnage est une opération qui concerne les appareils de mesure ou de restitution de données. Deux appareils différents, même s'ils sont de la même gamme (même marque, même modèle) ne réagissent pas exactement de la même manière. Il faut donc une procédure permettant d'obtenir le même résultat à partir de la même situation initiale : c'est le principe de l'étalonnage.

De manière générale, un appareil de mesure transforme un paramètre physique (température dans le cas d'un thermomètre) en une donnée analogique (lecture sur une échelle graduée pour un thermomètre à alcool) ou un signal électrique (dans le cas des thermomètres à affichage digital). L'étalonnage vise à s'assurer que tous les appareils donnent bien le même résultat de mesure.

Pour cela, on peut tracer une courbe représentant la valeur réelle du paramètre en abscisse et la valeur mesurée en ordonnée.

Retrouvez eduscol sur :



D'après le site [wikipedia.org](https://fr.wikipedia.org).

Matériels à disposition

- Une thermistance.
- Un multimètre.
- Un thermomètre digital.
- Un thermomètre à alcool.
- Un grand bécher.
- Une plaque chauffante avec un agitateur magnétique.
- Des potences et noix d'accroche.
- De l'eau et des glaçons.
- Un ordinateur muni d'un tableur-grapheur.

Travail à effectuer

On désire utiliser la thermistance étudiée lors de la précédente activité expérimentale afin de pouvoir l'utiliser comme un thermomètre.

1. Réaliser une première mesure à température ambiante : à l'aide de la thermistance disponible, réaliser une mesure de la grandeur associée avec l'appareil adéquat. Réaliser une seconde mesure de la grandeur associée en chauffant la thermistance entre les doigts.
À l'aide des documents précédents, identifier le type de la thermistance utilisée puis lui associer une désignation commerciale possible.

Appel 1 : appeler le professeur pour lui présenter les résultats obtenus ou en cas de difficulté.

2. On désire étalonner la thermistance pour qu'elle puisse être utilisée afin de mesurer une température. À l'aide du matériel à votre disposition, proposer un protocole permettant de tracer la courbe d'étalonnage reliant la valeur de la résistance de la thermistance étudiée à la température notée θ (les mesures de température seront comprises entre 5 et 80 °C).

Appel 2 : appeler le professeur pour lui présenter le protocole ou en cas de difficulté.

3. Mettre en œuvre le protocole proposé.
4. Mesurer la température de l'eau du robinet à l'aide de la thermistance et de la courbe d'étalonnage obtenue précédemment. Faire apparaître la construction sur le graphique obtenu.
5. Comparer le résultat obtenu avec des mesures effectuées avec le thermomètre digital puis avec le thermomètre à alcool. Commenter les éventuels écarts.

Prolongement possible

Demander à chaque élève de réaliser la mesure de la température de l'eau contenue dans le même bécher à partir de sa thermistance et de sa courbe d'étalonnage.

Relever l'ensemble des valeurs de température obtenues dans un tableur pour tracer un histogramme et évaluer qualitativement la dispersion des mesures.

Une autre possibilité est d'utiliser d'une carte d'acquisition (dispositif ExAO), les mesures de température sont alors réalisées à l'aide du capteur de température relié à une interface d'acquisition en mode « pas à pas ».

Retrouvez eduscol sur :



Remarques pour le professeur

- L'activité a été testée avec une thermistance de type CTN, de résistance $R_{25} = 1,5 \text{ k}\Omega$.
- La confrontation des résultats obtenus avec l'utilisation d'une courbe d'étalonnage et ceux obtenus directement avec des thermomètres pour la température de l'eau du robinet peut aboutir à des écarts de 1 voire 2 °C. Les réponses à la dernière question peuvent être diverses et variées (équilibre thermique non atteint entre l'eau, la thermistance et le thermomètre lors de la mise en œuvre du protocole, temps de réponse différents entre les thermomètres et la thermistance...).
- En guise de prolongement, il est possible d'utiliser un microcontrôleur en s'inspirer du [document proposé par l'académie de Nantes](#). La première partie est axée sur l'obtention de la courbe $R = f(\theta)$ pour une thermistance. La seconde étape consiste à utiliser un microcontrôleur afin d'obtenir une courbe d'étalonnage $U = f(\theta)$ et son équation. Cette dernière est alors utilisée pour afficher directement la température mesurée.
- Le programme de seconde invite l'élève à réaliser plusieurs types de graphiques dans la partie « Signaux et capteurs » (tracé de la caractéristique $U = f(I)$, tracé d'une courbe d'étalonnage...). La première activité expérimentale ayant débouché sur une représentation graphique de type fonction linéaire, il peut paraître opportun pour cette deuxième activité de proposer une représentation graphique d'un autre type. C'est une des raisons pour laquelle le choix du capteur résistif étudié s'est porté sur la thermistance de type CTN (au lieu par exemple d'une sonde de type Pt 100 dont la réponse est quasi-linéaire lorsqu'on suit l'évolution de la valeur de sa résistance en fonction de la température).
- Les élèves peuvent effectuer les mesures en groupe et saisir les valeurs de température et de résistance mesurées dans un logiciel de type tableur-grapheur ou alors utiliser une interface d'acquisition comme indiqué plus haut.

Activité expérimentale 3 : comment fonctionne le circuit électrique au sein d'un bathythermographe ?

Références aux programmes

Notions et contenus	Capacités exigibles Activités expérimentales support de la formation
Loi des nœuds. Loi des mailles. Caractéristique tension-courant d'un dipôle. Résistance et systèmes à comportement de type ohmique. Loi d'Ohm.	Exploiter la loi des mailles et la loi des nœuds dans un circuit électrique comportant au plus deux mailles. <i>Mesurer une intensité et une tension.</i> 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.

Objectifs

Proposer une tâche expérimentale avec prise d'initiative permettant d'exploiter la loi des mailles et la loi des nœuds (ces lois ont été revues au préalable en classe entière) et de réaliser des mesures d'intensité et de tension.

Prérequis

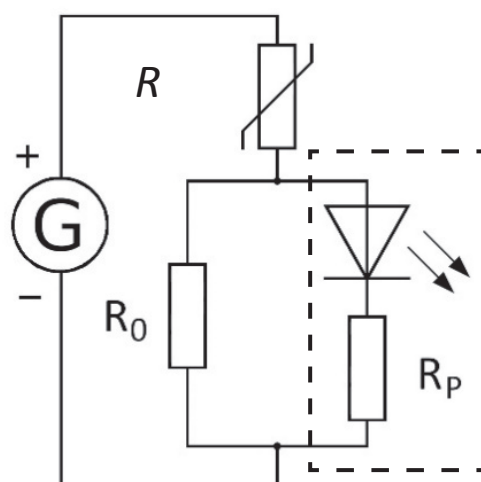
- Savoir mesurer une tension et une intensité et savoir schématiser les appareils de mesure.
- Connaître les symboles des dipôles usuels.
- Connaître la loi des mailles et la loi de nœuds.
- Savoir utiliser la loi d'Ohm.

Documents

Contexte de l'activité

Le bathythermographe utilisé par les océanographes contient une thermistance, un capteur résistif dont la résistance diminue lorsque la température augmente.

Dans le bathythermographe, on ne mesure pas directement la valeur de la résistance de la thermistance. On modélisera le circuit dans lequel se trouve la thermistance par le montage schématisé ci-dessous :



Retrouvez eduscol sur :

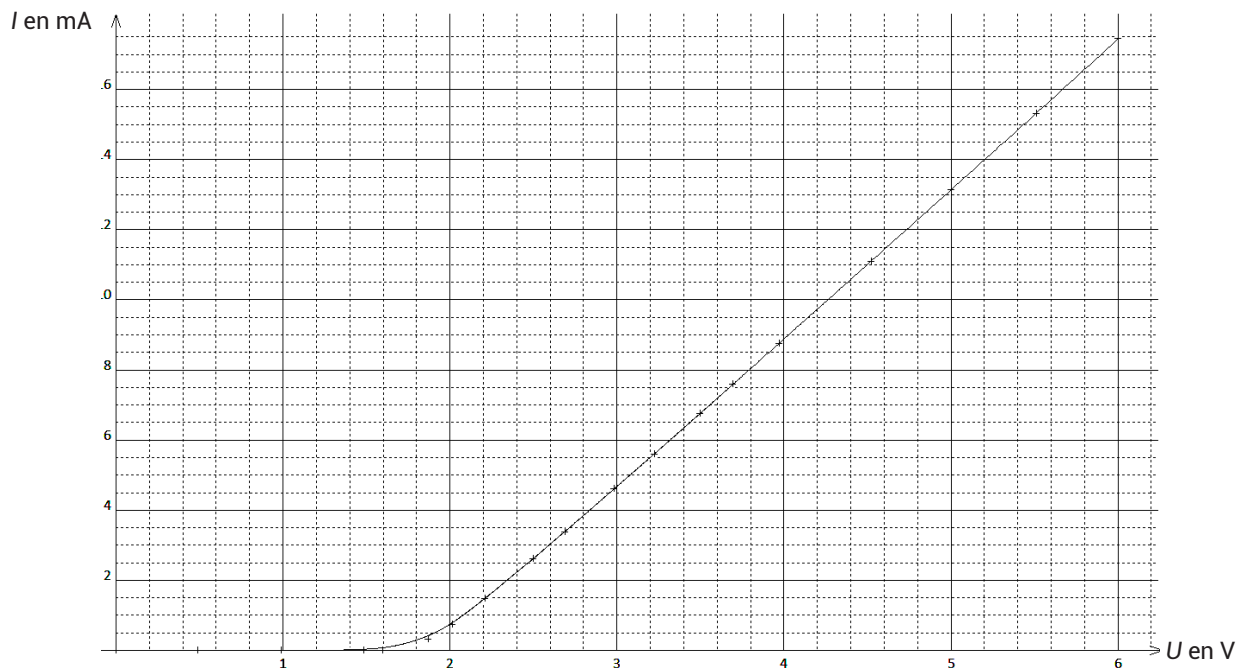


La DEL associée à un conducteur ohmique représente l'affichage du bathythermographe : l'éclairement de la DEL dépend de la température à laquelle est soumise la thermistance.

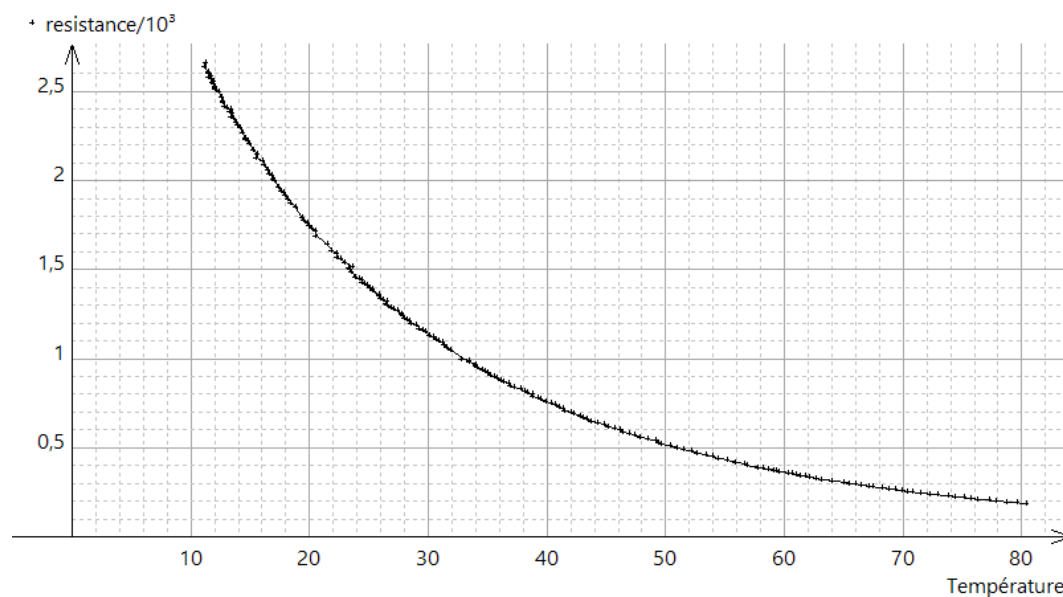
La valeur de la tension fournie par le générateur est fixée à 10 V.

La valeur de la résistance du conducteur ohmique R_0 vaut 1500 Ω .

Caractéristique de l'association DEL + RP



Courbe d'étalonnage de la thermistance (réalisée avec une thermistance $R_{25} = 1500 \Omega$) tracée dans l'activité précédente



Retrouvez éduscol sur :



Questionnement possible

On introduit la thermistance de ce circuit dans de l'eau glacée puis dans de l'eau chaude.

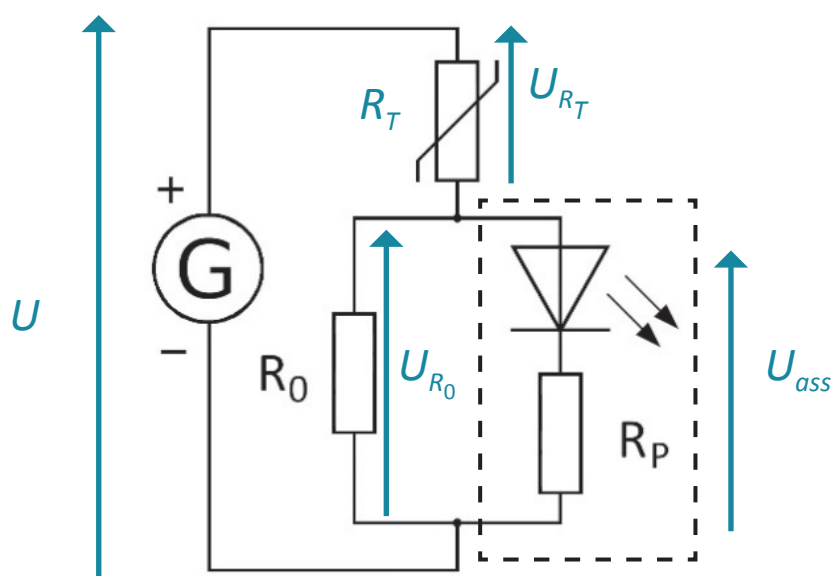
1. Comment varie l'éclairement de la DEL lorsque la température de l'eau dans laquelle se trouve la thermistance augmente ?
2. Réaliser le circuit schématisé ci-dessus sans allumer le générateur.

Appel 1 : Appeler le professeur pour faire vérifier le montage avant d'allumer le générateur.

Mesurer la tension U_{R_0} aux bornes du conducteur ohmique R_0 :

$$U_{R_0} = \dots\dots\dots \text{ V}$$

3. Lister les trois données numériques connues du circuit étudié.
4. Donner l'expression de la loi des mailles dans la maille contenant le générateur, la thermistance et le conducteur ohmique R_0 , en utilisant les notations du schéma ci-dessous.
5. On appelle I_G l'intensité du courant délivré par le générateur, I_1 l'intensité du courant circulant dans le conducteur ohmique R_0 et I_2 l'intensité du courant circulant dans la DEL. Compléter le schéma en l'annotant avec ces courants puis donner l'expression de la loi des nœuds dans le circuit.
6. Quelle grandeur électrique permet d'avoir accès à la température en utilisant la courbe d'étalonnage déjà tracée ?
7. On rappelle que la thermistance se comporte électriquement comme un conducteur ohmique. Quelle loi s'applique aux bornes d'un conducteur ohmique ? L'écrire aux bornes de la thermistance.



Retrouvez éduscol sur :



8. Tâche avec prise d'initiative : comment déterminer la température de l'eau sans mesurer directement la valeur de la résistance de la thermistance ?

Pour répondre à cette question, identifier les étapes du raisonnement de chaque élève.

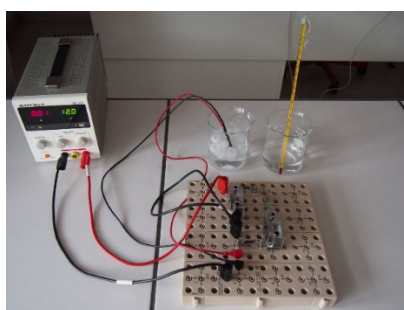
- Déterminer la valeur de la grandeur cherchée, soit par un calcul, soit par une lecture graphique.
- Vérifier la valeur de la grandeur par une mesure expérimentale.

Avant toute mesure, compléter le schéma du circuit en y ajoutant l'instrument de mesure utilisé.

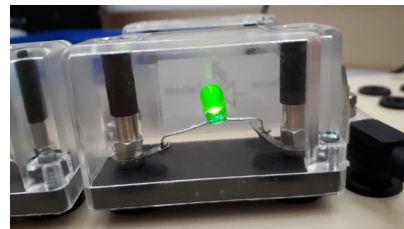
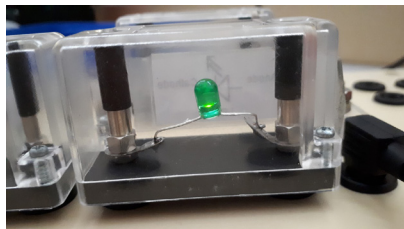
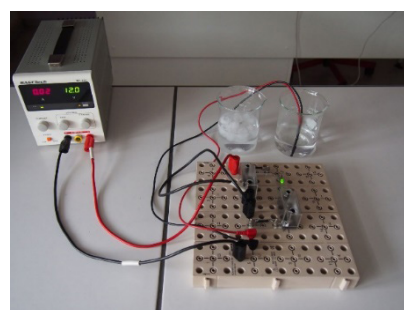
Expérience d'introduction

Plonger la thermistance dans l'eau glacée puis dans l'eau chaude. Interpréter la variation d'éclairement de la DEL avec la variation de température.

Thermistance dans l'eau froide



Thermistance dans l'eau chaude



Piste de différenciation

On peut indiquer aux élèves certaines les étapes du raisonnement.

Étape 1 : Déterminer la tension aux bornes de R_T par la loi des mailles.

Étape 2 : Déterminer l'intensité qui circule dans la DEL par lecture des coordonnées du point de fonctionnement de l'ensemble DEL + R_p .

Étape 3 : Déterminer l'intensité du courant circulant dans R_0 par la loi d'Ohm.

Étape 4 : Déterminer l'intensité du courant qui circule dans la thermistance en utilisant la loi des nœuds.

Étape 5 : Déterminer la résistance de la thermistance grâce à la loi d'Ohm.

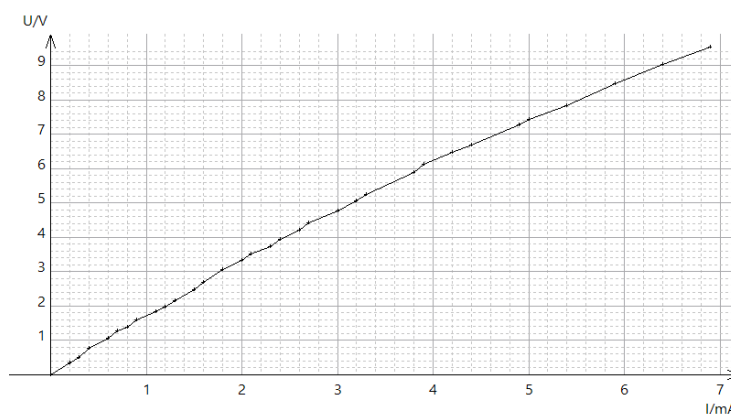
Étape 6 : Utiliser la courbe d'étalonnage (tracée dans le TP précédent) pour déterminer la température de l'eau.

Retrouvez eduscol sur :



Remarque : Le calcul de la valeur de la résistance de la thermistance à partir de la loi d'Ohm donne un résultat inférieur à la valeur de la résistance de la thermistance mesurée avec l'ohmmètre. Un prolongement du TP est possible en demandant aux élèves de proposer une explication à cet écart.

Dans le circuit réalisé, le point de fonctionnement (4,9 mA ; 7,39 V) n'appartient pas à la zone de linéarité, d'après la caractéristique de la thermistance utilisée :



Retrouvez éduscol sur :

