Exercice 1 : Feux avant d'une voiture

M. Percier vient au lycée en voiture. Malheureusement, il oublie très souvent d'éteindre les feux de sa Nissan X-trail lorsqu'il se gare sur le parking à 7h30. On veut savoir si la batterie sera vide lorsqu'il reprend sa voiture à 19h.

1. À partir des informations lisibles sur la photo de batterie ci-dessous, donner la charge électrique que celle-ci peut fournir.

2. Les lampes avant de la voiture ont les caractéristiques suivantes :

PHILIPS 12972PRC1 Ampoule, projecteur longue portée
H7 12V 55W 3200K Halogène Vision

Réf.: 12972PRC1

Info complémentaire:	Vision
Type de lampe:	H7
Modèle de feu:	Halogène
Capacité nominale [W]:	55
Voltage [V]:	12
Type d'emballage:	Boîte
Température de couleur [K]:	3200
Type de culot de l'ampoule:	PX26d

Numéros de référence: PHILIPS H7, PHILIPS 40593760, PHILIPS

EAN: PHILIPS 8711500405937

   (a) Est-ce que les deux feux avant sont reliés en série ou en dérivation ?

   (b) Le filament de la lampe se comporte comme un résistor de résistance R. Donner la valeur numérique de R pour l'ampoule H7.

3. Quelle est l'intensité électrique débitée par la batterie lorsque M. Percier laisse sa voiture avec les feux allumés ?
4. M. Percier pourra-t'il redemarrer sa voiture à 19h ?

Correction faite en classe.

Exercice 2 : Continuité de la charge

La notice d'ampèremètre numérique nous indique que le plus petit courant mesurable est de 0,1 μA et que son temps de réponse est de 100 μs.

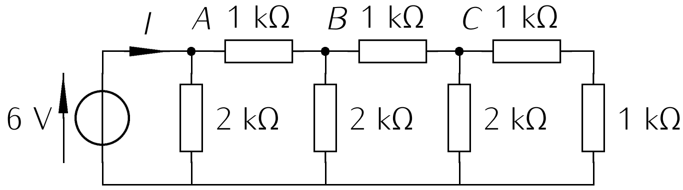
1. Quelle est la plus petite quantité de charges électriques que ce multimètre peut mesurer ? Peut-il détecter le passage d'un électron seul ?

2. Justifier l'affirmation suivante : « bien que la charge électrique soit quantifiée, il s'agit d'une grandeur continue à notre échelle. »

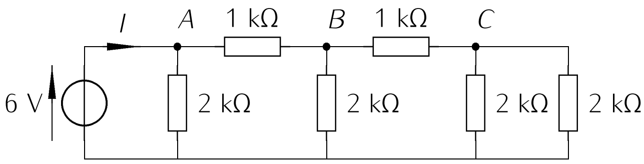
1. $i = \frac{Q}{\Delta t}$ sont $Q = i\Delta t$, numériquement $Q = 10^{-11}$ C soit $N = \frac{Q}{e} = 6{,}3.10^{7}$ électrons. Ainsi le multimètre ne peut pas voir le passage d'un seul électron.
2. L'ampèremètre n'est pas suffisamment sensible pour détecter le passage d'un électron, ainsi au niveau macroscopique la charge nous parait être une grandeur continue.

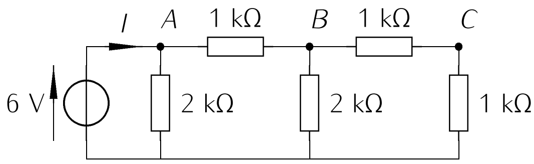
Exercice 3 : **Application de la loi d'Ohm**

Déterminer l'intensité I à la sortie du générateur présent dans le circuit suivant.

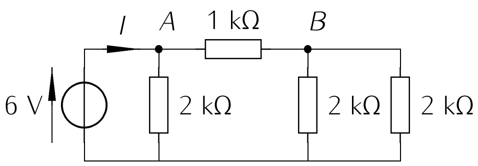


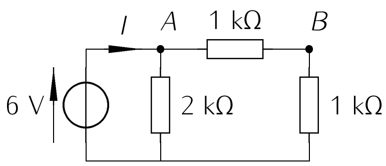
On procède par simplifications successives. Sur le circuit initial, seuls les deux résistors de 1 kΩ sont en série, on les associe pour obtenir le premier circuit ci-dessous. Sur ce dernier, on voit que les deux résistors de 2 kΩ situés à droite sont en parallèle. On les associe en un seul de résistance $\frac{2\times2}{2+2} = 1$ kΩ (circuit ci-dessous à droite).

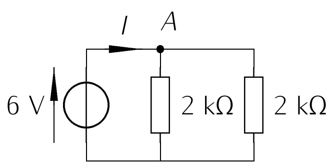




On poursuit ensuite la simplification :







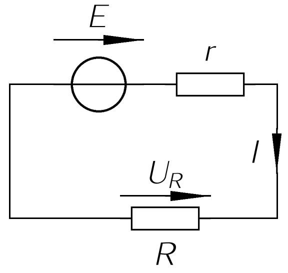
Et finalement, on se ramène à un générateur idéal de tension débitant un courant I dans un résistor unique de résistance $R = 1$ kΩ.
L'application de la loi d'Ohm donne simplement $I = \frac{6}{1000} = 6.10^{-3}$ A soit 6 mA.

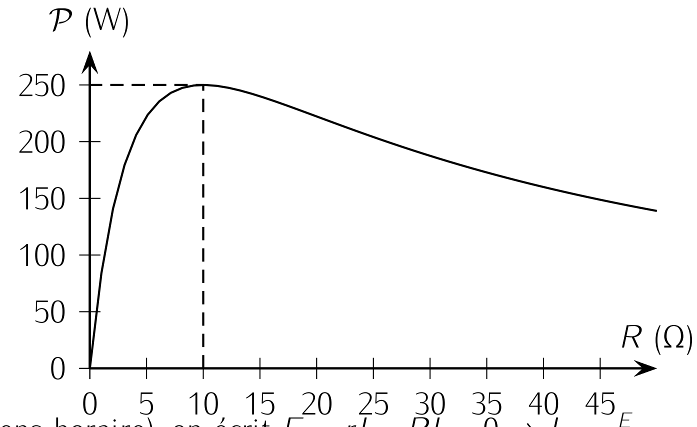
Exercice 4 : **Association de dipôles, puissance.**

Soit un générateur de tension caractérisé par sa f.e.m. E et sa résistance interne r.
On branche entre ses bornes, une résistance réglable R.

1. Déterminer l'expression de l'intensité du courant qui circule dans le circuit.
2. Déterminer l'expression de la puissance $\mathcal{P}$ absorbée par R en fonction de E, r et R.
3. On considère la fonction $\mathcal{P}(R)$.
   Montrer qu'elle passe par un maximum $\mathcal{P}_{\text{max}}$ à déterminer et tracer son allure pour $E = 100$ V et $r = 10\ \Omega$.

1. On commence par représenter le circuit en adoptant la représentation de Thévenin pour le générateur :





Par application de la loi des mailles (sens horaire), on écrit $E - rI - RI = 0 \Rightarrow I = \frac{E}{r+R}$.
Remarque : on obtient directement cette expression à l'aide de la loi de Pouillet (EC$_2$)

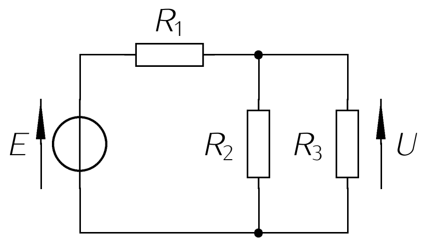
2. Le résistor R reçoit (en convention récepteur) et dissipe la puissance $\mathcal{P} = U_R.I = RI^2 = \frac{RE^2}{(r+R)^2}$
Pour déterminer son (ou ses) extremum, on résout l'équation

$$\frac{d\mathcal{P}}{dR} = 0 \Rightarrow \frac{(r+R)^2 - R\times 2(R+r)}{(R+r)^4} = 0 \Rightarrow \frac{R+r-2R}{(R+r)^3} = 0 \Rightarrow R - r = 0 \Rightarrow R = r$$

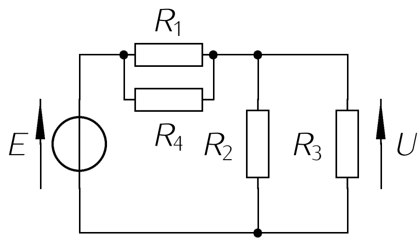
Pour tracer l'allure de la courbe $\mathcal{P}(R)$, on remarque que $\mathcal{P}$ s'annule quand R tend vers 0 ou vers l'infini. C'est une fonction positive qui n'admet qu'un seul extremum : un maximum.
On remarque que pour avoir un transfert maximum de puissance entre la source (générateur de tension (E,r)) et la charge (résistor R), il faut que $r = R$. On parle d'adaptation d'impédance.

Exercice 5 : **Ponts diviseurs de tension**

Utiliser les formules des diviseurs de tension pour déterminer la tension U aux bornes de R_3 dans les montages suivants.

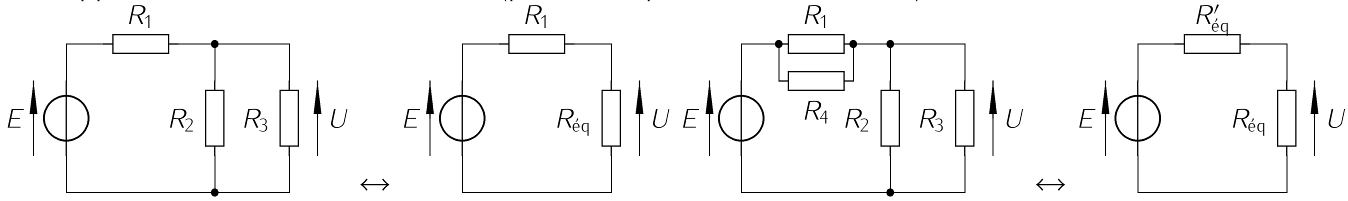


Circuit 1



Circuit 2

Pour utiliser les formules des diviseurs de tension, il faut se ramener à ce type de ponts. On doit donc faire apparaître des résistors en série (parcourus par le même courant).



Circuit 1 Circuit 2

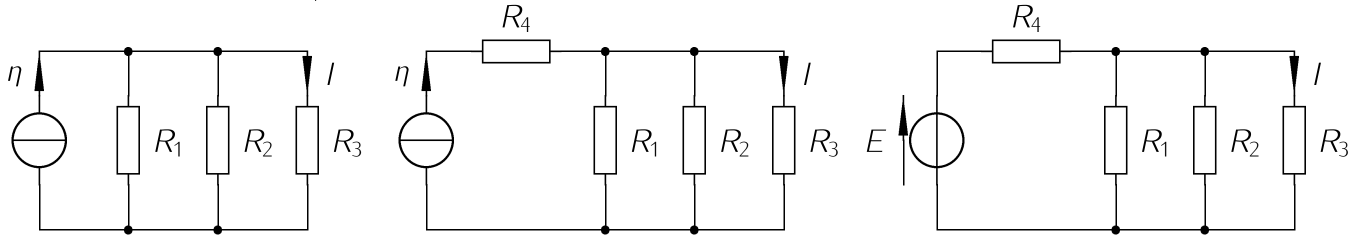
Circuit 1 : $u = \frac{R_{éq}}{R_{éq}+R_1}E$ avec $R_{éq} = \frac{R_2R_3}{R_2+R_3} \Rightarrow u = \frac{ER_2R_3}{R_1R_2+R_2R_3+R_1R_3}$

Circuit 2 : $u = \frac{R_{éq}}{R_{éq}+R'_{éq}}E$ avec $R_{éq} = \frac{R_2R_3}{R_2+R_3}$ et $R'_{éq} = \frac{R_1R_4}{R_1+R_4} \Rightarrow u = \frac{ER_2R_3(R_1+R_4)}{R_2R_3(R_1+R_4)+R_1R_4(R_2+R_3)}$

Exercice 6 : **Ponts diviseurs de courant**

Utiliser les formules des diviseurs de courant pour déterminer l'intensité du courant I qui traverse R_3 dans les montages suivants.

On pourra noter $G_i = \frac{1}{R_1}$ la conductance du résistor R_i.



Circuit 1 Circuit 2 Circuit 3

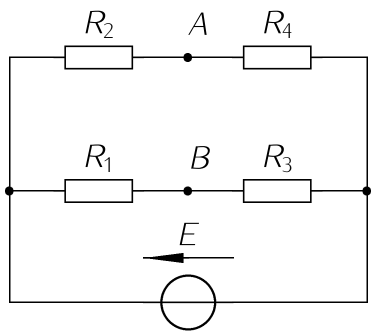
Correction faite en classe.

Pour utiliser les formules des diviseurs de courant, il faut se ramener à ce type de ponts. On doit donc faire apparaître des résistors en parallèle (soumis à la même tension).

- Circuit 1 : on a directement un pont diviseur de courant et $I = \frac{G_3\eta}{G_1+G_2+G_3}$.
- Circuit 2 : la présence de R_4 ne modifie en rien la valeur du courant η qui alimente le pont. On a donc également $I = \frac{G_3\eta}{G_1+G_2+G_3}$.
- Circuit 3 : on doit trouver l'expression du courant η circulant à travers le générateur E (c'est celui qui va être divisé). On associe R_1, R_2 et $R3$ en dérivation que l'on associe ensuite avec R_4 en série. On obtient un circuit contenant E et R_{eq} en série avec $R_{eq} = R_4 + \frac{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}{R_1R_2R_3}$, ainsi le courant η vaut $\frac{E}{R_{eq}}$. Il n'y a plus qu'à appliquer le diviseur de courant : $I = \frac{G_3}{G_1+G_2+G_3}\eta$ Soit après simplification $I = \frac{G_3G_4}{G_1+G_2+G_3+G_4}E$.

Exercice 7 : Pont de Wheatstone et application

On considère le circuit suivant :



1. Calculer de U_{AB} par la méthode de votre choix.
2. À quelle condition sur les résistances, cette tension est-elle nulle ?
3. On prend maintenant $R_3 = R_4 = R$ et les résistors R_1 et R_2 sont en fait des jauges de contrainte fixées sur une barre métallique.

   Lorsque celle-ci se déforme, les résistances R_1 et R_2 varient suivant une loi du type $R_1 = R + x$ avec $x \ll R$ et $R_2 = R - x$.

   Exprimer alors U_{AB}, mesurée par un voltmètre, en fonction de R et x.

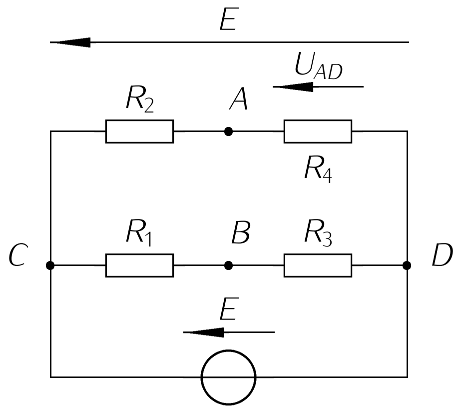
   Montrer que dans la mesure où $x \ll R$, il y a proportionnalité entre la tension mesurée et x.

Voyez-vous une application ?

1. On remarque que R_2 et R_4 sont en série, on a donc un pont diviseur de tension et $U_{AD} = \frac{R_4}{R_4+R_2}U_{CD} = \frac{R_4}{R_4+R_2}E$. De même, R_1 et R_3 en série et $U_{BD} = \frac{R_3}{R_1+R_3}E$ et on en déduit

$$U_{AB} = U_{AD} + U_{DB} = \frac{R_4}{R_4 + R_2}E - \frac{R_3}{R_1 + R_3}E = \frac{R_1R_4 - R_2R_3}{(R_2 + R_4)(R_1 + R_3)}$$

Remarque : on pouvait également utiliser la loi des nœuds en termes de potentiels en posant $V_D = 0 \Rightarrow V_C = E$ puis en exprimant $U_{AB} = V_A - V_B$.



2. En reprenant l'expression précédente, on voit pour que $U_{AB} = 0$ il faut et il suffit que $R_1R_4 = R_2R_3$.
3. On remplace R_3 et R_4 par R, R_1 par $R + x$ et R_2 par $R - x$ dans l'expression de U_{AB}.

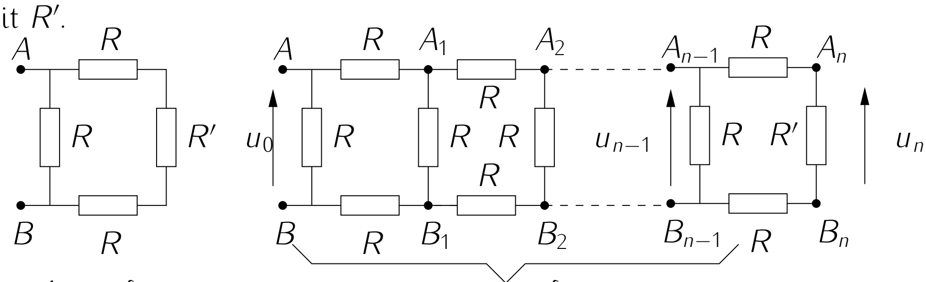
$$U_{AB} = \frac{(R+x)R - (R-x)R}{[(R-x)+R][(R+x)+R]}E = \frac{2xRE}{4R^2 - x^2} \simeq \frac{2xRE}{4R^2} = \frac{xE}{2R}$$

On remarque en effet que si $x \ll R \Rightarrow 4R^2 - x^2 \simeq 4R^2$, U_{AB} est proportionnel à x.

Une application possible est le pèse personne électronique : la déformation des jauges de contraintes due au poids de la personne, modifie la tension U_{AB} ce qui rend possible un affichage de la masse.

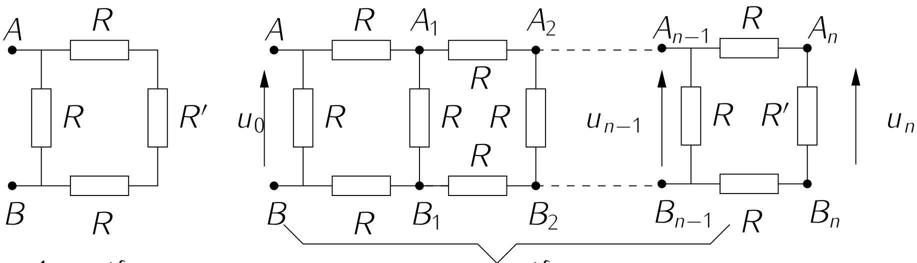
Exercice 8 : Résistance itérative

1. Déterminer la valeur du résistor R' telle que la résistance équivalente au réseau de gauche entre A et B soit R'.



1 motif n motifs

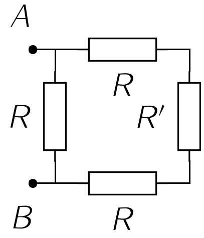
2. Dans le réseau de droite, R' a la valeur calculée précédemment. Quelle est la résistance R_{AB} du réseau entre les bornes A et B ?
3. On applique la tension u_0 entre A et B (réseau de droite).
   (a) Exprimer u_n en fonction de u_{n-1}, R et R' puis u_{n-1} en fonction de u_{n-2}, R et R'.
   (b) En déduire la valeur de la différence de potentiel u_n en fonction de u_0 et n.



1 motif n motifs

1. Entre les points A et B, la résistance est équivalente à l'association de R en parallèle avec R, R' et R en série.

On a donc $R_{AB} = R//(2R+R') = \frac{R(2R+R')}{R+2R+R'}$ et $R_{AB} = R' \Rightarrow R' = \frac{R(2R+R')}{3R+R'} \Rightarrow 2R^2 + RR' = 3RR' + R'^2$.



On se ramène à une équation du second degré en R' : $R'^2 + 2RR' - 2R^2 = 0$.

Le discriminant est $\Delta = 4R^2 + 8R^2 = 12R^2 > 0$ il y a donc deux solutions réelles mais on ne conserve que celle qui est positive (il s'agit d'une résistance) : $R' = \frac{-2R+\sqrt{\Delta}}{2} = -R + \frac{\sqrt{12}}{2}R = (\sqrt{3}-1)R$.

2. La résistance entre les points A_{n-1} et B_{n-1} est $R//(2R+R')$ c'est à dire R'.

On retrouve donc à nouveau $R//(2R+R')$ entre les points A_{n-2} et B_{n-2}.

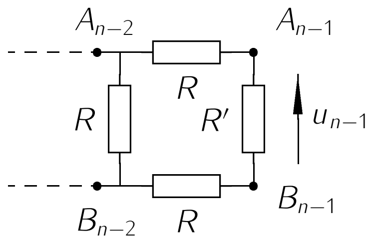
En remontant de proche en proche tout le réseau et en remplaçant chaque motif par sa résistance équivalente, c'est à dire R' à chaque fois, on aboutit au réseau de gauche, lui même équivalent à R'. On en déduit $R_{AB} = R' = (\sqrt{3}-1)R$.

3. Tensions.

(a) En nommant I l'intensité du courant qui traverse R, R' et R qui sont montées en série à l'extrême droite du réseau, on peut écrire $u_n = R'.I$ et $u_{n-1} = RI + R'I + RI = (2R+R')I$. En éliminant I, on obtient $u_n = \frac{R'}{2R+R'}u_{n-1}$.

Remarque : on retrouve cette relation en utilisant la formule des ponts diviseurs de tension (Cf. EC$_2$).

Comme le dernier motif est équivalent à R', la partie située à droite du réseau est équivalente au circuit représenté ci-contre.

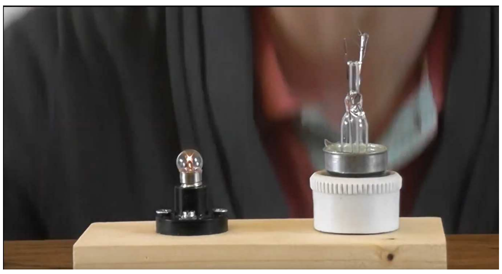


En appliquant exactement la même méthode que plus haut, on peut écrire $u_{n-1} = \frac{R'}{2R+R'}u_{n-2}$ d'où $u_n = \left[\frac{R'}{2R+R'}\right]^2 u_{n-2}$.

(b) De même, $u_n = \left[\frac{R'}{2R+R'}\right]^3 u_{n-3}$ si on répète trois fois les calculs.

Au bout de k opérations, on obtient $u_n = \left[\frac{R'}{2R+R'}\right]^k u_{n-k}$ et pour $k = n$, on obtient finalement $u_n = \left[\frac{R'}{2R+R'}\right]^n u_0$.

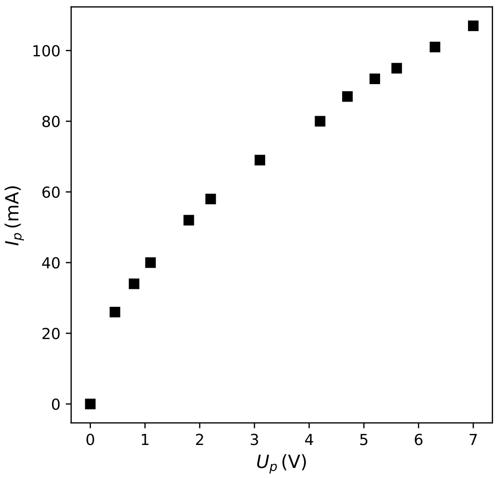
Exercice 9 : **Lampe magique**

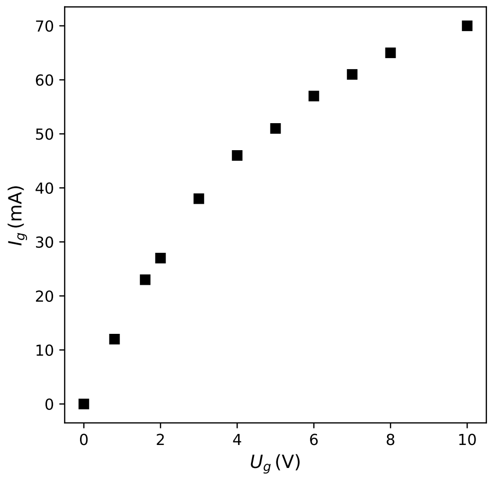


Deux lampes sont placées en séries. Lorsqu'on souffle sur le filament de la grosse lampe, la petite brille fortement. On cherche à comprendre pourquoi.

1. On considère que les deux lampes sont alimentées par un générateur idéal de tension $E = 14$ V. Faire le schéma de l'expérience.

2. On donne ci-dessous les caractéristiques des deux lampes. Les grandeurs relatives à la petite lampe sont indicées par la lettre p, celles relatives à la grande sont indicées par la lettre g.





(a) Comment a t'on fait pour relever expérimentalement ces deux caractéristiques ?

(b) Interpréter l'allure des courbes sachant que la résistance électrique augmente avec la température.

(c) On rappelle que les lampes sont constituées d'un filament de tungstène qui se comporte comme un résistor. Que vaut, pour chacune des lampes, le rapport $R = \frac{U}{I}$, pour I faible, puis pour $I \simeq 0{,}1$ A.

3. Tracer la caractéristique du dipôle équivalent résultant de la mise en série des deux lampes.
4. En déduire le point de fonctionnement du circuit, puis la valeur de la tension aux bornes de la petite lampe.
5. Quelle est la puissance dissipée dans la petite lampe ?
6. En soufflant sur le filament de la grosse lampe, celui-ci refroidit, sa température reste constante et donc sa résistance reste constante, quel que soit le point de fonctionnement. On prendra pour R_g la valeur trouvée à la question 2c pour I faible. Tracer la caractéristique de l'association de E et R_g en série. En déduire le point de fonctionnement du circuit lorsqu'on souffle sur le filament.
7. Quelle est la puissance dissipée dans la petite lampe lorsqu'on souffle sur la grande ?

Correction vidéo.