

TD1 - Exercice 1 : Force électrique dans l'atome d'hydrogène

L'électron et le proton dans un atome d'hydrogène sont séparés (en moyenne) de 0.53 Å. Trouvez l'amplitude de la force électrique et de la force gravitationnelle entre les 2 particules. On donne : $1/(4\pi\epsilon_0) = k = 8.99 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$, $G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$, $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

TD1 - Exercice 2 : Radiateur contre ampoule

Dans votre maison vous possédez un radiateur électrique dissipant une puissance de 2 kW et des ampoules basses consommations ayant 20 W de puissance.

- 1) Lequel de ces deux appareils possède la résistance la plus forte ? Interprétez votre résultat.
- 2) Calculer le courant circulant dans ces appareils. Conclusion ?
- 3) Sachant que le kWh coûte 15 centimes, calculer le prix de fonctionnement de chaque appareil pour une durée de 6 heures.

TD1 - Exercice 3 : Faire son marché hors Union-Européenne

Aux USA la tension délivrée par une prise de courant est de 120 V, alors qu'elle est de 240 V en France.

- 1) Si on achète une lampe de 24 W à New-York, sa résistance interne est-elle plus grande ou plus petite qu'une lampe française de même puissance ?
- 2) Calculer le courant parcourant chaque lampe si elle est utilisée hors de ou dans son pays d'origine. Conclusion

TD1 - Exercice 4 : Utilisation des formules de puissance

- 1) Une lampe porte l'indication (6V-1,8W). Calculer l'intensité du courant qui la traverse.
- 2) On veut alimenter un dipôle résistif sur lequel est indiqué $P = 120 \text{ W}$ avec une source de tension de 30 V. Quelle est l'intensité du courant qui le traversera ?
- 3) Calculer l'énergie consommée par une cuisinière électrique de puissance 3,5kW, fonctionnant pendant 1h30min, en Joule et en Wh.
- 4) Une famille utilise chaque jour pour le petit déjeuner :
 - Une cafetière électrique (250W) pendant 8min
 - Un grille-pain (600W) pendant 10min
 - Une plaque de cuisson (500W) pendant 6min
 - a. Quelle est l'énergie électrique totale consommée pour le petit déjeuner ?
 - b. Quel est le coût de cette préparation sachant que le prix du kWh (kilowattheure) est de 0.15€ ?
- 5) Une personne fait fonctionner son téléviseur 275 jours par an à raison de 3 heures par jour. Il le laisse en veille le reste du temps, c'est à dire 21 heures par jour pendant 275 jours et 24 heures par jour pendant les 90 jours restant dans l'année. La puissance du téléviseur est de 100 W quand il fonctionne et de 20 W quand il est en veille.
 - a. Calculer la quantité d'énergie transformée par le téléviseur en fonctionnement pendant une année.
 - b. Calculer la quantité d'énergie transformée par le téléviseur en veille pendant une année.
 - c. En déduire le coût de l'économie qu'il réaliserait chaque année en éteignant son téléviseur.

TD1 - Exercice 5 : Résistance d'un grille-pain

On souhaite utiliser un ruban de nichrome de section rectangulaire $S = 0,25 \text{ mm} \times 1,0 \text{ mm}$ comme élément chauffant d'un grille-pain. La résistivité du nichrome est $\rho = 1,5 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$.

- 1) Ecrire la formule littérale reliant la résistance R du ruban, la résistivité ρ , la longueur l du ruban et sa section S .
- 2) Calculer la longueur l du ruban pour que sa résistance soit $R = 1,5 \Omega$?

TD1 - Exercice 6 : Résistance et débit d'électrons

On considère un conducteur cylindrique en aluminium placé entre les points A et B d'un circuit. Sa longueur est de 1,5 cm, son diamètre de 1 mm et sa résistivité de $2,65 \mu\Omega \cdot \text{cm}$.

- 1) Quelle est la valeur R de la résistance de ce conducteur ?
- 2) Quel est le courant électrique qui le traverse lorsqu'une ddp de 5 mV est appliquée entre les points A et B.
- 3) Combien d'électrons passent de A vers B en une minute ?

TD1 - Exercice 7 : Charges électriques

Une batterie d'automobile pouvant délivrer une tension de 12V porte l'inscription 70 Ah. Cette batterie peut théoriquement fournir 70 A pendant 1h.

- 1) Quelle est la charge électrique maximale stockée dans cette batterie ?
- 2) Quel est le nombre maximal d'électrons que cette batterie peut faire circuler dans le circuit de la voiture ?
- 3) Si on suppose que la différence de potentiel à ses bornes reste constante et égale à 12 V, pendant combien de temps peut-elle fournir une puissance de 25 W ?

TD1 - Exercice 8 : Ligne de transport électrique

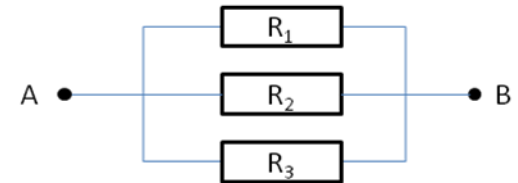
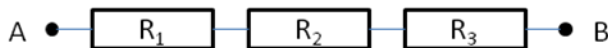
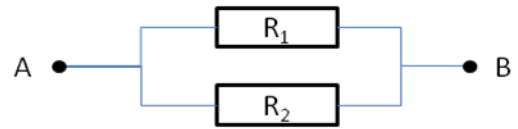
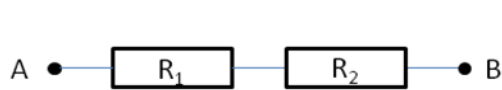
Une ligne de transport d'énergie électrique est formée de deux câbles cylindriques. Ces câbles ont une longueur L , une résistivité ρ et une section S . Pour éviter un échauffement trop important, on limite la densité de courant à la valeur J_0 . Soit U la tension du générateur (supposé être idéal) qui alimente la ligne en fournissant la puissance P . Soit P' la puissance disponible pour l'utilisateur.

- 1) Calculer le courant qui circule dans les câbles. En déduire la section des câbles.
- 2) Calculer les pertes par effet Joule lors du transport d'énergie, en fonction de J_0 , L , ρ et S .
- 3) En déduire le rendement du transport $\frac{P'}{P}$. Comment augmenter ce rendement ? Conclure.

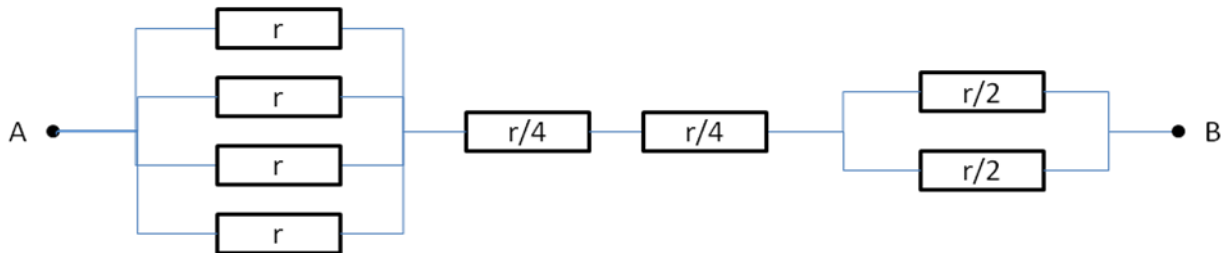
A.N. : $U = 540 \text{ kV}$, $P = 500 \text{ MW}$, $L = 100 \text{ km}$, $\rho = 1,8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ et $J_0 = 1 \text{ A} \cdot \text{mm}^{-2}$.

TD2 - Exercice 1 : Résistances équivalentes

- 1- Calculer les résistances équivalentes (entre les points A et B) pour les montages ci-dessous dans le cas général et dans le cas où $R_1 = R_2 = R_3$.



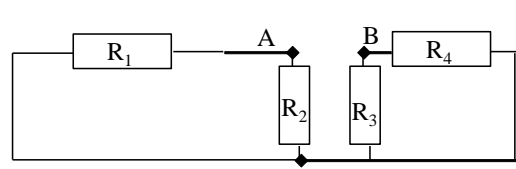
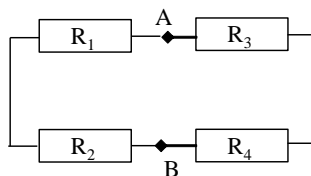
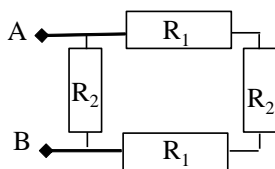
- 2- Sans calcul donner la résistance équivalente pour le montage ci-dessous :

TD2 - Exercice 2 : Calcul de la résistance d'un câble

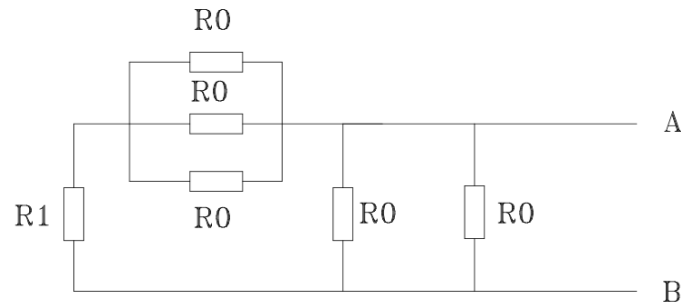
Un câble de 1000 km de long est formé de 7 fils de cuivre groupés, chacun avec un diamètre de 0,7 mm, entourés par une feuille isolante. Calculez la résistance totale du câble. On donne la résistivité du cuivre : $\rho_{\text{Cu}} = 3 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$.

TD2 - Exercice 3 : Résistances équivalentes

- 1- Calculer les résistances équivalentes (entre les points A et B) pour les montages ci-dessous:



- 2- Calculer la résistance équivalente R_{AB} du circuit ci-dessous où $R_0 = 9\Omega$ et $R_1 = 6\Omega$.

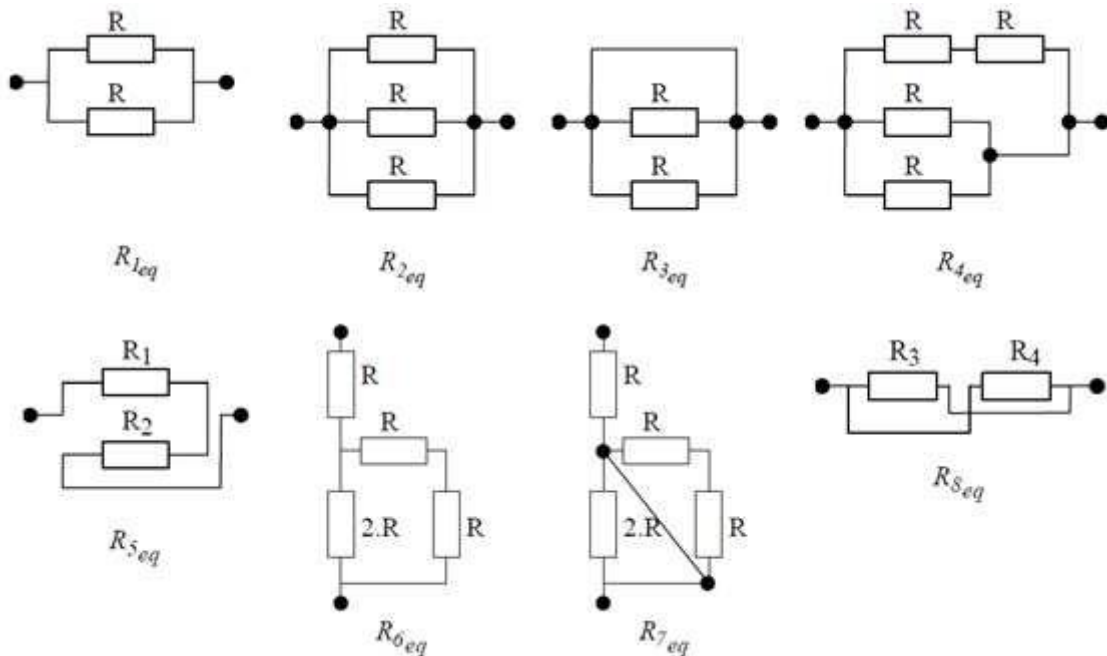


- 3- Proposer une façon de connecter 4 résistances R afin de produire une résistance équivalente égale à R .

- 4- Déterminer la résistance équivalente du dipôle AB illustré dans la figure ci-dessous.

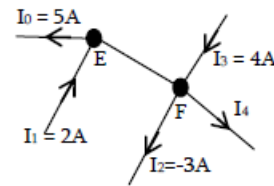
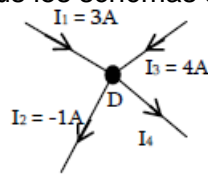
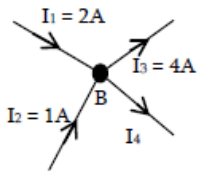


- 5- Exprimer la résistance équivalente des dipôles suivants :



TD2 - Exercice 4 : Loi des noeuds

Déterminer la valeur de I_4 sur tous les schémas suivants:

TD2 – Exercice 5 : Courants et tensions pour circuits simples

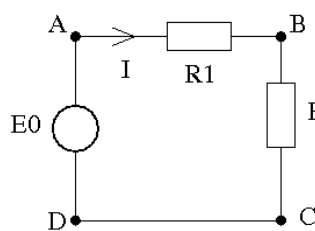
Un générateur idéal délivrant une tension continue E est branché à deux résistances R_1 et R_2 . Soit I le courant délivré par le générateur, I_1 celui traversant R_1 et I_2 celui traversant R_2 . Soit V_1 et V_2 les tensions aux bornes de R_1 et R_2 .

Répondre aux questions suivantes dans le cas où les deux résistances sont en série, puis dans le cas où elles sont en parallèle.

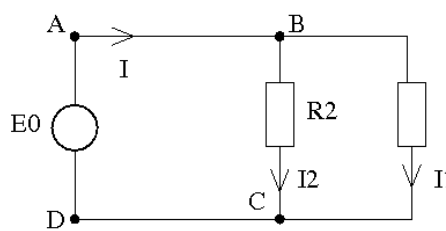
- 1- Faire un schéma de la situation.
- 2- Calculer les expressions des courants I , I_1 , I_2 et des tensions V_1 , V_2 , en fonction de E , R_1 et R_2 .
- 3- Calculer la résistance équivalente afin de retrouver l'expression de I trouvée précédemment.

TD2 - Exercice 6 : Lois de Kirchhoff

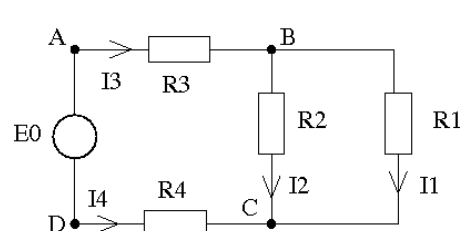
- 1- On considère le circuit électrique A pour lequel les résistances R_1 , R_2 et la tension d'alimentation E_0 sont connus.
 - a. Calculer les expressions de I , U_{AB} , U_{BC} , U_{CD} et U_{AC} .
 - b. Application numérique avec $R_1=10\Omega$, $R_2=5\Omega$ et $E_0=15V$.
 - c. Le potentiel en B, noté V_B , est-il supérieur ou inférieur à V_A et V_C ?
 - d. Calculer V_B dans le cas où $V_A=+20V$ et $V_C=+5V$. Même question lorsque $V_A=0V$ et $V_C=-15V$.
- 2- On considère le circuit électrique B pour lequel la résistance R_2 , le courant I_1 et la tension d'alimentation E_0 sont connus.
 - a. Calculer les expressions de I_2 , R_1 et de I .
 - b. Application numérique avec $R_1=10\Omega$, $I_1=4,5A$ et $E_0=15V$.
- 3- On considère le circuit électrique C pour lequel toutes les résistances et la tension d'alimentation E_0 sont connus.
 - a. Calculer les tous les courants du circuit.
 - b. Applications numérique : $R_1=1\Omega$, $R_2=2\Omega$, $R_3=3\Omega$, $R_4=4\Omega$, $E_0=12V$.
 - c. En déduire toutes les tensions du circuit.



circuit A



circuit B



circuit C

TD2 - Exercice 7 : Diviseur de tension

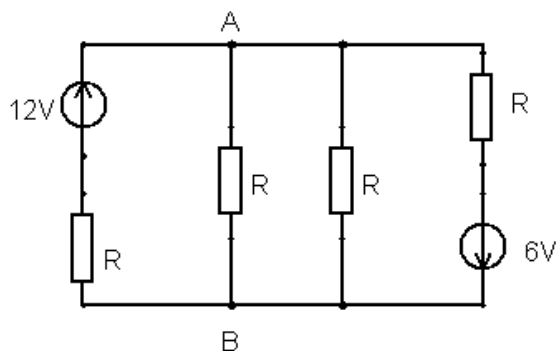
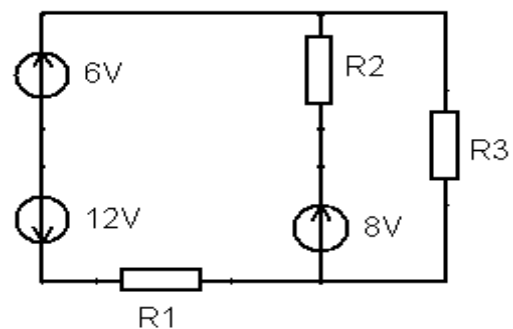
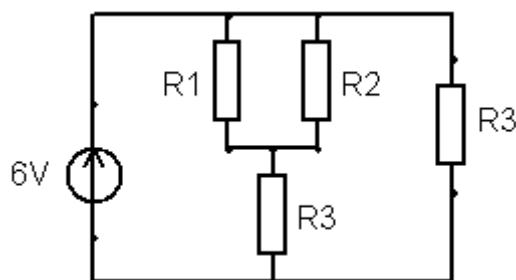
On considère deux résistances en série alimentées par un générateur de tension idéal qui fournit une tension U .

- 1- Exprimer l'intensité du courant traversant R_1 et R_2 en fonction de U , R_1 et R_2 .
- 2- Exprimer les tensions aux bornes de R_1 et R_2 en fonction de U , R_1 et R_2 . En déduire
- 3- pourquoi un tel montage est appelé « diviseur de tension ».
- 4- Calculer la tension aux bornes de chaque résistance et l'intensité traversant chaque résistance dans les deux cas suivants :
 - a. $U = 10V$; $R_1 = 1k\Omega$; $R_2 = 1k\Omega$
 - b. $U = 10V$; $R_1 = 1k\Omega$; $R_2 = 1 M\Omega$.
- 5- En parallèle sur R_2 , on connecte une résistance de charge R_c . Quelle est la condition sur R_c pour que la fonction division de tension soit conservée ?

TD2 - Exercice 8 : Calculs d'intensité

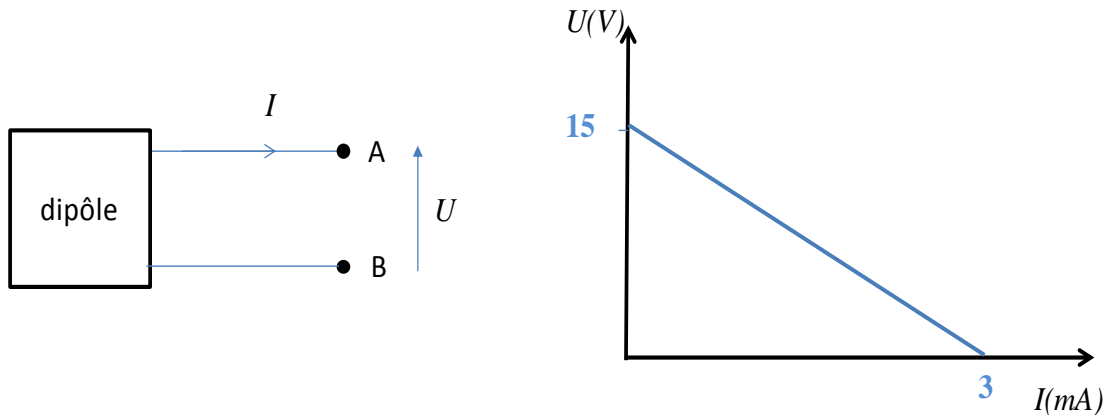
On considère les trois circuits A, B et C ci-dessous, Calculer l'intensité traversant R entre A et B pour le circuit A.

- 1- Calculer l'intensité à travers la résistance R_3 pour le circuit B. On donne : $R_1=100\Omega$, $R_2=50\Omega$ et $R_3=200\Omega$.
- 2- Calculer l'intensité à travers la résistance R_2 pour le circuit C. On donne : $R_1=15\Omega$, $R_2=10\Omega$ et $R_3=12\Omega$.

**Circuit A****Circuit B****Circuit C**

TD3 - Exercice 1 : Caractéristique tension-courant

On considère un dipôle actif linéaire AB dont on donne la caractéristique tension-courant.



- 1- A quoi correspondent la tension de 15 Volts et le courant de 3 mA ?
- 2- Donner le modèle équivalent de Thévenin du dipôle AB.
- 3- On branche $R=10k\Omega$ entre les points A et B. Calculer la valeur numérique de l'intensité I_{AB} du courant qui traverse R.

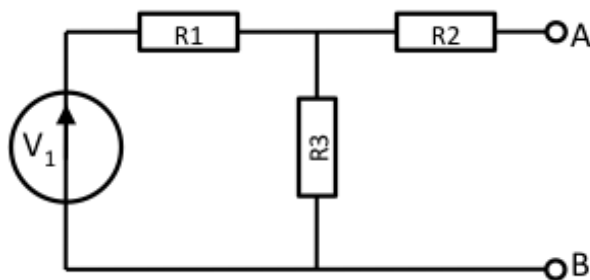
TD3 - Exercice 2 : Circuit linéaire

Soit un dipôle linéaire avec deux bornes A et B.

Si on connecte une charge $R_{AB} = 2 k\Omega$ entre les bornes on trouve une tension $U_{AB} = 8 V$.

Si on branche une charge $R_{AB} = 10 k\Omega$ entre les bornes on trouve $U_{AB} = 16 V$.

- 1- Proposez une représentation équivalente au dipôle AB.
- 2- Calculez la tension U_{AB} pour une charge $R_{AB} = 50 k\Omega$
- 3- Dessinez la caractéristique (U,I) de ce circuit linéaire.

TD3 - Exercice 3 : Théorème de Thévenin

$$R_1 = 10 \Omega$$

$$R_2 = 10 \Omega$$

$$R_3 = 5 \Omega$$

$$V_1 = 10 V$$

- 1- Déterminez le générateur de Thévenin équivalent au dipôle AB.
- 2- Déterminez le générateur équivalent de courant (dit de Norton) au dipôle AB.
- 3- Calculez l'intensité du courant I dans une résistance $R = 5 \Omega$ branchée entre les bornes A et B.

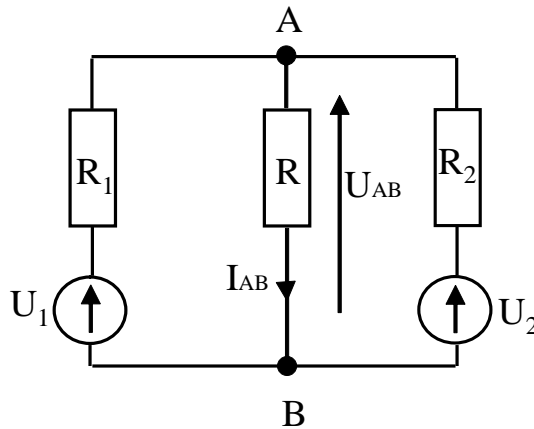
TD3 - Exercice 4 : Théorème de Thévenin

1- Utiliser le théorème de Thévenin pour calculer dans le réseau ci-après :

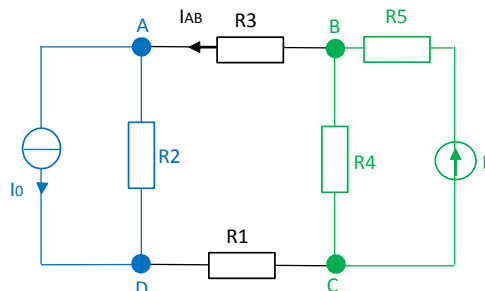
- la tension U_{AB} aux bornes de R
- l'intensité I_{AB} dans R

On prendra : $R_1 = R_2 = 10 \, \Omega$, $R = 5 \, \Omega$,
 $U_1 = 10 \, V$ et $U_2 = 15 \, V$.

2 - Calculez l'intensité du courant dans les autres branches.

TD3 - Exercice 5 : Analyse de circuit (extrait du partiel de mars 2016)

Le circuit électrique suivant comporte une source de tension constante idéale E , une source de courant idéale I_0 et cinq résistances notées R_1 à R_5 . On souhaite déterminer le courant I_{AB} en utilisant le théorème de Thévenin.

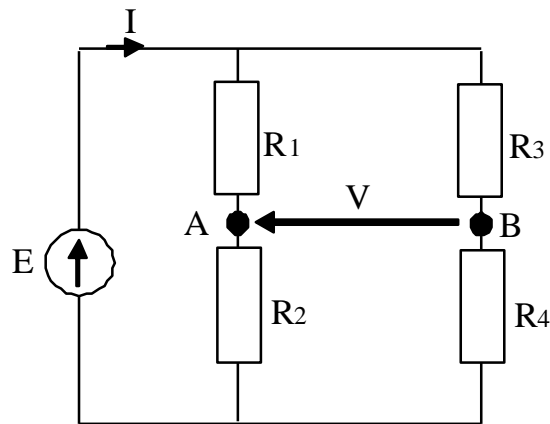


On donne $E = 10 \, V$, $I_0 = 5 \, mA$, $R = 1 \, k\Omega$, $R_1 = R/2$, $R_3 = 2R$ et $R_2 = R_4 = R_5 = R$.

- Déterminer le générateur de tension équivalent à I_0 et R_2 .
- Déterminer le générateur de tension équivalent à E , R_4 et R_5 .
- Proposer un schéma électrique faisant apparaître les générateurs de tension équivalent des deux premières questions. Calculer la valeur du courant I_{AB} .

On souhaite à présent utiliser ce montage entre les points A et B afin d'alimenter une résistance de charge variable notée R_c .

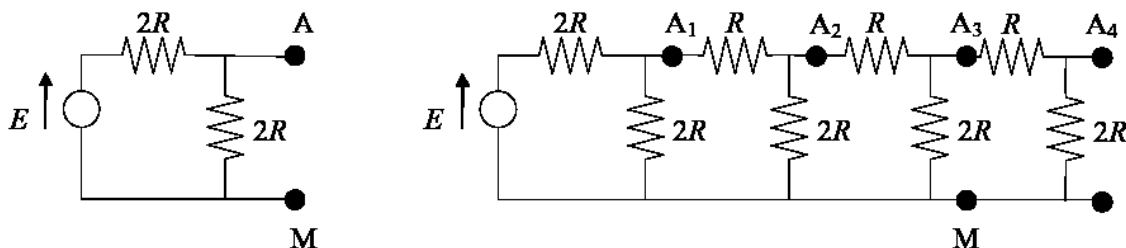
- Déterminer le générateur de Thévenin équivalent entre les points A et B .
 - Faites un schéma électrique d'un tel montage en faisant apparaître E_{th} , R_{th} , R_c , U_{AB} et I_{AB} .
 - Calculer U_{AB} et I_{AB} pour les trois valeurs de R_c suivantes : $500 \, \Omega$, $1 \, k\Omega$ et $1.5 \, k\Omega$.
- Tracer la caractéristique $U_{AB} = f(I_{AB})$ de ce montage dans lequel vous ferez apparaître les trois points calculés et les caractéristiques du générateur de Thévenin.

TD3 - Exercice 6 : Montage en pont

- 1 - Calculer en fonction de E , R_1 , R_2 , R_3 , R_4 les paramètres E_{TH} et R_{TH} du générateur de Thévenin équivalent au dipôle entre A et B
- 2 - Montrer que la tension V entre A et B peut s'annuler pour une certaine relation entre les valeurs des 4 résistances
- 3 - Calculer la valeur de R_1 qui permet d'obtenir $V=0$ si $R_2=1k\Omega$, $R_4=10k\Omega$, $R_3=2k\Omega$. Dans cette condition, calculer la valeur I du courant délivré par la source $E=12V$ et la puissance fournie par celle-ci.
- 4 - On place entre A et B une résistance $r=400\Omega$. Dessiner le schéma du montage en utilisant le générateur de Thévenin et calculer le courant i dans la résistance r et la valeur de la tension V .

TD3 - Exercice 7 : Réseau R/2R.

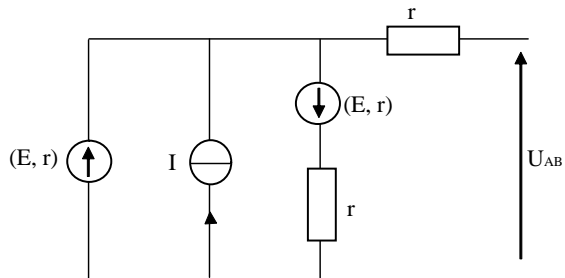
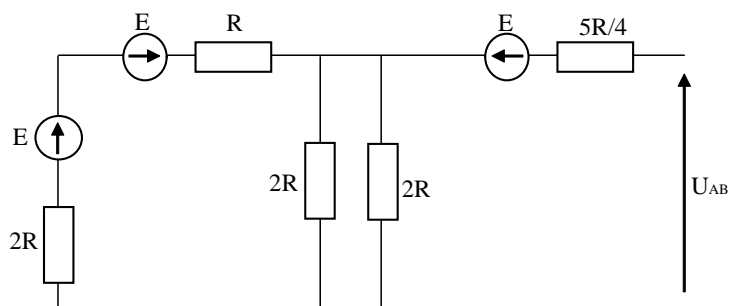
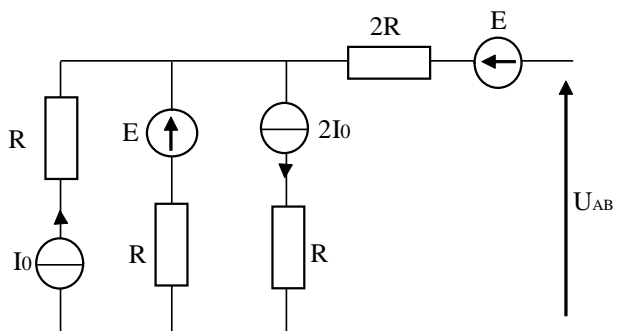
Les réseaux $R/2R$ sont principalement utilisés dans les convertisseurs analogique-numérique.

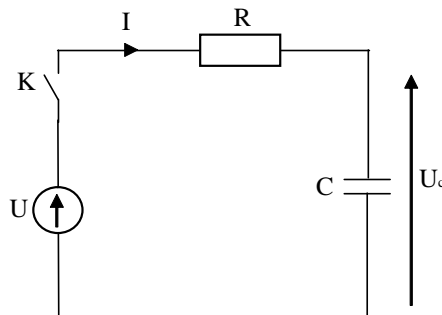


- 1- Pour le premier circuit, donner la représentation du générateur équivalent de Thévenin du dipôle AM ainsi que les paramètres de ce générateur.
- 2- Pour le second circuit, appliquer successivement le théorème de Thévenin entre les points A_1-M , A_2-M , A_3-M , A_4-M . Généraliser ensuite pour la section A_1-M et conclure.
- 3- Représenter deux schémas de circuits qui délivreraient en sortie pour l'un, une tension $E/64$ et pour l'autre une tension $E/256$.

TD3 - Exercice 8 : Equivalence de dipôles actifs (entraînement)

Déterminez les générateurs équivalents de Thévenin et de Norton des circuits suivants :

Circuit 1Circuit 2Circuit 3

TD4 - Exercice 1 : Charge d'un condensateur

Données :

$$U = 14 \text{ V}$$

$$R = 3 \text{ k}\Omega$$

$$C = 200 \text{ }\mu\text{F}$$

Dans le schéma ci-dessus, le condensateur est initialement déchargé et à l'instant $t=0$ on ferme l'interrupteur K .

- 1- Quelle est la tension U_C à $t = 0$ et à $t = \infty$?
- 2- Décrire qualitativement le phénomène qui se produit après fermeture de K .
- 3- Appliquer la loi des mailles à ce circuit. En déduire une relation entre U_R , U_C et U .
- 4- Donner l'équation différentielle à laquelle obéit $U_C(t)$.
- 5- Déterminer l'expression analytique donnant la variation de U_C en fonction du temps.
- 6- En déduire la constante de temps τ de ce circuit RC.
- 7- Dessiner qualitativement sur une même échelle de temps de 5τ en indiquant les valeurs minimales et maximales l'évolution de : $U_C(t)$ et $U_R(t)$.

TD4 - Exercice 2 : Charge et décharge d'un condensateur

On considère à nouveau le circuit de l'exercice 1 dans lequel le condensateur est initialement déchargé. A l'instant $t=0$, on ferme l'interrupteur K .

- 1- Etablissez l'équation différentielle vérifiée par la charge de l'armature « supérieure » du condensateur, $q(t)$, et résolvez-la.
- 2- En déduire l'intensité du courant $i(t)$ dans le circuit.
- 3- Quelle est la valeur de la charge portée par l'armature quand le condensateur est intégralement chargé ?
- 4- Au bout de combien de temps le condensateur est-il chargé à 50% ? A 99% ?

Lorsque le condensateur est complètement chargé, on éteint la source. Le condensateur va alors se décharger dans la résistance R .

- 5- Etablissez dans ces nouvelles conditions l'équation différentielle vérifiée par la charge de l'armature « supérieure » du condensateur, $q(t)$, et résolvez-la.
- 6- En déduire l'intensité du courant $i(t)$ dans le circuit.

TD4 - Exercice 3 : Circuit RC série, énergie stockée - énergie dissipée

On considère un circuit RC série formé d'un condensateur de capacité $C = 50\mu\text{F}$ et d'un résistor de résistance $R = 200\text{k}\Omega$. Un interrupteur K permet de mettre en série un générateur de f.é.m. $E = 200\text{V}$. A l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur.

- 1- Déterminez la constante de temps du circuit.
- 2- Calculez le temps nécessaire pour que la charge du condensateur atteigne 50% de sa valeur finale.
- 3- Calculez la valeur de l'énergie électrostatique emmagasinée dans le condensateur à l'instant $t=RC$.
- 4- Calculez l'énergie totale stockée dans le condensateur lorsqu'il est totalement chargé.
- 5- Calculez l'énergie totale dissipée par effet Joule dans le résistor lors de la charge complète du condensateur.

TD4 - Exercice 4 : Circuit RC parallèle

On suppose un condensateur de capacité $C = 1\mu\text{F}$ initialement chargé sous une tension de 10 V. A l'instant $t = 0$, il commence à se décharger dans une résistance $R = 60\text{M}\Omega$.

- 1- Calculer la quantité d'électricité (charge électrique) $Q(t=0)$ emmagasinée sur une armature du condensateur à l'instant $t = 0$.
- 2- Rappeler sans démonstration la loi d'évolution de $Q(t)$. Calculer le temps t_D au bout duquel le condensateur aura perdu 95 % de la charge initiale.

On suppose que le condensateur soit de nouveau rechargé afin de le décharger à partir de l'instant $t=0$.

- 3- Quelle résistance R' faudrait-il brancher en parallèle sur R pour qu'au bout de 3 mn le condensateur soit déchargé à 99 % ?

TD4 - Exercice 5 : Etablissement du courant dans un circuit RL

Une bobine d'inductance L , une résistance R , un générateur de tension E et un interrupteur K sont placés en série dans un même circuit. On prendra pour origine des temps le moment où l'on ferme l'interrupteur K .

- 1- Schématiser ce circuit en représentant le sens de l'intensité et les tensions U_L et U_R définies respectivement aux bornes de la bobine et de la résistance?
- 2- Donner les expressions analytiques de U_R et U_L en fonction de I .
- 3- Trouver la relation liant les différentes tensions du circuit.
- 4- En déduire l'équation différentielle contrôlant l'évolution de $I(t)$. Faire apparaître la constante de temps du circuit.
- 5- Calculer la solution générale pour $I(t)$.
- 6- En déduire les expressions analytiques de $U_L(t)$ et $U_R(t)$.

On donne : $E = 10\text{ Volts}$, $R = 470\ \Omega$ et $L = 0.47\text{ H}$

- 7- Commenter les évolutions de $U_L(t)$ et $U_R(t)$ pour t compris entre 0 et 8.10^{-3}s et tracer leurs courbes représentatives dans les graphes de la dernière page du fascicule.

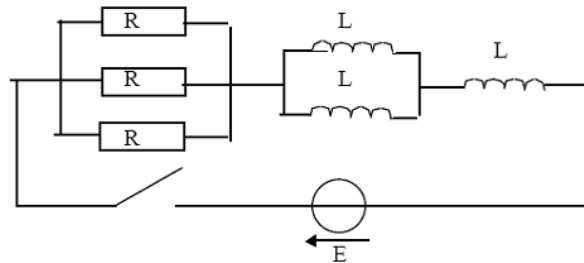
A $t = 8.10^{-3}s$, on remplace le générateur par un court-circuit.

- 8- Décrire le fonctionnement du montage et notamment le comportement de la tension et du courant dans la bobine.
- 9- Etablir l'équation différentielle contrôlant l'évolution de $I(t)$.
- 10- En déduire les expressions analytiques de $U_L(t)$ et $U_R(t)$.
- 11- Compléter les courbes représentatives (cf. 7.) de $U_L(t)$ et $U_R(t)$ pour $t > 8.10^{-3}s$ puis commenter.

TD4 - Exercice 6

A $t = 0$ on ferme l'interrupteur. Donner la loi de variation de l'intensité qui traverse le générateur.

On donne $R = 6k\Omega$, $L = 30mH$ et $E = 6V$.



TD4 - Exercice 7

A $t = 0$ on ferme l'interrupteur. Décrire la différence de potentiel aux bornes du condensateur.

On donne $R = 10k\Omega$, $C = 100\mu F$ et $E = 15V$.

