

Lois de l'électrocinétique

-  Difficulté d'analyse et compréhension, initiative requise ;
-  Difficulté technique et calculatoire ;
-  Exercice classique et/ou important.

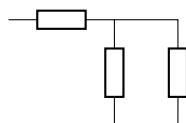
Flasher ou cliquer
pour accéder
au corrigé



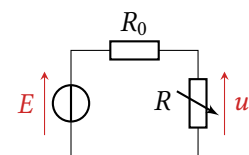
Applications de cours

Ces applications de cours sont des briques élémentaires des raisonnements à mener dans les exercices : les maîtriser est incontournable. Elles sont toutes traitées de manière exhaustive dans le cours.

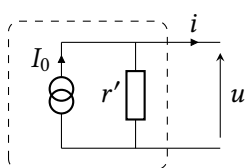
E1.1 - ARQS. Considérons un circuit de taille ℓ alimenté par des signaux de fréquence f . Établir (= démontrer) la condition sur ℓ pour que le circuit puisse être analysé dans l'ARQS. *Application* : jusqu'à quelle distance d'une centrale le réseau électrique ($f = 50$ Hz) peut-il être traité dans l'ARQS ?



E1.2 - Résistances équivalentes. Énoncer et établir (= démontrer) les expressions des résistances équivalentes à une association série et parallèle. *Application* : déterminer la résistance équivalente à l'association ci-contre, dont les trois résistances sont identiques.



E1.3 - Pont diviseur de tension. Schématiser un pont diviseur de tension, énoncer la relation associée et la démontrer. *Application* : dans le montage ci-contre, on règle la résistance R telle que $u = E/2$. Exprimer R_0 en fonction de R .



E1.4 - Modèle de Thévenin. Représenter le modèle de Thévenin d'un générateur linéaire, et établir (= démontrer) sa loi de comportement courant-tension. *Application* : une autre modélisation possible d'un tel générateur est celle de Norton, représentée ci-contre. Exprimer en fonction de I_0 et r' les paramètres E et r du modèle de Thévenin modélisant le même générateur.

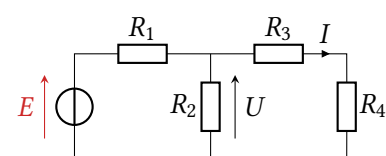
Analyse de corrigé

Exercice 1 : Étude d'un circuit

 2 |  1 | 



- Loi des mailles, loi des nœuds ;
- Résistances équivalentes.



Dans le circuit ci-contre, les quatre résistances portent des noms différents pour faciliter la discussion, mais leurs valeurs sont supposées égales. Tous les résultats seront donnés en fonction de E et R seulement.

- 1 - Déterminer la tension U .
- 2 - Déterminer le courant I .
- 3 - Calculer la puissance totale dissipée par effet Joule dans le circuit.

 **Correction** — 1 - Commençons par identifier un pont diviseur de tension pour exprimer U .

Question d'analyse 1 - Pourquoi les résistances R_1 et R_2 ne forment-elles pas directement ce pont diviseur ?

Les résistances R_3 et R_4 sont montées en série et sont équivalentes à la résistance

$$R_{34} = R_3 + R_4 = 2R.$$

Cette résistance est montée en parallèle de la résistance R_2 , si bien que l'ensemble équivaut à une résistance

$$R_{234} = \frac{2}{3}R$$

Question d'analyse 2 - Schématiser le circuit équivalent incluant R_{34} et justifier qu'elle est montée en parallèle de R_2 .

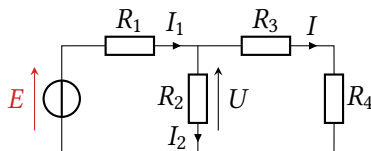
Question d'analyse 3 - Poser le calcul menant à l'expression de R_{234} .

On en déduit

$$\frac{U}{E} = \frac{R_{234}}{R_1 + R_{234}} = \frac{\frac{2}{3}R}{\frac{5}{3}R} = \frac{2}{5} \quad \text{soit} \quad \boxed{U = \frac{2}{5}E}.$$

Question d'analyse 4 - Justifier par un schéma équivalent que la tension U se retrouve bien aux bornes de R_{234} .

Question d'analyse 5 - Justifier l'apparition du facteur $5/3$ au dénominateur.



2 - Définissons les courants I_1 et I_2 comme ci-contre. D'après la loi des mailles,

$$E = R_1 I_1 + R_{234} I_1 \quad \text{d'où} \quad I_1 = \frac{E}{R_1 + R_{234}} = \frac{3}{5} \frac{E}{R}.$$

Question d'analyse 6 - Justifier par un schéma équivalent que la résistance R_{234} est bien traversée par le courant I_1 .

D'après la loi des nœuds,

$$\begin{aligned} I_1 &= I + I_2 \\ \frac{3}{5} \frac{E}{R} &= I + \frac{2}{5} \frac{E}{R} \\ \boxed{I} &= \frac{1}{5} \frac{E}{R} \end{aligned}$$

Question d'analyse 7 - Justifier l'expression de I_2 (n'allez pas chercher compliqué : aucun calcul n'est nécessaire!).

Question d'analyse 8 - Retrouver le résultat en utilisant la relation du pont diviseur de courant.

3 - La puissance totale dissipée par les résistances est égale à la puissance fournie par le générateur,

$$\mathcal{P}_{\text{tot}} = +E I_1 \quad \text{soit} \quad \mathcal{P}_{\text{tot}} = \frac{3}{5} \frac{E^2}{R}.$$

Question d'analyse 9 - Justifier l'expression de $\mathcal{P}_{\text{tot}}$ en fonction de E et I_1 , en particulier le signe $\oplus$.

Question d'analyse 10 - Quelle autre méthode aurait-on pu utiliser pour aboutir au résultat ?

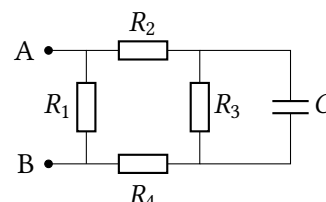
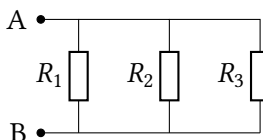
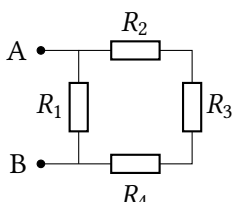
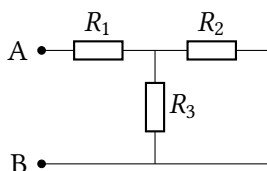
Routines de calcul

Exercice 2 : Associations de résistances



▸ Résistances équivalentes.

Pour chacun des circuits ci-dessous, indiquer si les différents résistors sont montés en série, en parallèle, ou ni l'un ni l'autre. Lorsqu'elle existe, calculer la résistance équivalente vue entre les points A et B.

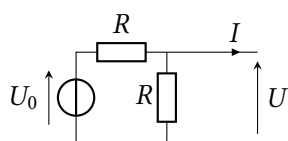


Exercice 3 : Générateur équivalent



▸ Loi des mailles, loi des nœuds ;

▸ Modèle de Thévenin.



Établir la relation entre U et I pour le dipôle ci-contre. En déduire qu'il est équivalent à un générateur de Thévenin de f.é.m. E et résistance interne r à déterminer.

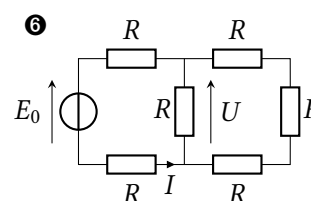
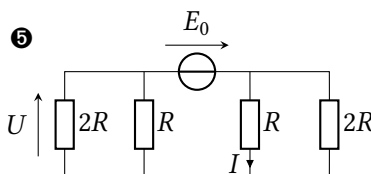
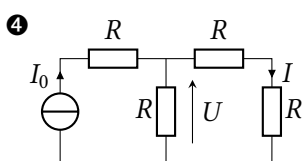
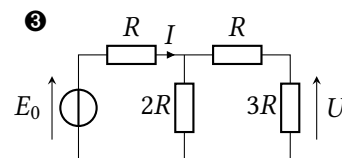
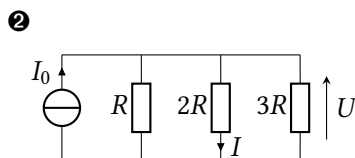
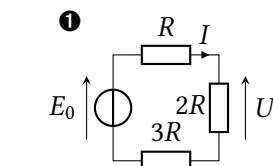
Exercice 4 : Circuits résistifs



▸ Loi des mailles, loi des nœuds ;

▸ Résistances équivalentes.

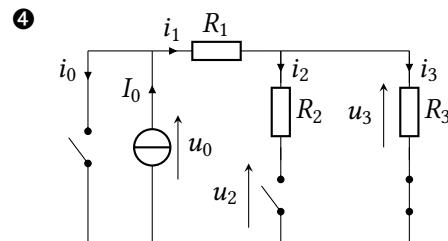
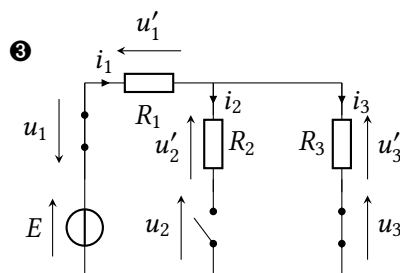
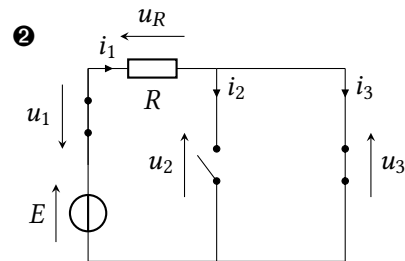
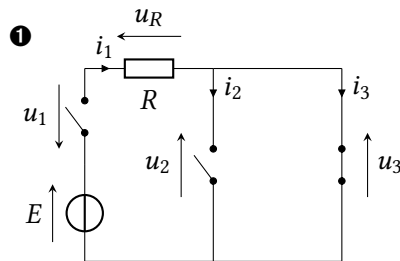
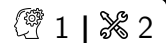
Déterminer la tension U et l'intensité I en fonction de R , E_0 et I_0 . Attention à bien réfléchir à la méthode utilisée : certes, les lois des nœuds et des mailles peuvent toujours mener au résultat, mais les associations de résistances et autres ponts diviseurs sont souvent beaucoup plus efficaces.



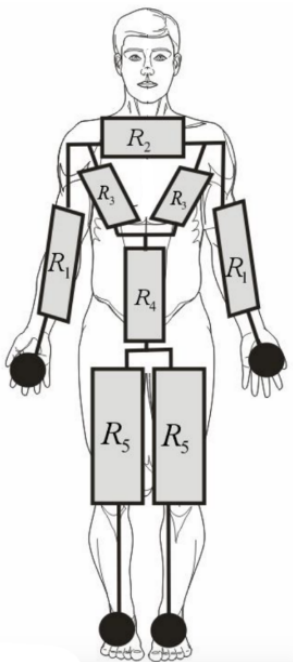
Exercice 5 : Circuits avec interrupteurs

- ▷ Loi des mailles, loi des nœuds ;
- ▷ Interrupteurs.

Déterminer toutes les intensités et tensions indiquées dans les circuits ci-dessous en fonction des forces électromotrices ou courant de court-circuit des générateurs et des résistances.

**Des applications****Exercice 6 : Électrocution**

- ▷ Résistances équivalentes.



Le corps humain peut être modélisé électriquement par le schéma ci-contre. On considère qu'il y a risque d'électrocution (tétanisation des muscles) dès lors que l'intensité qui traverse le corps dépasse 30 mA.

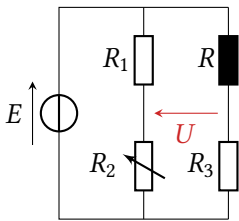
Données : $R_1 = 460 \, \Omega$, $R_2 = 80 \, \Omega$, $R_3 = 125 \, \Omega$, $R_4 = 15 \, \Omega$, $R_5 = 840 \, \Omega$.

Question : Déterminer l'intensité traversant le corps humain dans les situations suivantes.

- 1 - Les deux mains tiennent les deux pôles d'une pile 12 V, les chaussures sont isolantes.
- 2 - Les deux mains touchent les deux pôles d'une prise 230 V (accident de bricolage sans couper le courant ...), les chaussures sont parfaitement isolantes.
- 3 - Un doigt d'une main est enfoncé dans une prise électrique, les pieds nus touchent le sol.

Exercice 7 : Pont de Wheatstone

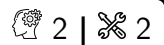
- Pont diviseur de tension ;
- Loi des mailles, loi des nœuds.



Le pont de Wheatstone est un montage permettant de mesurer une résistance R avec une très bonne précision, y compris lorsqu'elle est très faible. Il est donc très utilisé en instrumentation. Il est constitué de deux résistances R_1 et R_3 connues et constantes, et d'une résistance variable R_2 .

1 - Déterminer la tension U .

2 - On ajuste R_2 jusqu'à mesurer $U = 0$: le pont est alors dit équilibré. En déduire l'expression de R en fonction de R_1 , R_2 et R_3 .

Exercice 8 : Adaptation d'impédance

- Puissance électrique.

Un générateur de fém E et de résistance interne r débite dans une résistance variable R .

1 - Exprimer la puissance $\mathcal{P}_R$ reçue par la résistance R .

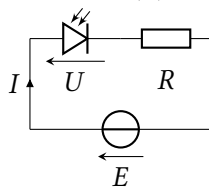
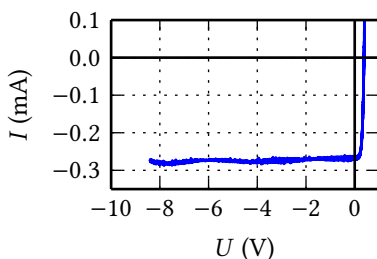
2 - Exprimer en fonction de E et des résistances la puissance totale $\mathcal{P}_{\text{tot}}$ fournie par le générateur.

3 - Justifier qu'il existe une valeur R^* de R pour laquelle la puissance $\mathcal{P}_R$ est maximale. On dit dans ce cas que le générateur et la résistance sont adaptés. Exprimer R^* en fonction de r .

4 - Calculer alors le rendement défini par $\rho = \mathcal{P}_R / \mathcal{P}_{\text{tot}}$. Commenter.

Exercice 9 : Point de fonctionnement d'une photodiode

- Caractéristiques courant-tension.



Une photodiode est un récepteur de lumière, fournissant un courant dépendant de l'éclairement lumineux reçu. La caractéristique courant-tension $I = f(U)$ d'une photodiode éclairée est tracée ci-contre en convention récepteur. Cette photodiode est montée en série avec une résistance $R = 10 \text{ k}\Omega$ et un générateur de force électromotrice $E = -4 \text{ V}$, dans un montage dit à résistance de charge.

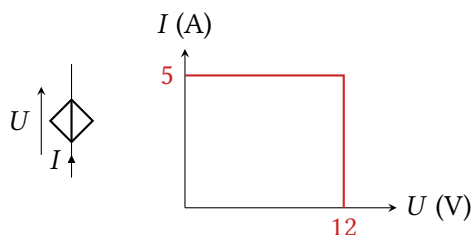
Question : Déterminer graphiquement le point de fonctionnement du montage, c'est-à-dire la valeur de la tension U aux bornes de la photodiode et du courant I la traversant.

Exercice 10 : Alimentation stabilisée

2 | 2



- Puissance électrique ;
- Caractéristique courant-tension.



Une alimentation stabilisée est un « générateur amélioré » au sein duquel un dispositif de rétroaction permet de compenser l'effet de la résistance interne, ce qui est particulièrement utile pour des applications avec des faibles résistances. Sa caractéristique courant-tension est représentée ci-contre.

1 - L'alimentation stabilisée est utilisée pour alimenter une résistance $R = 1 \Omega$. Calculer la puissance dissipée par effet Joule.

2 - Même question pour $R = 10 \Omega$.

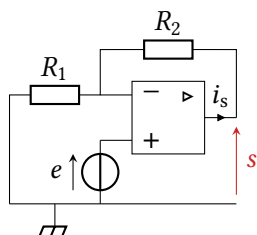
3 - Quelle valeur de résistance permet de dissiper le maximum de puissance ?

Exercice 11 : Montage amplificateur à ALI

3 | 2



- Loi des mailles, loi des nœuds.



L'Amplificateur Linéaire Intégré (abrégé ALI) est un composant actif, c'est-à-dire alimenté par une source de tension continue externe, qui compte deux entrées, notées $\oplus$ et $\ominus$, et une seule sortie. Il intervient dans de nombreux montages, aux fonctions très variées. Lorsqu'il fonctionne en régime linéaire, les deux courants i_+ et i_- entrant dans l'ALI sont nuls, et les deux entrées $\oplus$ et $\ominus$ sont au même potentiel. On s'intéresse au montage ci-contre, appelé montage amplificateur non-inverseur.

1 - En supposant que l'ALI fonctionne en régime linéaire, montrer que la tension de sortie s du montage est reliée à sa tension d'entrée e par une relation de la forme $s = Ke$, où K est une constante à exprimer en fonction des résistances R_1 et R_2 .

2 - On souhaite $K = 10$ avec $R_1 = 500 \Omega$. Quelle valeur faut-il donner à R_2 ?

3 - Le montage est utilisé pour alimenter une résistance $R_0 = 10 \text{ k}\Omega$, aux bornes de laquelle est imposée la tension s . Calculer le courant de sortie de l'ALI i_s en fonction notamment de e .

En pratique, le montage ne fonctionne pas comme tel pour toute tension e car la tension et le courant de sortie de l'ALI sont limités :

$$|s| \leq V_{\text{sat}} = 15 \text{ V} \quad \text{et} \quad |i_s| \leq I_{\text{sat}} = 40 \text{ mA}.$$

Lorsque ces limites sont atteintes, l'ALI est dit saturé et ne fonctionne plus en régime linéaire.

4 - Déterminer la valeur maximale de e pouvant être amplifiée avant saturation en tension, puis en courant. Conclure : quelle saturation limite en pratique le fonctionnement amplificateur du montage ?