



## TD 4 – Lois générales de l'électrocinétique

### Ce qu'il faut savoir et savoir faire

- Relier l'intensité d'un courant électrique au débit de charges.
- Utiliser la loi des nœuds et la loi des mailles. Algébriser les grandeurs électriques et utiliser les conventions récepteur et générateur.
- Citer les ordres de grandeur d'intensités, de tensions et de puissances dans différents domaines d'application.
- Modéliser une source en utilisant la représentation de Thévenin.
- Exprimer la puissance dissipée par effet Joule dans une résistance.
- Remplacer une association série ou parallèle de deux résistances par une résistance équivalente.
- Exploiter des ponts diviseurs de tension ou de courant.

*J'apprends mon cours : Questions de cours, QCM, exercices 1, 2, 3*

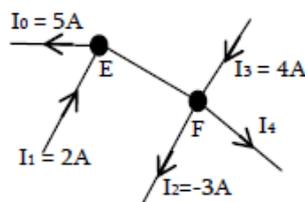
### Questions de cours

- Q1. Enoncer la loi des mailles.
- Q2. Enoncer la loi des nœuds.
- Q3. Etablir l'expression de la résistance équivalente de 2 résistances en série/en parallèle.
- Q4. Etablir la relation du pont diviseur de tension.
- Q5. Etablir la relation du pont diviseur de courant.
- Q6. Représentation de Thévenin d'un dipôle actif.
- Q7. Définir le cadre de l'ARQS.

### QCM

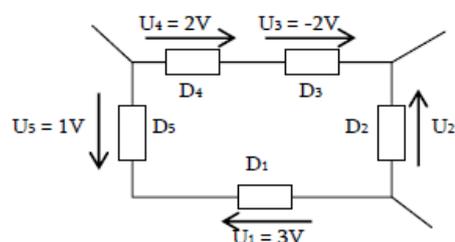
1) Que vaut l'intensité  $I_4$  ?

- a. 7A
- b. 4A
- c. -4A



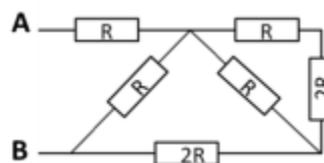
2) Quelle est la valeur de la tension  $U_2$  ?

- a. 6V
- b. 8V
- c. 2V



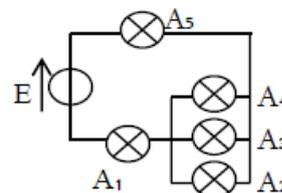
3) Quelle est la résistance équivalente entre A et B ?

- a.  $8R$
- b.  $26R/15$
- c.  $11R/4$



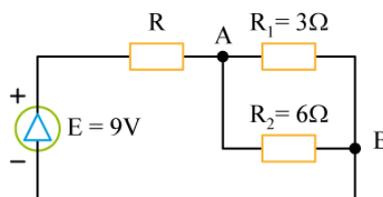
4) La luminosité d'une lampe est d'autant plus importante que l'intensité du courant qui la traverse est grande. Dans les montages suivants, composés de lampes identiques, on compare leur luminosité à l'intérieur de chacun des circuits :

- a. Les lampes  $A_2, A_3$  et  $A_4$  brillent plus que  $A_5$  et  $A_1$ .
- b. Les lampes  $A_2, A_3$  et  $A_4$  brillent moins que  $A_5$  et  $A_1$ .



5) Quelle doit être la valeur de la résistance  $R$  pour que la puissance dissipée dans la résistance  $R_1$  soit égale à  $12\text{ W}$  ?

- a.  $1\ \Omega$
- b.  $2\ \Omega$
- c.  $3\ \Omega$



## Exercices

### Exercice 1 : Modélisation électrique du corps humain

★★★  
Ref. 0030

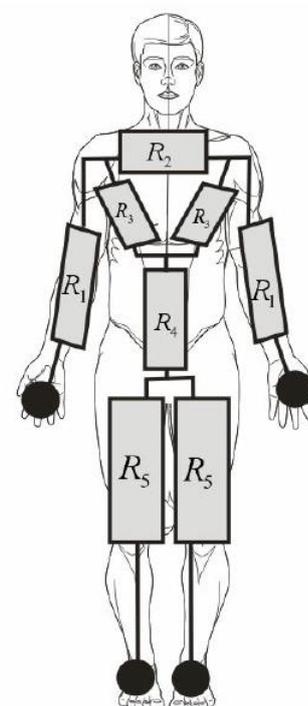
✓ Résistance équivalente

On peut modéliser le corps humain selon le schéma électrique ci-dessous. On considère qu'il y a risque de téτανisation des muscles au-delà d'une intensité de  $30\text{ mA}$ .

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

Déterminer l'intensité du courant traversant le corps humain lorsque :

- 1) Les deux mains tiennent les deux pôles d'une prise  $230\text{ V}$  et les chaussures sont isolantes.
- 2) Une main tient une phase  $230\text{ V}$  et les pieds nus par terre.
- 3) Commenter les résultats obtenus.



**Exercice 2 : Utilisation des lois de Kirchhoff**

★★★  
Ref. 0031

✓ *Lois de Kirchhoff*

- 1) Déterminer l'expression de la tension  $U$  dans le circuit 1.
- 2) Déterminer l'intensité  $I$  du circuit 2.
- 3) Déterminer l'intensité  $I$  dans le circuit 3.

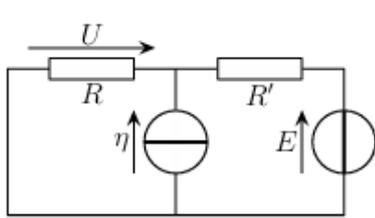


figure 1

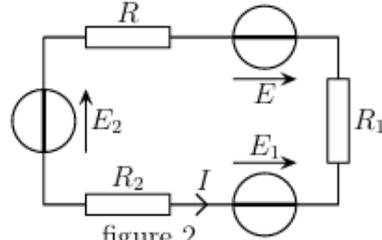


figure 2

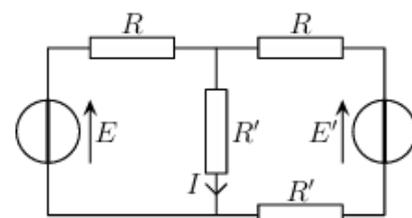


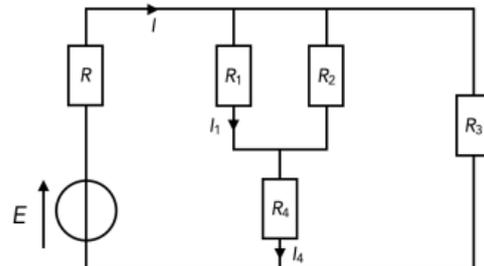
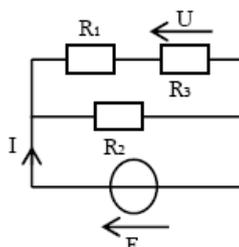
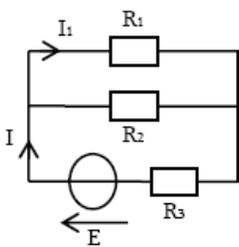
figure 3

**Exercice 3 : Ponts diviseurs ♥**

★★★  
Ref. 0032

- ✓ *Résistance équivalente*
- ✓ *Ponts diviseurs*
- ✓ *Lois de Kirchhoff*

Déterminer les grandeurs électriques orientées en fonction de  $E$  et des résistances.

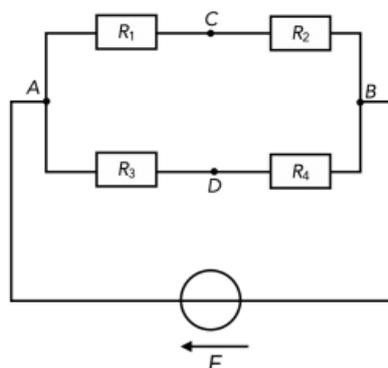


**Exercice 4 : Pont de Wheatstone ♥**

★★★  
Ref. 0033

✓ *Pont diviseurs*

Un pont de Wheatstone est un montage électrique permettant de déterminer une résistance inconnue. On cherche à déterminer  $R_1$ . Les résistances  $R_3$  et  $R_4$  sont des résistances fixes connues. La résistance  $R_2$  est une résistance variable dont on connaît la valeur.



Le pont est équilibré quand la tension  $U_{CD}$  mesurée entre D et C est nulle.

- 1) Déterminer  $U_{CD}$  en fonction de  $E$  et des résistances  $R_1, R_2, R_3$  et  $R_4$ .
- 2) A quelle condition le pont est-il équilibré ? Exprimer alors  $R_1$ .
- 3) Application numérique :  $R_3 = 100,0 \Omega$  ;  $R_4 = 5,000 \text{ k}\Omega$  ;  $R_2 = 1827 \Omega$ .

**Exercice 5 : Adaptation d'impédance** ♥



★★★  
Ref. 0034

- ✓ Lois de Kirchhoff
- ✓ Puissance électrique

Un générateur modélisé par son modèle de Thévenin ( $E, r$ ) est branché sur une résistance variable  $R$ .

- 1) Déterminer le courant circulant dans la résistance  $R$ .
- 2) Déterminer la puissance  $P$  dissipée par effet Joule dans la résistance  $R$ . Tracer la courbe  $P(R)$  pour  $E = 100\text{V}$  et  $r = 10\Omega$ .
- 3) Montrer que cette courbe passe par un maximum  $P_{\max}$  pour une valeur  $R_0$  de la résistance  $R$  que l'on déterminera. Exprimer  $P_{\max}$ .

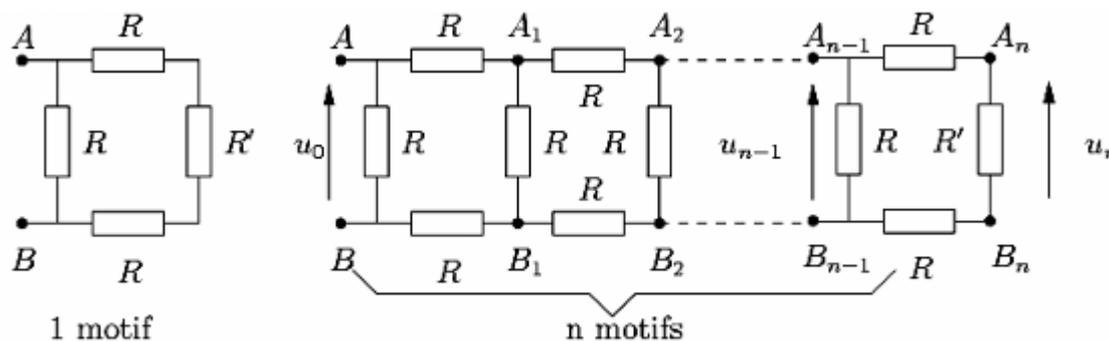
**Exercice 6 : Résistance itérative** ♥



★★★  
Ref. 0035

- ✓ Résistance équivalente
- ✓ Ponts diviseurs

- 1) Déterminer la valeur du résistor  $R'$  pour que la résistance équivalente du réseau de gauche entre  $A$  et  $B$  soit  $R'$ .



- 2) En déduire la valeur de la différence de potentiel  $u_n$  dans le réseau à  $n$  motifs si  $R'$  est donnée par le résultat de 1) et si  $u_0$  est appliquée entre  $A$  et  $B$ .
- 3) Quelle est la résistance  $R_{AB}$  du réseau entre les bornes  $A$  et  $B$  du réseau de droite.

**Exercice 7 : Alimentation d'une locomotive**



★★★  
Ref. 0036

- ✓ Lois de Kirchhoff
- ✓ Résistance équivalente

Une locomotive électrique est alimentée en courant continu via un ensemble de sous-stations notées  $S_i$ , séparées d'une distance  $D$ , modélisées par des générateurs idéaux de tension qui délivrent une f.e.m.  $E = 450 \text{ V}$ . Ces sous-stations relient les rails aux fils aériens (les caténaires). La locomotive, notée  $M$  est « branchée » entre les rails et la caténaire et on supposera que son fonctionnement est celui d'un générateur de courant idéal  $I = 800 \text{ A}$ .

Les caténaires sont des fils de résistance linéique  $\rho = 5 \cdot 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}^{-1}$ . On négligera la résistance de tout autre composant du circuit (rails, et fils reliant les rails aux caténaires).

On note  $x$  la position de la locomotive sur l'axe  $Ox$ .

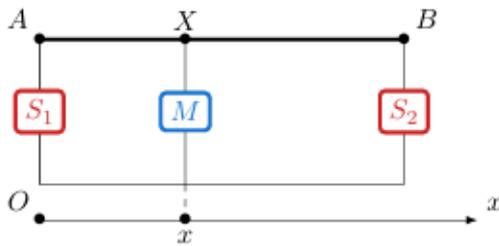


Fig. 10.1 – Schéma de fonctionnement

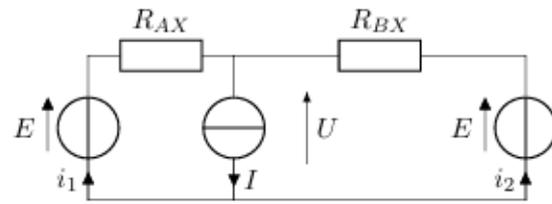
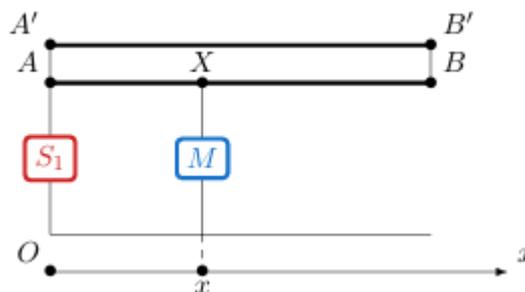


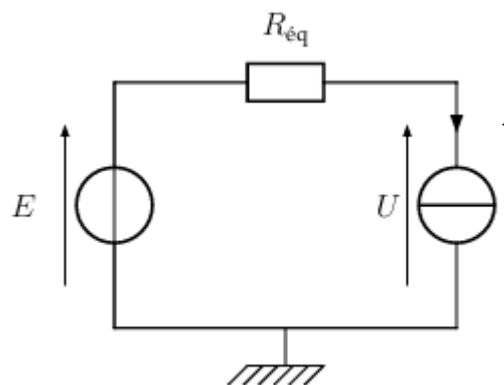
Fig. 10.2 – Circuit électrique équivalent

- 1) La résistance électrique d'une portion de fil de longueur  $\ell$  s'écrit  $R = \rho\ell$ . En déduire l'expression de la résistance  $R_{AX}$  (resp.  $R_{XB}$ ) des caténaires placées avant (resp. après) la locomotive en fonction de  $\rho$ ,  $D$  et  $x$ .
- 2) Écrire les diverses lois des mailles ainsi que la loi des nœuds du circuit électrique représenté.
- 3) En déduire la chute de tension  $\Delta U = E - U$  en fonction de  $\rho$ ,  $D$ ,  $x$  et  $I$ .
- 4) Montrer que la chute de tension est maximale en  $x = \frac{D}{2}$ . Exprimer alors la chute de tension maximale  $\Delta U_{max}$  en fonction de  $I$ ,  $\rho$  et  $D$ .
- 5) Calculer  $D_{max}$  la valeur maximale de  $D$  pour maintenir une valeur de  $\Delta U$  inférieure à la valeur maximale admissible  $\Delta U_M$  pour que le moteur de la motrice fonctionne correctement. Faire l'application numérique pour  $\Delta U_M = 45$  V.

On propose une alternative de même longueur totale  $D$ . On remplace la deuxième sous-station par un fil de cuivre dédoublé  $AB$  et  $B'A'$ . La locomotive reste en contact avec un seul des deux fils et les hypothèses préalables sur les diverses résistances restent valables.



- 6) Déterminer l'équivalent électrique de ce nouveau système (de façon similaire à la figure 10.2).
- 7) Montrer que le circuit est équivalent au schéma ci-dessous avec  $R_{eq}$  à exprimer en fonction de  $x$ ,  $D$  et  $\rho$ .



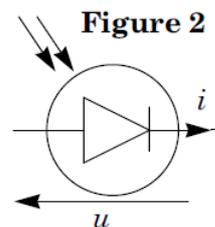
- 8) En déduire la chute de tension  $\Delta U = E - U$  en fonction de  $\rho$ ,  $D$ ,  $x$  et  $I$ .
- 9) Pour quelle valeur de  $x$  a-t-on  $\Delta U$  maximale ?
- 10) Calculer à nouveau  $D_{max}$  la valeur maximale de  $D$  pour maintenir une valeur de  $\Delta U$  inférieure à  $\Delta U_M$ . Faire l'application numérique avec les valeurs précédentes.

**Exercice 8 : Panneau solaire**

★★★  
Ref. 0037

- ✓ Lois de Kirchhoff
- ✓ Point de fonctionnement

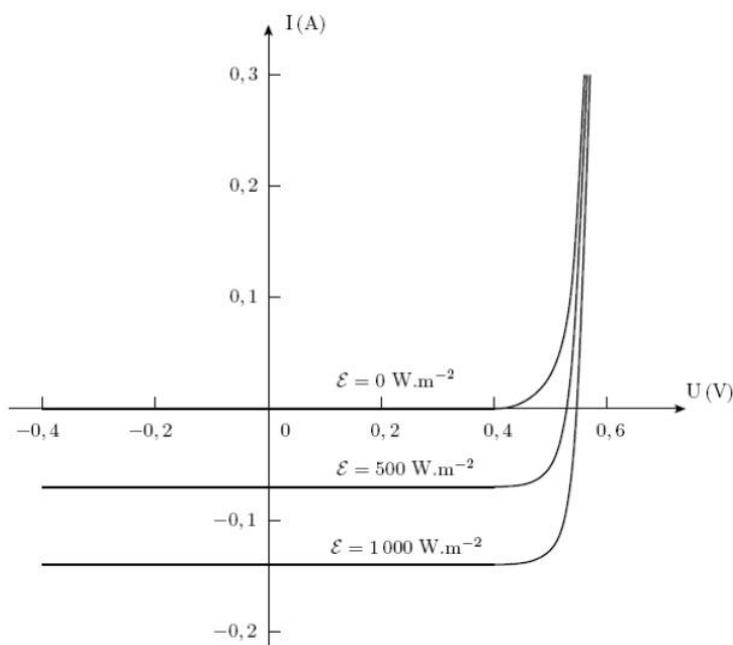
Une photodiode, représentée sur la figure 2, est un composant électro-optique dont la caractéristique électrique dépend de la puissance lumineuse moyenne reçue au niveau de sa surface sensible.



$$i(u) = I_0 \left( \exp\left(\frac{u}{V_0}\right) - 1 \right) - I_P \quad I_0 \text{ et } V_0 \text{ sont des constantes : } I_0 = 0.1 \text{ nA, } V_0 = 26 \text{ mV.}$$

L'intensité  $I_P$ , appelée photocourant, est proportionnelle à la puissance lumineuse reçue  $P_l$ , selon la loi :  $I_P = k P_l$ , où  $k$  est une constante. ( $k = 0.35 \text{ A/W}$ )

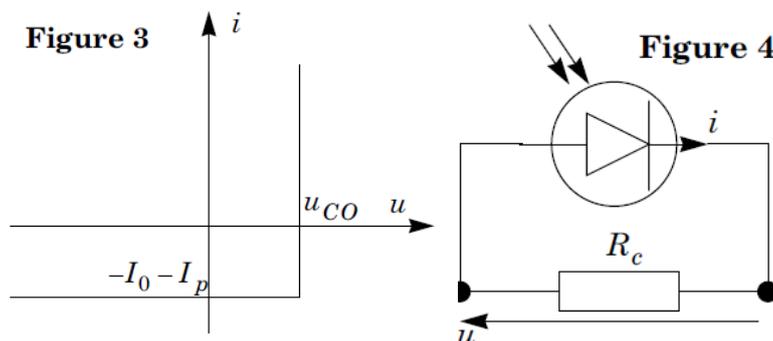
La figure ci-dessous montre la caractéristique  $i(u)$  sans éclairement, puis sous différents éclairagements  $\varepsilon$  d'intensité croissante.  $\varepsilon$  est la puissance lumineuse reçue par unité de surface. La surface éclairée est  $S = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ .



- 1) Calculer la valeur du photocourant  $I_P$  pour un éclairement de  $1 \text{ kW.m}^{-2}$ . Comment retrouve-t-on ce résultat en utilisant le graphe  $I(U)$  ? Comment appelle-t-on aussi ce courant ?
- 2) Déterminer graphiquement la tension à vide  $u_{CO}$  de la diode.
- 3) Dans quel domaine du plan la photodiode fournit-elle de l'énergie au circuit dans lequel elle se trouve ? Ce mode de fonctionnement est appelé mode photovoltaïque.

Afin de simplifier l'analyse, on représente désormais la caractéristique de façon approchée par deux segments de droite (figure 3).

On branche une résistance  $R_c$ , dite de charge, aux bornes de la photodiode (figure 4).



- 4) On souhaite déterminer l'influence de la résistance sur le point de fonctionnement du circuit. Expliquer à l'aide d'un graphe pourquoi il faut distinguer deux cas, selon la valeur de  $R_c$ .  
On introduira la résistance  $R_0 = \frac{u_{CO}}{I_0 + I_P}$ .
- 5) Déterminer dans chaque cas la puissance fournie par la photodiode en fonction de  $R_c$ ,  $I_P$ ,  $I_0$  et  $u_{CO}$ .
- 6) Représenter graphiquement la courbe  $P(R_c)$ . Déterminer la puissance maximale fournie  $P_{max}$ , en fonction de  $I_P$ ,  $I_0$  et  $u_{CO}$ . Pour quelle valeur  $R_{opt}$  de la résistance  $R_c$  obtient-on cette puissance maximale ? Déterminer numériquement  $R_{opt}$  pour un éclairage de  $1 \text{ kW.m}^{-2}$ .
- 7) On associe en série  $N$  photodiodes, recevant chacune le même éclairage de  $1 \text{ kW.m}^{-2}$ .
  - a) Tracer la caractéristique approchée (type figure 3).
  - b) Déterminer, en fonction de  $R_{opt}$  et  $N$ , la résistance de charge optimale  $R_{opt,S}$  que l'on doit connecter au générateur constitué des photodiodes en série de façon à récupérer le maximum de puissance.
- 8) Reprendre les questions précédentes en supposant que l'on associe les photodiodes *en parallèle*. On notera la résistance optimale  $R_{opt,P}$ .
- 9) On désire alimenter une résistance  $R_c = 20 \Omega$  à l'aide d'un ensemble de photodiodes, recevant chacune le même éclairage de  $1 \text{ kW.m}^{-2}$ . Déterminer numériquement le nombre  $N$  de photodiodes à employer, ainsi que la façon optimale de les connecter, de façon à recueillir le maximum de puissance dans la résistance.

---

## Résolution de problème

---

### Exercice 9 : Guirlande de Noël



Ref. 0038

Vous devez réaliser une guirlande de Noël avec le cahier des charges suivant :

- 1) Si une ampoule grille, les autres ampoules doivent continuer à s'illuminer.
- 2) Vous devez utiliser une pile de fem  $E=12,5\text{V}$  et de résistance interne  $r = 5 \Omega$
- 3) Vous devez utiliser des ampoules assimilables à des résistances  $R = 500\Omega$  et qui s'illuminent tant que la tension à leur borne est supérieure à  $2 \text{ V}$ .

Proposer un circuit électrique et déterminer le nombre maximum d'ampoules pour votre guirlande.