

TD 4 – Signaux électriques dans l'ARQS

Méthode

Avant de chercher à répondre aux questions d'un exercice d'électrocinétique :

1. schématiser ;
2. repérer sur le schéma les points de connexion *distincts* et les nœuds et leur donner un nom (cf Chapitre F) ;
3. compléter le schéma avec le nom et l'orientation de toutes les grandeurs utiles ;
4. identifier le cas échéant les parties du circuit qui sont en série ou en parallèle (cf Chapitre G).

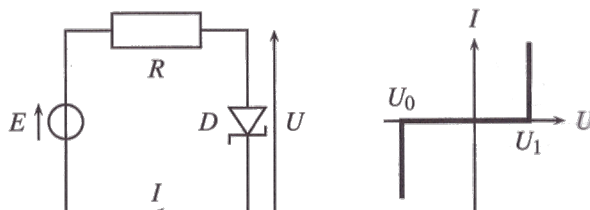
I Modèle de pile

Une pile possède une différence de potentiels à ses bornes égale à 2,2 V quand elle est traversée par un courant d'intensité 0,20 A. La différence de potentiels monte à 3,0 V lorsque l'intensité du courant descend à 0,12 A.

1. Combien valent la résistance interne et la force électromotrice du modèle de Thévenin de la pile ?
2. Dans la seconde situation, calculer la puissance fournie par la pile au reste du circuit ainsi que la puissance reçue puis dissipée par effet Joule à l'intérieur de la pile.

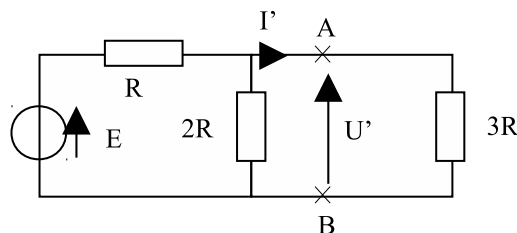
II Fonctionnement d'un circuit à diode Zener

Un générateur de tension idéal de fem $E > 0$ est branché en série avec une résistance R et une diode Zener D . Le circuit est représenté à gauche ci-dessous. Le fonctionnement de la diode Zener est explicité par la courbe courant-tension représentée à droite ci-dessous.



1. Déterminer la relation entre I et U , pour la partie gauche du circuit, c'est-à-dire pour le générateur de Thévenin.
2. Représenter la relation précédente sous la forme de la courbe $I = f(U)$.
3. Déterminer les valeurs prises par U et I selon les valeurs de E . On pourra s'aider en superposant la réponse à la question précédente et la courbe courant-tension de la diode Zener.
4. Même question si on retourne la diode Zener.

III Modèle de Thévenin



On souhaite déterminer U' et I' en fonction de E et R en déterminant au préalable un modèle équivalent de Thévenin de la portion de circuit à gauche de A et B . Pour cela, on se rappelle qu'un générateur de Thévenin, de fem E_0 et de résistance interne R_0 , parcouru par l'intensité I' et ayant la différence de potentiels U' à ses bornes, vérifie (en convention générateur)

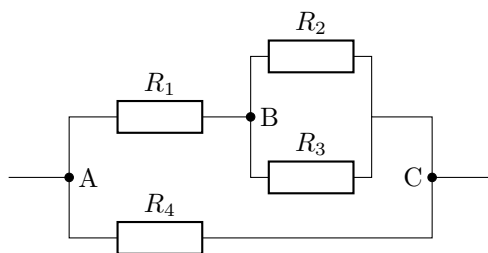
$$U' = E_0 - R_0 I'$$

On a alors : $E_0 = U'_{(I'=0)}$ et $R_0 = -\left(\frac{U'}{I'}\right)_{E_0=0}$, le signe « - » dans la définition de R_0 étant dû à la convention générateur utilisée.

1. Dessiner le schéma du circuit équivalent quand on débranche la résistance $3R$ qui est à droite de A et B .
2. À partir du circuit précédent, déterminer l'expression de U' quand $I' = 0$.
3. De même, déterminer la résistance équivalente entre A et B quand on éteint la source de tension.
4. Dédire de ce qui précède les paramètres de Thévenin E_0 et R_0 qui permettent de modéliser la portion de circuit à gauche de A et B par un générateur de Thévenin et dessiner le schéma du circuit équivalent quand on remplace cette portion de circuit par son générateur de Thévenin équivalent.
5. Tracer les caractéristiques $U' = f(I')$ des deux dipôles AB du circuit équivalent de la question précédente et déduire de leur intersection les expressions de U' et I' , solutions du problème.

IV Puissance électrique

On considère le circuit suivant, avec $u_{AC} = 30 \text{ V}$, $R_1 = 22 \Omega$, $R_2 = 24 \Omega$, $R_3 = 12 \Omega$ et $R_4 = 30 \Omega$



1. Déterminer la résistance équivalente entre les nœuds A et C , notée R_{AC} .
2. Déterminer la valeur de la tension u_{BC} .
3. Déterminer les intensités des courants dans chaque résistance (on notera i_1 l'intensité du courant traversant R_1 etc...).
4. Déterminer la puissance Joule dissipée dans R_4 .

V Adaptation de résistances en puissance

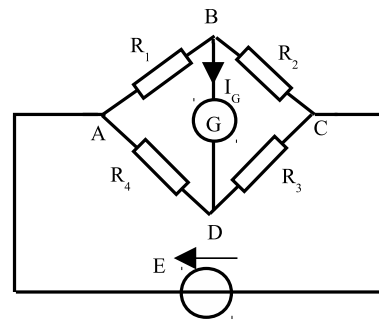
L'objectif de l'exercice est de choisir le résistor à brancher en sortie d'un générateur de Thévenin pour que la puissance qu'il reçoit soit maximale.

1. Faire un schéma d'un générateur de Thévenin de fem E et de résistance interne r en série avec un résistor de résistance R .

2. Déterminer l'expression de la puissance reçue par le résistor en fonction de R , r et E .
3. On considère E et r fixées. Démontrer que la puissance reçue par le résistor en fonction de R est extrémale si $r = R$.
4. Démontrer que l'extremum obtenu pour $R = r$ est le maximum de la puissance reçue par le résistor.
5. Que vaut la puissance reçue par le résistor quand $r = R$?
6. Que vaut la puissance fournie par la fem du générateur de Thévenin quand $r = R$?
7. Quel est alors le rendement, si on considère que ce qui est utile est la puissance reçue par le résistor?
8. Que vaut la tension aux bornes du résistor quand $r = R$?

VI Pont de Wheatstone

Un pont de Wheatstone est un système de mesure constitué de 4 résistances R_1 , R_2 , R_3 et R_4 et d'un galvanomètre (ou micro-ampèremètre) G qu'on caractérise par sa résistance interne r_G comme indiqué sur le circuit ci-contre.



On dit que le pont est équilibré lorsque l'intensité du courant parcourant la branche BD , lue sur le galvanomètre, est nulle.

1. En remarquant que si I_G est nul alors on a également $v_B = v_D$, déterminer la relation entre les quatre résistances R_1 , R_2 , R_3 et R_4 lorsque le pont est équilibré.
2. Comment déterminer R_4 si celle-ci est inconnue?

VII Attention danger

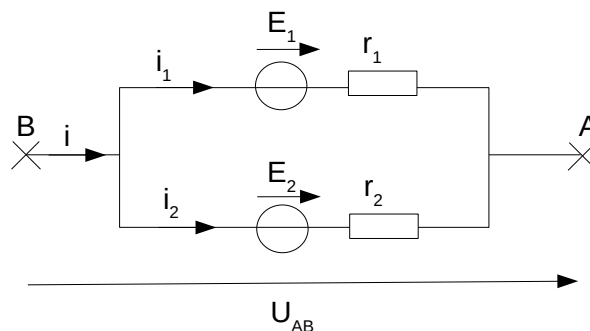


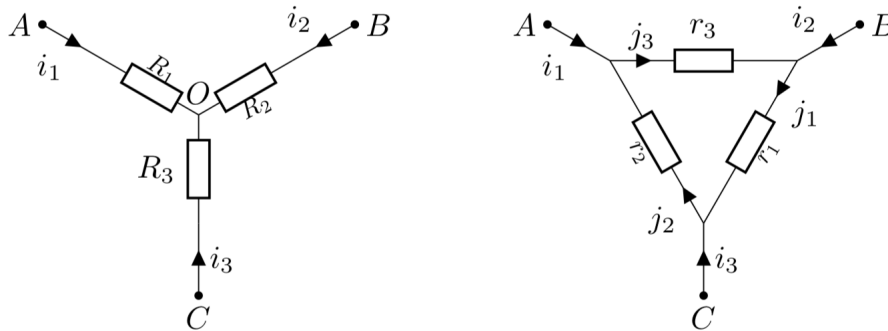
FIGURE 1 – Deux générateurs de tension montés en parallèles.

On considère deux générateurs de tension réels linéaires, de fem et résistances internes respectives E_1 et r_1 et E_2 et r_2 , montés en parallèle comme indiqué sur la figure 1.

1. Exprimer la loi des nœuds.
2. Donner les deux expressions de U_{AB} : respectivement en fonction de E_1 , r_1 et i_1 (expression 1) et en fonction de E_2 , r_2 et i_2 (expression 2).
3. Pour simplifier la discussion, on fixe arbitrairement la valeur de i à zéro et on prend $E_1 > E_2$. Cela ne nuit pas à la généralité des conclusions.
 - (a) Que devient la loi des nœuds de la question 1? En déduire, une nouvelle expression de U_{AB} en fonction de E_2 , r_2 et i_1 (expression 3).
 - (b) À l'aide des expressions 1 et 3, représenter sur le même graphique, l'allure des deux caractéristiques $U_{AB} = f(i_1)$.

- (c) Quelle est l'expression de l'intensité i_1 à leur intersection en fonction de E_1 , E_2 , r_1 et r_2 ?
- (d) Que passe-t-il si les deux générateurs réels ont des défauts très faibles, c'est-à-dire qu'ils tendent à être des générateurs idéaux ? Représenter à nouveau l'allure des deux caractéristiques $U_{AB} = f(i_1)$ dans ce cas. Quelle conséquence pratique cela peut-il avoir ?

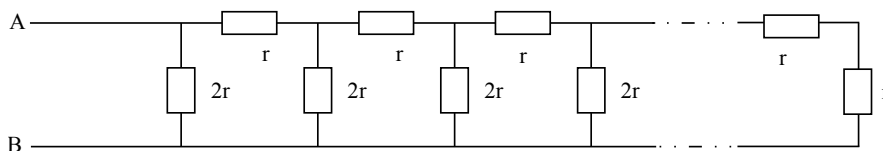
VIII Equivalence triangle-étoile



On considère les deux circuits ci-dessus, appelés montage étoile (à gauche) et triangle (à droite). Pour des valeurs bien choisies des résistances ces deux circuits peuvent être équivalents. On suppose connues les résistances r_i de la configuration triangle et on cherche les résistances R_j de la configuration étoile.

1. Exprimer le plus simplement possible la tension U_{AB} en fonction de certaines résistances et certains courants pour les deux montages.
2. Exprimer j_3 en fonction de i_1 et i_2 .
3. En déduire les expressions de R_1 et R_2 pour que les circuits soient équivalents.
4. En déduire l'expression de R_3 par analogie.

IX Chaîne infinie de résistances



Déterminer la résistance équivalente vue entre A et B. La chaîne de résistances se poursuit à l'infini vers la droite en répétant toujours le même motif. Cet exercice ne nécessite aucun calcul compliqué.