

OS – TD 4

Signaux électriques dans l'ARQS

Méthodes, compétences et savoirs-faire

Méthode générale

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).

1 - Cahier d'entraînement

Fiche d'entraînement n°5 – Étude des circuits électriques I

I - Modèle de pile



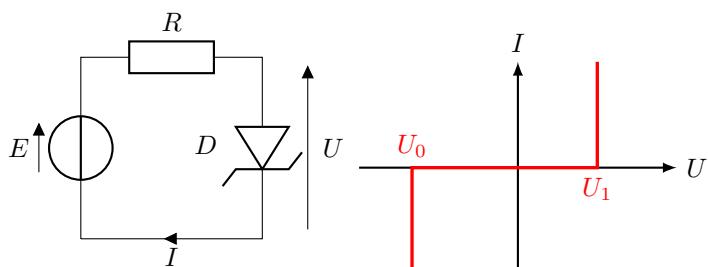
Une pile possède une différence de potentiels à ses bornes égale à 2,2 V quand elle est traversée par un courant d'intensité 0,20 A. La différence de potentiels monte à 3,0 V lorsque l'intensité du courant descend à 0,12 A.

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.

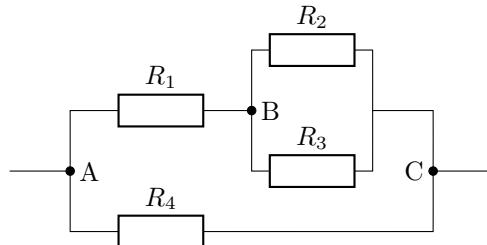


1. Déterminer la relation entre I et U , pour la partie gauche du circuit, c'est-à-dire pour le générateur de Thévenin.
2. Représenter la relation précédente sous la forme de la courbe $I = f(U)$.
3. Déterminer les valeurs prises par U et I selon les valeurs de E . On pourra s'aider en superposant la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

III - 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 $R_4 = 30 \Omega$

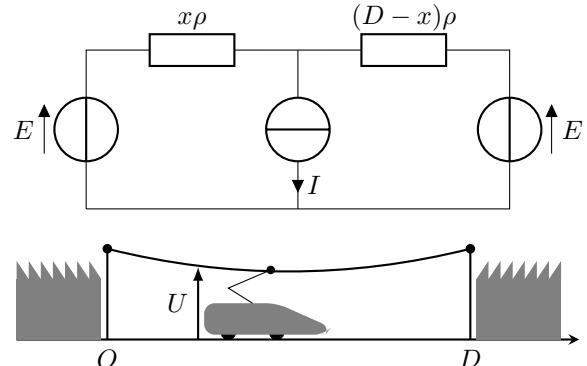


1. Déterminer la résistance équivalente entre les nœuds A et C , notée R_{AC} .
2. Déterminer la valeur de la tension u_{BC} .
3. Déterminer les intensités des courants dans chaque résistance (on notera i_1 l'intensité du courant traversant R_1 etc...).
4. Déterminer la puissance Joule dissipée dans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

IV - Alimentation électrique d'un train



Une locomotive électrique est alimentée en courant continu. L'alimentation est réalisée par un ensemble de deux sous-stations distantes de D modélisées par des sources idéales de tension de fem E . La motrice M est branchée entre les rails et la caténaire. On supposera que son moteur peut être modélisé par une source idéale de courant I . La caténaire présente une résistance par unité de longueur ρ et on négligera la résistance des rails. Le système est donc équivalent à la figure ci-contre :



1. Dans quelle convention est orientée la motrice M . Quel est son rôle réel (générateur ou récepteur) ? En déduire le signe attendu de U .
2. Exprimer U en fonction de E , ρ , x , D et I .
3. En déduire la chute de tension $\Delta U = E - U$.
4. Donner l'allure de la courbe donnant ΔU en fonction de x . Pour quelle valeur de x est-elle maximale. Donner l'expression de ΔU_{\max} .
5. En déduire la valeur maximale de D entre deux sous-stations.

Données : $I = 800 \text{ A}$; $\rho = 5,00 \cdot 10^{-5} \Omega \text{ m}^{-1}$; $\Delta U_{\max} = 45,0 \text{ V}$

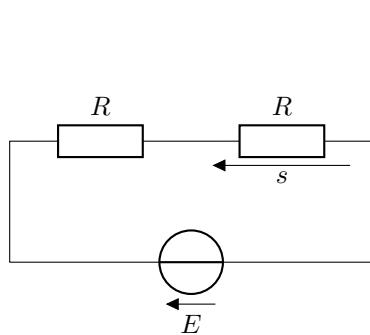
V - Influence des résistances d'entrée et sortie



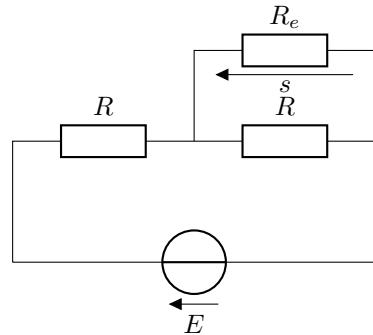
1. On branche un générateur de Thévenin de fem E et de résistance de sortie $R_s = 50 \Omega$ et on mesure la tension s aux bornes du générateur à vide (*ie* en circuit ouvert). Quelle valeur mesure-t-on ?
2. On branche alors en série avec le générateur une résistance R et on mesure toujours la tension s de sortie. Déterminer s en fonction de E , R_s et R . Donner l'expression simplifiée de s en fonction de E pour $R = 50 \Omega$ et $R = 5,0 \text{ k}\Omega$. Commenter.
3. Pour quelle plage de résistances R mesure-t-on E à 5 % près ? Afin d'assimiler le générateur à un générateur idéal, quelles valeurs de résistances doit-on utiliser dans le circuit ?
4. Pour quelle valeur de R mesure-t-on une tension de sortie égale à $E/2$? En déduire une méthode expérimentale pour mesurer la résistance de sortie d'un générateur réel.

5. En fait, la mesure de la tension se fait en utilisant un appareil de mesure (voltmètre, oscilloscope, ...) branché en parallèle de la résistance R et possédant lui-même une résistance d'entrée $R_e = 1,0 \text{ M}\Omega$. La résistance d'entrée de l'appareil influe-t-elle sur la mesure dans les deux cas envisagés aux deux questions précédentes ?

On considère désormais le montage ci-dessous, constitué de deux résistances $R = 1,0 \text{ M}\Omega$ branchées en série avec le générateur. Au vu des valeurs des résistances dans le circuit, on peut négliger la résistance de sortie du générateur. On mesure la tension aux bornes d'une des résistances suivant le montage ci-dessous :



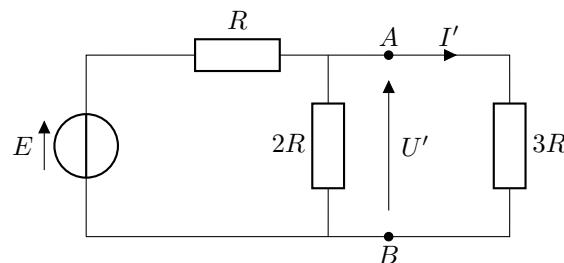
circuit avant mesure de s



circuit lors de la mesure de s

- Sans appareil de mesure introduit dans le circuit (ie schéma de gauche), quelle serait la tension s aux bornes de la résistance ?
- Que devient-elle lorsqu'on branche l'appareil destiné à la mesurer ? De façon générale, pour quelles valeurs de résistance R peut-on négliger l'influence du branchement de l'appareil de mesure ?
- À l'issue de ces observations, avec quelles valeurs de résistances doit-on travailler en travaux pratiques pour ne pas être gêné par l'influence de R_s et R_e ?

VI - Modèle de Thévenin



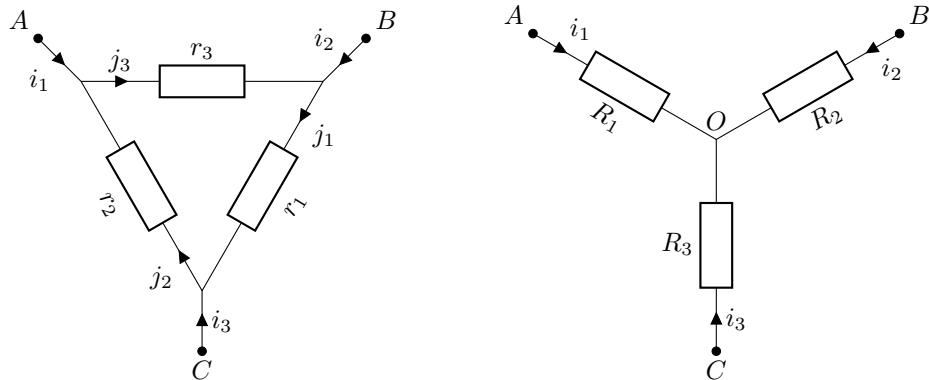
On souhaite déterminer U' et I' en fonction de E et R en déterminant au préalable un modèle équivalent de Thévenin de la portion de circuit à gauche de A et B . Pour cela, on se rappelle qu'un générateur de Thévenin, de fem E_0 et de résistance interne R_0 , parcouru par l'intensité I' et ayant la différence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

- Dessiner le schéma du circuit équivalent quand on débranche la résistance $3R$ qui est à droite de A et B .
- À partir du circuit précédent, déterminer l'expression de U' quand $I' = 0$.
- De même, déterminer la résistance équivalente entre A et B quand on éteint la source de tension.
- Déduire 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.
- 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.

VII - Équivalence triangle-étoile



On considère les deux circuits ci-dessus, appelés montage triangle (à gauche) et étoile (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.

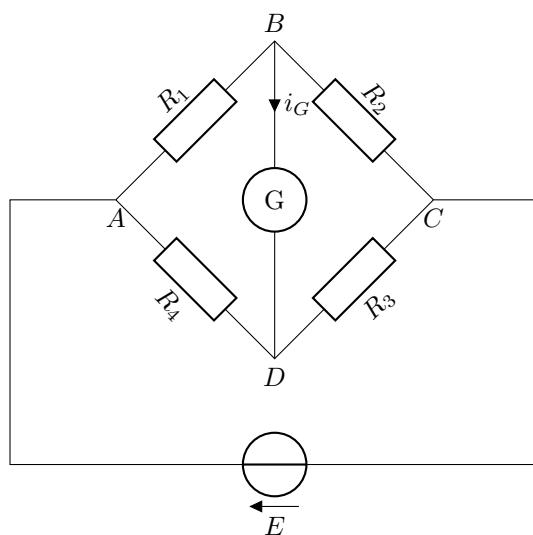
VIII - Pont de Wheatstone



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 ?



IX - Attention danger



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. 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.

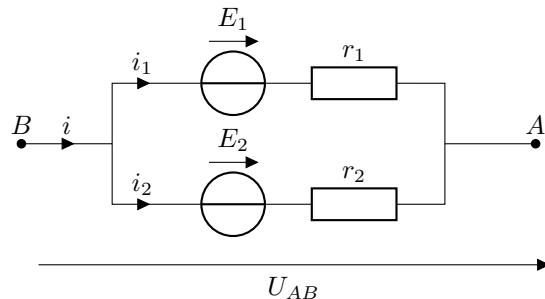
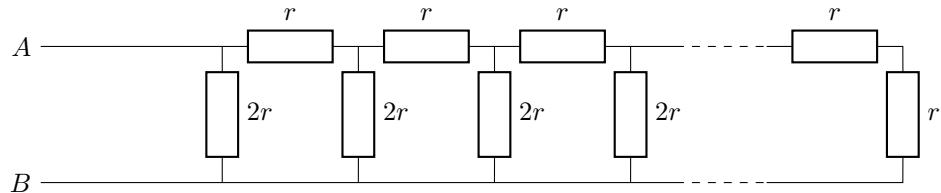


FIGURE 1.1 – Deux générateurs de tension montés en parallèles.

- (a) Que devient la loi des noeuds 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 ?

X - 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.