



MP/MP*
MPI/MPI*
PC/PC*
PSI/PSI*
PT/PT*

Christian GARING
Chokri MRABET
Pierre-Yves VIALATTE
Frédéric PAVIET
Hervé IDDA

Les Mille et Une Questions en **PRÉPA**

QUESTIONS OUVERTES DE **PHYSIQUE**

2^e ÉDITION
ACTUALISÉE

Comment briller
à son oral de physique



Chapitre 1

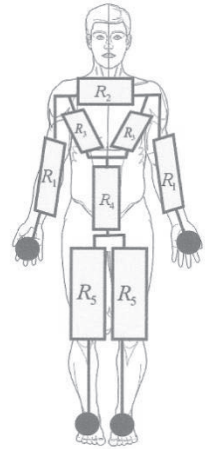
■ Électrocinétique ■

Ce chapitre de 1^{re} année concerne l'ensemble des filières **MP, MPI, PC, PSI et PT**.

■ Régime continu

1. Disjoncteur différentiel et protection du corps humain (MP, MPI, PC, PSI, PT)

En termes de conduction électrique, le corps humain se modélise selon le schéma ci-contre avec $R_1 = 460\Omega$, $R_2 = 80\Omega$, $R_3 = 125\Omega$, $R_4 = 15\Omega$ et $R_5 = 840\Omega$. Le disjoncteur différentiel domestique coupe le courant si la différence entre l'intensité entrante et l'intensité sortante atteint 30 mA.



On envisage les deux situations suivantes :

- * on touche, avec une main, un fil porté à un potentiel de 230 V par rapport à « la terre », sans être équipé de semelles isolantes et donc potentiellement en contact électrique avec « la terre »,
- * on met un index dans chacun des trous d'une prise de courant, les pieds n'étant pas en contact électrique avec le sol (semelles isolantes).

Q : Les situations précédentes sont-elles dangereuses sachant que, si un courant d'intensité supérieure à 20 mA traverse pendant quelques millisecondes un corps humain, il y a risque de tétanisation mortelle ?

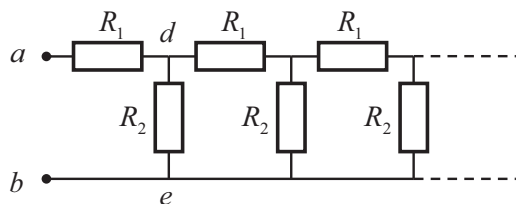
2. (*) Association optimale de piles (MP, MPI, PC, PSI, PT)

On dispose d'une part de $N=24$ piles de force électromotrice $e=1\text{ V}$ et de résistance interne $r=0,2\Omega$, et d'autre part d'une lampe de résistance $R=0,3\Omega$.

Q : Comment associer régulièrement les piles (n branches identiques en parallèle) pour que, branchées aux bornes de la lampe, l'éclairage produit soit maximal ? Quelle puissance reçoit alors la lampe ?

3. (***) Modélisation d'une fibre nerveuse (MP, MPI, PC, PSI, PT)

Le réseau dipolaire infini ci-contre est constitué de cellules élémentaires du type (*adeb*). On admet que la résistance équivalente R_T du dipôle entre *a* et *b* est finie.



La tension appliquée à l'entrée du réseau est notée $V_{ab} = V_0$.

Pour un axone non myélinisé $R_1 = 0,35 \text{ M}\Omega$ et $R_2 = 1,1 \text{ G}\Omega$; la longueur d'une cellule élémentaire est $ad = 10 \text{ }\mu\text{m}$.

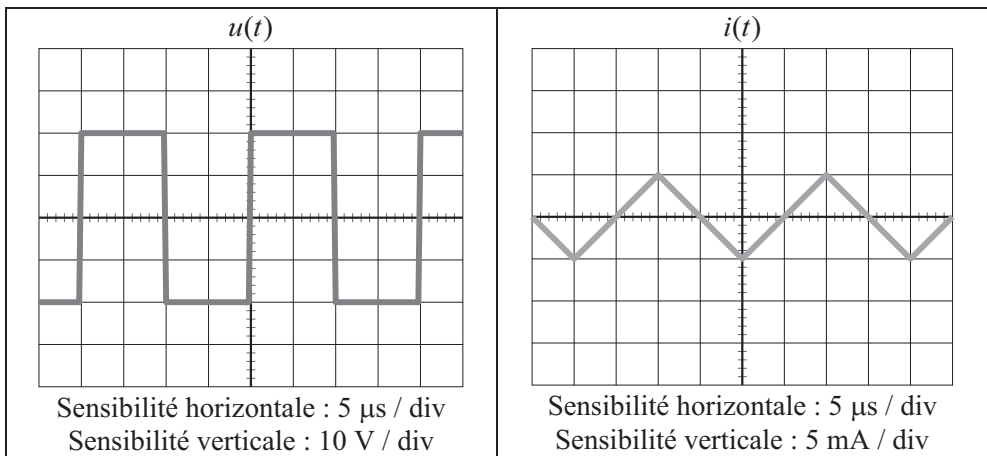
Q : Quelle est l'atténuation de la différence de potentiel sur une distance de 2,0 mm ?

■ Régime transitoire

4. Mesure d'une inductance (MP, MPI, PC, PSI, PT)

Une bobine parfaite est soumise à une tension en créneau $u(t)$.

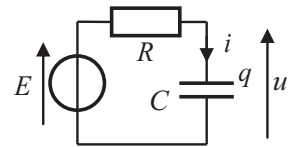
La tension $u(t)$ à ses bornes et l'intensité $i(t)$ du courant qui la traverse sont représentées ci-dessous.



Q : Quelle est la valeur de l'inductance L de la bobine ?

5. (*) Influence de R sur les constantes de temps de dipôles (MP, MPI, PC, PSI, PT)

On envisage sur le même graphe la tension $u(t)$ aux bornes du condensateur (pour une réponse indicielle du dipôle RC série, réseau ci-contre) pour deux valeurs R_1 et $R_2 > R_1$ de R avec $u(0) = 0$. Puis sur le même graphe l'intensité du courant $i(t)$ dans une bobine (pour une réponse indicielle du dipôle RL série) pour R_1 et $R_2 > R_1$ avec $i(0) = 0$.



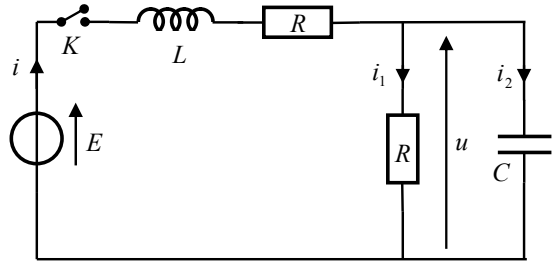
Q : Quelle est l'influence de la résistance dans chaque cas ?

6. (*) Quelle trajectoire (de phase !) ? (MP, MPI, PC, PSI, PT)

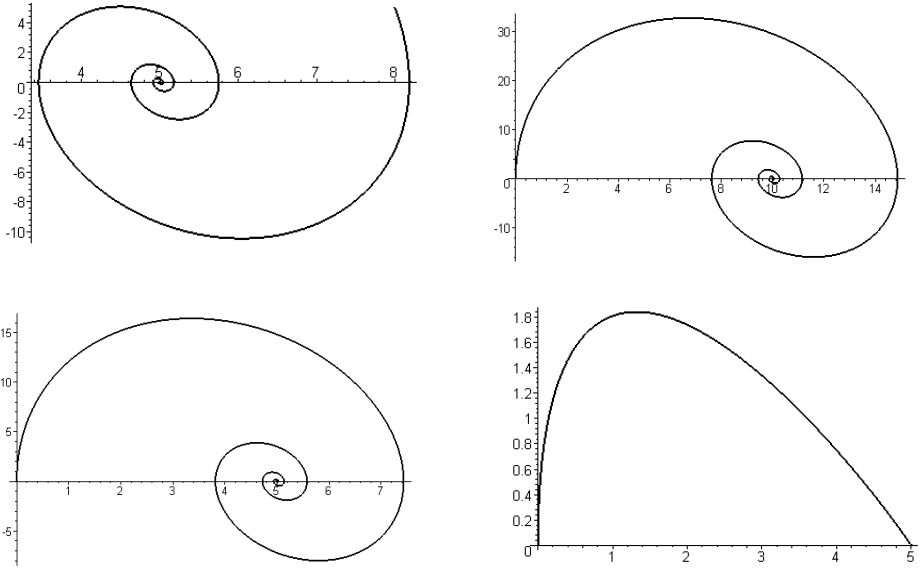
Les dipôles RL et RC ont même constante de temps et $E = 10 \text{ V}$.

Pour $t < 0$ l'interrupteur K est ouvert (soit $i = 0$) et le condensateur est déchargé. À $t = 0$ on ferme K .

Q : Quelle est, parmi les quatre possibilités ci-dessous, celle qui correspond à la trajectoire de phase (u , du/dt) du cas proposé ?



L'axe des abscisses est en V et celui des ordonnées en $V.s^{-1}$.



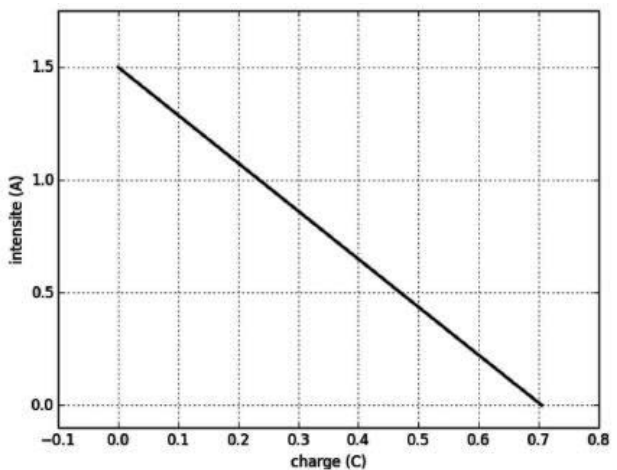
7. (*) Durée de la décharge d'un défibrillateur (MP, MPI, PC, PSI, PT)

Un condensateur chargé de (grande) capacité $C = 470 \mu F$ schématise un défibrillateur destiné à lutter contre un trouble du rythme cardiaque pouvant conduire à un infarctus. Le défibrillateur est relié au patient par deux électrodes. Une partie de l'énergie stockée par le condensateur lors de sa charge est alors libérée dans le thorax du patient, afin de rétablir un rythme cardiaque normal. Le défibrillateur est réglé pour délivrer au patient une énergie de 300 J.

Q : Quelle est la durée d'une décharge ?

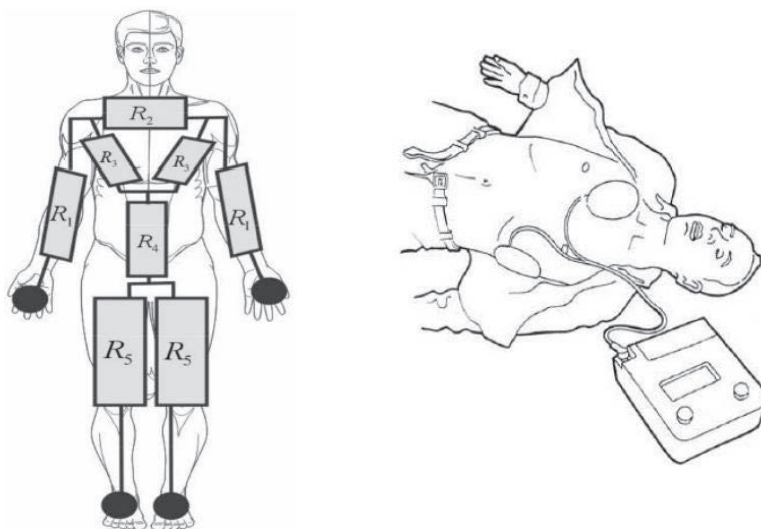
Données :

- * la charge du condensateur du défibrillateur conduit au portrait de phase ci-contre, grâce à un dipôle série RC



alimenté par une source de tension E (comme à la question 5.)

- * la figure de gauche ci-dessous modélise les résistances des parties du corps humain, avec $R_1 = 460 \Omega$, $R_2 = 80 \Omega$, $R_3 = 125 \Omega$, $R_4 = 15 \Omega$ et $R_5 = 840 \Omega$; celle de droite indique l'emplacement des électrodes du défibrillateur.



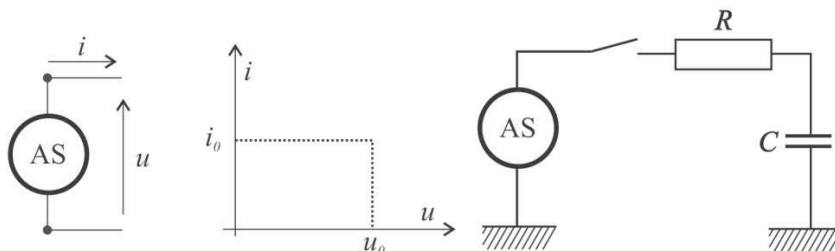
8. (*) Condensateur et alimentation stabilisée (MP, MPI, PC, PSI, PT)

Une alimentation stabilisée (AS) ou encore alimentation réglable (AR) est un générateur délivrant un courant i_0 constant tant que la tension à ses bornes ne dépasse pas la valeur u_0 .

La caractéristique courant tension de ce dispositif est visible sur la partie gauche du boîtier du modèle ALR3003, alimentation stabilisée réglable en tension et en courant dans les plages 0 V – 30 V et 0 A – 3 A.



Cette alimentation, réglée de façon à avoir $u_0 = 20 \text{ V}$ et $i_0 = 100 \text{ mA}$, est utilisée pour charger un condensateur initialement déchargé de capacité $C = 100 \mu\text{F}$ associé en série avec un résistor de résistance $R = 100 \Omega$.



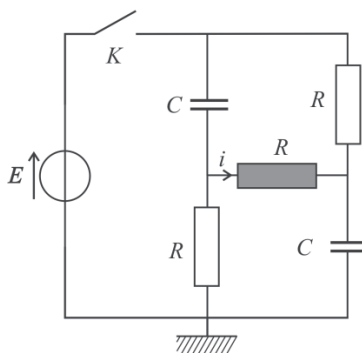
Q : Au bout de quelle durée la tension aux bornes du condensateur atteint-elle la valeur de 19 V ?

9. () Inversion du sens du courant (MP, MPI, PC, PSI, PT)**

Dans le montage ci-contre, à l'instant initial, les deux condensateurs sont déchargés au moment où l'on ferme l'interrupteur K .

Q : À quel instant précis se produit-il une inversion du sens du courant dans la résistance grisée sur la figure ?

AN : $E = 10\text{ V}$, $R = 10\text{ k}\Omega$ et $C = 10\text{ }\mu\text{F}$.



■ Dipôles non linéaires

10. (*) Tronçonneur (MP, MPI, PC, PSI, PT)

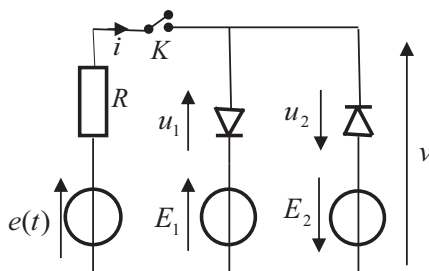
Dans le circuit ci-contre, les diodes sont idéales.

La fém du générateur est $e(t) = U \sin \omega t$ et le régime lentement variable.

$E_1 = \text{cste}$ avec $0 < E_1 < U$ et $E_2 = \text{cste}$ avec $0 < E_2 < U$.

À $t = 0$ on ferme l'interrupteur K ,

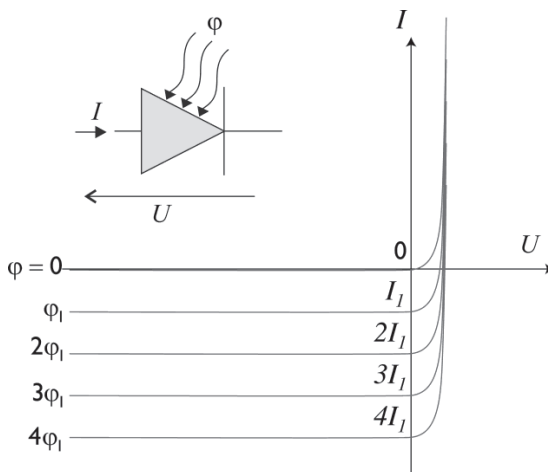
Q : Comment représenter la tension $v(t)$ avec un minimum de calculs ?



11. (*) Photodiode utilisée en détecteur linéaire de lumière (MP, MPI, PC, PSI, PT)

Une photodiode est un composant non linéaire dont la caractéristique courant – tension (donnée sur la figure) dépend du flux lumineux φ incident (aucune connaissance sur les dipôles non linéaires n'est requise).

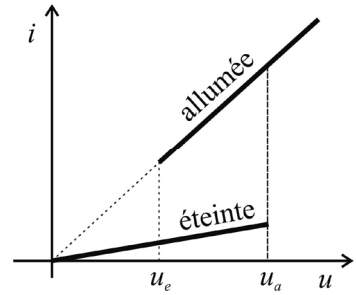
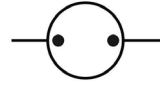
On branche la photodiode en série avec une source réelle de tension de fém E et de résistance interne R .



Q : Quel schéma de branchement convenable peut-on proposer afin d'avoir un courant proportionnel au flux lumineux dans la photodiode ?

12. (*) Clignoteur à lampe au néon (MP, MPI, PC, PSI, PT)

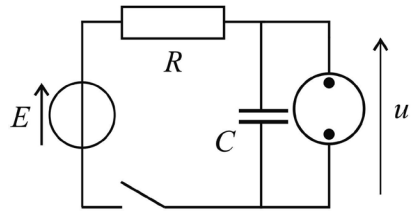
Une lampe au néon (symbolisée ci-contre) est un dipôle symétrique dont la caractéristique dépend de son état (lampe allumée ou éteinte). Dans chaque état, on considère qu'il s'agit d'un dipôle linéaire passif et on note R_e et R_a les résistances associées respectivement aux deux états *lampe éteinte* et *lampe allumée*. La lampe s'allume lorsque la tension à ses bornes devient au moins égale à u_a (tension d'allumage) et s'éteint dès que cette tension devient inférieure à u_e (tension d'extinction) avec $0 < u_e < u_a$ comme indiqué sur la figure ci-contre.



Données :

$u_e = 10 \text{ V}$, $u_a = 40 \text{ V}$, $R_e = 10 \text{ k}\Omega$ et $R_a = 10 \Omega$.

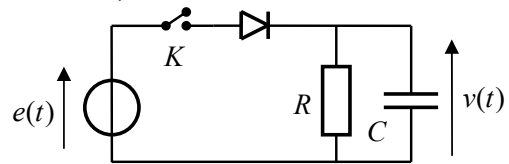
Cette lampe au néon est insérée dans le montage représenté ci-contre. La résistance R peut prendre les valeurs 10Ω , 25Ω ou 50Ω . À l'instant initial $t = 0$ on ferme l'interrupteur.



Q : Comment choisir R et E pour que cette lampe au néon clignote ?

13. () Détecteur de crêtes (MP, MPI, PC, PSI, PT)**

Le schéma du montage est indiqué ci-contre. La source de tension est idéale de fém $e(t) = E \sin(\omega t)$, la diode est idéale et on considère $RC \gg T = \frac{2\pi}{\omega}$.



Pour $t < 0$, le condensateur est déchargé, à $t = 0$, on ferme K .

Q : Justifier l'utilisation de ce montage en détecteur de crêtes. Comment choisir RC pour suivre par exemple les maxima d'un régime pseudo périodique ?

■ Régime sinusoïdal forcé et filtre

14. Surtension (MP, MPI, PC, PSI, PT)

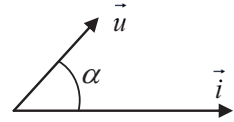
Q : Comment avec un dipôle RLC alimenté par une source de tension sinusoïdale de 12 V efficace, peut-on récupérer 60 V efficace aux bornes du condensateur (ou de l'inductance) ? Est-ce compatible avec l'équation de maille ?

15. Diagramme de Fresnel (MP, MPI, PC, PSI, PT)

Un circuit série parcouru par un courant i de valeur maximale $I_m = 120$ mA, alimenté par une source de tension idéale u sinusoïdale à la fréquence $f = 1,20$ kHz et de valeur efficace $U_{eff} = 28,0$ V, est constitué d'une résistance $R = 290 \Omega$ et d'un dipôle en série (soit une bobine idéale, soit un condensateur idéal).

On donne ci-contre la représentation de Fresnel pour u et i .

Q : Quelle est la nature du composant, sa valeur numérique, ainsi que celle de l'angle α ? Quel nom peut-on donner à cet angle ?



16. Détermination expérimentale d'une inductance (MP, MPI, PC, PSI, PT)

Pour déterminer l'inductance L d'une bobine de résistance $R = 9,65$ k Ω , on lui associe en série une résistance $R_a = 10,0$ k Ω . Les deux dipôles sont ensuite alimentés avec une source de tension sinusoïdale de fréquence $f = 20,0$ Hz. Un voltmètre alternatif branché aux bornes de la résistance indique la valeur efficace $U_{R_a} = 3,17$ V tandis qu'un autre branché sur la bobine donne $U_B = 8,96$ V.

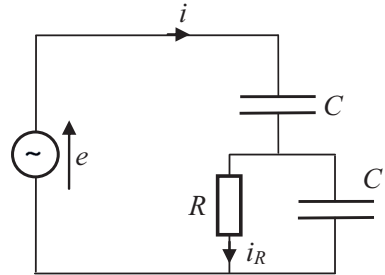
Q : Quelle est la valeur de l'inductance de la bobine ?

Pour information, il s'agit d'une bobine de 33 cm de longueur comportant régulièrement réparties et sur de nombreuses épaisseurs 127 000 spires.

17. Optimum de puissance transférée à un circuit capacitif (MP, MPI, PC, PSI, PT)

Le GBF est modélisé par un générateur idéal de tension de valeur efficace E_{eff} fonctionnant en régime sinusoïdal à la pulsation ω .

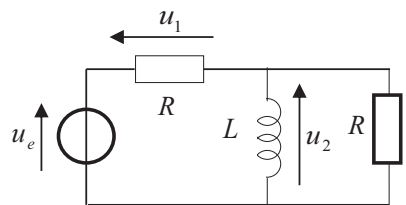
Q : Pour quelle valeur particulière de R la puissance moyenne délivrée par le générateur est-elle maximale ?



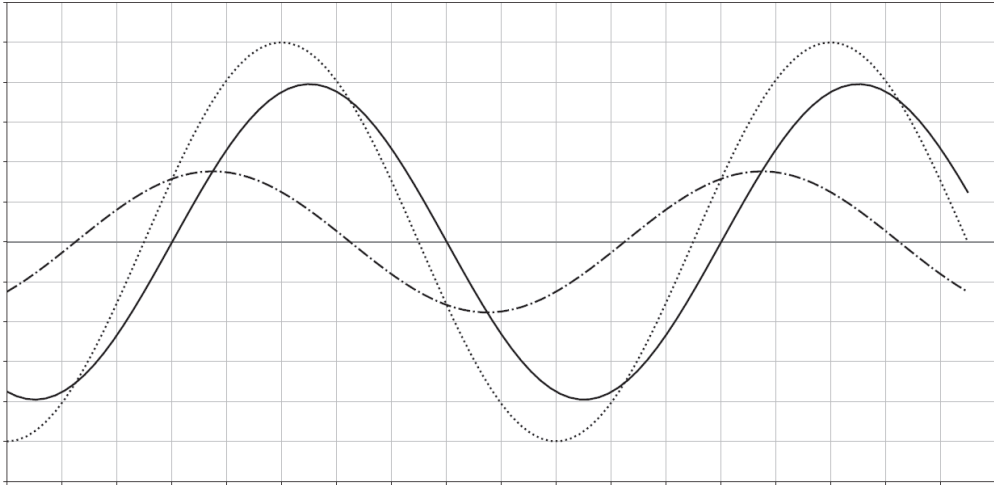
18. (*) Identification (MP, MPI, PC, PSI, PT)

Dans le réseau représenté ci-contre, on impose $u_e(t) = E\sqrt{2} \cos(\omega t)$ et on considère un régime sinusoïdal forcé.

Sur le document ci-dessous sont représentées en fonction du temps les tensions $u_e(t)$, $u_1(t)$ et $u_2(t)$. Le tracé est de type oscillogramme avec les amplifications 0,10 ms/div en abscisse et 1,0 V/div en ordonnée.



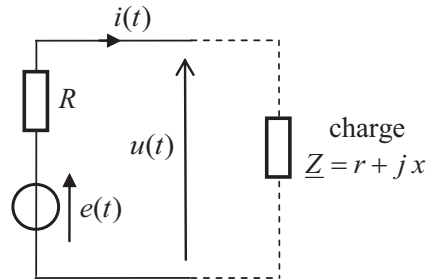
Q : Quelles sont les valeurs numériques de E , ω et du rapport L/R ?



19. (*) Bruit thermique d'une résistance (MP, MPI, PC, PSI, PT)

L'agitation thermique des électrons engendre des fluctuations de tension aux bornes d'une résistance, appelées bruit Johnson. En introduisant une densité spectrale de puissance p_0 , la puissance du bruit pour l'intervalle de fréquence $[f, f + df]$, est donnée par $dp_B = p_0 df$. À température ambiante et pour des fréquences inférieures à quelques MHz, la densité spectrale p_0 dépend uniquement de la température T : $p_0 = k_B T$, où k_B désigne la constante de Boltzmann.

La résistance qui est à l'origine du bruit thermique peut être vue comme une résistance idéale non bruitée R , en série avec un générateur de tension, qui produit le bruit thermique, signal *sinusoidal* noté $e(t)$. Cette résistance « alimente » une charge d'impédance complexe $\underline{Z} = r + jx$. Le schéma électrique équivalent est donc de la forme ci-contre :



Q : Quelle est, en identifiant la puissance de bruit p_B dans une bande de fréquence Δf à la puissance maximale que peut fournir un générateur de tension de fém $e(t)$ et de résistance interne R , l'expression e_{eff} de la valeur efficace de $e(t)$?

AN : Calculer e_{eff} pour une antenne conçue pour capter une onde radio. La largeur de bande du récepteur vaut $\Delta f = 1$ MHz, la température est de l'ordre de 20 °C et la résistance de rayonnement de l'antenne est voisine de 73 Ω .