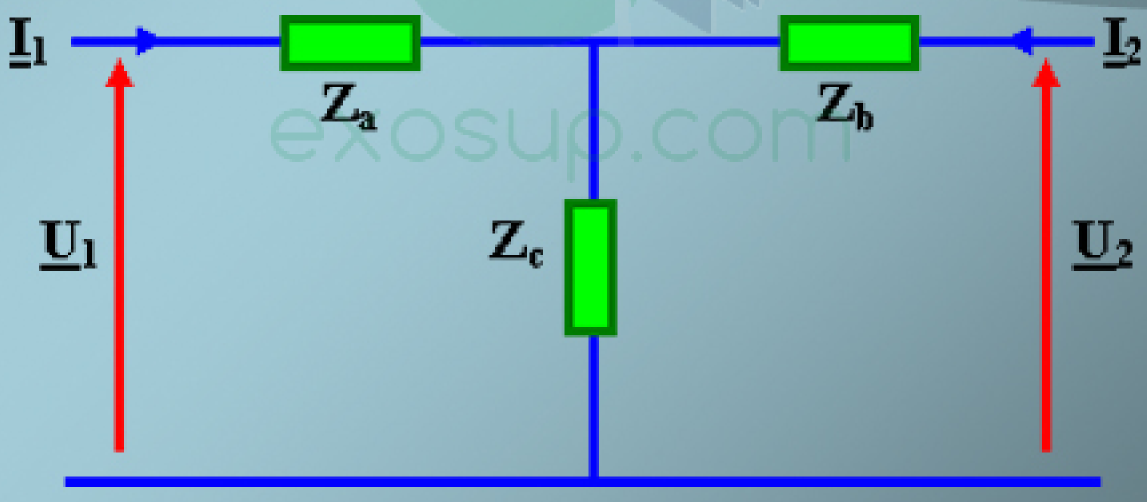
جامعة شعيب الدكالي
كلية العلوم
الجديدة

CORRECTION DES TD

ÉLECTRONIQUE DE BASE

SMP4



club najah

إعداد نادي النجاح

2015 - 2016

Université Chouaib Doukkali
Faculté des Sciences d'El Jadida
Département de Physique

Année Universitaire 2014/15

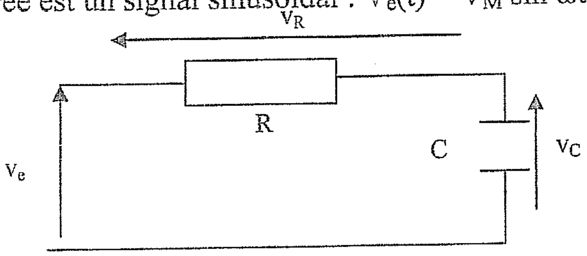
Filière SMP, Semestre 4

Travaux dirigés d'électronique
Série N°1

Remarque *: Les questions 4° et 5° de chaque exercice doivent être traitées sous forme de devoir à domicile compté pour 20% de la note du contrôle.*

Exercice N°1 : Dipôles

On considère le dipôle constitué par une résistance R = 1KΩ en série avec un condensateur de capacité C = 1µF. l'entrée est un signal sinusoïdal : $V_e(t) = V_M \sin \omega t$



1°/ Utiliser le diviseur de tension pour déterminer la relation complexe entre V_R et Ve puis entre V_C et V_e.

2°/ En déduire les expressions des fonctions de transfert $T_R(j\omega) = \dfrac{V_R(j\omega)}{V_e(j\omega)}$ et

$T_C(j\omega) = \dfrac{V_C(j\omega)}{V_e(j\omega)}$. Soit $u = RC\omega = \dfrac{\omega}{\omega_0}$ la pulsation réduite.

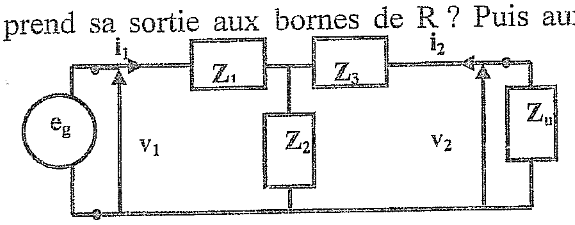
3°/ Donner les expressions des modules $|T_R(u)|$ et $|T_C(u)|$ des déphasages $\varphi_R(u)$ et $\varphi_C(u)$ de T_R et T_C. En déduire la valeur de la fréquence de coupure en fonction de R et de C.

4) Tracer dans les deux cas, les courbes de gain et de phase réelles et asymptotiques dans le diagramme de boode (utiliser un papier semi-logarithmique)

5°/ Comment se comporte le dipôle lorsqu'on prend sa sortie aux bornes de R ? Puis aux bornes de C ?

Exercice II : Quadripôles

On considère le quadripôle suivant :



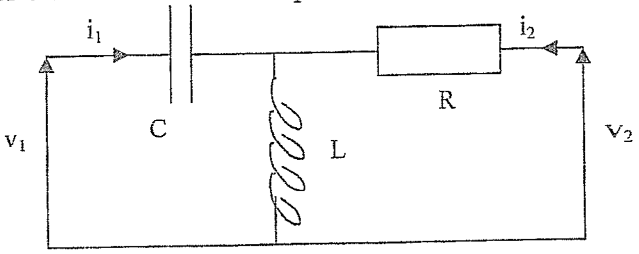
1°/ Déterminer en fonction de Z_1, Z_2 et Z_3 sa matrice impédance et sa matrice hybride.

Le quadripôle est alimenté par un générateur de tension sinusoïdale e_g de résistance interne négligeable et fermé sur une utilisation d'impédance $Z_u = Z_3$

2°/ Déterminer l'impédance d'entrée Z_e, de sortie Z_s, le gain en tension A_v et le gain en courant A_i du montage en fonction de Z_1, Z_2 et Z_3

C = 10nF

3°/ Sachant que Z_1 est l'impédance d'un condensateur de capacité C =1,1µF, Z_2 est l'impédance d'une bobine d'inductance L= 0.1mH (= 10 mH) et Z_3 est une résistance de valeur R =1KΩ (R = 250 kΩ) (voir figure), calculer en fonction de la fréquence les valeurs de Z_e, Z_s, A_v et A_i.

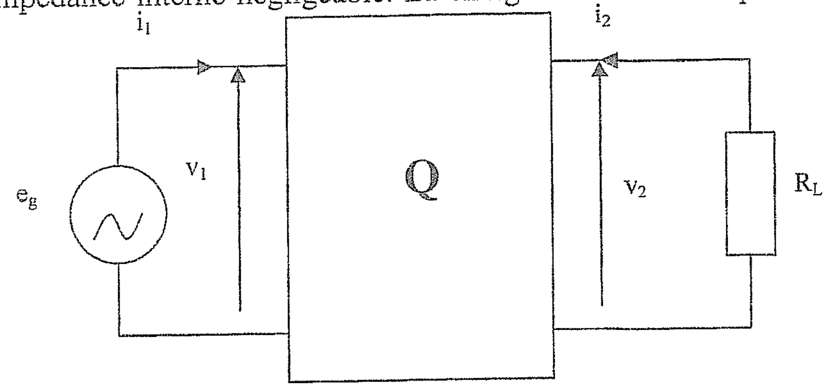


4°/ Pour quelle valeur de la fréquence le gain en tension est atténué de 3 décibels ? en déduire la valeur de la fréquence de coupure et la bande passante du montage.

5°/ Tracer la courbe de gain sur un papier semi-logarithmique

Exercice N°3 : <u>Paramètres hybrides</u>

On considère le quadripôle Q définit par ses paramètres hybrides h_{11}=1KΩ, h_{12} = 0, h_{21}=200 et $h_{22} = 10^{-4}\Omega^{-1}$. Ce quadripôle est attaqué par une source de tension sinusoïdale e_g de fréquence f et d'impédance interne négligeable. La charge est constituée par une résistance R_L = 1KΩ.



1°/ Faire le schéma du quadripôle en fonction de ses paramètres hybrides.

2°/ Déterminer ses gains en tension A_v et en courant A_i et ses impédances d'entrée Z_e et celle de sortie Z_s

3°/ Entre l'entrée et la sortie du quadripôle on place un condensateur de capacité C=10nF. Déterminer en fonction de A_v, C et f, les nouvelles expressions du gain A'_v, et des impédances d'entrée Z'_e et de sortie Z'_s. On posera $\tau_C = \dfrac{R_L C}{1 + R_L h_{22}}(h_{21} - 1)$

4°/ En déduire la fréquence de coupure f_c (pour laquelle le gain A_v est atténué de 3 décibels).

5°/ Tracer $\left|A'_V\right|_{db}$ en fonction de la fréquence sur le papier semi-logarithmique.

****

Université Chouaib Doukkali
Faculté des Sciences d'El Jadida
Département de Physique

Année Universitaire 2014/15

Filière SMP, Semestre 4

Travaux dirigés d'électronique
<u>Série N°2</u>

<u>Exercice I :</u>

Un semi-conducteur est caractérisé par ses densités d'états d'énergie disponibles dans la bande de valence N_c et dans la bande de conduction N_v et par son énergie de bande interdite **Eg**.

Déterminer à la température ambiante :

- Sa densité de porteurs intrinsèque n_i
- Le type du semi conducteur si le niveau de Fermi est placé à **0.3eV** de la bande de valence
- Les densités des électrons dans la bande de conduction et des trous dans la bande de valence
- Le type et la densité d'atomes d'impuretés
- La conductivité si la mobilité des trous est $\mu_p = 0.06\ m^2/V.s$

<u>Exercice II :</u>

1) Un barreau de silicium de type N, de longueur L et de section s est soumis à la différence de potentiel U est parcouru par le courant I.

- Déterminer sa conductivité σ
- En déduire la densité des porteurs majoritaires et minoritaires
- Le niveau de Fermi par rapport à celui de la bande de conduction

On donne : $n_i = 1.1\ 10^{10}\ cm^{-3}$, $L = 2cm$, $s = 10^{-3} cm^2$, $U = 5V$, $I = 1mA$, $\mu_N = 0.15\ m^2/V.s$

2) Que deviennent à une température **T= 400K** les densités des états disponibles dans la bande de valence et de conduction sachant que leur valeur à l'ambiante sont :

$N_c = N_v = 2.5.10^{19}$ états d'énergie par cm^3 (*on suppose que les masses effectives ne changent pas avec la température*)

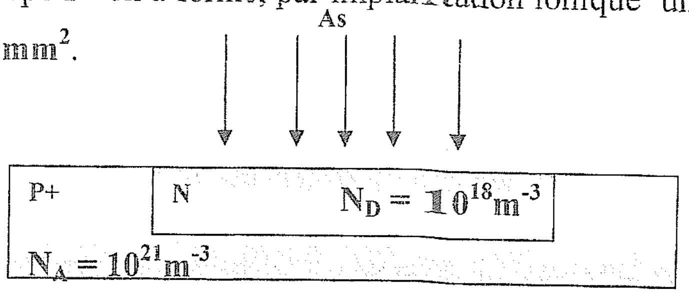
3) Si on néglige la variation du gap avec la température (*en réalité <4%*)

Déterminer à T = 400K :

- La valeur de la densité des porteurs intrinsèque n_i'.
- Les densités des porteurs majoritaires et minoritaires
- La nouvelle position du niveau de Fermi par rapport à E_C
- La conductivité σ', sachant que les mobilités dépendent de la température suivant la loi : $\mu(T) = \mu_0(T/T0)^{-3/2}$

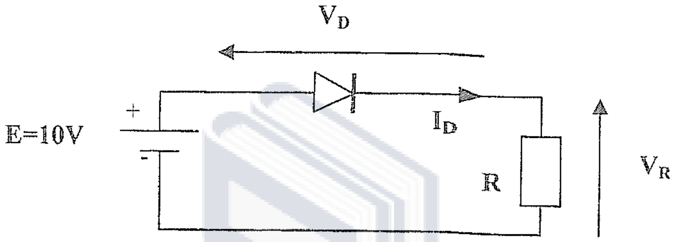
Exercice III :

Sur un substrat de silicium dopé P^+ on a formé, par implantation ionique une jonction abrupte P^+N de surface $s = 1mm^2$.



1) Déterminer à 300K les densités des porteurs minoritaires n_P dans P et p_N dans N et en déduire la valeur du courant de saturation I_s.

La diode est utilisée dans le circuit suivant :



2) Déterminer V_D et R pour que I_D soit égale à 10mA, en déduire la valeur de V_R.
3) En supposant que les mobilités des porteurs et les densités des majoritaires N_D dans N et N_A dans P ne changent pas avec la température.
   - Déterminer à 400K les densités des porteurs minoritaires n'_P dans P et p'_N dans N
   - En déduire le nouveau courant de saturation I'_s
4) Retrouver les nouvelles valeurs de I'_d, V_d' et V'_R à 400K

Données :

La constante de Boltzman $k = 1{,}38 .10^{-23}$ J/K et $U_T = kT/q$ avec $q = 1{,}6\ 10^{-19}$ Cb

$$N_V = N_C = 2{,}5.10^{19}\left(\frac{T}{300}\right)^{\frac{3}{2}} cm^{-3}\ ,\quad Eg = 1{,}11eV$$

la durée de vie des porteurs est $\tau = \tau_P = \tau_N = 1\mu s$ et leur mobilité est $\mu_n = 0.15 m^2/V.s$ et $\mu_p = 0.06\ m^2/V.s$.

$$I_S = Sq\left(\frac{D_p p_N}{L_p} + \frac{D_n n_P}{L_n}\right)$$

D_p et D_n sont les constantes de diffusion des trous et des électrons respectivement.

L_p et L_n sont les longueurs de diffusion des trous et des électrons respectivement.

****

Université Chouaib Doukkali
Faculté des Sciences d'El Jadida
Département de Physique

Année Universitaire 2014/15

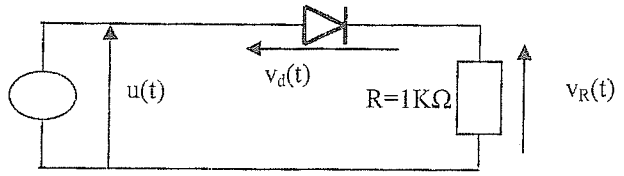
Filière SMP, Semestre 4

Travaux dirigés d'électronique

Série N°3

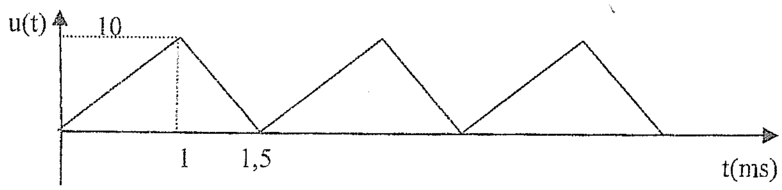
Exercice I :

Une diode P^+N est modélisée lorsqu'elle est passante par un générateur de tension de f.e.m $V_d = 0.6V$ en série avec une résistance de valeur $r_d = 50\Omega$, et par une résistance infinie lorsqu'elle est bloquée, cette diode est utilisée dans le circuit suivant :



- Déterminer dans chacun des cas suivants :

1. u(t) est un signal périodique comme représenté ci-après :

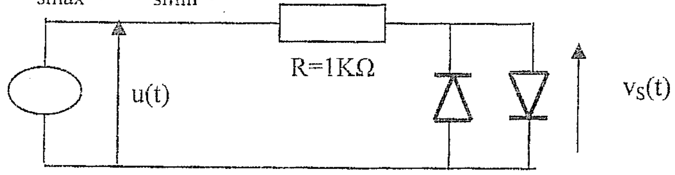


2. La tension u(t) est un générateur de tension sinusoïdale d'amplitude $U_m = 10V$ et de fréquence 1KHz.

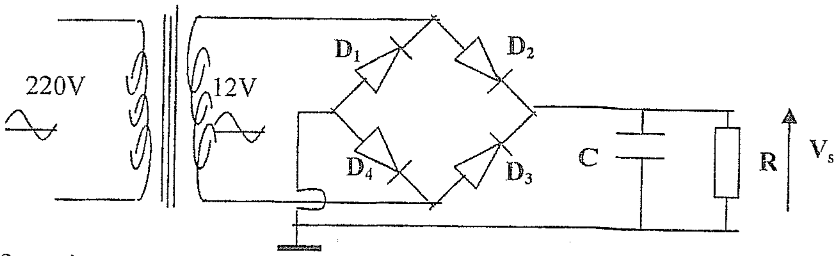
- Les tensions $v_d(t)$ et $v_R(t)$, la tension V_R maximale dans le régime passant, les durées de blocage t_B et de conduction t_C de la diode et le rapport de la valeur moyenne et efficace de $v_R(t)$.
- Dans le cas où u(t) est sinusoïdale, on met en parallèle avec la résistance un condensateur de valeur 6µF, Dessiner $v_R(t)$ et déterminer le taux d'ondulation η.
- Donner dans les deux cas, la forme des signaux en sortie pour $U_m = 0.4V$? Quelle est l'état de la diode dans ce cas ?

Exercice II :

Sachant que la tension u(t) est un générateur de tension sinusoïdale d'amplitude Um = 10V et de fréquence 1KHz. donner la forme du signal obtenue à la sortie du montage suivant en précisant V_{smax} et V_{smin} :

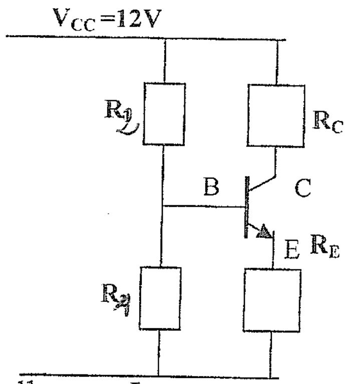


Exercice III Une alimentation stabilisée est constituée d'un transformateur 220V/12V(50Hz), d'un pont de diodes, d'un condensateur $C = 10\mu F$, d'une résistance $R=1K\ \Omega$



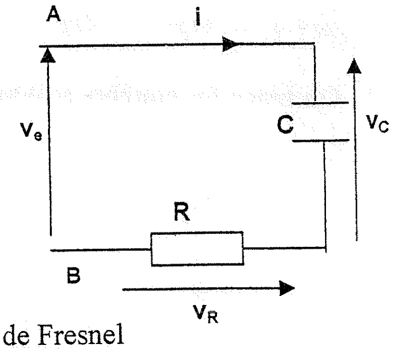
1. Expliquer le fonctionnement du montage, sans et avec le condensateur. Donner la valeur maximale de V_s sachant que le seuil d'une diode est de 0.6V.
2. Tracer le signal V_s, en précisant les valeurs, du taux d'ondulation et du facteur de forme. Quelle différence y a-t-il avec le montage de redressement double alternance utilisant un transformateur à point milieu et deux diodes ?

Exercice IV : On souhaite polariser un transistor NPN au milieu de sa droite de charge ($V_{CE} = V_{CC}/2$) à l'aide des résistances R_1, R_2, R_C et R_E. Sachant que le gain en courant statique dans cette zone de fonctionnement est $\beta = 200$, la jonction base-émetteur possède un courant de saturation $I_{SE} = 10^{-13}A$ et la différence de potentiel à ses bornes est $V_{BE} = 0.64V$.



1. Déterminer les valeurs des courants de base I_B et de collecteur I_C
2. Sachant que $R_E=100\Omega$, et $R_1=10R_2$, en déduire les valeurs des résistances R_1 , R_2 et R_C
3. Déterminer l'expression du coefficient de stabilisation $S= \Delta I_C/\Delta I_{CB0}$ à V_{BE} = cste, en fonction de R_1, R_2 et R_E, discuter ces variations.
4. On introduit des capacités de liaison en série à l'entrée (B) et en sortie (C), et une capacité en parallèle avec R_E. Faire le schéma équivalent en petites variations et en déduire le gain en tension A_v, l'impédance d'entrée Z_e et celle de sortie Z_s de l'amplificateur résultant.

Correction de la série n°1



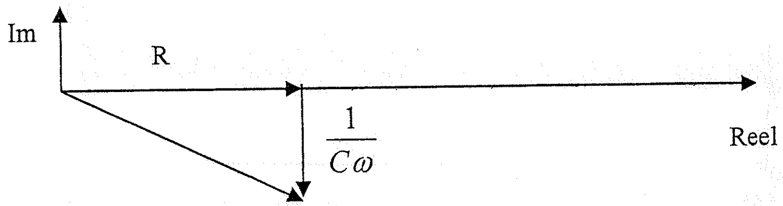
$R = 1K\Omega$, $C = 1\mu F$, $V_e(t) = V_M \sin \omega t$

1°/ En utilisant la notation complexe on peut écrire :

V_R=R.i et $V_C = \dfrac{i}{jC\omega}$ or $V_e = V_R + V_C$

d'où $V_e = R.i + \dfrac{i}{jC\omega} = (R + \dfrac{1}{jC\omega}).\ I = Z.i$

Z est l'impédance complexe qu'on peut représenter à l'aide du diagramme de Fresnel



Pour connaître la relation entre la tension aux bornes de R et celle de l'entrée, on utilise le diviseur de tension. On écrit alors :

$$V_R = R.i = \frac{RV_e}{R + \dfrac{1}{jC\omega}} = \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega} V_e$$

Et celle aux bornes de C est $V_c = \dfrac{\dfrac{1}{jC\omega}V_e}{R + \dfrac{1}{jC\omega}} = \dfrac{1}{1 + jRC\omega} V_e$

2°/ On en déduit les fonctions de transfert dans chacun des deux cas :

$$T_R = \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega} \qquad T_C = \frac{1}{1 + jRC\omega}$$

On pose R.C la constante de temps du circuit : $R.C = \tau$ puis on pose $\omega_0 = 1/\tau$ et $u = RC\ \omega = \omega / \omega_0$ appelée pulsation réduite

d'où $$T_R(u) = \frac{ju}{1 + ju} \qquad T_C(u) = \frac{1}{1 + ju}$$

On définit la fréquence de coupure est la fréquence pour laquelle le module du gain maximum (Vs/Ve) est divisé par : $\sqrt{2}$

Dans les 2 cas la fréquence de coupure est : $\boxed{f'_C = \dfrac{1}{2\pi\tau'} = \dfrac{1}{2\pi RC}}$

Pour tracer les fonctions de transfert dans le diagramme de boode, on écrit les expressions du gain et de phase de chacune des deux fonctions de transfert

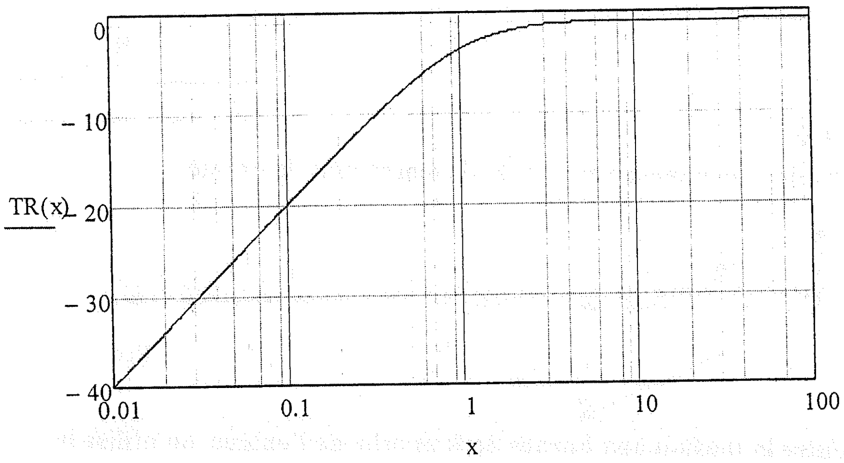
$$|T_R(u)|_{dB} = 20.\log\left|\frac{ju}{1 + ju}\right| = 20.\log u - 10.\log(1 + u^2\ )$$

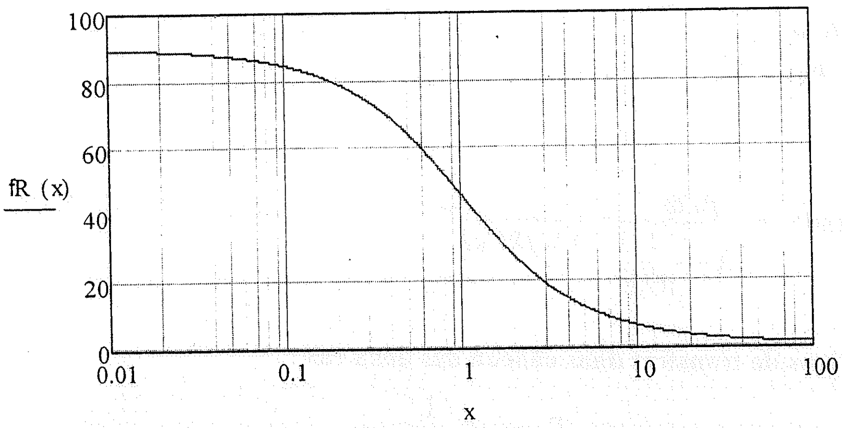
$$\varphi_R(u) = Arg(ju) - Arg(1 + ju) = \frac{\pi}{2} - arctg(u)$$

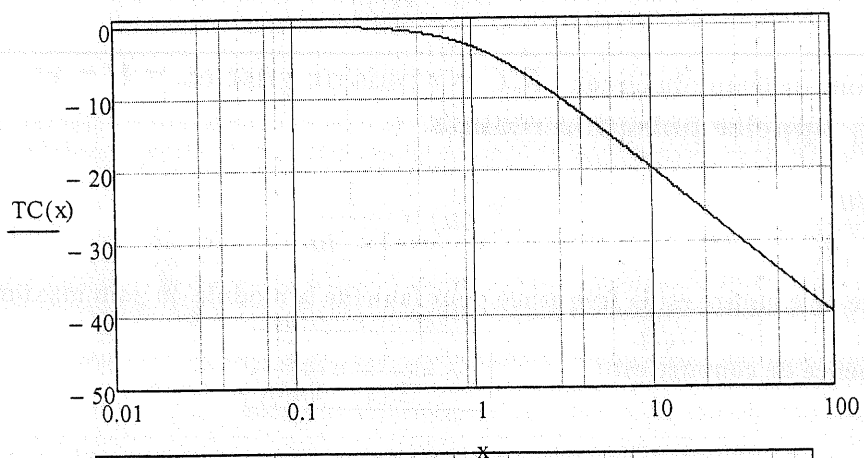
$$|Tc(u)|_{dB} = 20.\log\left|\frac{1}{1+ju}\right| = -10.\log(1+u^2)$$

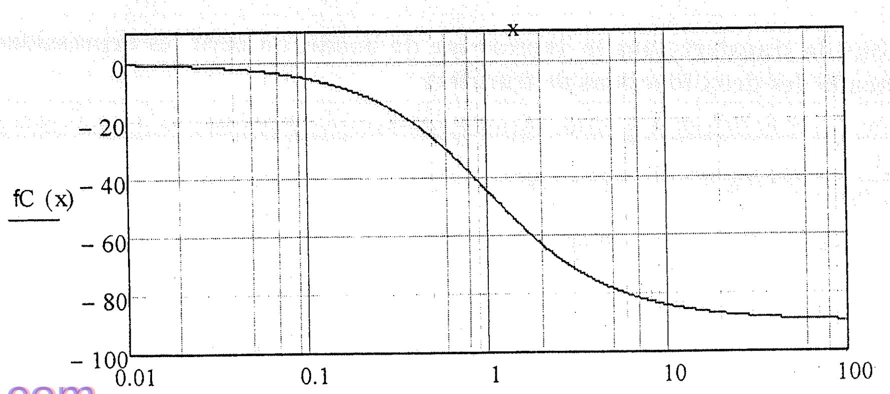
$$\varphi c(u) = Arg(1) - Arg(1+ju) = 0 - arctg(u)$$

On trace les courbes suivantes :







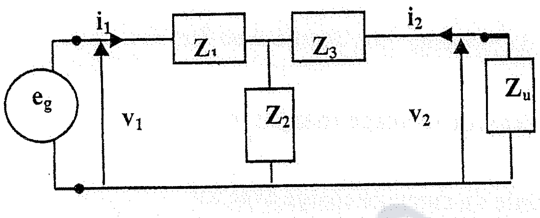


Lorsqu'on prend la sortie du circuit aux bornes de R il se comporte comme un filtre un passe haut, mais si on la prend aux bornes de C, il se comporte comme un filtre un passe bas

En effet : $\lim\limits_{u \to \infty} T_R(u) = 1$ et $\lim\limits_{u \to 0} T_C(u) = 1$

Dans le premier cas le gain prend sa valeur maximale (qui est 1 ou 0dB) pour les hautes fréquences et dans le deuxième cas pour les faibles fréquences.

Exercice N°2 :



1°/ Déterminer en fonction de Z_1, Z_2 et Z_3 sa matrice impédance et sa matrice hybride.

$$V_1 = Z_{11} i_1 + Z_{12} i_2$$
$$V_2 = Z_{21} i_1 + Z_{22} i_2$$

$$Z_{11} = \left.\frac{V_1}{i_1}\right|_{i_2=0} = Z_1 + Z_2$$

$$Z_{22} = \left.\frac{V_2}{i_2}\right|_{i_1=0} = Z_3 + Z_2$$

$$Z_{12} = \left.\frac{V_1}{i_2}\right|_{i_1=0} = Z_2 = Z_{21} = \left.\frac{V_2}{i_1}\right|_{i_2=0}$$

$$(Z) = \begin{bmatrix} Z_1 + Z_2 & Z_2 \\ Z_2 & Z_3 + Z_2 \end{bmatrix}$$

$$V_1 = h_{11} i_1 + h_{12} V_2$$
$$i_2 = h_{21} i_1 + h_{22} V_2$$

$$(H) = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix}$$

$$h_{11} = \left.\frac{V_1}{i_1}\right|_{V_2=0} = Z_1 + Z_2 // Z_3 \ (\Omega)$$

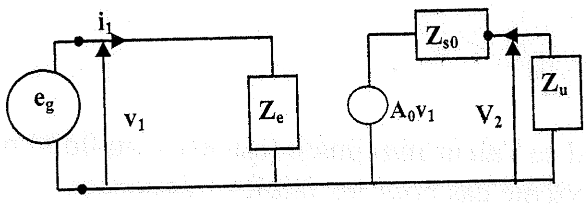
$$h_{12} = \left.\frac{V_1}{V_2}\right|_{i_1=0} = \frac{Z_2}{Z_3 + Z_2}$$

$$h_{21} = \left.\frac{i_2}{i_1}\right|_{V_2=0} = -\frac{\frac{1}{Z_3}}{\frac{1}{Z_3} + \frac{1}{Z_2}} = -\frac{Z_2}{Z_2 + Z_3}$$

$$h_{22} = \left.\frac{i_2}{V_2}\right|_{i_1=0} = Z_2 + Z_3 (\Omega^{-1})$$

2°/ Déterminer l'impédance d'entrée $\mathbf{Z_e}$, de sortie $\mathbf{Z_s}$, le gain en tension $\mathbf{A_v}$ et le gain en courant $\mathbf{A_i}$ du montage en fonction de $\mathbf{Z_1}$, $\mathbf{Z_2}$ et $\mathbf{Z_3}$

Le montage est équivalent au montage suivant



$Z_e = \frac{V_1}{i_1}$: c'est l'impédance d'entrée du montage chargé avec Zu

$A_v = \frac{V_2}{V_1}$: c'est le gain en tension du montage chargé avec Zu

$A_0 = \left.\frac{V_2}{V_1}\right|_{i2=0}$: c'est le gain en tension du montage non chargé avec Zu= $+\infty$

$A_i = \left.\frac{i_2}{i_1}\right|$: c'est le gain en courant du montage chargé avec Zu

$Z_s = \left.\frac{V_2}{i_s}\right|_{V1=0}$: c'est l'impédance de sortie du montage chargé avec Zu

i_s est un courant à injecter à la sortie

$$Z_e = Z_1 + Z_2//(Z_3+Z_u) = Z_1 + \frac{1}{\frac{1}{Z_2}+\frac{1}{Z_3+Z_U}}$$

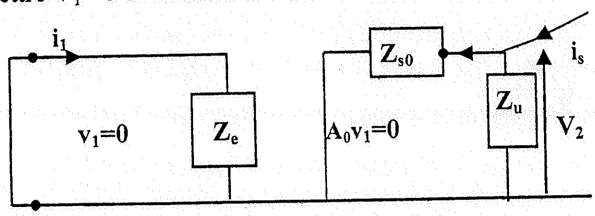
$$A_i = -\frac{\frac{1}{Z_3+Z_U}}{\frac{1}{Z_2}+\frac{1}{Z_3+Z_U}}$$

$$A_v = \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_2}{i2}.\frac{i_2}{i_1}.\frac{i_1}{V_1} = -Z_u.A_i.\frac{1}{Z_e}$$

$$\text{d'où } A_v = -Z_u.\left(-\frac{\frac{1}{Z_3+Z_U}}{\frac{1}{Z_2}+\frac{1}{Z_3+Z_U}}\right).\left(Z_1+\frac{1}{\frac{1}{Z_2}+\frac{1}{Z_3+Z_U}}\right)^{-1} = \frac{1}{Z_1+\frac{1}{\frac{1}{Z_2}+\frac{1}{Z_3+Z_U}}}.\frac{\frac{1}{Z_3+Z_U}}{\frac{1}{Z_2}+\frac{1}{Z_3+Z_U}}.Z_u =$$

$$A_v = \frac{\frac{Z_u}{Z_3+Z_U}}{\frac{Z_1}{Z_2}+\frac{Z_1}{Z_3+Z_U}+1}.$$

Pour calculer Zs on doit mettre $V_1 = 0$ et on introduit un courant is en sortie le montage devient:



$Z_s = Z_u // Z_{s0}$

Z_{s0} est l'impédance de sortie du montage non chargé avec Zu= $+\infty$

$Z_{s0} = Z_3 + Z_1 // Z_2$

d'où $Z_s = (Z_3 + Z_1 // Z_2) // Z_u$

3°/ Sachant que $\mathbf{Z_1}$ est l'impédance d'un condensateur de capacité **C =10nF**, $\mathbf{Z_2}$ est l'impédance d'une bobine d'inductance L= 10mH et $\mathbf{Z_3}$ est une résistance de valeur **R =250Ω** (voir figure), calculer en fonction de la fréquence les valeurs de $\mathbf{Z_e}$, $\mathbf{Z_s}$, $\mathbf{A_v}$ **et** $\mathbf{A_i}$.

$Z_1 = \dfrac{1}{jC\omega}$, $Z_2 = jL\omega$, $Z_3 = R$, $Z_u = R$

$$Z_e = Z_1 + Z_2//(Z_3+Z_u) = Z_1 + \frac{1}{\dfrac{1}{Z_2} + \dfrac{1}{Z_3+Z_U}} = \frac{1}{jC\omega} + \frac{1}{\dfrac{1}{jL\omega} + \dfrac{1}{2R}}$$

$$Z_s = \left(jL\omega // \frac{1}{jC\omega} + R\right)//R = \left(\frac{L}{C}\frac{jC\omega}{1-LC\omega^2} + R\right)//R$$

$$A_i = -\frac{\dfrac{1}{Z_3+Z_U}}{\dfrac{1}{Z_2}+\dfrac{1}{Z_3+Z_U}} = -\frac{\dfrac{1}{2R}}{\dfrac{1}{jL\omega}+\dfrac{1}{2R}} = -\frac{jL\omega}{2R+jL\omega}$$

$$Av = \frac{\dfrac{Zu}{Z_3+Z_U}}{\dfrac{Z_1}{Z_2}+\dfrac{Z_1}{Z_3+Z_U}+1} = \frac{\dfrac{1}{2}}{-\dfrac{1}{LC\omega^2}+\dfrac{1}{2jRC\omega}+1} = \frac{\dfrac{LC\omega^2}{2}}{-1-j\dfrac{L\omega}{2R}+LC\omega^2}$$

4°/ Montrer que le module du gain en tension $|A_V| = \dfrac{u^2}{2(u^2+1)}$ Avec $u = \dfrac{\omega}{\omega_0}$ et $\omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}} = \dfrac{4R}{L}$. Calculer la valeur de u pour laquelle $|A_V| = \dfrac{|A_V|_{max}}{\sqrt{2}} = \dfrac{1}{2\sqrt{2}}$ en déduire la valeur de la fréquence de coupure.

$$Av = \frac{\dfrac{u^2}{2}}{-1+u^2-2ju} \qquad |A_v| = \frac{\dfrac{u^2}{2}}{\left|-1+u^2-2ju\right|} = \frac{\dfrac{u^2}{2}}{\sqrt{\left(-1+u^2\right)^2+4u^2}} = \frac{\dfrac{u^2}{2}}{\left(1+u^2\right)}$$

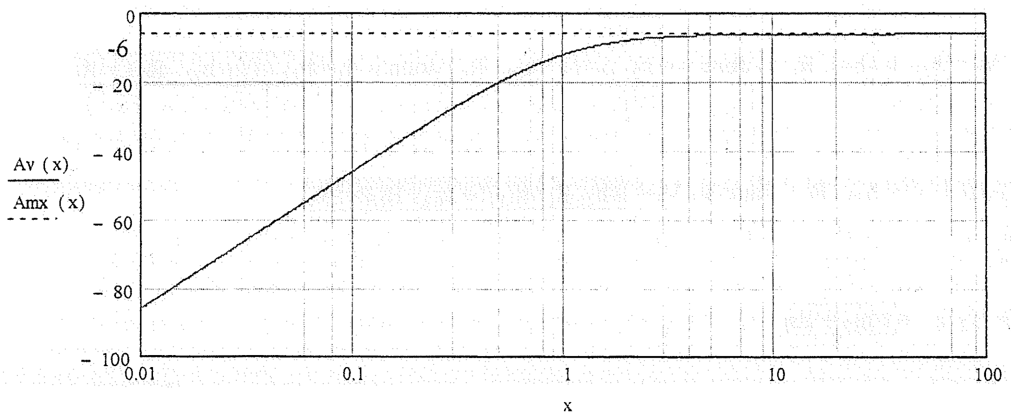
Le gain est maximum, lorsque u tend vers l'infini (passe haut) sa valeur est donc 1/2
A la fréquence de coupure ce gain maximum est atténué de 3 décibels.

$$\frac{\dfrac{u_c^2}{2}}{\left(1+u_c^2\right)} = \frac{1}{2\sqrt{2}} \text{ on doit avoir } u_c^2\sqrt{2} = \left(1+u_c^2\right) \text{ ou encore } u_c = \frac{1}{\sqrt{\sqrt{2}-1}}$$

$= 0,6435 = \dfrac{\omega_c}{\omega_0} = \dfrac{L\omega}{4R}$

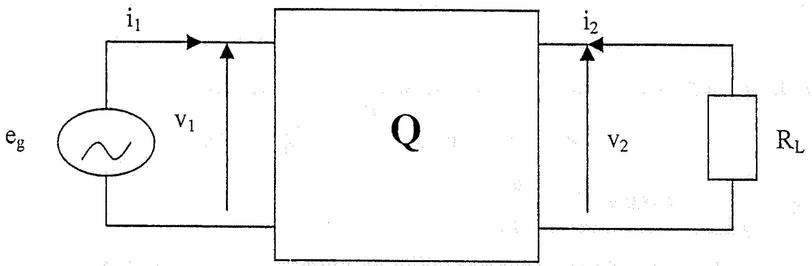
$\omega = 2\pi f = \dfrac{4R}{L} \cdot 0,64$

$f = 1024,3$



Exercice N°3 : Paramètres hybrides

On considère le quadripôle Q définit par ses paramètres hybrides h_{11}=1KΩ, $h_{12} = 0$, h_{21}=200 et $h_{22} = 10^{-4}\Omega^{-1}$. Ce quadripôle est attaqué par une source de tension sinusoïdale e_g de fréquence f et d'impédance interne négligeable. La charge est constituée par une résistance R_L = 1KΩ.



1°/ Faire le schéma du quadripôle en fonction de ses paramètres hybrides.

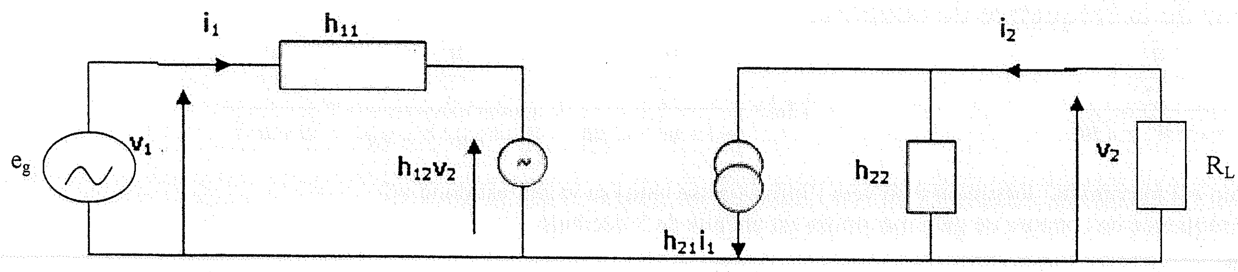
2°/ Déterminer ses gains en tension A_v et en courant A_i et ses impédances d'entrée Z_e et celle de sortie Z_s

3°/ Entre l'entrée et la sortie du quadripôle on place un condensateur de capacité C=10nF. Déterminer en fonction de A_v, C et f, les nouvelles expressions du gain A'_v, et des impédances d'entrée Z'_e et de sortie Z'_s. On posera $\tau_C = \frac{R_L C}{1+R_L h_{22}}(h_{21}-1)$

4°/ En déduire la fréquence de coupure f_c (pour laquelle le gain A_v est atténué de 3 décibels).

5°/ Tracer $\left|A'_V\right|_{db}$ en fonction de la fréquence sur le papier semi-logarithmique.

1°/



2°/ $V_2 = -R_L . i_2$

$V_1 = h_{11} . i_1$

$i_2 = h_{21} . i_1 + h_{22} . V_2 = h_{21} . i_1 - h_{22} . R_L . i_2$ donc $i_2 = h_{21} . i_1 / (1 + h_{22} . R_L)$ donc $i_2 / i_1 = \boxed{h_{21} / (1 + h_{22} . R_L) = A_i}$

$-V_2 / R_L = i_2$

$V_1 / h_{11} = i_1$

$-V_2 / R_L = h_{21} (V_1 / h_{11}) / (1 + h_{22} . R_L)$ donc $V_2/V_1 = \boxed{- h_{21} R_L / h_{11}(1 + h_{22} . R_L) = A_V}$

$\boxed{Ze = V_1 / i_1 = h_{11}}$

$Zs = V_2 / i_2 \big|_{eg = 0}$

$eg = 0 \rightarrow i_1 = 0 \rightarrow V_2 / i_2 = \boxed{1/h_{22} = Zs}$

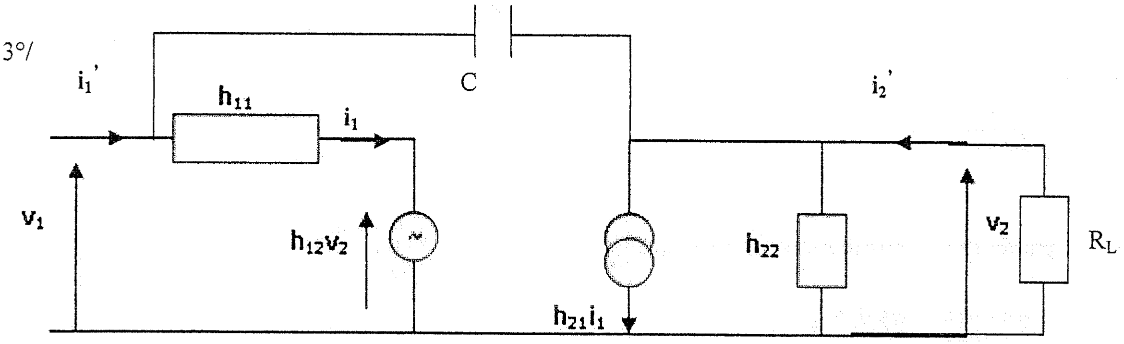
A.N : Ze = 1KΩ

Zs = 10KΩ

Ai= 200/(1,01)=198

Av= -198

3°/



On peut écrire à l'entrée :

$$i_1' + (V_2-V_1)\, jC\omega - V_1/h_{11} = 0 \text{ avec } V_1/h_{11} = i_1 \quad (1)$$

à la sortie :

$$i_2' - h_{22}V_2 - h_{21}i_1 + (V_1-V_2)jC\omega = 0 \text{ avec } V_2 = -R_L.\, i_2' \quad (2)$$

(1) et (2) $\rightarrow$ $\quad i_2' - h_{22}V_2 - h_{21}(V_1/h_{11}) + (V_1-V_2)jC\omega = 0$

On remplace $-V_2/R_L = i_2'$ et on trouve

$$V_2\,(1/R_L + h_{22} + jC\omega) = V_1\,(jC\omega - h_{21}/h_{11})$$

d'où $\quad A_V' = V_2/V_1 = (jC\omega - h_{21}/h_{11})/(1/R_L + h_{22} + jC\omega)$

$$= (jR_L C\omega/(1+R_L h_{22}) - R_L h_{21}/h_{11}(1+R_L h_{22}))\,/(1 + jR_L C\omega/(1+R_L h_{22}))$$

$$= (j\,\tau\omega - R_L h_{21}/h_{11}(1+R_L h_{22}))/(1+j\,\tau\omega) \text{ avec } \tau = R_L\, C/(1+R_L h_{22})$$

$$\boxed{Av' = (j\,\tau\omega + A_v)\,/\,(1+j\,\tau\omega)}.$$

$Ze' = V_1/i_1'$

On remplace dans (1) $V_2 = Av'V_1$

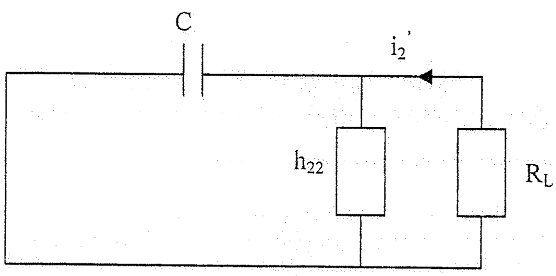
$i_1' + (V_2-V_1)\, jC\omega - V_1/h_{11} = 0 \rightarrow i_1' = V_1(jC\omega(1-Av') + 1/h_{11})$ d'où

$$\boxed{Ze' = 1/\,(jC\omega(1-Av') + 1/h_{11})}.$$

$A_i' = i_2'/i_1' = (i_2'/V_2).\,(V_2/V_1).\,(V_1/i_1') = (-1/R_L).\, Av'.\, Ze'$

$$\boxed{A_i' = -(j\,\tau\omega + A_v)\, h_{11}/\, R_L\,(1 + j\omega(h_{11}C + \tau_C))} \text{ avec } \tau_C = R_L\, C(h_{21}-1)/(1+R_L h_{22})$$

$Zs' = V_2/i_2'$ à $V_1=0 \rightarrow i_1=0$ et le circuit devient :



d'où $\boxed{Zs' = 1/h_{22} + jC\omega}$

$\tau = 9{,}9\mu s$

$\tau_C = 1{,}97ms$

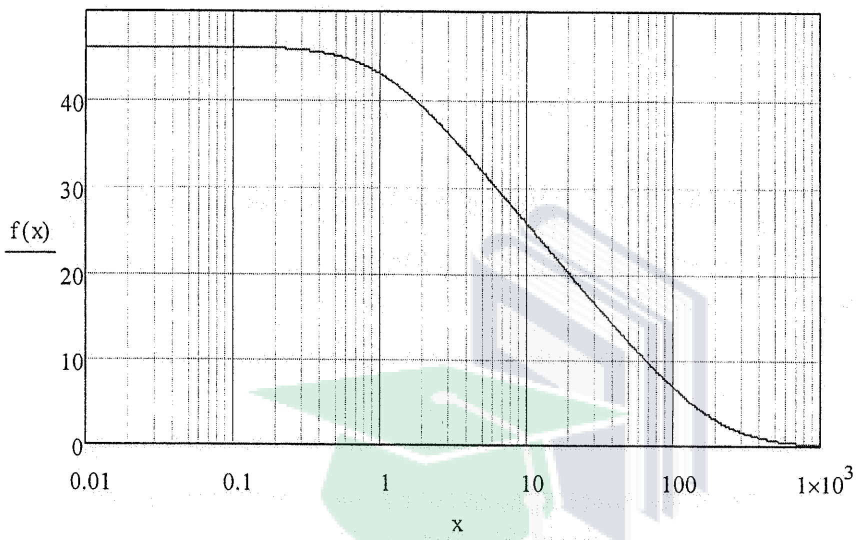
4°/ on pose u = τω à la fréquence de coupure → $|A_v'| = \frac{|A_v + ju|}{|1+ju|} = \frac{|A_v|}{\sqrt{2}}$ d'où $\frac{|A_v|^2}{2} = \frac{|A_v|^2 + u^2}{1+u^2}$

On doit avoir

$u_c = \tau\omega_c = \frac{A_v}{\sqrt{A_v^2 - 2}}$ # 1

5°/ Sur le papier semi logarithmique on trace $|A_v'|_{dB}(u) = 20\log_{10}\left(\frac{\sqrt{A_v^2+u^2}}{\sqrt{u^2+1}}\right)$

u→0 , Av'→Av=198= 45.933dB
u→∞, Av' = 1= 0dB



Correction de la série n°2

Exercice I :

Un semi-conducteur est caractérisé par ses densités d'états d'énergie disponibles dans la bande de valence **N_c** et dans la bande de conduction **N_v** et par son énergie de bande interdite **Eg**.

Déterminer à la température ambiante :

- Sa densité de porteurs intrinsèque **n_i**
- Le type du semi conducteur si le niveau de Fermi est placé à **0.3eV** de la bande de valence
- Les densités des électrons dans la bande de conduction et des trous dans la bande de valence
- Le type et la densité d'atomes d'impuretés
- La conductivité si la mobilité des trous est **$\mu_p = 0.06\ m^2/V.s$**

1- densité de porteurs intrinsèque **n_i :**

$$n_i = \sqrt{N_c N_v}\ \exp-\left(\frac{E_g}{2KT}\right) = 1{,}209.10^{10}cm^{-3}$$

2- Le niveau de Fermi étant placé plus près de la bande de valence car $E_C - E_F = Eg - (E_F - E_V) = 1{,}11-0{,}3=0{,}81eV > E_F-E_V=0{,}3eV$ donc le Semiconducteur est de type P.

3- $n = N_C\ exp\left(\frac{E_F - E_C}{KT}\right)$ *et* $p = N_V\ exp\left(\frac{E_V - E_F}{KT}\right)$

A.N : $n = 2{,}5.10^{19} exp-\dfrac{0{,}81.1{,}6.10^{-19}}{1{,}38.10^{-23}.300} = 6{,}37.10^5cm^{-3}$ et $p = 2{,}5.10^{19} exp-\dfrac{0{,}3.1{,}6.10^{-19}}{1{,}38.10^{-23}.300} = 2{,}297.10^{14}cm^{-3}$

Ce resultat peut aussi être obtenu à l'aide de la loi de masse $n\ .\ p = n_i^2$ d'où $p= n_i^2/n = 2{,}297.10^{14}cm^{-3}$

4- Le semiconducteur est donc de type P, on voit que la densité des trous est très grande par rapport à celle des électrons. Puisqu'on a introduit des atomes initialement neutres dans le semiconducyeur neutre, La conservation de la neutralité électrique impose:

$$-q\ n + q\ p = q\ N_A$$

d'où $N_A \approx$ p $= 2{,}297.10^{14}\ cm^{-3} = 2{,}297.10^{14}.10^6 = 2{,}297.10^{20}\ m^{-3}$

5- La conductivité est donnée par : $\sigma = q(n\mu_n + p\mu_p)$

$\sigma \approx \sigma_P \approx q(N_A \mu_p)$

A.N : $\sigma = 1{,}6.10^{-19}.\ 2{,}297.10^{20}.0{,}06 = 2{,}2\ S.m^{-1} = 2{,}2\ \Omega^{-1}.m^{-1}$

Exercice II :

1) 1°/ $U = R.I = \frac{1}{\sigma}\frac{L}{s}.I$ donc $\sigma = \frac{1}{U}\frac{L}{s}.I = \frac{1}{5}\frac{2.10^{-2}}{10^{-7}}.10^{-3} = 4\Omega^{-1}m^{-1}$

2°/ Le SC est de type N donc $\sigma \approx \sigma_N \approx q(N_D \mu_n)$

Correction de la série n°2

Exercice I :

1- densité de porteurs intrinsèque n_i :

$$\mathbf{n_i = \sqrt{N_c N_v}\,exp-\left(\frac{E_g}{2KT}\right)} = 1{,}209.10^{10}cm^{-3}$$

2- Le niveau de Fermi étant placé plus près de la bande de valence car E_C- E_F = Eg – (E_F-E_V) = 1,11-0,3=0,81eV > E_F-E_V=0,3eV donc le Semiconducteur est de type P.

3- $\boxed{n = N_C\,exp\left(\frac{E_F - E_C}{KT}\right)}$ *et* $\boxed{p = N_V\,exp\left(\frac{E_V - E_F}{KT}\right)}$

A.N : $\boxed{n = 2{,}5.10^{19}exp-\frac{0{,}81.1{,}6.10^{-19}}{\mathbf{1{,}38.10^{-23}}.300} = 6{,}37.10^{5}cm^{-3}}$ et $\boxed{p = 2{,}5.10^{19}exp-\frac{0{,}3.1{,}6.10^{-19}}{\mathbf{1{,}38.10^{-23}}.300} = 2{,}297.10^{14}cm^{-3}}$

Ce resultat peut aussi être obtenu à l'aide de la loi de masse n . p = n_i^2 d'où p= n_i^2/n = $2{,}297.10^{14}cm^{-3}$

4- Le semiconducteur est donc de type P, on voit que la densité des trous est très grande par rapport à celle des électrons. Puisqu'on a introduit des atomes initialement neutres dans le semiconducyeur neutre, La conservation de la neutralité électrique impose:

$$\mathbf{-q\ n + q\ p = q\ N_A}$$

d'où $N_A \approx p = 2{,}297.10^{14}\ cm^{-3} = 2{,}297.10^{14}.10^{6} = 2{,}297.10^{20}\ m^{-3}$

5- La conductivité est donnée par : $\sigma = q(n\mu_n + p\mu_p)$

$\sigma \approx \sigma_P \approx q(N_A\mu_p)$

A.N : $\sigma = 1{,}6.10^{-19}.\ 2{,}297.10^{20}.0{,}06 = 2{,}2\ S.m^{-1} = 2{,}2\ \Omega^{-1}.m^{-1}$

Exercice II :

1) 1°/ U = R.I = $\frac{1}{\sigma}\frac{L}{s}.I$ donc $\boxed{\sigma = \frac{1}{U}\frac{L}{s}.I = \frac{1}{5}\frac{2.10^{-2}}{10^{-7}}.10^{-3} = 4\Omega^{-1}m^{-1}}$

2°/ Le SC est de type N donc $\sigma \approx \sigma_N \approx q(N_D\mu_n)$

donc $\boxed{n \approx N_D = \frac{\sigma}{q\mu_n} = \frac{4}{1{,}6.10^{-19}0{,}15} = 1{,}666.10^{20}m^{-3}}$ et par conséquent d'où

$$\boxed{p = n_i^2/n = (1{,}1.10^{16})^2/1{,}666.10^{20} = 7{,}26.10^{11}m^{-3}}$$

3°/ n=N_C exp((E_F-E_C) / kT) donc $\boxed{E_C - E_F = kT.Ln(N_C/n) = 25{,}875.10^{-3}.ln(N_C/n) = 0{,}308eV}$

2) A T = 400K

$$\boxed{N_C(400K) = N_V(400K) = N_C(300K).\left(\frac{400}{300}\right)^{3/2} = 3{,}849.10^{25}m^{-3}}.$$

3)1°/ $\boxed{n_i' = \sqrt{N_c' N_v'}\ \exp-\left(\frac{E_g}{2KT'}\right) = 3,849.10^{25}\ \exp-\left(\frac{1,11.1,6.10^{-19}}{2.1,38.10^{-23}.400'}\right) = 3,97.10^{18} m^{-3}}$

2°/ N_D étant la densité des atomes d'impuretés : $N_D = 1,666.10^{20} m^{-3}$

$$-q\,n' + q\,p' = -q\,N_D$$

$$n' = \frac{N_D + \sqrt{N_D^2 + 4n_i'^2}}{2}$$

$$\boxed{n' = 166,68.\ 10^{18} m^{-3}}$$

$$\boxed{p' = 9,455.\ 10^{16} m^{-3}}$$

lorsque T augmente le nombre de minoritaires s'approche de celui des majoritaires

3°/ $E_C - E_F' = kT'.\ Ln(N_C'/n') = k.400.Ln(N_C(400K)/\ 166,68.\ 10^{18})$

$$\boxed{E_C - E_F' = 25,875.10^{-3}.1.333.\ Ln(3,849.10^{25}/166,68.\ 10^{18}) = 0,426eV}$$

$$\boxed{\sigma' \approx q n' \mu_n \left(\frac{T}{T0}\right)^{-\frac{3}{2}} = 1,6.10^{-19}\ 1,668\ .10^{20}.0,15\ \left(\frac{400}{300}\right)^{-\frac{3}{2}} = 2,6\,\Omega^{-1} m^{-1}}$$

Exercice III

$N_D = 10^{18} m^{-3}$

$N_A = 10^{21} m^{-3}$

$$p_N = \frac{n_i^2}{N_D} = \frac{1,209^2.10^{20}}{10^{12}} = 1,46.10^{8}\ cm^{-3}$$

$$n_P = \frac{n_i^2}{N_A} = \frac{1,209^2.10^{20}}{10^{15}} = 1,46.10^{5}\ cm^{-3}$$

$$I_s = Sq\left(\frac{D_p p_N}{L_p} + \frac{D_n n_P}{L_n}\right)$$

$Dp = 0,06.25,875.10^{-3} = 1,55.10^{-3}\ m^2/s$

$Dn = 0,15.25,875.10^{-3} = 3,88.10^{-3}\ m^2/s$

$Lp = \sqrt{D_p \tau} = \sqrt{1,55.10^{-9}} = 39,37.10^{-6}\ m$

$$I_s = 10^{-6}.1,6.10^{-19}.\left(\frac{1,55.1,46.10^{11}}{39,37.10^{-6}} + \frac{3,88.1,46.10^{8}}{62,23.10^{-6}}\right) = 9,2.10^{-10}\ A$$

2/ $E = V_D + R.I_D$

$I_D = Is.(\exp(V_D/U_T)-1) = 10mA$

$$V_D = U_T.Ln\left(\frac{I_s + I_D}{I_s}\right) = 0,419\ V$$

$$R = \left(\frac{E - V_D}{I_D}\right) = 958\ \Omega$$

3/ **<u>A 400K</u>**

$n_i' = 3,97.10^{18} m^{-3}$ d'après l'exercice 2 d'où

$$p_N = \frac{n_i^2}{N_D} = \frac{3{,}97^2.10^{36}}{10^{18}} = 15{,}76.10^{18}\,m^{-3}$$

$$n_P = \frac{n_i^2}{N_A} = \frac{3{,}97^2.10^{36}}{10^{21}} = 15{,}76.10^{15}\,cm^{-3}$$

$$U_T = \frac{1{,}38.10^{-23}.400}{1{,}6.10^{-19}} = 34{,}5\,mV$$

Dp = 0,06.34,5.10^{-3}=2,07.10^{-3} m^2/s

Dn= 0,15.34,5.10^{-3}= 5,175.10^{-3} m^2/s

Lp= $\sqrt{D_p\tau} = \sqrt{2{,}07.10^{-9}} = 45{,}49.10^{-6}\,m$

Ln =$\sqrt{D_n\tau} = \sqrt{5{,}175.10^{-9}} = 71{,}93.10^{-6}\,m$

$$I_S = 10^{-6}.1{,}6.10^{-19}.\left(\frac{15{,}76.2{,}07.10^{15}}{45{,}49.10^{-6}} + \frac{5{,}175.15{,}76.10^{12}}{71{,}93.10^{-6}}\right) = 1{,}14.10^{-4}\,A$$

$$V_D = U_T.Ln\left(\frac{I_s + I_D}{I_s}\right) = 0{,}154\,V$$

$$R = \left(\frac{E - V_D}{I_D}\right) = 984\ \Omega$$

$I_D' = 10{,}2528\ mA$ $\quad$ ($R = cte = 958\,\Omega$)

$V_D' = 0{,}178\,V$

$V_R' = R\,I_D' = 958 \times 10{,}2528 = 9{,}822\,V$

$$\frac{\Delta V_D}{\Delta T} = \frac{0{,}178 - 0{,}419}{400 - 300} = -0{,}0024\ V/°C$$

Université Chouaib Doukkali
Faculté des Sciences d'El Jadida
Département de Physique

Année Universitaire 2014/15

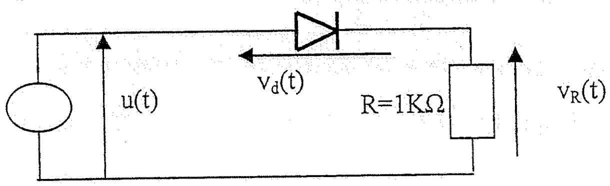
Filière SMP, Semestre 4

Correction de travaux dirigés d'électronique

Série N°3

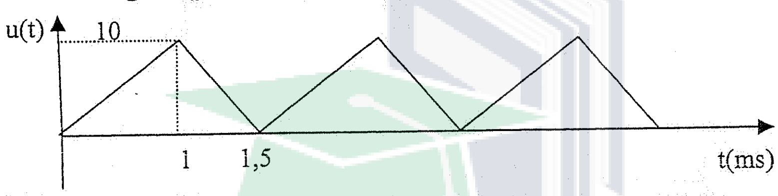
Exercice I :

Une diode P^+N est modélisée lorsqu'elle est passante par un générateur de tension de f.e.m $V_d = 0.6V$ en série avec une résistance de valeur $r_d = 50\Omega$, et par une résistance infinie lorsqu'elle est bloquée, cette diode est utilisée dans le circuit suivant :



- Déterminer dans chacun des cas suivants :

1. u(t) est un signal périodique comme représenté ci-après :



- Les tensions $v_d(t)$ et $v_R(t)$, la tension V_R maximale dans le régime passant, les durées de blocage t_B et de conduction t_C de la diode et le rapport de la valeur moyenne et efficace de $v_R(t)$.

Le seuil de la diode étant 0,6V. La diode passe de l'état bloquée à l'état passante si la tension u(t) dépasse 0,6V.

- u(t) < 0,6V → diode bloquée → Id = 0A → VR = Rid = 0V la lois des maille impose u(t) = Vd(t)+VR(t) donc Vd(t) = u(t)
- u(t) > 0,6V → diode conduit → Vd(t) =0,6 +rd.Id(t) et

VR(t) = u(t) - Vd(t) = R.Id(t)

- Pour 0 < t < 1ms : u(t) = a.t avec t en ms avec a = 10V/ms

* Pour 0< t < t_0 → u(t) < 0,6V → diode bloquée → $V_R(t)$ = 0V et Vd(t) = u(t)

*A t = t_0: u(t_0) = 0,6V=10.t_0 = Vd (t_0) et t_0 = 0.06ms

* A t > t0 : 0,6 +rd.Id(t) + R.Id(t) = a.t → $I_d(t) = (\frac{a.t - 0,6}{rd + R})$

$$V_R(t) = R.(\frac{a.t - 0,6}{rd + R}) = 9,52.t - 0,57$$

et $V_d(t) = at - R(\frac{a.t - 0,6}{rd + R}) = 0,6 + r.(\frac{a.t - 0,6}{rd + R}) = 0,48.t + 0,57$

- A t = 1ms: $V_R(1) = 9,52.1 - 0,57 = 8,95\,V$

et $V_d(1) = 0,48.1 + 0,57 = 1,05\,V$

- Pour 1ms < t < 1,5ms

u(t) = a'.t + b avec u(1)= a' + b=10 et u(1,5) = a'.1,5 + b=0

d'où : a' =10 – b et (10 – b).1,5+b=0→ 15-0,5b=0→ b=30 et a'=-20

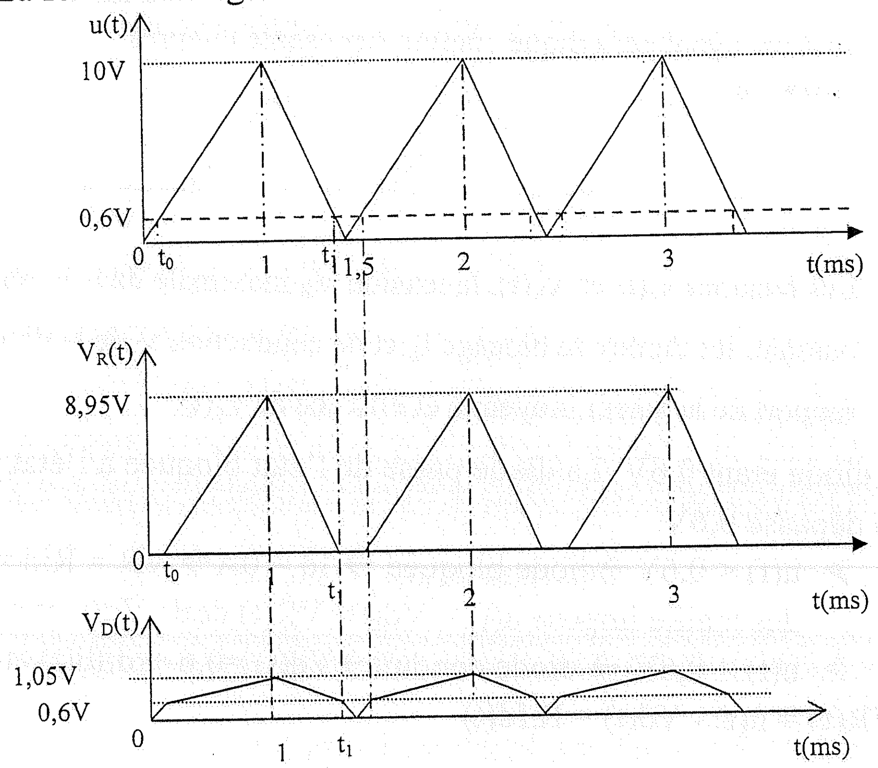
u(t) = -20.t + 30

$$V_R(t) = R.(\frac{-20.t + 30 - 0,6}{rd + R}) = -19,05.t + 28$$

$$V_d(t) = -20.t + 30 + 19,05.t - 28 = -0,95.t + 2$$

A t = t_1, $V_d(t_1)$ = 0,6V et $V_R(t_1)$ = 0V → t_1=1,47ms

La forme des signaux obtenus aux bornes de R et de D est :



Le temps de blocage est t_B = T-t_1 +t_0=0,03+0,06=0,09ms

La durée de conduction est t_C = t_1-t_0 = 1,41ms

- La valeur moyenne est défini par:

$$V_{Rmoy} = \frac{1}{T}\int_0^T V_R(t)dt = \frac{1}{T}\left[\int_{t0}^{1}(9,52.t - 0,57)dt + \int_{1}^{t1}(-19,05t + 28)dt\right] = 4,21V$$

$$V_{Reff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T (V_R(t))^2\,dt} = \sqrt{\frac{1}{T}\left[\int_{t0}^{1}(9{,}52.t-0{,}57)^2\,dt + \int_{1}^{t1}(-19{,}05t+28)^2\,dt\right]} = 5V$$

$$\frac{V_{Reff}}{V_{Rmoy}} = \frac{5}{4.21} = 1{,}187 = F$$

Cas sinusoidale:

$u(t) = 10\sin 2\pi ft$

On distingue 2 zones:

* $u(t) < 0{,}6V \rightarrow Id(t) = 0A$, diode bloquée donc $VR(t) = R.Id(t) = 0V$ et $Vd(t) = u(t) = 10\sin 2\pi ft$
* $u(t) > 0{,}6V \rightarrow$ diode conductrice, $0{,}6 + rd.Id(t) + R.Id(t) = 10\sin 2\pi ft$

$$\frac{10.\sin 2\pi ft - 0{,}6}{r_d + R} = Id(t)$$

$$V_R(t) = R.\frac{10.\sin 2\pi ft - 0{,}6}{r_d + R}$$

$$Vd(t) = 10.\sin 2\pi ft - R.\frac{10.\sin 2\pi ft - 0{,}6}{r_d + R}$$

* Pour $t = t_0$: $u(t_0) = 10.\sin 2\pi ft_0 = 0{,}6V$

$$t_0 = \frac{1}{2\pi f}\arcsin\left(\frac{0{,}6}{10}\right) = 9{,}55\mu s$$

On appelle $\Theta_0 = 2\pi ft_0$ angle d'ouverture

V_{Rmax} est obtenue pour $2\pi ft = \frac{\pi}{2}$ donc $V_{Rmax} = R.\frac{10-0{,}6}{r_d + R} = 8{,}95V$

$V_{dmax} = 10 - 8{,}95 = 1{,}05V$

La durée de conduction est $t_C = T/2 - 2.t_0 = 0{,}5 - 2.(0{,}00955) = 0{,}4809ms$

La durée de blocage est $t_B = T - t_C = 1 - 0{,}4809 = 0{,}5191ms$

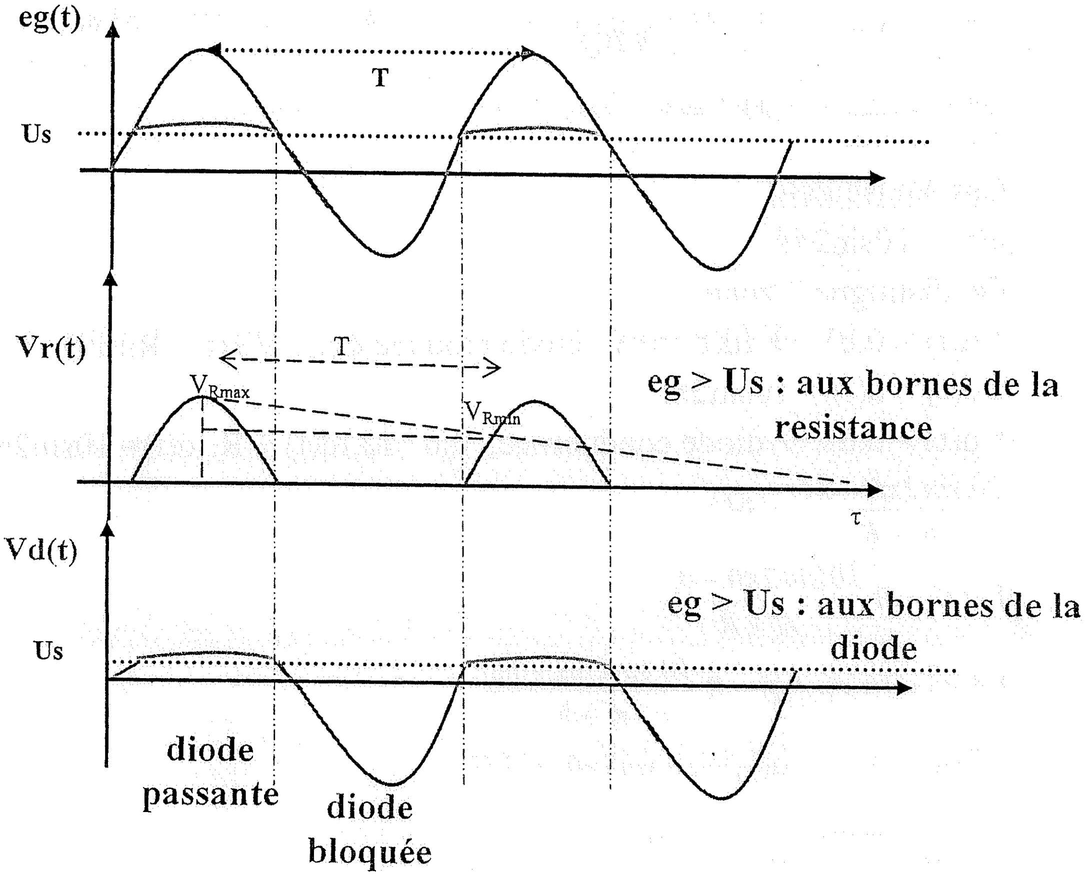
$$V_{Rmoy} = \frac{1}{T}\int_0^T V_R(t)dt = \frac{1}{2\pi}\left[\int_{\theta_0}^{\pi-\theta_0}\frac{R}{R+rd}(10.\sin\theta - 0{,}6)d\theta\right]$$

$$\frac{1}{T}\int_0^T V_R(t)dt = \frac{1}{2\pi}\left[\int_{\theta_0}^{\pi-\theta_0}(9{,}52.\sin\theta - 0{,}571)d\theta\right] = 2{,}755V$$

$$V_{Reff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T V_R(t)^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\left[\int_{\theta_0}^{\pi-\theta_0}[9{,}52.\sin\theta - 0{,}571)]^2 d\theta\right]} = 4{,}7V$$

$\Theta_0 = 0{,}06rad$

$$\frac{V_{Reff}}{V_{Rmoy}} = \frac{4{,}7}{2{,}755} = 1{,}705 = F$$



Lorsqu'on branche en parallèle la capacité C avec la résistance. $V_R(t)$ atteint son maximum V_{Rmax} à l'instant T/4 et le condensateur garde sa charge alors que la tension u(t) diminue, la tension aux bornes de la diode devient négative elle devient bloquée. La capacité se décharge à travers à la résistance. Si on considère que à l'instant initial $Vr(t_i) = V_{rmax}$

$V_R(t) = V_{Rmax}.\ \exp(t-T/4)/\tau$ à un instant t_1,

$$V_R(t_1) = R.\frac{10.\sin(2\pi f t_1) - 0{,}6}{r_d + R} = V_{R\,max}\exp-\left(\frac{(t_1 - \frac{T}{4})}{\tau}\right)$$ on trouve t_1=1.167ms

$V_R(1.167)$=7.7V=V_{Rmin}

$$\eta = \frac{V_{R\,max} - V_{R\,min}}{V_{R\,max}} = \frac{8.95 - 7.7}{8.95} = 14{,}4\%$$

méthode approximative:

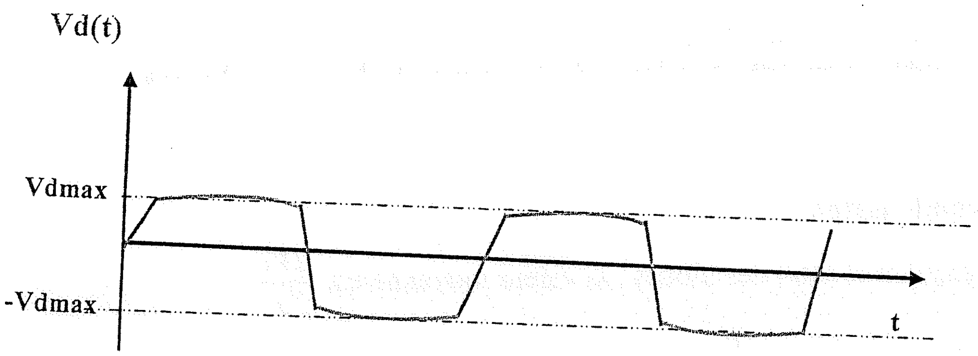
$$\eta = \frac{V_{R\,max} - V_{R\,min}}{V_{R\,max}} = \frac{T}{\tau} = 16{,}6\%$$

F= $\sqrt{1+\eta^2}$ =1.013

Dans les deux cas, lorsque u(t) est < à 0,6V la diode est bloquée et VR(t) =0V et Vd(t) = u(t)

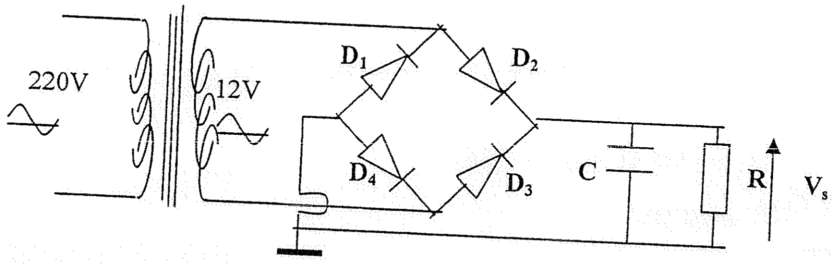
Exercice II: Ce montage est appelé limiteur, puisque la tension de sortie est limitée entre Vdmax et –Vdmax

Puisqu'on a les mêmes valeurs de l'exercice I, Vdmax est 1.05V



Exercice III Une alimentation stabilisée est constituée d'un transformateur 220V/12V(50Hz), d'un pont de diodes, d'un condensateur C = 10µF, d'une résistance R=1K Ω

1.



Sans condensateur :

L'alternance positive parcourt D2 passe par la résistance puis parcourt D4.
L'alternance négative parcourt D3 passe par la résistance dans le même sens que précédemment puis parcourt D1.

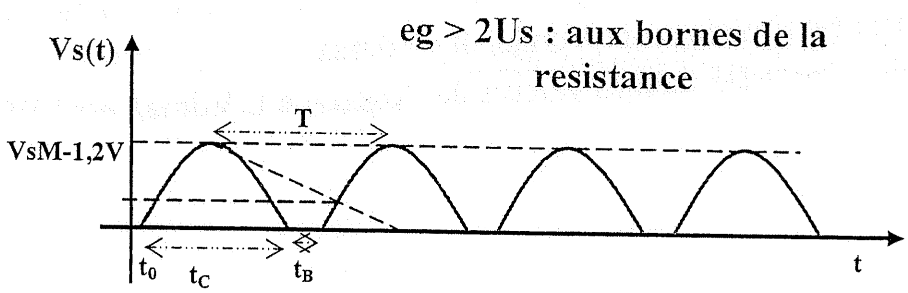
On obtient donc aux bornes de R les deux alternances dans le même sens.
L'amplitude des alternances est diminuée de 2.Us = 2.0,6=1,2V. Les 12V au secondaire du transformateur sont efficaces. Donc VsM = $12*\sqrt{2}$ -1,2= 15,77V
La durée de blocage t_B est diminuée par rapport à la simple alternance. La fréquence est doublée.

Le temps d'ouverture t_0 est telle que :
$12*\sqrt{2}\sin(100\pi t_0)=1{,}2$ d'où $t_0 = 225{,}3\mu s$
et $t_B = 2*\ t_0 = 450{,}6\mu s$ et $t_C = T\text{-}t_B = 10 - 0{,}45 = 9{,}55ms$

Avec le condensateur :

Lorsque la tension arrive à VsM à l'instant T/2 et le condensateur garde sa charge alors que la tension u(t) diminue, la tension aux bornes des diodes devient négative elles deviennent bloquées. La capacité se décharge à travers à la résistance.

2.



Sans condensateur

En négligeant le seuil des diodes : la valeur moyenne est $\frac{2.V_{sM}}{\pi}$

et la valeur efficace est $\frac{V_{sM}}{\sqrt{2}}$

Avec condensateur :

On ne peut pas utiliser la méthode approximative puisque la valeur de τ est voisine de la période du signal :

On écrit alors la relation :

$$-VsM.\sin(100.\pi.t_1) + 1{,}2 = (VsM-1{,}2).\exp(-(t_1-T/2)/\tau)$$

On trouve t_1= 11,827ms et V_{smin} =7,362V

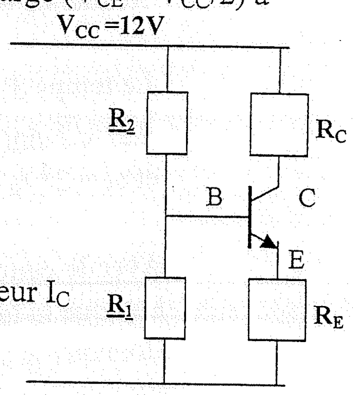
$$\eta = \frac{V_{s\,max} - V_{s\,min}}{V_{s\,max}} = 49{,}5\%$$

Le facteur de forme est égale à F = $\sqrt{1+\eta^2}$ =1,116

Ce taux important est dû à la fréquence qui reste faible par rapport au cas précédent. Le montage double alternance avec un transformateur à point milieu utilise deux diodes seulement, le seuil est donc celui d'une seule diode par alternance, le temps de blocage est : t_B= t_0 et celui de conduction est t_C= T- t_0. L'amplitude de la tension fournie par le secondaire est divisée par 2.

Exercice IV :

On souhaite polariser un transistor NPN au milieu de sa droite de charge ($V_{CE} = V_{CC}/2$) à l'aide des résistances R_1, R_2, R_C et R_E.



Sachant que le gain en courant statique dans cette zone de fonctionnement est β = 200, la jonction base-émetteur possède un courant de saturation <u>**$I_{SE} = 10^{-13}$A**</u> et la différence de potentiel à ses bornes est V_{BE} = 0.64V.

1. Déterminer les valeurs des courants de base I_B et de collecteur I_C

Le courant de base est calculé à l'aide de la relation du courant de diode de la jonction base – émetteur $I_E = I_{sE}.(exp\left(\frac{V_{BE}}{U_T}\right) - 1) = 5{,}52mA$ (U_T=25.875mV)

$I_C = \alpha.I_E = \left(\frac{\beta}{\beta+1}\right).I_E = \frac{200}{201}.5{,}52 = 5{,}492mA$

$I_B = \left(\frac{I_C}{\beta}\right) = \frac{54{,}92}{200} = 27{,}46\,\mu A$

2. En remplaçant, aux bornes de V_B, le pont R_1 et R_2 par le générateur de thevenin équivalent E_{th} en série avec sa résistance équivalente R_{th}. On obtient le circuit suivant :

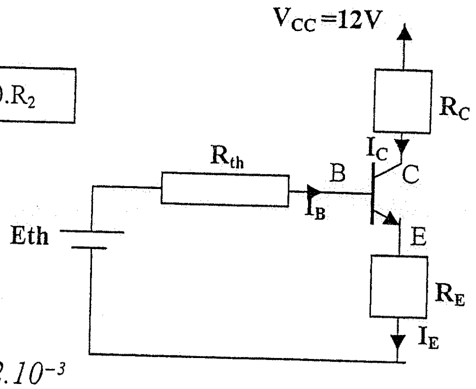
E_{th}

$$E_{th} = \frac{R_1.V_{CC}}{R_2 + R_1} = \frac{10.12}{11} = 10{,}9V$$

$\boxed{R_1 = 10.R_2}$

$$R_{th} = \frac{R_2.R_1}{R_2 + R_1} = \frac{R_1}{11}$$

$\boxed{R_E = 100\Omega}$



Dans la maille :

$$E_{th} - R_{th}.I_B - V_{BE} = R_E.I_E$$

D'où $10{,}9 - \frac{R_1}{11}.0{,}274.10^{-4} - 0{,}64 = 100.5{,}52.10^{-3}$

$$R_1 = \frac{(10{,}9 - 0{,}552 - 0{,}64).11}{0{,}274.10^{-4}} = 3{,}9M\Omega,$$ Donc $R_2 = 390K\Omega$

$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E$ d'où $R_C = \frac{(12 - 0{,}552 - 6)}{5{,}492.10^{-3}} = 1K\Omega$

3. On réecrit l'équation de la maille au niveau de la base en tenant compte de I_{CB0}

$$E_{th} - R_{th}.I_B - V_{BE} = R_E.(\beta+1).(I_B + I_{CB0})$$

$$I_C = (\beta+1).(I_{CB0}) + \beta.I_B \rightarrow I_B = \frac{I_C}{\beta} - \frac{(\beta+1)}{\beta}.(I_{CB0})$$

$$E_{th} - V_{BE} = (R_E.(\beta+1) + R_{th}).I_B + R_E.(\beta+1)I_{CB0}$$

$$E_{th} - V_{BE} = (R_E.(\beta+1) + R_{th}).(\frac{I_C}{\beta} - \frac{(\beta+1)}{\beta}.(I_{CB0})) + R_E.(\beta+1)I_{CB0}$$

$$(R_E. + \frac{R_{th}}{(\beta+1)}).\Delta I_C = (R_E. + R_{th}).\Delta I_{CB0}$$

$$\frac{\Delta I_C}{\Delta I_{CB0}} = \frac{(R_E. + R_{th})}{(R_E. + \frac{R_{th}}{(\beta+1)})}.$$

$R_{th} = 355K\Omega.$

$$\frac{\Delta I_C}{\Delta I_{CB0}} = \frac{(0{,}100 + 355)}{(0{,}100 + \frac{355}{(201)})} = 190.$$

Sans R_E on aurait ce rapport = $\beta+1=201$, Donc R_E diminue ce rapport, elle participe à la stabilisation de la température