

TRAVAUX DIRIGES D'ELECTRONIQUE ANALOGIQUE
1^{ère} année ENSPM

<u>PREAMBULE : TEST DE RENTREE (09/2002)</u>	<u>2</u>
<u>TD 1 ETUDE DE CIRCUITS SIMPLES</u>	<u>6</u>
<u>TD 2 TRANSISTOR EN REGIME STATIQUE/ DYNAMIQUE</u>	<u>8</u>
<u>TD 3 TRANSISTOR EN COMMUTATION</u>	<u>10</u>
<u>TD 4 MONTAGE A AMPLIFICATEURS OPERATIONNELS</u>	<u>12</u>
<u>TD 5 MONTAGES NON LINEAIRES</u>	<u>14</u>
<u>TD6 OSCILLATEUR COMMANDE EN COURANT</u>	<u>16</u>
<u>ANNEXE 1 : EPREUVE DE FEVRIER 2002</u>	<u>20</u>
<u>ANNEXE 2 : EPREUVE DE SEPTEMBRE 2002</u>	<u>24</u>

PREAMBULE : TEST DE RENTREE (09/2002)
sans document, sans calculatrice – 2 heures

Nota : Les 5 parties sont indépendantes

Toute réponse non justifiée (schéma et/ou raisonnement explicite) sera comptée comme fausse.

Barème

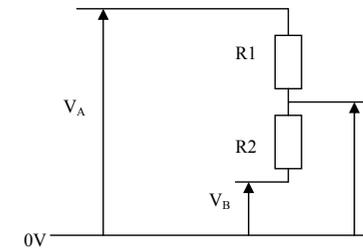
1. 2 pts (4 pts si les bonnes réponses sont appliquées à la copie)
2. 5 pts
3. 5 pts
4. 4 pts
5. 4 pts

I- QCM dont le contenu n'est pas à prendre qu'au second degré....

1. Lors d'un examen, si un élève ne connaît pas la réponse, il vaut mieux que :

- a) Il ne réponde rien
- b) Il recopie la question, on ne sait jamais, ça peut rapporter quelques dixièmes de points.
- c) Il donne une réponse qu'il sait pertinemment fausse, histoire d'énerver le correcteur.

2. Pour calculer le potentiel V correspondant à la figure, quelle méthode est préférable :



- a) La loi des nœuds, voire un simple pont diviseur, et la réponse sera trouvée en une ligne
- b) Millmann, au moins, si au bout de 15 lignes de calcul on ne fait pas d'erreur, on peut espérer trouver la solution.
- c) Toujours Millmann, et après une heure de calcul, même si la solution trouvée n'est pas homogène, on s'en fiche, ça montre qu'on a cherché (cf réponse 1.c.).

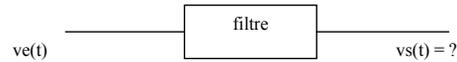
3. Le théorème de superposition est utile :

- a) Pour trouver un résultat juste en une ligne de calcul alors qu'avec Millmann on s'en sort pas...
- b) Pour épater le correcteur.
- c) Ça sert à rien.

II. Réponse à un filtre linéaire /diagramme de Bode

II. – A

On considère un filtre linéaire caractérisé par sa fonction de transfert $H(j\omega)$.

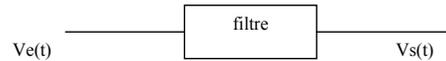


Que vaut la tension de sortie $v_s(t)$ dans chacun de ces 3 cas :

1. $v_e(t) = E_1 \sin(\omega_1 t)$
2. $v_e(t) = E_1 \sin(\omega_1 t) + E_2 \sin(\omega_2 t)$
3. $v_e(t)$ est un signal carré de fréquence f_0 de niveau bas 0 V et de niveau haut + E.

II – B

On considère un filtre linéaire caractérisé par sa fonction de transfert $H(j\omega)$



1. Expliciter (définition des axes horizontaux et verticaux) le diagramme de Bode en amplitude et en phase.
2. Tracer le diagramme de Bode **asymptotique** en amplitude de la fonction $H(j\omega) = 1 + j\omega / \omega_1$

3. Idem $H(j\omega) = \frac{1}{(1 + j\omega / \omega_2)}$

4. Idem $H(j\omega) = \frac{1 + j\omega / \omega_1}{(1 + j\omega / \omega_2)}$ avec $\omega_2 > \omega_1$

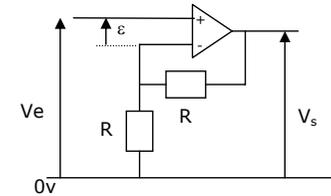
5. Idem $H(j\omega) = G_0 \frac{j\omega / \omega_1}{(1 + j\omega / \omega_1)(1 + j\omega / \omega_2)}$ avec $\omega_2 > \omega_1$

III. Etude d'un AOP

A. Soit le montage schématisé ci-dessous.

L'amplificateur opérationnel (AOP) est alimenté en +E / -E (non représenté sur le schéma) avec $E \approx 15$ V

Les deux entrées de l'AOP inverseuse et non inverseuse sont notées sur le schéma + et - .

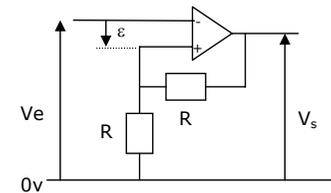


1. Connaissez vous le nom usuellement donné à ce montage ?

2. Dessinez $\varepsilon(t) = V_+ - V_-$ et $V_s(t)$ pour

- a) $V_e(t) = E \sin(\omega t) / 10$
- b) $V_e(t) = E \sin(\omega t)$

B - On inverse les entrées + et - de l'AOP



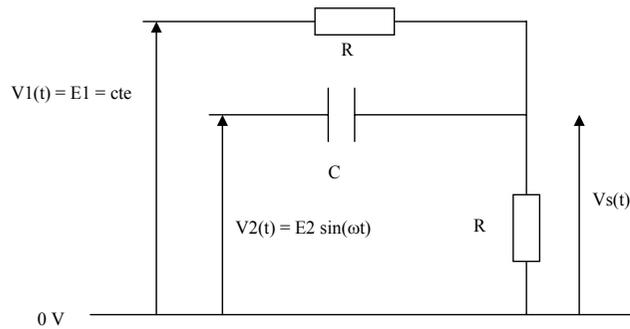
1. connaissez vous le nom de ce montage ?

2. Dessinez $\varepsilon(t) = V_+ - V_-$ et $V_s(t)$ pour

- a) $V_e(t) = E \sin(\omega t) / 10$
- b) $V_e(t) = E \sin(\omega t)$

IV. Un (petit) calcul de type ingénieur (non guidé...)

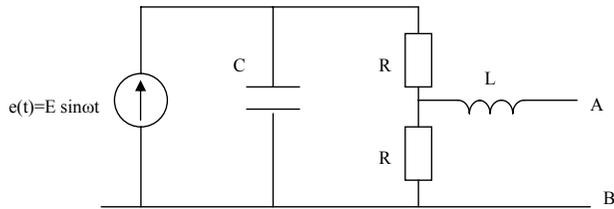
Soit le montage schématisé ci-dessous.



Donnez l'expression de Vs (t) en régime permanent.

V. – Application du théorème de Thévenin

Soit le montage schématisé ci-dessous.



Quelle sont les bonnes expressions des éléments du générateur de Thévenin vu des points A et B ?

$$e_{th}(t) = \begin{matrix} E \sin(\omega t) / 2 ; & E \exp(-t / 2RC) ; & E \sin(t / \sqrt{LC}) ; & \text{autre (à définir)} \end{matrix}$$

$$Z_{th} = \begin{matrix} \frac{2R + jL\omega}{1 + jRC\omega} ; & R / 2 + jL\omega ; & \frac{2R}{1 + jRC\omega} ; & \text{autre (à définir)} \end{matrix}$$

TD 1 ETUDE DE CIRCUITS SIMPLES

1. Rappels sur les circuits linéaires

Le circuit est schématisé figure 1, il est constitué d'un couple de dipôles linéaires passifs Z_1 et Z_2 de premier ordre et alimenté par un générateur de tension dont la tension à vide est $E(t)$ et la résistance interne est R_G . $E(t)$ est la superposition d'une tension sinusoïdale d'amplitude E_1 de pulsation ω et d'une tension continue E_0 . On notera par V_0 et V_1 respectivement la valeur moyenne et l'amplitude complexe à ω de la tension de sortie $V(t)$. Z_1 et Z_2 les impédances des dipôles linéaires admettent une limite finie non nulle respectivement R_1 et R_2 lorsque ω tend vers 0.

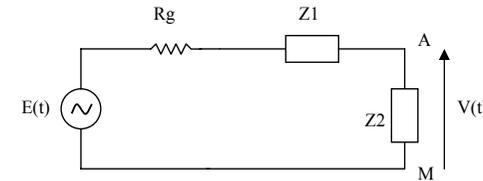


Figure 1

1.1 Quelles sont les différentes possibilités de constitution les plus simples des dipôles Z_1 et Z_2 qui répondent aux hypothèses ci-dessus ? Donner leur impédance à ω .

1.2 En utilisant le théorème de superposition, déterminer les éléments du générateur de Thévenin équivalent entre les points A et M pour les deux composantes fréquentielles (0 et ω).

1.3 Exemple 1 : deux charges Z_1 et Z_2 différentes

Pour cette question on négligera R_G devant les autres résistances. Soit Z_1 l'association obtenue avec un condensateur C_1 et Z_2 l'association obtenue avec une self L_2 . Calculer le 'gain' complexe à ω (ou la fonction du transfert) en le mettant sous la forme canonique suivante :

$$G(\omega) = G_0 \frac{(1 + j\tau_1\omega)(1 + j\tau_2\omega)}{(1 + j\tau'_1\omega)(1 + j\tau'_2\omega)}$$

où G_0 est indépendant de ω , τ_1 et τ_2 sont des constantes de temps caractéristiques respectivement des dipôles Z_1 et Z_2 . Tracer les diagrammes asymptotiques puis les diagrammes de Bode en amplitude et en phase dans le cas $\tau_2 < \tau'_2 < \tau'_1 < \tau_1$.

1.4 Exemple 2: deux charges Z_1 et Z_2 identiques -exemple de la compensation de l'oscilloscope par la sonde

Le dipôle Z_2 représente la charge imposée par la présence d'un oscilloscope ($R_{osc} = 1M\Omega$ en parallèle avec une capacité de valeur 100pF) destiné à mesurer la tension E . Que mesure-t-on en fonction de la fréquence ω ?

La sonde d'oscilloscope peut être modélisée par une cellule R_{sonde} / C_{sonde} en parallèle intercalée entre le point de mesure et l'oscilloscope. Donner un schéma du circuit. Montrer que la tension lue sur

l'oscilloscope peut être égale, à un facteur constant réel près que l'on donnera, à la tension en sortie du générateur. Quel est l'intérêt selon le type de signal à mesurer ?

2. Etude d'un circuit non linéaire

Soit le circuit représenté sur la figure 2. Il se compose d'une diode dont la caractéristique sera assimilée à une rampe de courant ($U_s = 0.6V$, $R_d = 200 \Omega$) et d'un dipôle linéaire Z_c . Le générateur $E(t)$ est un générateur de tension sinusoïdale d'amplitude $E_1 \gg U_s$, de pulsation ω , son impédance interne est de 50Ω .

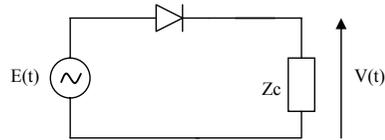


Figure 2

On établira tout d'abord les schémas équivalents avant de répondre aux différentes questions.

- a) L'impédance de charge est réduite à sa partie dissipative R
- Donner l'expression du courant dans R en fonction du temps pour les différents intervalles temporels caractéristiques.
 - En déduire les coefficients de la série de Fourier du courant dans la charge.
 - Calculer la valeur moyenne et la valeur efficace de ce courant et en déduire la relation entre ces valeurs moyennes et les termes de la série de Fourier.

A.N. $E_1=10V$, $R=750\Omega$, $\omega/2\pi=1000 \text{ Hz}$

- Quelle puissance est dissipée par la diode ?

- b) La charge est une association parallèle de R et d'un condensateur de capacité $C = 1 \mu F$ initialement déchargé.

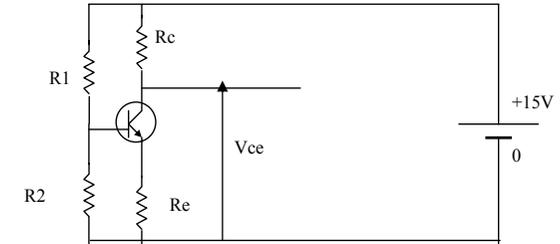
Donner la forme de la tension de sortie en fonction du temps. Que se passe-t-il quand $RC \gg T$? Donner V_{eff} et V_{moy} .

AN. $\omega/2\pi=100 \text{ Hz}$, $R=1K\Omega$.

- c) On se place maintenant dans le cas réel. La résistance dynamique de la diode n'est plus négligée. Expliciter les temps caractéristiques de charge et de décharge.

TD 2 TRANSISTOR EN REGIME STATIQUE/ DYNAMIQUE

1. Etude en statique : point de fonctionnement du transistor



Données : $R_e = 300\Omega$, $\beta = 100$, on mesure $I_c = 10mA$ et $V_{ce} = 7V$

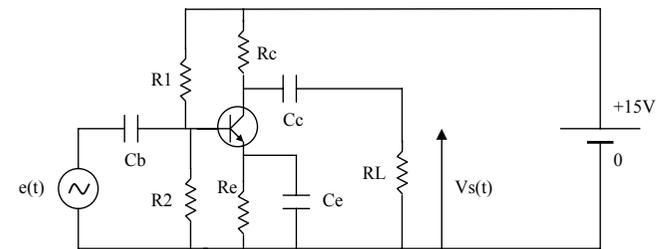
Dans quel mode fonctionne le transistor (bloqué, linéaire, saturé) ? Pourquoi ? Déterminer le générateur de Thévenin équivalent du pont de polarisation entre le point B et la masse.

$R_2 = 36K$. Déterminer R_1 et R_c

Donner les coordonnées du point de fonctionnement.

Beta croît avec la température. Quel est l'un des rôles joués par la résistance R_e ?

2. Etude en dynamique : montage émetteur commun



On considère le montage schématisé ci-dessus.

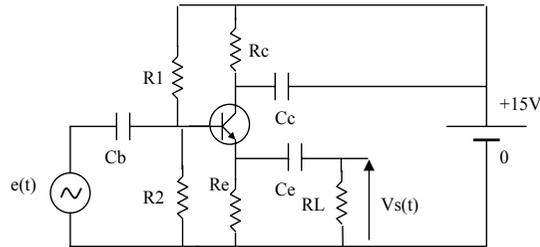
- Expliquer pourquoi le point de fonctionnement est inchangé par rapport à la question 1.
- Identifier les rôles des différents condensateurs et donner un ordre de grandeur des capacités.
- Pourquoi ce montage est-il nommé émetteur commun ?
- Donner le schéma équivalent du transistor en fonctions des paramètres hybrides hij.
- En déduire le schéma équivalent du montage en régime de petits signaux.
- Déterminer le gain en tension, donner sa valeur numérique.
- On enlève le condensateur C_e . Déterminer le gain en tension. Comparer et en déduire l'intérêt du

découplage en émetteur commun.

- On fait l'approximation $h_{12}=0$. Que cela signifie-t-il physiquement ? Vérifier que le gain en tension reste sensiblement le même. Déterminer alors les impédances d'entrée et de sortie du montage, le gain en courant et en puissance. Ces grandeurs dépendent-elles de la charge ?

A.N. $h_{11}=1K\Omega$, $h_{12}=10^{-4}$, $h_{21}=100$, $h_{22}=510^{-4}\Omega^{-1}$

3. Etude en dynamique : montage collecteur commun



On considère le montage schématisé ci-dessus.

- Le point de fonctionnement a-t-il évolué ?
- Pourquoi ce montage est-il nommé collecteur commun ?
- Donner le schéma équivalent du montage en régime de petits signaux.
- Déterminer alors les grandeurs caractéristiques du circuit : le gain en tension, les impédances d'entrée et de sortie du montage, le gain en courant et en puissance. Ces grandeurs dépendent-elles de la charge ?

A.N. $h_{11}=1K\Omega$, $h_{12}=10^{-4}$, $h_{21}=100$, $h_{22}=510^{-4}\Omega^{-1}$

Tableau comparatif des montages E-C, C-C. Applications...

TD 3 TRANSISTOR EN COMMUTATION

Objet du problème

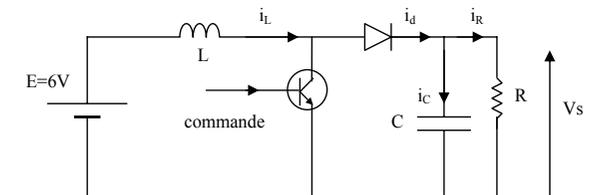
On dispose d'une ampoule 12V / 12W et on cherche à alimenter cette ampoule avec une batterie de 6V.

Préliminaire

- 0.1 On considère un modèle purement résistif pour l'ampoule. Déterminer la valeur de cette résistance R.
- 0.2 Quelle est la puissance consommée par l'ampoule lorsqu'on la branche sur la batterie 6V ?

1. Etude du fonctionnement : schéma de la solution proposée

On considère le montage ci-dessous comportant une alimentation continue, un interrupteur et une ampoule 12W sous 12V.



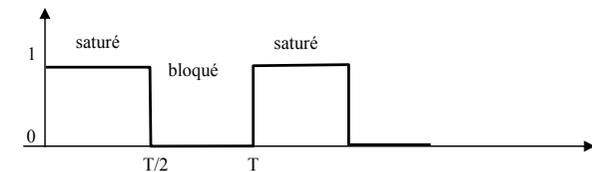
- 1.1 Dans quel mode de fonctionnement doit être le transistor pour être équivalent à un interrupteur fermé ?

Rappeler alors la condition sur les courants de base, de collecteur et sur β .

Mêmes questions pour que le transistor soit équivalent à un interrupteur fermé.

Dans la suite, sauf mention contraire, on considérera le transistor et la diode comme parfaits ($V_{ce,sat}=0$, $v_d=0$)

Hypothèses de travail : la commande du transistor est périodique de période T et les temps de blocage et saturation sont égaux



La valeur de C est suffisamment grande pour supposer que la tension de sortie V_s est quasiment constante, égale à $2E$, c'est à dire qu'on négligera dans un premier temps l'ondulation de V_s .

On veut un fonctionnement à la limite de la conduction permanente, i.e. on autorise i_L d'être nul mais pendant un temps nul.

- 1.2 à $t=0$, on suppose que $i_L(t=0) = 0$ et que $v_s=2E$ constant.

Quel est l'état de la diode ? Déterminer i_L . Donner l'équation et tracer i_L .

- 1.3 à $t=T/2$ on bloque le transistor. Expliquer ce qu'il se passe

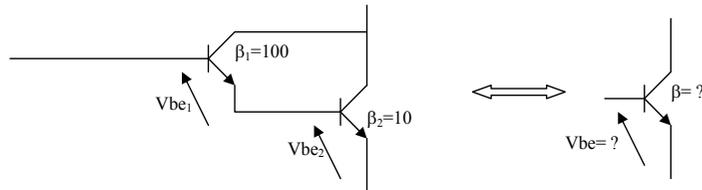
- Quelle est alors la tension aux bornes de l'inductance ? En déduire le courant i_L (équation et tracé)
- 1.4 Tracer sur une période le courant i_d
 - 1.5 Expliquer le fonctionnement de ce système.

2. Calcul des éléments du montage

- A partir de l'étude précédente, on cherche à déterminer les relations qui permettent de calculer la valeur des différents éléments du montage (condensateur et bobine)
- 2.1 En régime permanent, que peut-on dire de $\langle i_c \rangle$?
 - 2.2 En déduire la relation entre $\langle i_d \rangle$ et $\langle i_r \rangle$ (on rappelle que la tension V_s est supposée quasi-constante égale à $2E$)
 - 2.3 Ecrire la relation entre R, L, T
 - 2.4 Déterminer C pour obtenir une ondulation en sortie de l'ordre de 10%

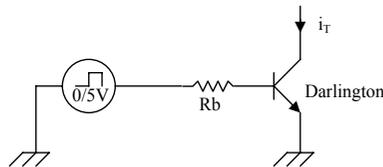
3. Etude de la commande du transistor

- 3.1 L'oscillateur qui commande le transistor fournit une tension rectangulaire de niveau $0/5V$ de période T . Celui-ci ne pouvant pas débiter un courant trop important, on doit utiliser un transistor possédant un fort gain en courant. Pour cela, on utilise un montage à 2 transistors de type *Darlington*.



Déterminer le gain équivalent du montage ainsi que la tension V_{be} .

- 3.2 La commande de T est la suivante :



Calculer la résistance R_b pour assurer un fonctionnement correct du transistor. (on prendra une marge de sécurité de 20%)

4. Conclusion

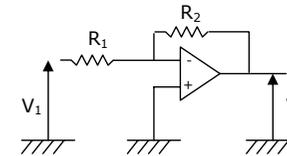
Ce montage permet d'alimenter une ampoule 12V à partir d'une batterie 6V. Que pensez-vous du cas où l'on mettrait ce montage sous tension alors que l'ampoule soit défectueuse (grillée). Que faut-il prévoir ?

TD 4 MONTAGE A AMPLIFICATEURS OPERATIONNELS

1. Préliminaires: effet de la contre-réaction sur un AOP, circuits linéaires

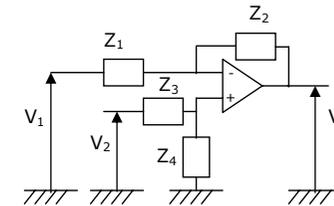
- 1.1 Soit un AOP dont on supposera l'impédance différentielle d'entrée infinie, le gain différentiel $A=10^5$ fini et dont la résistance de sortie R_s est non nulle ($R_s = 100\Omega$)
 - Dessiner le modèle de l'AOP
 - Calculer les éléments de Thévenin du montage inverseur suivant alimenté par un générateur de tension V_1 .

Application numérique: $R_1 = 1k\Omega$ et $R_2 = 9 R_1$.



- 1.2 On supposera que l'AOP est idéal pour le montage suivant.

- Exprimer V_3 en fonction de V_1, V_2 et des impédances Z_i .
- A quelle condition V_3 est-elle une fonction de la différence $(V_1 - V_2)$?
- Application à une amplification de différence: $Z_2 = R_2 = 10 k\Omega$ et $Z_1 = R_1 = 1 k\Omega$
- Application au déphaseur (pur) : $V_1 = V_2$, $Z_1 = Z_2 = R' = 10 k\Omega$, $Z_3 = R$ et Z_4 est un condensateur de capacité C . Montrer que la fonction de transfert en régime harmonique produit un déphasage (pur) de la sortie / entrée que l'on calculera (module indépendant de ω).

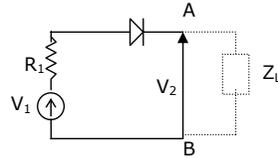


2. Circuits à AOP non-linéaires pour les applications de redressement de précision: redresseur sans seuil et détecteur de crête de précision

Le signal d'entrée est fourni par un générateur de Thévenin équivalent dont les éléments sont V_1 et R_1 . La diode est modélisée par sa tension seuil $V_d = 0,6 V$ et sa résistance dynamique $R_d = 100\Omega$. On prendra $R_1 = 1k\Omega$, $R_2 = 10k\Omega$ et $R_3 = 9k\Omega$. Pour les AOP, on négligera les courants d'entrée i_- et i_+ et on supposera que $V_3 = A(V_+ - V_-) + R_s i_s$ avec $A = 6 \cdot 10^4$ et $R_s = 100\Omega$.

2.1 Préliminaire

Soit le montage suivant. Z_L représente l'impédance de la charge (oscillo par exemple). Le paramètre de sortie étant V_2 , déterminer les éléments de Thévenin équivalents (V_{Th} et R_{Th}) du dipôle (A,B) dans le cas où la diode est passante.



L'élément de base est un étage différentiel (fig. 1) à 2 transistors identiques. On supposera que la polarisation de chaque paire différentielle est telle que les caractéristiques de tous les transistors soient données par :

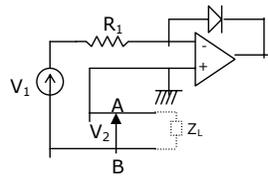
$$I_E = I_S \exp(V_{BE}/V_T)$$

$$I_C = \alpha I_E$$

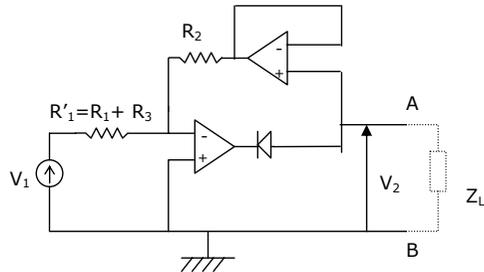
$$\alpha = 0.99, I_S \approx 0.4 \text{ pA}, V_T = 25 \text{ mV}.$$

2.2 On considère le montage ci-dessous.

- Donner le schéma équivalent dans le cas où la diode est passante.
- Montrer en calculant les éléments de Thévenin équivalents du dipôle (A, B) que l'un des inconvénients du montage de la question 2.1 a nettement été amélioré.



2.3 Analyser le montage suivant. Les deux AOP sont supposés identiques. Montrer que l'on obtient un redresseur ou un détecteur pratiquement parfait pour lesquels les deux inconvénients du montage de la question 2.1 ont été quasiment supprimés. On fera les calculs pour les deux cas: diode passante et diode bloquée.



1. Etude du circuit de la fig. 1

Le signal d'entrée est appliqué entre les 2 bases des transistors par un générateur de tension.

- 1.1 Calculer I_C , I_C^- et leur différence en fonction de e et des paramètres du montage. A.N. avec $I_0 = 10,1 \text{ mA}$
- 1.2 Calculer les variations et les limites de I_C , I_C^- quand $|e|$ tend vers 0 et quand $|e|$ devient grand.
- 1.3 A partir de quelle valeur e_1 de $|e|$ (faible) la distorsion non linéaire introduit-elle une erreur de 3 % ?
- 1.4 Pour quelle valeur e_2 de $|e|$ (forte) l'erreur par rapport à la valeur asymptotique est-elle de 3% ?

2. Modulateur d'amplitude

Soit le montage de la fig. 2 .

$$a(t) = \text{signal sinusoïdal HF d'amplitude } A$$

$$b(t) = \text{signal BF tel que } |b|_{\max} = B$$

- 2.1 Calculer la tension de sortie $s(t)$ en fonction de $a(t)$, $b(t)$, I_{C1} (courant constant) et des paramètres du montage.
- 2.2 Calculer le taux de modulation obtenu lorsque $b(t)$ est sinusoïdal d'amplitude B . Quel taux de modulation maximal est compatible avec $B \leq e_1$?

3. Multiplieur à étages différentiels (figure 3)

$$a(t), b(t) = \text{signaux d'amplitudes faibles } (\leq e_1)$$

Calculer $s(t)$ en fonction de $a(t)$, $b(t)$, I_{C1} (constant) et des paramètres du montage.

Applications?

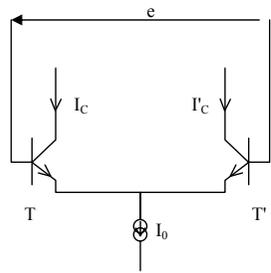


Fig. 1 : multiplieur
Les éléments qui assurent la polarisation continue du dispositif ne sont pas représentés

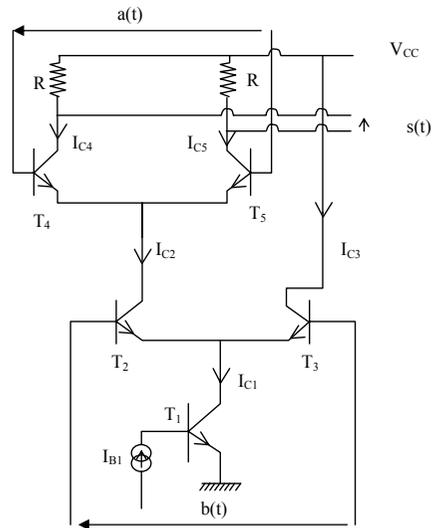


Fig. 2 : Modulateur d'amplitude
Les éléments de polarisation ne sont pas représentés.

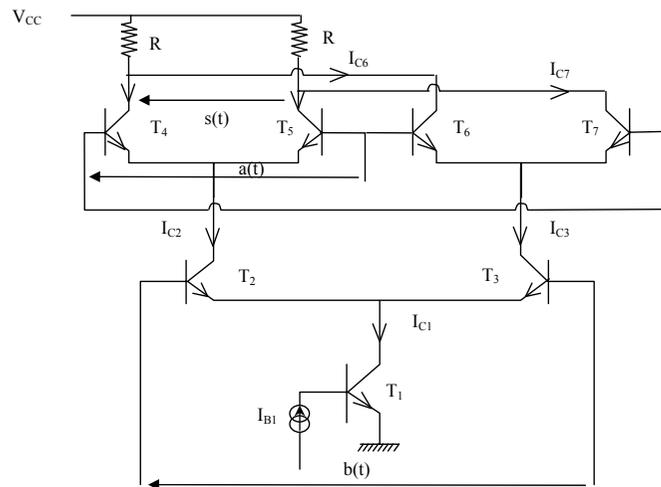
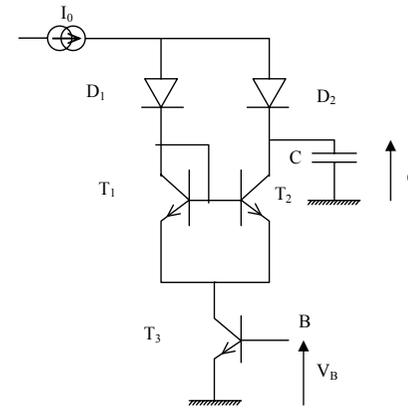


Fig. 3 : Multiplieur à étages différentiels

TD6 OSCILLATEUR COMMANDE EN COURANT

1. On considère le montage suivant



1.1 $V_B=0$

a) Déterminer l'état des diodes D_1 et D_2 ainsi que les courants qui les traversent.

b) On pose $e(t=0)=e_1=2\text{ V}$

Donner l'expression de la tension $e(t)$

1.2 $V_B=0,8\text{ V}$, T_3 saturé, à $t=t_1$, $e(t_1)=e_2=3\text{ V}$

Que deviennent les courants I_{D1} et I_{D2} et en déduire les états des diodes D_1 et D_2 . Déterminer $e(t)$ pour $t \geq t_1$.

1.3 Application numérique :

$e_1=2\text{ V}$

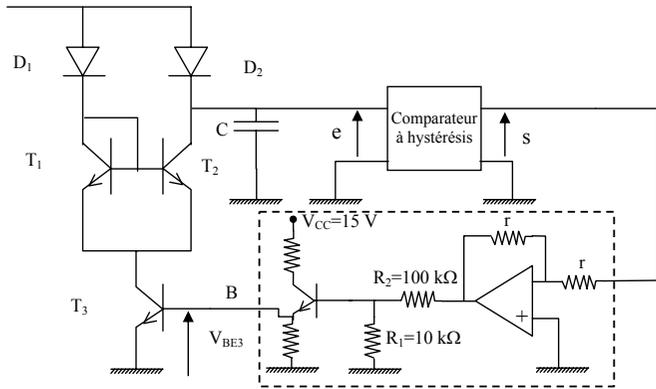
$e_2=3\text{ V}$

$C=1\text{ }\mu\text{F}$

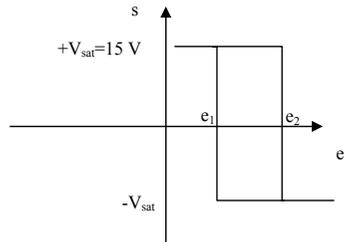
$I_0=10\text{ mA}$

Déterminer les temps caractéristiques t_1 , temps de passage de e de 2 V à 3 V (T_3 bloqué) et t_2 , temps de passage de e de 3 V à 2 V (T_3 saturé).

2. On considère le même montage mais, cette fois-ci, on a rajouté un comparateur à hystérésis après la capacité. A la sortie de ce comparateur, on rajoute le circuit entouré en pointillés.



Le comparateur à hystérésis donne le cycle suivant :



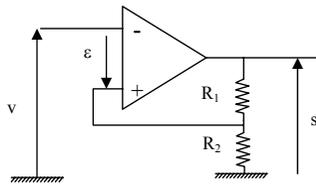
Déterminer la tension V_{BE3} ainsi que l'état du transistor T_3 pour

2.1 $s = +V_{sat}$

2.2 $s = -V_{sat}$

3. Le comparateur à hystérésis

On considère le schéma suivant, qui est le schéma le plus simple d'un comparateur à hystérésis, la bascule de Schmitt.



3.1 Donner le principe de fonctionnement $s=f(e)$

On indiquera d'abord pour quelle raison l'amplificateur opérationnel fonctionne toujours en saturation.

Puis, on déterminera pour quelles valeurs de v , la sortie est en permanence à la saturation négative $-V_{sat}$ et à la saturation positive $+V_{sat}$.

Enfin, en supposant qu'à $t=0$, v décroît à partir de $+\infty$ vers $-\infty$, puis repart vers $+\infty$, indiquer comment se comporte la sortie. En déduire le schéma caractéristique de fonctionnement du comparateur en traçant $s=f(v)$ en indiquant les valeurs caractéristiques de ce montage.

3.2 Utilité d'un tel montage (cas $R_1=R_2$)

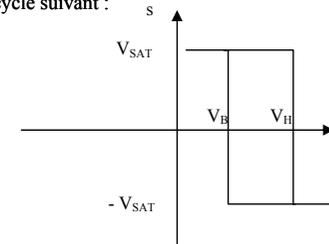
3.2.1 Donner la réponse s du circuit lorsque l'entrée v est un signal sinusoïdal de grande amplitude oscillant autour de 0 (les valeurs extrêmes de v dépassent les valeurs de bascule)

3.2.2 Idem lorsque v est un signal triangulaire

3.2.3 Idem lorsque v est un signal carré

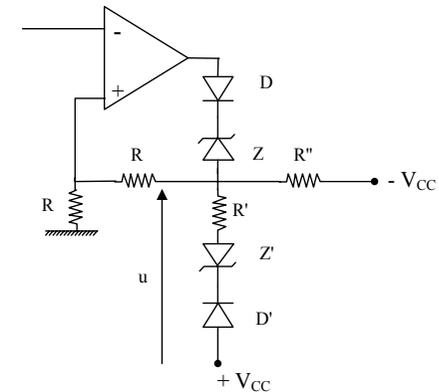
3.2.4 En déduire l'utilité d'un tel montage.

3.3 On veut réaliser le cycle suivant :



avec $V_B=2\text{ V}$ et $V_H=3\text{ V}$.

Pour cela, on modifie le comparateur de la façon suivante :



$V_{CC} = V_{sat} = 15\text{ V}$

$R = 100\text{ k}\Omega \gg R', R''$

3.3.1 Donner l'état des diodes lorsque $s = -V_{sat} = -15\text{ V}$

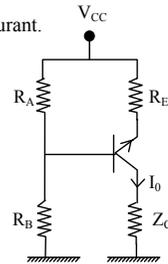
3.3.2 On pose $R'=100\ \Omega$. Déterminer R'' pour avoir $V_B=2\text{ V}$. On prendra $V_Z=9.4\text{ V}$ et $V_D=0.6\text{ V}$

3.3.3 $s = +V_{sat} = +15\text{ V}$ Comment choisir V_Z pour avoir $V_H=3\text{ V}$? Donner l'état des diodes.

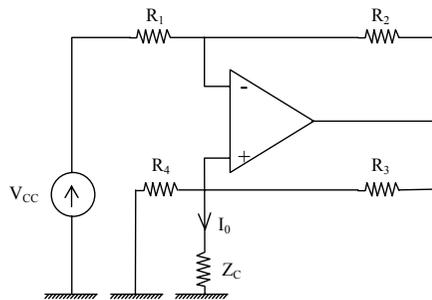
4. Générateur de courant

4.1 Montage avec un transistor

Calculer I_0 . Montrer en quoi on a un générateur de courant.



4.2 Un montage avec un amplificateur opérationnel



Calculer I_0 . Montrer pourquoi on obtient un générateur de courant.

ANNEXE 1 : EPREUVE DE FEVRIER 2002

Contrôle d'électronique analogique (février 2002) sans document, sans calculatrice

Nota : Les résultats numériques, s'ils ne tombent pas justes, seront donnés avec une précision de 1%.

Toute réponse non justifiée (schéma et/ou raisonnement explicite) sera comptée comme fausse.

Barème indicatif :

6. 5pts

7. 3pts

8. 5+ 4 pts

9. 3 pts

1. Etude d'un montage à transistor en régime de petits signaux

Soit le montage décrit figure 1.

Les impédances des 3 condensateurs sont supposées négligeables devant les autres impédances du montage à la fréquence du signal d'entrée. Le générateur basse fréquence $e(t)$ est supposé d'impédance nulle.

On donne les valeurs suivantes :

$V_{CC}=12V$

$V_{BE0}=0.7V$

$\beta=200$

$R1=30K\Omega$

$R2=15K\Omega$

$R3=500\Omega$

$R4=500\Omega$

$h_{11}=1K\Omega$

$h_{12}=0$

$h_{21}=125$

$h_{22}=5 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1}$

(utile : on donne $10/11 \approx 0.91$)

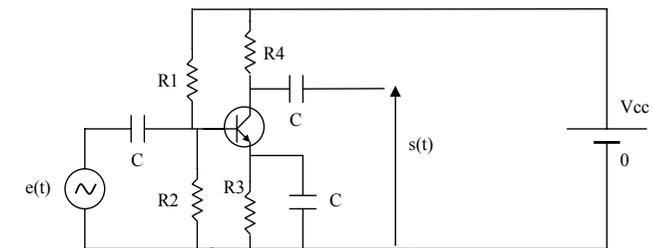


Figure 1.

0. Donner la fonction des trois condensateurs
1. Déterminer le point de polarisation V_{CE0}
2. Déterminer l'expression et la valeur numérique du gain en tension du montage.
3. Déterminer les impédances d'entrée et de sortie du montage.

2. Chaîne d'amplification

On désire amplifier le signal émis par un micro vers un casque d'écoute (figure 2).

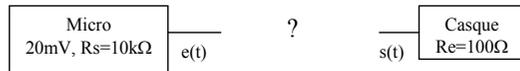


Figure 2.

Le signal émis par le micro est modélisé par une tension sinusoïdale de valeur efficace 20mV et d'impédance de sortie réelle $R_s = 10k\Omega$. Le fonctionnement souhaité impose une puissance reçue par le casque au moins égale à 10mW. L'impédance d'entrée du casque est $R_e = 100\Omega$.

Pour cela, on dispose de 2 sortes de montages à un seul transistor : des montages de type émetteur commun (E-C) et collecteur commun (C-C) dont les caractéristiques sont données figure 3.

Proposer une chaîne de montage avec un nombre minimal de transistors permettant d'être conforme aux spécifications souhaitées. Expliquer votre choix. Les calculs seront faits à 1% près.

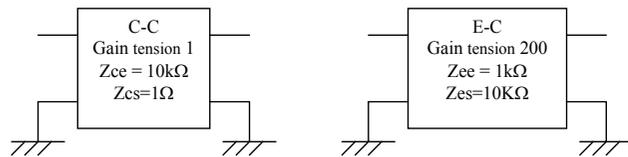


Figure 3.

Z_{ce} : impédance d'entrée du montage C-C

Z_{cs} : impédance de sortie du montage C-C

Z_{ee} : impédance d'entrée du montage E-C

Z_{es} : impédance de sortie du montage E-C

3. Etude d'un montage à Amplificateur Opérationnel

1^{ère} partie

3.1. On rappelle que la fonction de transfert d'un AOP en boucle ouverte est du 1^{er} ordre, de temps caractéristique $\tau_0=1s$

On néglige l'impédance de sortie de l'AOP ainsi que les courants d'entrée i_+ et i_- . Le gain différentiel en continu est fini, de valeur $A_0 = 10^5$.

Donner le schéma équivalent de l'AOP et la fonction de transfert correspondante.

3.2. Soit le montage représenté figure 4.

$\tau_0=1s$

$A_0=10^5$

$R_2=2R_1$

$RC=10^{-3}s$

$V_{cc} = 15V$

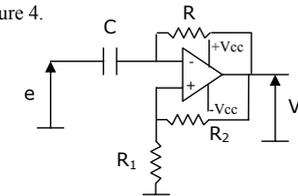


Figure 4.

3.2.1 Expliquer la méthode à employer pour déterminer l'état de stabilité de ce montage.

3.2.2 Déterminer l'état de stabilité du montage.

3.2.3 En déduire le mode de fonctionnement de l'AOP.

2^{ème} partie

3.3. Le montage à étudier est le précédent (figure 4), modifié suivant la figure 5.

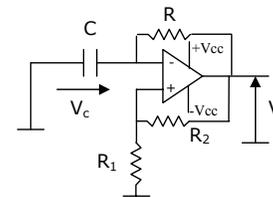


Figure 5.

3.3.1 On veut que le montage ait un fonctionnement du type oscillateur à relaxation.

- Déterminer alors quel doit être le mode de fonctionnement de l'AOP.

- Compte tenu de l'étude de la première partie et du montage de la figure 5, est-ce que ce montage assure ce mode de fonctionnement de l'AOP ?

3.3.2 A $t=0$, on suppose le condensateur déchargé et $V_s > 0$.

Etudier le fonctionnement du montage et donner les caractéristiques des tensions $V_c(t)$ et $V_s(t)$ (forme, fréquence, amplitude).

Application numérique : on donne $\ln(2) \approx 0.69$

4. Utilisation d'un signal carré périodique $p(t)$ pour la modulation:

On considère un signal carré $p(t)$ de fréquence 10kHz à valeur moyenne nulle.

On cherche à transmettre 2 signaux audio e_1 et e_2 sans déformation sur un même câble (figure 6):

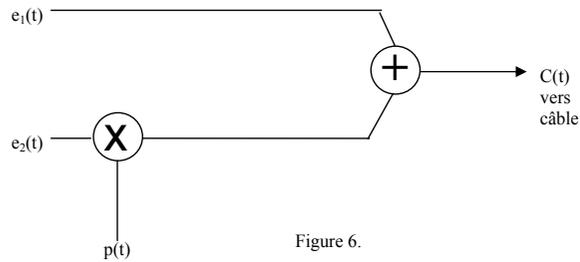
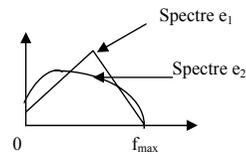


Figure 6.

Le support fréquentiel (spectre) des signaux e_1 / e_2 est le suivant



4.1 Donner l'allure du spectre du signal $C(t)$

4.2 Donner la fréquence f_{max} pour qu'il n'y ait pas de modification des signaux $e_1(t)$ et $e_2(t)$ lors de la démodulation.

4.3 Donner le gabarit du filtre passe bas (cf figure 7) qui minimise la largeur du spectre de $C(t)$ tout en conservant l'information contenue dans les signaux $e_1(t)$ et $e_2(t)$.

4.4 Quel type de filtre devra-t-on utiliser si $p(t)$ présente un offset ?

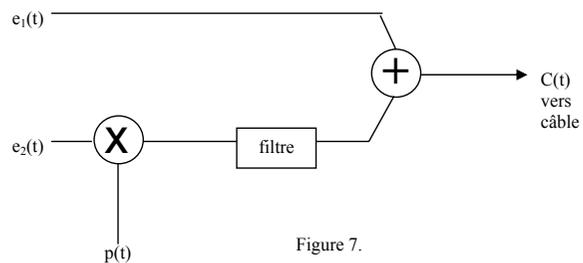


Figure 7.

ANNEXE 2 : EPREUVE DE SEPTEMBRE 2002

Contrôle d'électronique analogique (août 2002) sans document, sans calculatrice – 3heures

Nota :

- Les 5 parties sont indépendantes

- Les résultats numériques, s'ils ne tombent pas justes, seront donnés avec une précision de 1%.

Toute réponse non justifiée (schéma et/ou raisonnement explicite) sera comptée comme fausse.

Barème indicatif :

10. 4 pts

11. 4 pts

12. 3 pts

13. 3 pts

14. 6 pts

I- Questions diverses

- 1) Expliquer en une dizaine de lignes avec schémas, le fonctionnement interne d'une diode à jonction PN.
- 2) Donner quelques applications typiques des circuits à diodes (avec schéma) en expliquant sommairement leur fonctionnement.
- 3) Quels sont les inconvénients des circuits simples à diodes (sans composant actif) pour la détection d'enveloppe ?
- 4) Donner un schéma type de multiplieur analogique en expliquant son principe de fonctionnement.
- 5) Donner quelques applications types des multiplieurs.
- 6) Expliquer l'effet Miller sur un exemple d'un quadripôle linéaire de gain en tension réel G , avec les simplifications usuelles.

II. Utilisation d'un signal carré périodique $p(t)$ pour la modulation

On considère un signal carré $p(t)$ de fréquence 10kHz à valeur moyenne nulle.

On cherche à transmettre 2 signaux audio e_1 et e_2 sans déformation sur un même câble (figure 1):

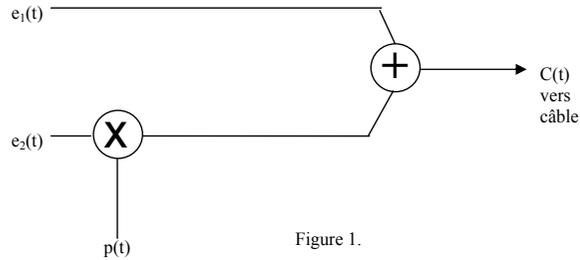
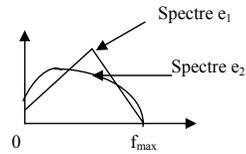


Figure 1.

Le support fréquentiel (spectre) des signaux e_1 / e_2 est le suivant



4.1 Donner l'allure du spectre du signal $C(t)$

4.2 Donner la fréquence f_{max} pour qu'il n'y ait pas de modification des signaux $e_1(t)$ et $e_2(t)$ lors de la démodulation.

4.3 Donner le gabarit du filtre passe bas (cf figure 2) qui minimise la largeur du spectre de $C(t)$ tout en conservant l'information contenue dans les signaux $e_1(t)$ et $e_2(t)$.

4.4 Quel type de filtre devra-t-on utiliser si $p(t)$ présente un offset ?

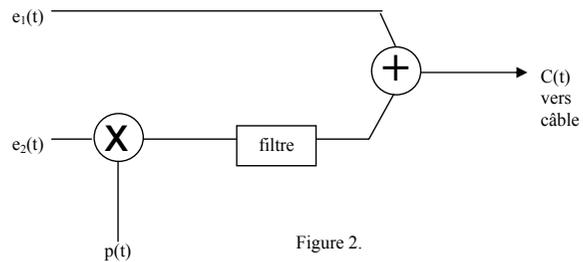


Figure 2.

III. Etude d'un filtre

Soit le montage représenté figure 3.

1. Mettre la fonction de transfert (formalisme de Laplace) sous forme canonique (produit et quotient de polynômes de degré 1). Quelle est la fonction de filtrage réalisée par ce montage ?

2. Pour $C1=1\mu F$, $C2=10nF$, $R1=1K\Omega$, $R2=10K\Omega$, tracer le diagramme de Bode asymptotique (en module) en précisant les grandeurs caractéristiques (pentes, coupures, G_{max} du Bode asymptotique...)

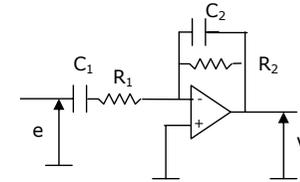


Figure 3.

IV. Transistor en commutation

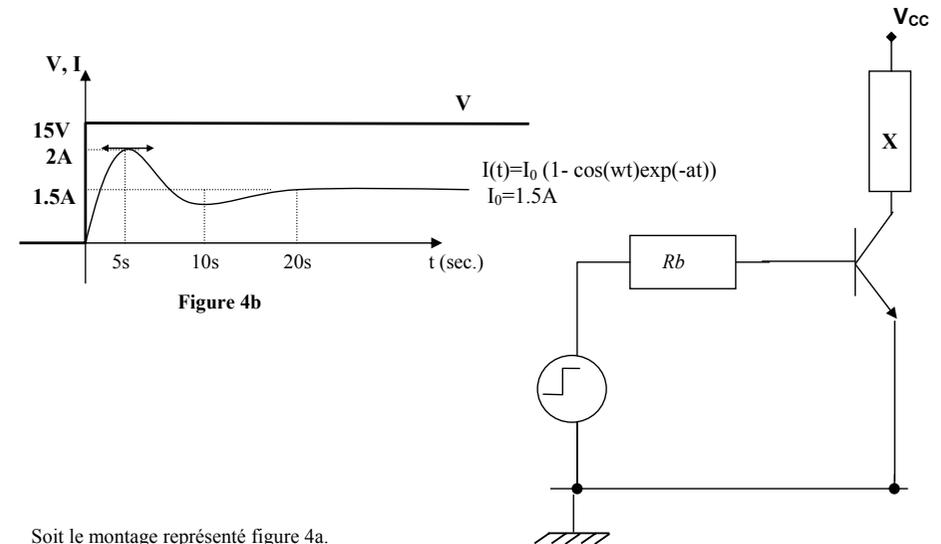


Figure 4b

Figure 4a

Soit le montage représenté figure 4a.

On donne $V_{cc}=15V$.

Beta (transistor) = $100 \pm 20\%$

La commande de type échelon est d'amplitude $0/5,7V$.

La caractéristique du dipôle X, lorsque celui-ci est alimenté par une tension de 15V, est donnée figure 4b.

Calculer la résistance R_b nécessaire pour que le courant qui traverse X décroisse la courbe figure 4b.

V. – Etude d'un montage

Soit le montage schématisé figure 5. Il se compose d'un amplificateur opérationnel (A.O.) de faible puissance supposé idéal, d'un étage à transistor. Celui-ci est supposé travailler en régime « normal* » et sa tension base-émetteur valant la valeur 0.6V pour un transistor à base de Silicium. Son gain statique en courant est $\beta=200 \gg 1$, ses paramètres hybrides en E.C. sont $h_{11}=1K\Omega$, $h_{21}=200$, on négligera l'admittance de sortie et le taux de contre-réaction sortie-entrée.

1. Quelle est la signification physique des paramètres hybrides ?
2. Donner dans notre cas le schéma équivalent du transistor en petits signaux B.F.
3. Expliquer les fonctions des différents éléments du montage. En déduire ceux qui participent à la polarisation du transistor.
4. Ecrire les équations qui déterminent le point de fonctionnement du transistor. Sur les caractéristiques d'entrée/sortie que vous schématiserez, représenter les droites d'attaque et de charge statique. Quelles sont les valeurs des courants émetteur, collecteur et base de ce point de polarisation ?
5. Pour un fonctionnement du transistor en régime normal* (une des jonctions polarisée en inverse), R_c ne doit pas dépasser une limite R_{max} qu'on déterminera, on donne $V_{cc}=25.6V$ et $V_{ceSat} \approx 0V$.
6. Le générateur de tension $e(t)$ supposé idéal est un générateur sinusoïdal B.F. d'amplitude $100\mu V$. Les condensateurs $C1$ et $C2$ admettent une impédance négligeable à la fréquence du générateur. Commenter cette dernière phrase. Donner le schéma équivalent du montage en petits signaux. Schématiser sur les graphes précédents les droites dynamiques d'attaque et de charge. En déduire le gain en tension. A.N. : $R_c = R_{max}/2$.

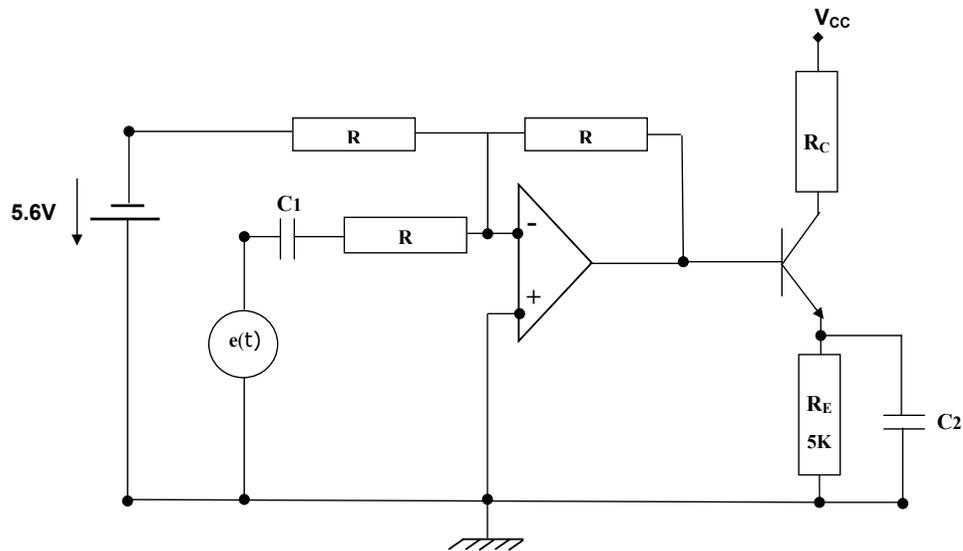


Figure 5

* régime d'utilisation en amplificateur linéaire.