

CONTROLE ECRIT
DU SYSTEME A LA FONCTION

Durée : 2 heures

Documents et calculatrices interdits

*Les 3 parties sont indépendantes. Il n'y a jamais de longs développements de calculs.
Apportez des réponses rédigées, courtes mais claires aux questions de cours.*

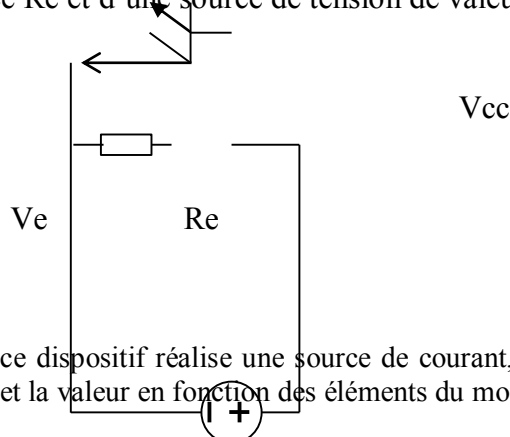
1. Questions de cours

- 1.1 Définir ce qu'est la résistance d'entrée (ou l'impédance d'entrée) d'un quadripôle quelconque.
- 1.2 Un transistor est construit sur le principe d'une base semiconductrice mince et peu dopée, comment justifier ces propriétés de la base du transistor ?
- 1.3 Pour réaliser une amplification de tension électrique, on associe en général un transistor T (caractérisé par sa valeur de α) et une résistance R située en série avec le collecteur de ce transistor. Quel est l'élément de réglage du facteur d'amplification ?
- 1.4 Pourquoi un transistor peut-il être considéré comme étant un « interrupteur commandé » ? (aucun montage n'est demandé)
- 1.5 Exprimer ce que représente la fonction dont le graphe constitue le « diagramme de Bode ».

2. Source de courant et amplification

Dans tout l'exercice, on considérera que la ddp « V_{be} » (existante entre la base et l'émetteur du transistor) est suffisamment petite pour être considérée comme étant nulle) ; on considérera également que la valeur « α » du transistor vaut 1.

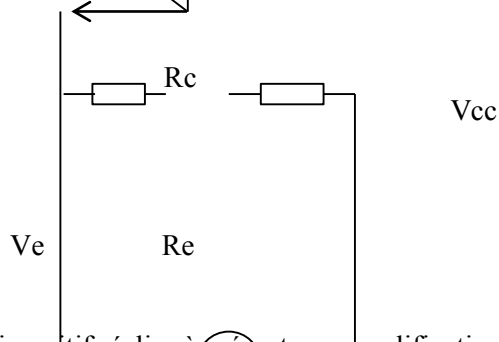
- 2.1 On considère le premier montage électrique suivant composé d'un transistor, d'une résistance R_e et d'une source de tension de valeur invariable V_{cc} :



Montrer que ce dispositif réalise une source de courant, dont on précisera la position (où ce courant apparaît-il ?) et la valeur en fonction des éléments du montage.

- 2.2 Donner des conditions sur V_e de manière à ce que ce premier montage puisse réellement réaliser une source de courant.

2.3 On considère à présent le deuxième montage électrique suivant, constitué du premier montage dans lequel on a inséré une résistance R_c dans le circuit du collecteur du transistor :



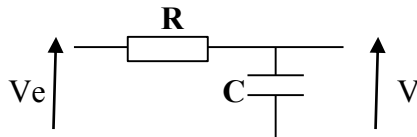
Montrer que ce dispositif réalise à présent une amplification de la tension électrique V_e , dont on précisera la position de la tension amplifiée V_s (où cette tension apparaît-elle ?) et la valeur du facteur d'amplification $k = |V_s / V_e|$.

3. Filtrage

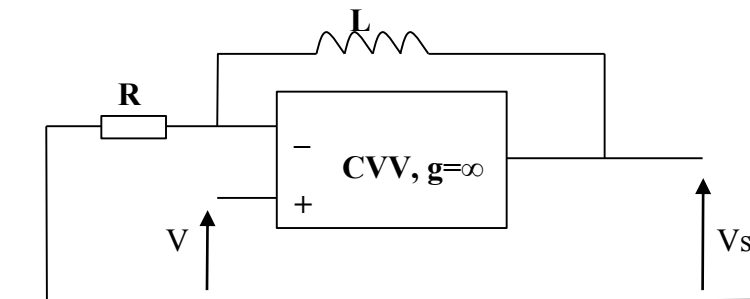
3.1 Effectuer le tracé asymptotique (module seul) de la fonction suivante :

$$H(p) = \frac{(p + 2)}{(p + 0.5)}$$

3.2 Montrer que le montage électrique suivant comprenant une résistance $R = 1$ et un condensateur $C = 2$ permet de réaliser un des facteurs de $H(p)$:



3.3 Montrer que le montage électrique suivant comprenant un amplificateur opérationnel idéal (CVV de gain infini) avec une résistance $R = 1$ et une inductance $L = 0.5$ permet de réaliser un des facteurs de $H(p)$:



3.4 Proposer un montage permettant de réaliser $H(p)$, éventuellement à une constante près.

F I N

CONTROLE ECRIT DU SYSTEME A LA FONCTION - Corrigé -

1. Questions de cours

1.1 Définir ce qu'est la résistance d'entrée (ou l'impédance d'entrée) d'un quadripôle quelconque.

C'est le rapport V/I aux bornes de l'entrée du quadripôle, ce quadripôle étant correctement chargé en sortie : on applique une fem V à l'entrée, on mesure (ou calcule) le courant I entrant dans le quadripôle.

1.2 Un transistor est construit sur le principe d'une base semiconductrice mince et peu dopée, comment justifier ces propriétés de la base du transistor ?

La base est mince et peu dopée pour minimiser les recombinaisons électrons-trous dans cette base, ce qui a comme conséquence d'avoir I_b très faible, donc I_c quasiment égal à I_e , donc une valeur de α proche de 1 (« effet transistor »)

1.3 Pour réaliser une amplification de tension électrique, on associe en général un transistor T (caractérisé par sa valeur de α) et une résistance R située en série avec le collecteur de ce transistor. Quel est l'élément de réglage du facteur d'amplification ?

Le transistor permet la conversion de la tension en un courant I_c , la résistance R restituée à ses bornes une tension $V_s = R I_c$; le réglage se fait grâce à R

1.4 Pourquoi un transistor peut-il être considéré comme étant un « interrupteur commandé » ? (aucun montage n'est demandé)

Car, selon la polarisation que l'on applique au transistor, celui-ci peut se comporter comme un interrupteur ouvert (transistor bloqué, $I_e = 0$) ou comme un interrupteur fermé (transistor passant voire saturé, $I_e > 0$)

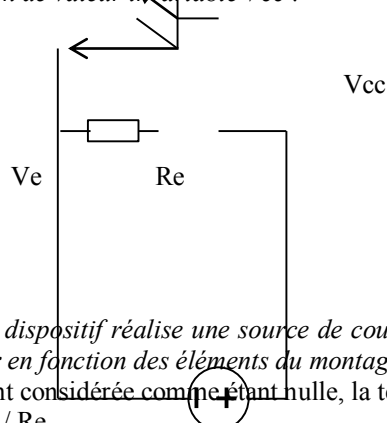
1.5 Exprimer ce que représente la fonction dont le graphe constitue le « diagramme de Bode ».

Elle représente, en coordonnées logarithmiques, la fonction de transfert du quadripôle (V_s/V_e), mais exprimée sous forme de : $20 \log |V_s/V_e|$; en outre le diagramme de Bode se résume souvent aux asymptotes de cette fonction

2. Source de courant et amplification

Dans tout l'exercice, on considérera que la ddp « V_{be} » (existante entre la base et l'émetteur du transistor) est suffisamment petite pour être considérée comme étant nulle ; on considérera également que la valeur « α » du transistor vaut 1.

2.1 On considère le premier montage électrique suivant composé d'un transistor, d'une résistance R_e et d'une source de tension de valeur invariable V_{cc} :



Montrer que ce dispositif réalise une source de courant, dont on précisera la position (où ce courant apparaît-il ?) et la valeur en fonction des éléments du montage.

La ddp V_{be} étant considérée comme étant nulle, la tension V_e se retrouve aux bornes de R_e , ce qui engendre un courant $I_e = V_e / R_e$.

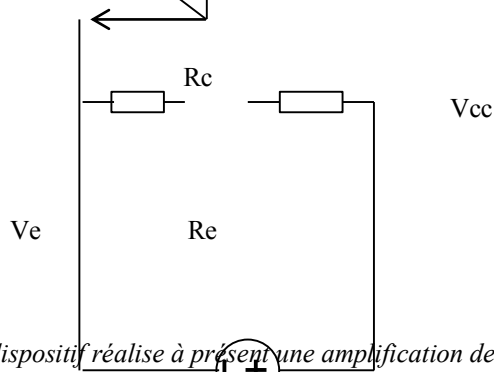
L'effet transistor (sous réserve que ce dernier soit correctement polarisé) conduit ensuite à avoir : $I_c = \alpha I_e = I_e$. Ce montage réalise ainsi une source de courant apparaissant au collecteur du transistor et de valeur $I_c = V_e / R_e$

2.2 Donner des conditions sur V_e de manière à ce que ce premier montage puisse réellement réaliser une source de courant.

Il faut que le transistor soit correctement polarisé, pour cela, il faut satisfaire à :

$I_e > 0$ (production des électrons dans l'émetteur) ce qui entraîne la condition : $V_e > 0$
 $V_{cb} > 0$ (acheminement des électrons vers le collecteur) ce qui entraîne la condition : $V_e < V_{cc}$

2.3 On considère à présent le deuxième montage électrique suivant, constitué du premier montage dans lequel on a inséré une résistance R_c dans le circuit du collecteur du transistor :



Montrer que ce dispositif réalise à présent une amplification de la tension électrique V_e , dont on précisera la position de la tension amplifiée V_s (où cette tension apparaît-elle ?) et la valeur du facteur d'amplification $k = |V_s / V_e|$.

Le premier montage réalisant une source de courant dans le collecteur, ce courant traverse à présent la résistance R_c , produisant alors une ddp $V_s = R_c I_c$ qui apparaît aux bornes de la résistance R_c .

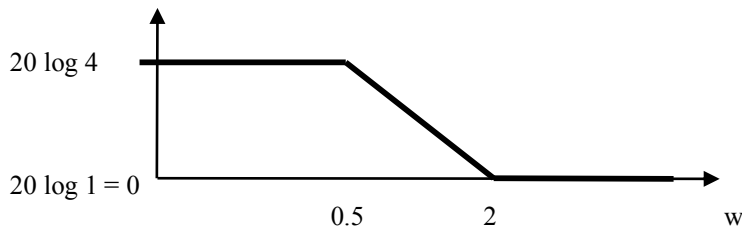
Etant donné (voir 2.2) que $I_c = V_e / R_e$, il vient : $k = V_s / V_e = R_c / R_e$

3. Filtrage

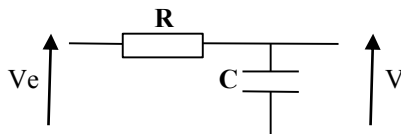
3.1 Effectuer le tracé asymptotique (module seul) de la fonction suivante :

$$H(p) = \frac{(p + 2)}{(p + 0.5)}$$

$20 \log |H(j\omega)|$ en dB



3.2 Montrer que le montage électrique suivant comprenant une résistance $R = 1$ et un condensateur $C = 2$ permet de réaliser un des facteurs de $H(p)$:

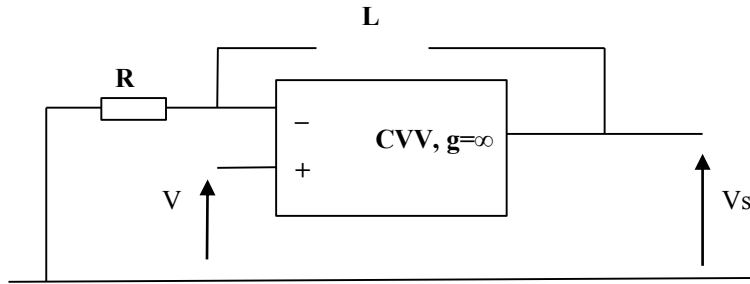


La formule du diviseur de tension donne immédiatement : $V / V_e = (1/Cp) / (R + 1/Cp) = 1 / (1 + RCp)$

A.N. : $V / V_e = 1 / (1 + 2p) = 1 / 2 (p + 0.5)$

On obtient ainsi le dénominateur de $H(p)$ à une constante près.

3.3 Montrer que le montage électrique suivant comprenant un amplificateur opérationnel idéal (CVV de gain infini) avec une résistance $R = 1$ et une inductance $L = 0.5$ permet de réaliser un des facteurs de $H(p)$:



Appelons respectivement e^- et e^+ les potentiels (par rapport à la masse) des entrées « - » et « + » de l'amplificateur opérationnel et s le potentiel à sa sortie.

On a successivement :

$$e^+ = V$$

$$e^+ = e^- \text{ (propriété amplificateur opérationnel, due à } g = \infty \text{)}$$

$$V_s / e^- = (Lp + R) / R \text{ (formule du diviseur de tension)}$$

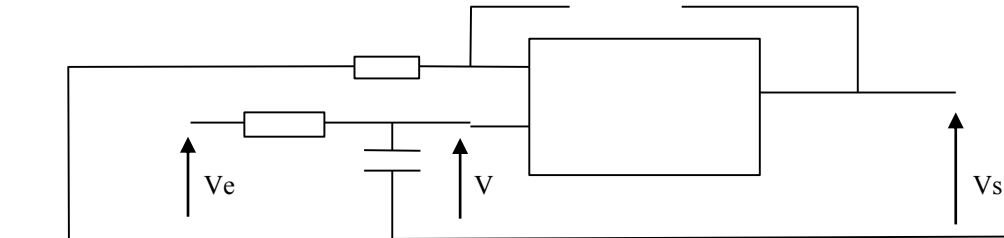
$$\text{On arrive alors à : } V_s / V = (Lp + R) / R$$

$$\text{A.N. : } V_s / V = (0.5p + 1) / 1 = 0.5 (p + 2)$$

On obtient ainsi le numérateur de $H(p)$ à une constante près.

3.4 Proposer un montage permettant de réaliser $H(p)$, éventuellement à une constante près.

Le montage permettant d'obtenir $H(p)$ est simplement la mise en cascade des deux montages précédents !



$$\text{En effet : } V_s / V_e = [V_s / V] \cdot [V / V_e]$$

$$= [0.5 (p + 2)] [1 / 2 (p + 0.5)] = 0.5 (p + 2) / 2 (p + 0.5) = (p+2) / 4 (p+0.5)$$

Ce qui est bien l'expression de $H(p)$ à un facteur $1/4$ près.