[1]ETUDE D'UN CORRECTEUR DES TONALITES GRAVES POUR UN AMPLIFICATEUR Hi Fi

On considère le montage de la figure 1, excité par une tension $e_g = E_{gm}\sin(\omega t)$. On admet de plus les hypothèses suivantes :

- L'amplificateur opérationnel est parfait et travaille dans son domaine linéaire.
- Le potentiomètre R_3 possède une résistance suffisamment grande pour que l'on puisse considérer que l'intensité i_3 qui le parcourt est négligeable vis à vis des intensités parcourant les autres branches du circuit.

Par ailleurs : on note α ($0 \le \alpha \le 1$) la position du potentiomètre R_3, de telle sorte que la résistance entre A et D soit égale à αR_3.

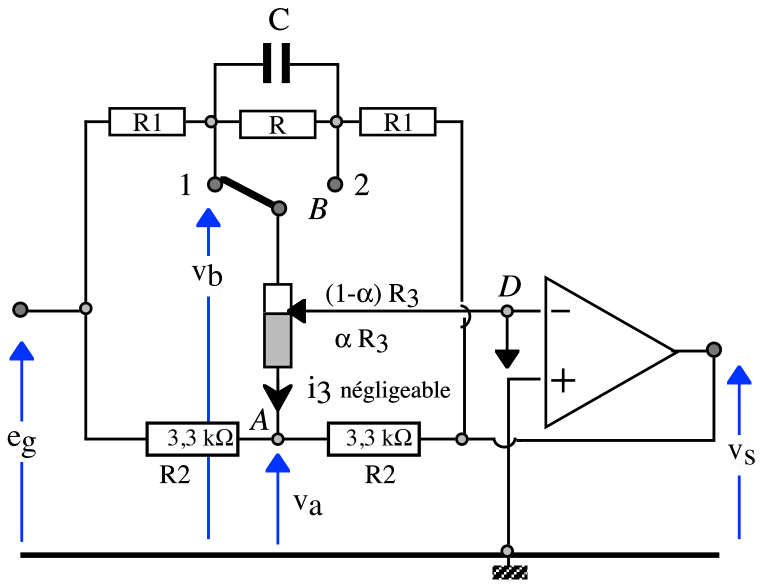


Figure 1

1ère PARTIE : Le commutateur est en position 1

1) Compte-tenu des hypothèses simplificatrices admises, donner la relation simple liant la tension v_a aux tensions e_g et v_s.

2) On nomme Z, l'impédance constituée par R et C en parallèle. Exprimer, dans ces conditions, en écrivant l'équation au noeud B, la tension v_b en fonction de e_g, v_s, R_1 et Z.

3) Sachant que le courant sur l'entrée - de l'amplificateur opérationnel est nul, rechercher l'expression de la tension v_a en fonction de v_b et α qui représente la position du potentiomètre.

4) En déduire l'expression du gain en tension du montage $A_1(\alpha) = v_s/e_g$ en fonction de Z, α et R_1. Montrer que :

$$\frac{v_s}{e_g} = -\frac{Z(1+\alpha)+2R_1}{Z(1-\alpha)+2R_1}$$

5) Compte-tenu de la présence de l'impédance Z formée par R et C en parallèle, exprimer le gain en tension $A_1(\alpha)$ sous la forme du rapport de deux nombres complexes.

[1]Ph.Roux©2005

6) Montrer que le gain $A_1(\alpha)$ peut se mettre sous la forme suivante permettant de tracer le graphe asymptotique de Bode.

$$A_1(\alpha) = G_0(\alpha)\ \frac{1 + j\dfrac{f}{f_{c1}}}{1 + j\dfrac{f}{f_{c2}}}$$

Donner les expressions de $G_0(\alpha)$, des fréquences de coupures f_{c1}, f_{c2} et du rapport $\frac{f_{c1}}{f_{c2}}$.

7) Lorsque la position du potentiomètre est tel que $\alpha = 0$, que peut-on dire du gain $G_0(0)$, des fréquences de coupures f_{c1}, f_{c2}?

8) On désire accentuer au maximum les fréquences basses lorsque la position du potentiomètre est telle que : $\alpha = 1$. Dans ces conditions, on choisit : $G_0(1) = -10$ et des fréquences de coupures telles que : f_{c1}= 10 Hz et f_{c2} = 300 Hz.
Sachant que R = 100 kΩ, calculer la valeur à donner à la résistance R1 et à la capacité C.

9) Après avoir complété le tableau suivant, tracer les deux graphes asymptotique de Bode du module de $A_1(\alpha)$ et de son argument Φ sur le papier semi-logarithmique fourni en annexe, en justifiant vos résultats.

α	G0(α)	G0(α) en dB	fc1	fc2
0				
1				

2ème PARTIE : Le commutateur est en position 2

10) Exprimer à nouveau la tension v_b en fonction de e_g, v_s, R_1 et Z.

11) En déduire sans autre calcul, que lorsque le commutateur passe de la position 1 à la position 2:
$A_2(\alpha) = (A_1(\alpha))^{-1}$

12) Quelle est alors la méthode simple qui permettrait de construire les graphes asymptotique de Bode dans cette situation et ceci pour $\alpha = 0$ et $\alpha = 1$ avec les valeurs de R_1, R et C précédentes.

CORRECTION

Q1 : $v_a = \dfrac{e_g + v_s}{2}$

Q2 : En utilisant le théorème de superposition : $v_b = \dfrac{v_e(R_1 + Z) + R_1 v_s}{Z + 2R_1}$

Q3 : $v_a = -v_b \dfrac{\alpha}{1-\alpha}$

Q5 : $A_1(\alpha) = -\dfrac{R(\alpha+1) + 2R_1 + j\omega 2RR_1C}{R(1-\alpha) + 2R_1 + j\omega 2RR_1C}$

Q6 : $G_0(\alpha) = -\dfrac{R(\alpha+1) + 2R_1C}{R(1-\alpha) + 2R_1}$ $\quad f_{c1}(\alpha) = \dfrac{1}{2\pi}\dfrac{R(\alpha+1) + 2R_1}{2RR_1C}$ $\quad f_{c2}(\alpha) = \dfrac{1}{2\pi}\dfrac{R(1-\alpha) + 2R_1}{2RR_1C}$

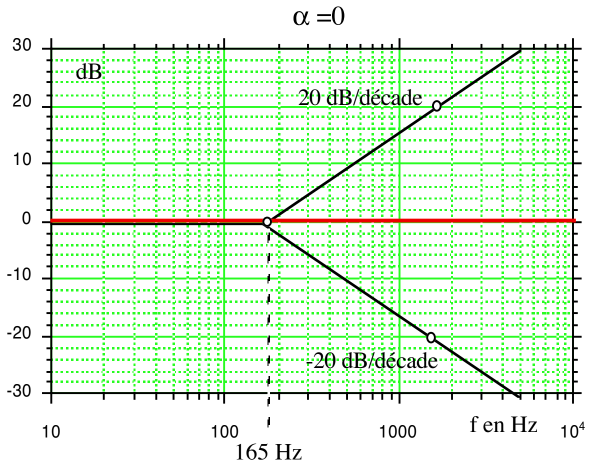
$$\frac{fc_1(\alpha)}{fc_2(\alpha)} = |G_0(\alpha)| = \frac{R(\alpha+1) + 2R_1}{R(1-\alpha) + 2R_1}$$

Q7 : Pour α = 0 -> $G_0(0) = -1$ et $f_{c1} = f_{c2}$

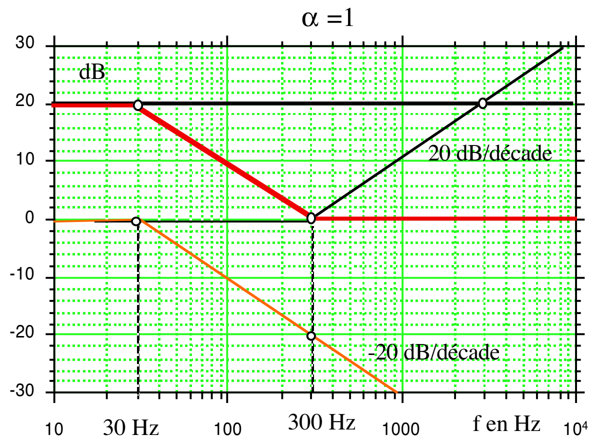
Q8 : Pour α = 1 -> $G_0(1) = -(1 + \dfrac{R}{R_1})$ $\quad$ $R_1 = 11{,}1\ k\Omega$ $\quad$ C = 53 nF

Q9 :

α	$G_0(\alpha)$	$\lvert G_0(\alpha)\rvert$ en dB	f_{c1}	f_{c2}
0	-1	0 dB	165 Hz	165 Hz
1	-10	20 dB	300 hz	30 Hz



Courbe de réponse « plate » 0 dB



Courbe de réponse favorisant les T.B.F.

Q10 : Permuter le rôle de v_e et v_s : $v_b = \dfrac{v_s(R_1 + Z) + R_1 v_e}{Z + 2R_1}$

Q11) Permutation de v_e et v_s

Q12 : Faire une symétrie par rapport à l'abscisse.

Etude d'un correcteur des tonalités aigues pour un amplificateur Haute Fidélité

On considère le montage de la figure 1, excité par une tension sinusoïdale : $e_g = E_{gm} \sin(\omega t)$
On admet de plus, les hypothèses suivantes :

- L'amplificateur opérationnel est parfait et travaille dans son domaine linéaire.
- Le potentiomètre R_3 possède une résistance assez grande pour que l'on puisse considérer que l'intensité i_3 qui le parcourt est négligeable vis à vis des intensités parcourant les autres branches du circuit

Par ailleurs on note :

- α $(0 \leq \alpha \leq 1)$ la position du curseur du potentiomètre, de telle sorte que la résistance entre les noeuds A et D soit égale à (αR_3).
- Z l'impédance complexe correspondant à la mise en parallèle de R et de C.

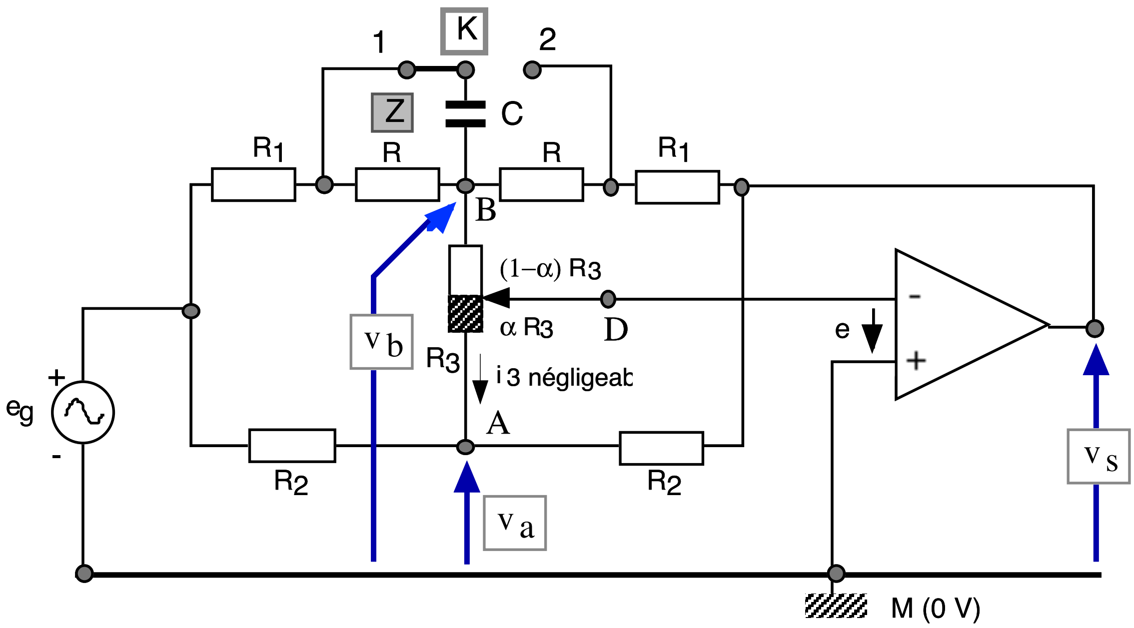


Figure 1 : montage correcteur des fréquences aigues

1° PARTIE : accentuation des fréquences aigues (K est en position 1)

Compte tenu des hypothèses simplificatrices admises, exprimer :

1) Sous la forme d'une équation (1), la tension v_a en fonction de e_g et v_s.

2) Sous la forme d'une équation (2), la tension v_b en fonction de e_g, v_s, R_1, R et l'impédance Z constituée par C et R en parallèle.

3)Compte tenu de la présence de l'amplificateur opérationnel, rechercher une expression liant les tensions v_a, v_b et le paramètre α et en déduire l'équation (3) donnant v_b en fonction de e_g, v_s et α.

Les équations précédentes permettent d'exprimerlegain du montage suivant l'expression (4) :

$$A_1(\alpha) = \frac{v_s}{e_g} = -\frac{2R_1 + R(1+\alpha) + Z(1-\alpha)}{2R_1 + R(1-\alpha) + Z(1+\alpha)} \quad (4)$$

On peut traiter les questions 4, 5 et 6 en admettant la relation (4).

4) Compte-tenu de l'expression de l'impédance Z constituée par C et R en parallèle, exprimer l'équation 4 précédente sous la forme suivante permettant de construire les graphes asymptotiques de Bode. Donner les expressions des fréquences de coupures f_{c1} et f_{c2} en fonction de R, R_1, C et α.

$$\boxed{A_1(\alpha) = \frac{v_s}{e_g} = -\frac{1 + j\dfrac{f}{f_{c1}}}{1 + j\dfrac{f}{f_{c2}}}}$$

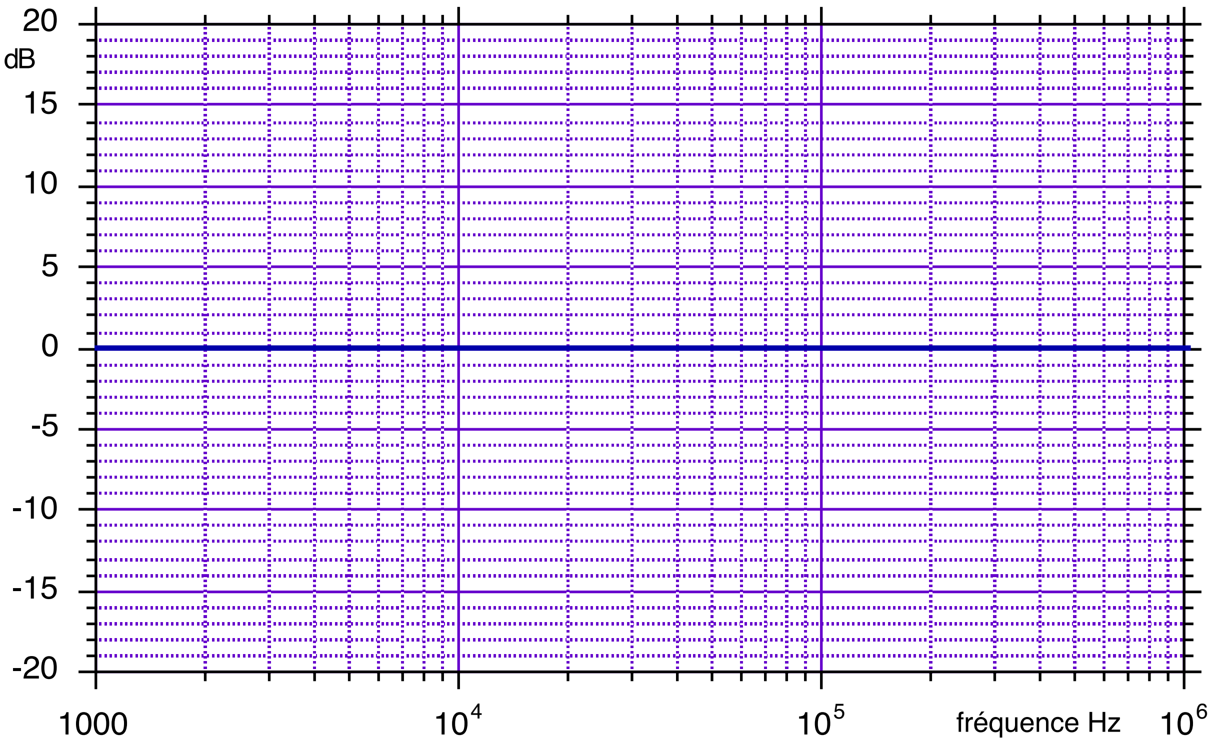
5) Si la position du potentiomètre R_3 est telle que $\alpha = 0$, que peut-on dire des fréquences f_{c1} et f_{c2} ?

- On désire accentuer au maximum les fréquences hautes lorsque la position du potentiomètre R_3 est telle que $\alpha = 1$. Dans ces conditions, déterminer l'expression du rapport f_{c1} / f_{c2}.

- Lorsque $\alpha = 1$, on s'impose : $f_{c1} = 2$ kHz et $f_{c2} = 20$ kHz. Sachant que l'on prend : C = 1,5 nF, calculer la valeur à donner aux résistances R_1 et R.

6) Après avoir complété le tableau suivant, tracer les 3 graphes asymptotiques de Bode du module de $A_1(\alpha)$correspondants aux 3 valeurs de α sur le papier semi-logarithmique en justifiant brièvement vos résultats.

α	f_{c1} (kHz)	f_{c2} (kHz)
0		
0,5		
1		



2° PARTIE : atténuation des fréquences aigues (K est en position 2)

7) Exprimer à nouveau la tension v_b en fonction de e_g, v_s, R_1, R et l'impédance Z constituée par C et R en parallèle.
En comparant cette équation avec l'équation (2) de la première partie, quelle remarque peut-on faire ?
Sachant que les équations (1) et (3) de la première partie sont inchangées, en déduire, sans autre calcul, que le passage de l'interrupteur K de la position 1 à la position 2 conduit à un gain en tension $A_2(\alpha)$ du montage tel que :

$$\boxed{A_2(\alpha) = \frac{v_s}{e_g} = \frac{1}{A_1(\alpha)}}$$

8) Quelle méthode graphique simple permettrait de construire les graphes asymptotiques de Bode du module du gain $A_2(\alpha)$ et ceci pour les trois valeurs de α précédentes sachant que R, R_1 et C sont inchangées ?