

¹INFLUENCE DU CONDENSATEUR DE DECOUPLAGE ET DE LIAISON SUR LE GAIN DU MONTAGE JFET SOURCE COMMUNE AUX BASSES FREQUENCES

On considère le montage amplificateur source commune de la figure 1 qui utilise un transistor JFET canal N tel que : $I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$ avec : $I_{DSS} = 14,2 \text{ mA}$ et $V_P = -1,2 \text{ V}$.

Le montage est excité par un générateur sinusoïdal e_g de résistance interne R_g en liaison directe étant donné que la tension sur la grille est nulle (pas de courant de grille). La température est de 25°C . On suppose dans un premier temps que la capacité de découplage C_s a une valeur telle, qu'elle se comporte comme un court circuit, aux fréquences moyennes de travail.

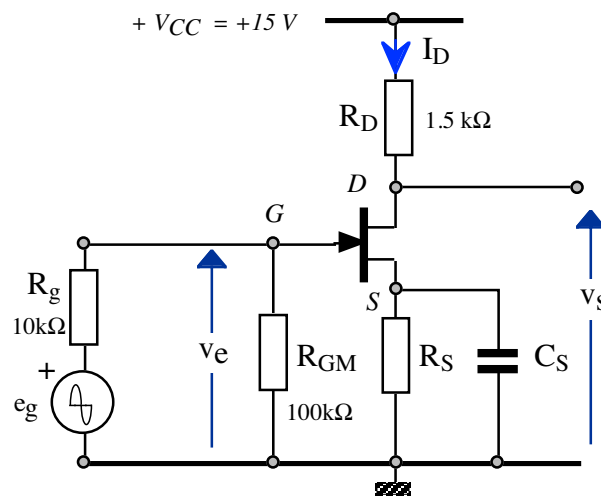


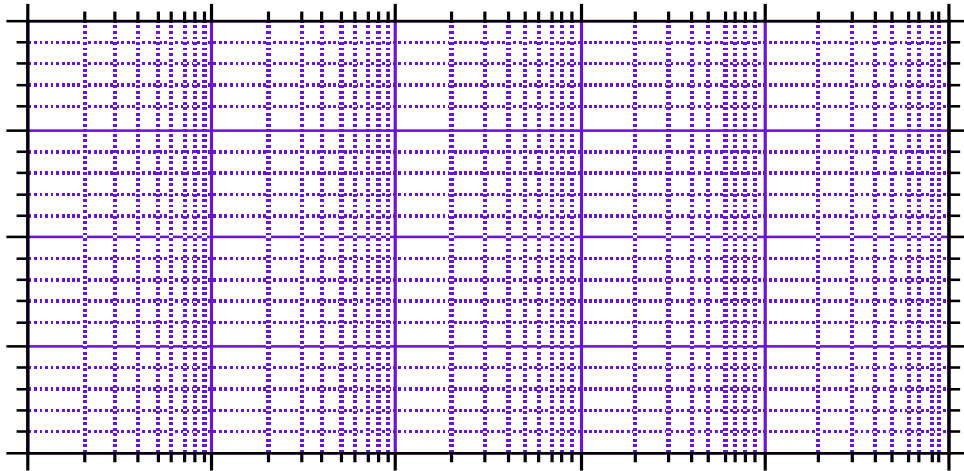
Figure 1

1. On désire polariser le transistor sous un courant $I_D = 4,5 \text{ mA}$.
 - a. Calculer la valeur de la tension V_{GS} .
 - b. En déduire la valeur à donner à la résistance de source R_S .
 - c. Calculer la valeur de la tension continue V_{DS} .
2. Dessiner le schéma équivalent au montage aux petites variations et aux fréquences moyennes où l'impédance de C_s est négligeable.
3. Calculer l'expression du gain en tension du montage complet : $A_{fm} = \frac{v_s}{e_g}$ (on posera le coefficient : $k = \frac{R_{GM}}{R_g + R_{GM}}$). Faire l'application numérique.

On se place maintenant aux basses fréquences où l'on doit tenir compte de l'influence non négligeable de la capacité C_s .

4. Dessiner le schéma équivalent au montage aux petites variations et aux très basses fréquences.

5. Rechercher l'expression du gain $A = \frac{v_s}{e_g}$ en fonction de $A_{f.m}$ et en faisant intervenir les constantes de temps : $\tau_1 = R_s C_s$ et $\tau_2 = \frac{\tau_1}{1 + g_m R_s}$
6. On prend à priori $C_s = 10 \mu\text{F}$. Compte tenu de l'expression précédente, tracer l'allure du graphe asymptotique de Bode du module du gain A . On fera intervenir les fréquences de coupure à -3 dB f_{c1} et f_{c2} associées respectivement à τ_1 et τ_2 . Commenter le graphe.



On désire transmettre une fréquence f_0 de 40 Hz sans atténuation notable par rapport aux fréquences moyennes. On choisi donc de prendre : $f_{c2} = \frac{1}{2\pi\tau_2} = \frac{f_0}{10}$.

7. Calculer dans ces conditions la valeur que doit avoir la capacité C_s .

On propose maintenant de calculer la fonction découplage associée à C_s à la fréquence f_0 :

$$F_{dec} = -10 \log \left[1 + \frac{1}{(\omega_0 R_{1s} C_s)^2} \right] \text{ où } R_{1s} \text{ est la résistance de sortie du montage vue par } C_s.$$

8. Donner le schéma d'analyse et calculer l'expression de la résistance de sortie R_{1s} du montage vue par C_s entre S et la masse. A.N.
9. Quelle relation remarquable lie alors l'impédance de C_s et la résistance R_{1s} ? Calculer alors la valeur de la fonction découplage.

On modifie maintenant le schéma du montage en disposant à l'entrée un condensateur de liaison C_L . On se propose d'étudier l'influence conjuguée de C_L et C_s sur la courbe de réponse aux très basses fréquences.

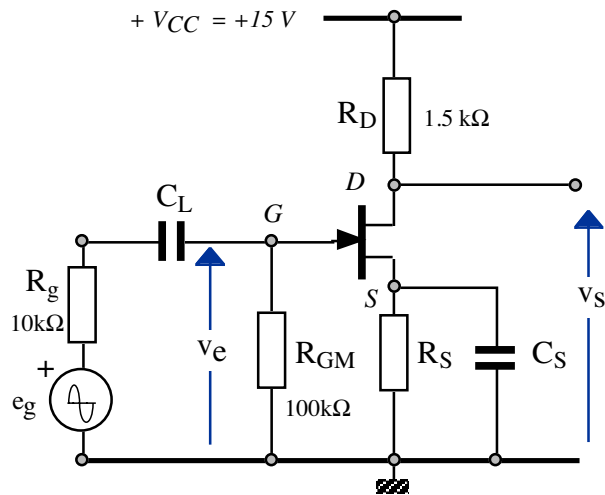


Figure 2

10. Dessiner le schéma équivalent au montage aux petites variations et aux très basses fréquences.

Rechercher la nouvelle expression du gain $A = \frac{v_s}{e_g}$ en fonction de $A_{f,m}$ et en faisant intervenir

les constantes de temps précédentes : $\tau_1 = R_S C_S$, $\tau_2 = \frac{\tau_1}{1 + g_m R_S}$ et la nouvelle constante de temps de l'entrée : $\tau_e = (R_g + R_{GM})C_L$.

11. On choisi de prendre $\tau_e = \tau_1$. Calculer la valeur à donner à la capacité C_L .

12. Compte tenu de l'expression précédente, tracer l'allure du graphe asymptotique de Bode du module du gain A . On fera intervenir les fréquences de coupure à -3 dB f_{c1} , f_{c2} et f_{ce} , associées respectivement à τ_1 , τ_2 et τ_e . Commenter le graphe de Bode.

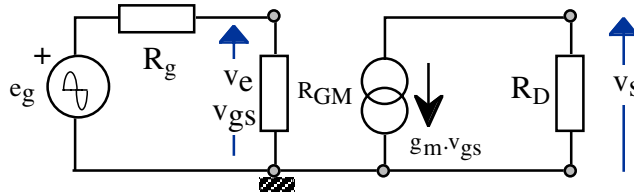
CORRECTION

$$Q1a : V_{GS} = V_P \left(1 - \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}\right) = -0,524V$$

Q1b : Le courant de grille est nul, aussi la tension aux bornes de R_{GM} est aussi nul.
 $V_{GS} = -R_S \cdot I_D$ $R_S = 116 \Omega$ soit 120Ω normalisée.

$$Q1c : V_{DS} = V_{CC} - (R_D + R_S)I_D = 7,72 V.$$

Q2 :

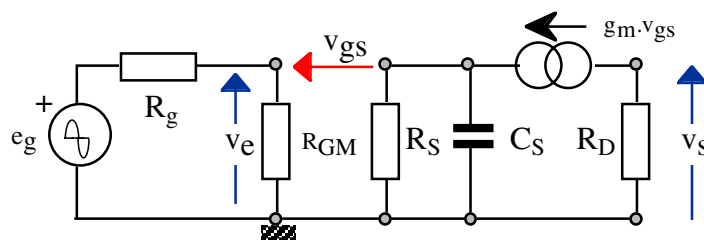


Q3 : Gain aux fréquences moyennes :

$$v_{gs} = k e_g \quad v_s = -g_m v_{gs} R_D \quad \boxed{A_{fm} = -k g_m R_D}$$

$$\text{Transconductance : } g_m = \left(\frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}}\right)_{V_{DS} \text{ cte}} = -\frac{2}{V_P} \sqrt{I_D I_{DSS}} = 13,3 \text{ mS} \quad \text{d'où } A_{fm} = -18,16 \text{ (25,2 dB)}$$

Q4 : Schéma aux T.B.F.



Q5 : On appelle Z_S l'impédance de R_S et C_S en parallèle : $Z_S = \frac{R_S}{1 + j\omega R_S C_S}$

$$v_s = -g_m v_{gs} R_D \quad v_{gs} = v_e - Z_S g_m v_{gs} \quad v_e = k e_g$$

$$v_s = -k \frac{g_m R_D}{1 + g_m Z_S} e_g$$

$$A = -\frac{k g_m R_D}{1 + g_m R_S} \cdot \frac{1 + j\omega \tau_1}{1 + j\omega \tau_2}$$

$$\boxed{A = \frac{v_s}{e_g} = \frac{A_{fm}}{1 + g_m R_S} \cdot \frac{1 + j\omega \tau_1}{1 + j\omega \tau_2}}$$

Fréquences de coupures à -3dB liées et associées aux constantes de temps :

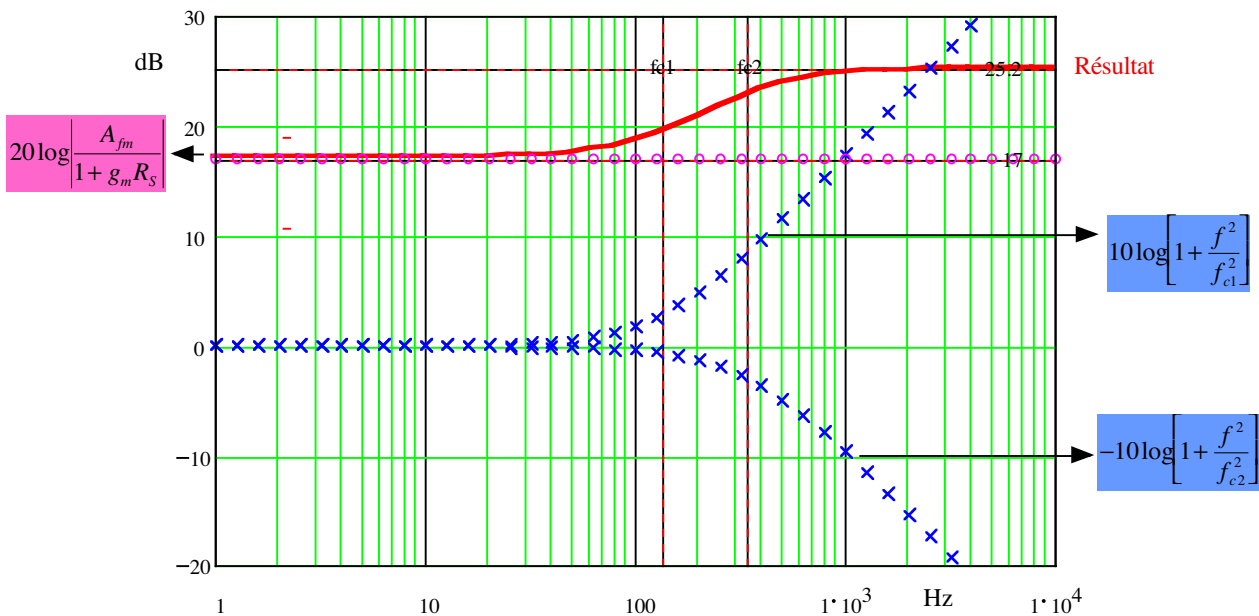
- $f_{c1} = \frac{1}{2\pi\tau_1} = \frac{1}{2\pi R_S C_S}$
- $f_{c2} = \frac{1}{2\pi\tau_2} = \frac{1}{2\pi \cdot \frac{R_S C_S}{1+g_m R_S}}$

Q6 : $C_S = 10 \mu\text{F}$ $f_{c1} = 136 \text{ Hz}$ $f_{c2} = 348 \text{ Hz}$ $\frac{A_{fm}}{1+g_m R_S} = -7,1$ (soit 17 dB)

Expression du module du gain en décibels :

$$|A|_{dB} = 20\log \left| \frac{A_{fm}}{1+g_m R_S} \right| + 10\log \left[1 + \frac{f^2}{f_{c1}^2} \right] - 10\log \left[1 + \frac{f^2}{f_{c2}^2} \right]$$

Graphe de Bode des trois fonctions élémentaires et de leur somme :



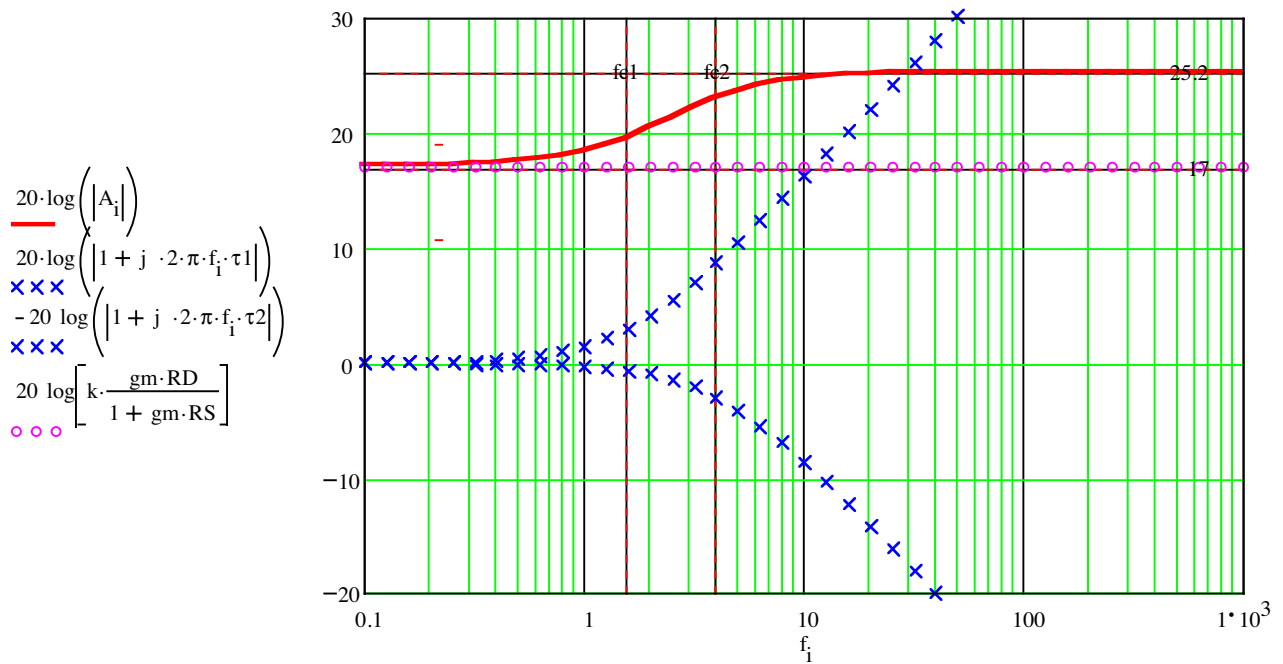
Commentaires : aux T.B.F. les cellules f_{c1} , f_{c2} n'ont pas d'influence (0dB, C_S est un circuit ouvert), le gain est de 17 dB. Puis la cellule f_{c1} provoque une remontée du gain, ensuite la cellule f_{c2} assure une compensation de la précédente et le gain demeure constant (25,2 dB, C_S est alors un court-circuit). La fréquence de coupure à -3dB vis à vis des fréquences moyennes est de 315 Hz.

Q7 : $f_{c2} = \frac{1}{2\pi\tau_2} = \frac{1}{2\pi \cdot \frac{R_S C_S}{1+g_m R_S}} = \frac{f_0}{10}$ avec $f_0 = 40 \text{ Hz}$. On en déduit : $C_S = 872 \mu\text{F}$.

On notera la valeur importante de C_S .

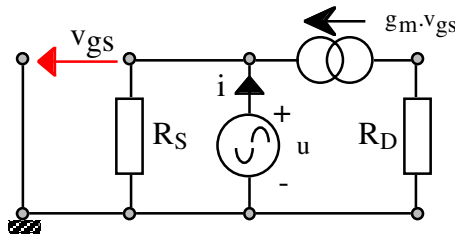
$f_{c1} = 1,57 \text{ Hz}$ $f_{c2} = 4 \text{ Hz}$.

Nouveau graphe de Bode : $f_{c1} = 1,57 \text{ Hz}$ $f_{c2} = 4 \text{ Hz}$.



La fréquence de coupure basse à -3dB du montage est égale à 4 Hz .

Q8 : Schéma du montage avec la méthode de l'ohmmètre (e_g annulé entraîne la connexion de la grille à la masse).

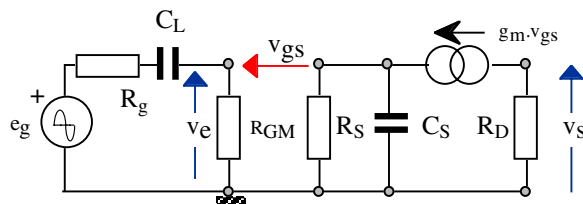


Equation au nœud : $i - \frac{u}{R_S} - u g_m = 0$

$$R_{is} = \frac{u}{i} = \frac{R_S}{1 + g_m R_S} = 45,6\Omega$$

Q9 : compte tenu de Q7 : $\frac{1}{2\pi \cdot f_0 C_S} = \frac{R_{is}}{10}$. On retrouve la règle pratique « du 1/10 » pour calculer une capacité de découplage. $F_{dec} = -0,043\text{ dB}$.

Q10 : Relation à l'entrée du montage : $v_e = e_g \frac{R_{GM}}{R_g + R_{GM} + \frac{1}{j\omega C_L}}$ soit : $v_e = k e_g \frac{1}{1 + \frac{1}{j\omega \tau_e}}$



Compte tenu des relations obtenues en question 5, il vient :

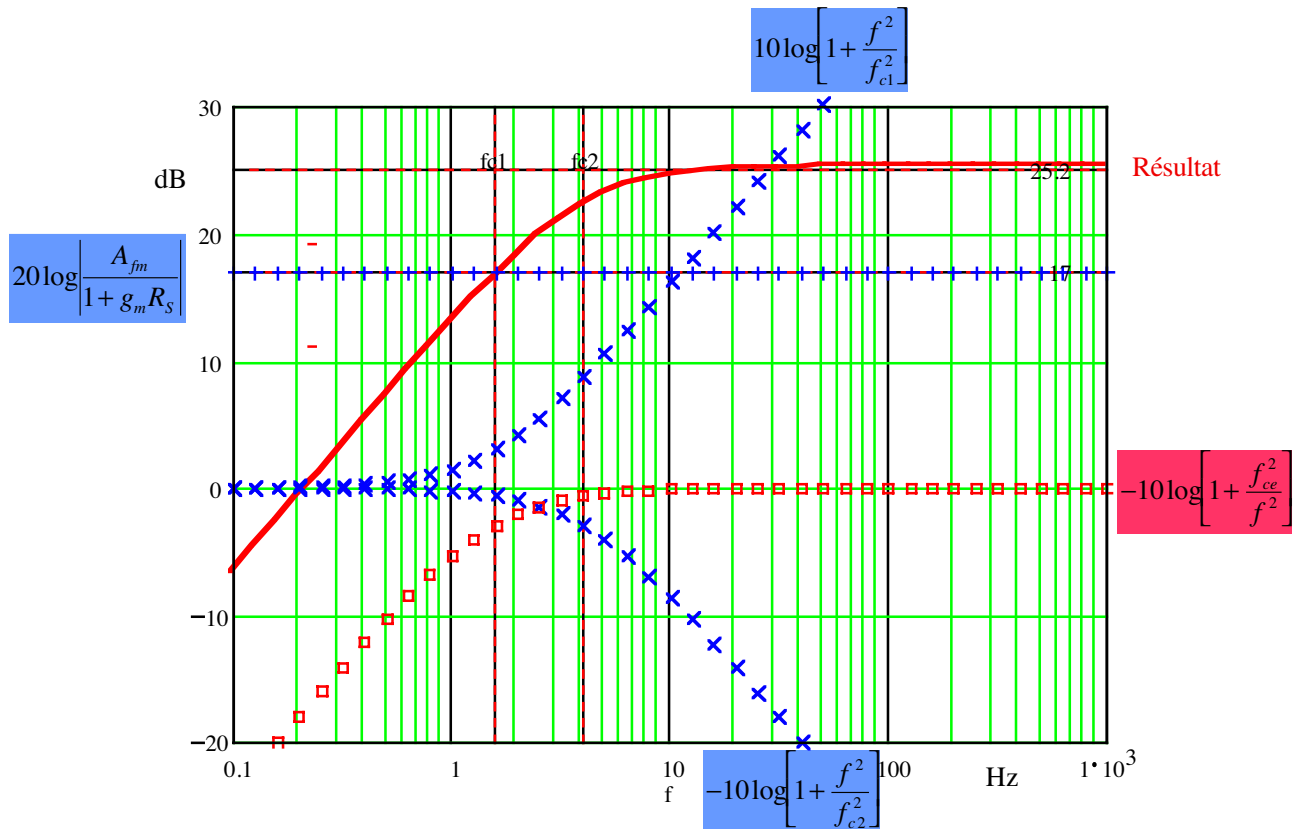
$$A = \frac{v_s}{e_g} = \frac{A_{fm}}{1 + g_m R_S} \cdot \frac{1 + j\omega\tau_1}{1 + j\omega\tau_2} \frac{1}{1 + \frac{1}{j\omega\tau_e}}$$

Q11 : Pour $\tau_e = \tau_1$ il vient : $C_L = 924$ nF.

Q12 : Module du gain en tension :

$$|A|_{dB} = 20 \log \left| \frac{A_{fm}}{1 + g_m R_S} \right| + 10 \log \left[1 + \frac{f^2}{f_{c1}^2} \right] - 10 \log \left[1 + \frac{f^2}{f_{c2}^2} \right] - 10 \log \left[1 + \frac{f_{ce}^2}{f^2} \right]$$

Graphes de Bode des quatre fonctions élémentaires et de leur somme :



Le module du gain en tension du montage complet chute en très basse fréquence avec une pente sensiblement égale à 20 dB par décade gérée par la capacité de liaison C_L . La fréquence de coupure basse à -3 dB du montage est égale à 4 Hz.