

Université de Batna 2	Faculté de Technologie	Département d'Electronique	Master 1ère Automatique AS&AI
TP Electronique Appliquée			Benmokrane.T
TPN° 01	Amplificateurs à Transistors JFET et MOSFET		Benacer.S Litim.M

Objectifs du TP:

- Connaître les différents types de transistors à effet de champ (JFET et MOSFET).
- Détermination des paramètres du transistor FET
- Réalisation de montages amplificateurs à base de FETs

Introduction

La dénomination «transistor à effet de champ» (TEC ou FET) regroupe deux types de transistors :

- Le TEC à jonction (JFET)
- Le TEC à grille isolée (IGFET : insulated gate FET) dans ce type on retrouve les MOSFET (Métal Oxyde Semiconductor FET) où l'isolation de la grille se fait par un oxyde de silicium (SiO_2).

Le Transistor à Effet de Champ tire son nom de son principe de fonctionnement selon lequel l'intensité du courant traversant le dispositif est contrôlée par le champ électrique créé par la tension appliquée à l'électrode de commande qui est la grille.

Nous allons par la suite voir deux type de transistor à effet de champ qui sont les plus utilisés et dont le principe de fonctionnement est similaire à quelques détails près. Ses deux transistors sont le JFET canal N et le MOSFET à appauvrissement canal N

Principe de fonctionnement du JFET canal N

Le courant traverse un mince canal de type N surmonté d'une grille dopée en sens inverse. Les deux électrodes situées de part et d'autre du canal sont appelées "Source" et "Drain".

Si aucune tension n'est appliquée à la grille, rien ne s'oppose au passage du courant dans le canal si ce n'est sa résistance car le canal est étroit.

Si on applique une tension négative à la grille, les électrons près de la grille vont être repoussés et plus on augmente cette tension il y aura de moins en moins d'électrons dans le canal jusqu'à ce qu'il n'ait plus de courant qui circule du drain vers la source c'est ainsi qu'on parvient à contrôler le courant de ce transistor par action sur la tension de grille.

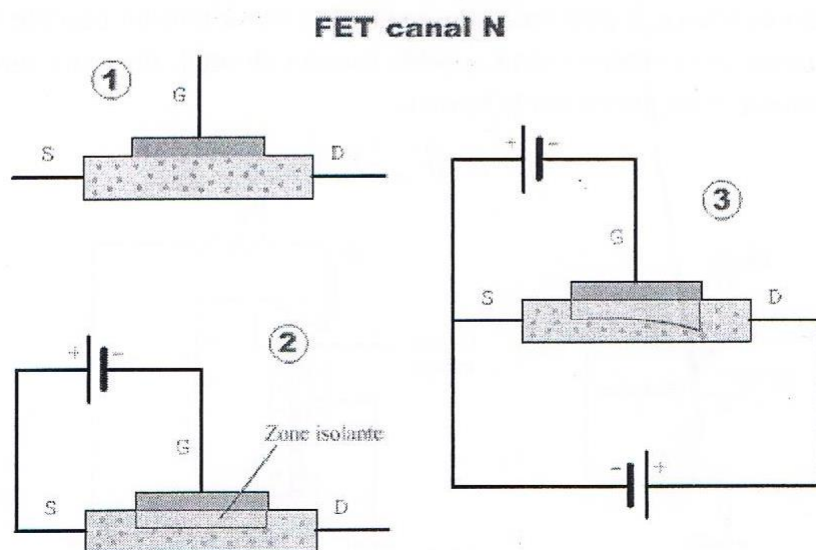


Figure 1 : Principe de fonctionnement d'un transistor JFET canal N

Courbes caractéristiques du JFET

La figure 2 représente les caractéristiques de transfert $I_{DS} = f(V_{GS})$ à gauche, et de sortie $I_{DS} = f(V_{DS}, V_{GS})$ à droite.

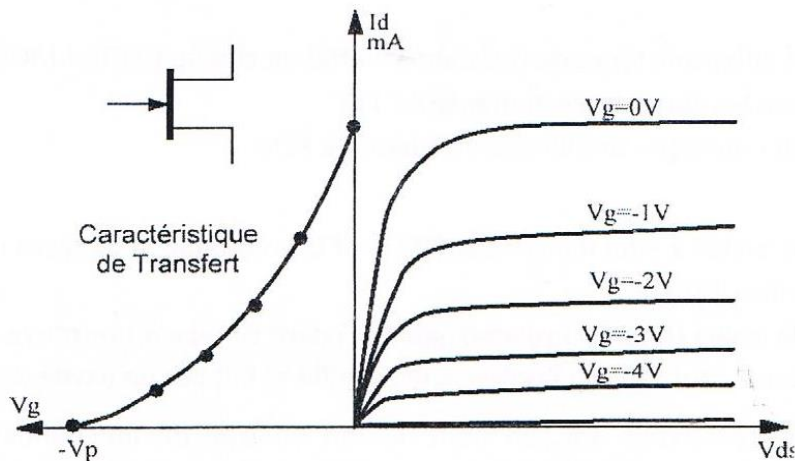


Figure 2 : Caractéristiques de sortie et de transfert d'un JFET canal N

La caractéristique de sortie peut être décomposée en deux grandes zones :

La partie correspondant au fonctionnement à courant constant (zone de pincement), et qui servira à l'amplification de petits.

la zone ohmique : dans cette zone, le FET est assimilable à une résistance dont la valeur est fonction de la tension V_{GS} .

La caractéristique de transfert $I_D = f(V_{GS})$ résume bien les limites du FET : courant de drain nul pour une tension V_{GS} égale à la tension de pincement V_p , et courant maxi I_{DSS} pour une tension V_{GS} nulle. La courbe est assez bien approximée par une parabole d'équation :

$$I_d = I_{dss} \left(1 - \frac{V_{gs}}{V_p} \right)^2$$

Principe de fonctionnement du MOSFET canal N à enrichissement

A l'inverse du JFET, le MOSFET à enrichissement ne possède pas une jonction PN entre la grille et le canal, en effet la grille est isolée du canal par un diélectrique (SiO_2). De plus il n'existe pas de canal structural entre drain et source, il sera créé par application d'une tension positive sur la grille. Si la tension de grille dépasse une certaine valeur appelée tension de seuil, alors un courant peut circuler entre le drain et la source, il est donné par la formule :

$$I_d = K_n (V_{gs} - V_t)^2$$

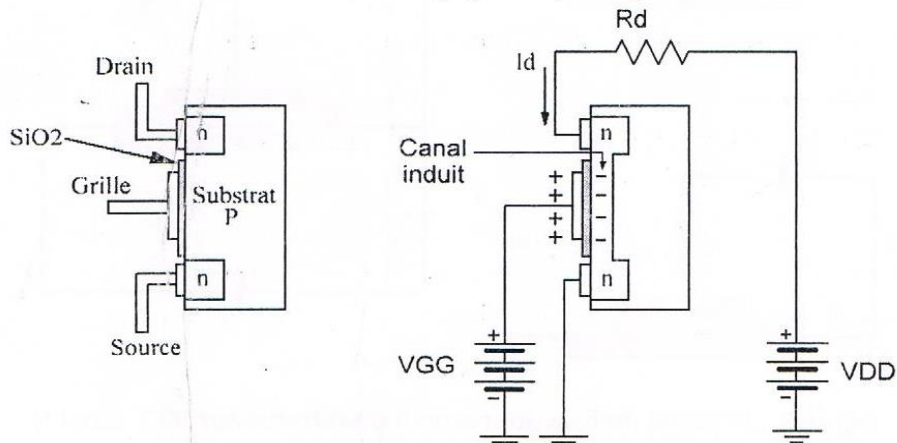


Figure 3 : Principe de fonctionnement d'un transistor MOSFET canal N à enrichissement

Courbes caractéristiques du MOSFET canal N à enrichissement

On remarque une similitude entre les caractéristiques d'entrée et de sortie du MOSFET et le JFET, mais ici la tension de seuil est positive.

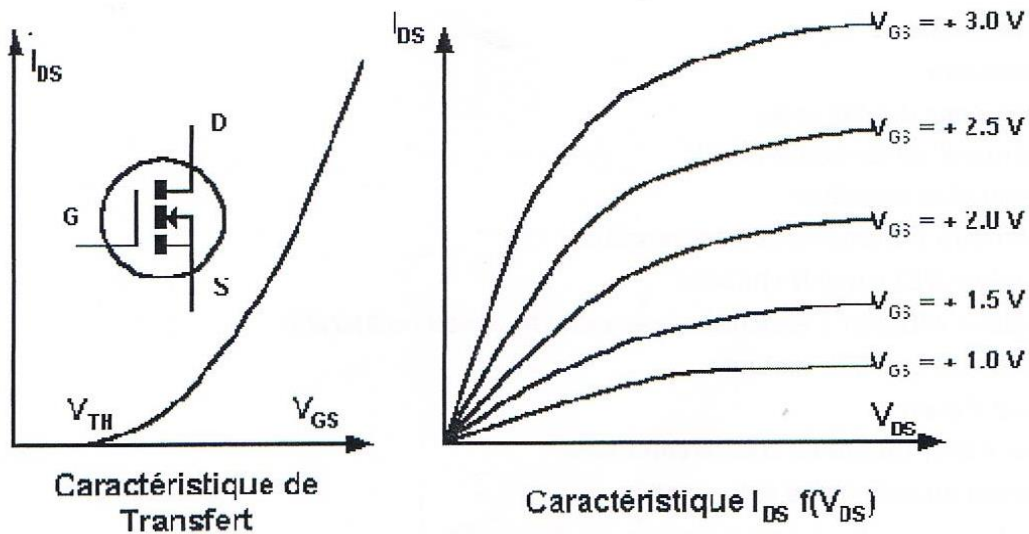


Figure 4 : Caractéristiques de sortie et de transfert d'un MOSFET canal N à enrichissement

Amplificateur a Transistor FET

Si un signal variable de faible amplitude est superposé à la polarisation DC à l'entrée de la grille, alors, dans les bonnes conditions, le circuit de transistor peut agir comme un amplificateur linéaire. La figure 5 illustre la situation appropriée à un amplificateur MOSFET à source commune.

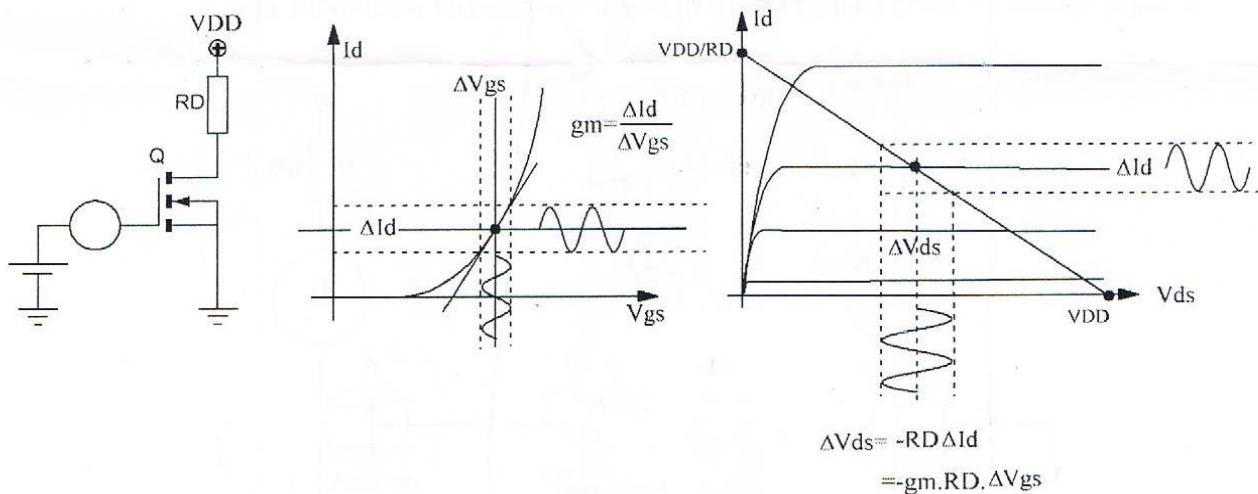


Figure 5 : Principe de l'amplification d'un transistor FET

Schéma équivalent petits signaux du transistor FET

Le schéma équivalent petits signaux du transistor FET est donné sur la figure 6.

La résistance d'entrée est infinie, et pour la résistance r_o elle est de l'ordre du Méga

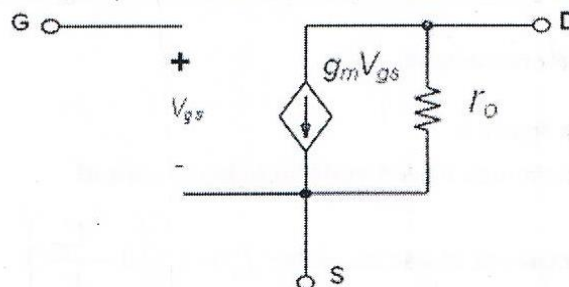


Figure 6 : Schéma équivalent d'un transistor FET

Préparation théorique

1. Obtenir le schéma équivalent petits signaux des circuits des figures 8 et 10.
2. Déterminer la valeur du gain en tension en l'absence des condensateurs C2

Partie expérimentale

Matériel nécessaire

- Oscilloscope double voies
- Générateur de fonctions (GBF)
- Alimentation stabilisée
- Multimètre (Voltmètre et ampèremètre)
- Transistor JFET canal N : BF246A
- Transistor MOSFET à enrichissement canal N : Bss89 ou 2N7000
- Résistances et condensateurs
- Plaque d'essai

Amplificateur à JFET monté en source commune

a) détermination du courant de saturation.

- Brancher le circuit comme indique sur la figure 7-a
- Mettre l'ampèremètre sur le calibre 100 mA et mesurer la valeur du courant de drain, c'est le courant de saturation.

b) détermination de la tension de pincement.

- Brancher la grille du FET à un générateur de tension négative comme indiqué sur la figure 7-b
- Mettre l'ampèremètre sur le calibre 100 mA. Faire varier V_{gs} de -4V à 0V. La tension pour laquelle le courant drain change subitement est la tension de pincement V_p .

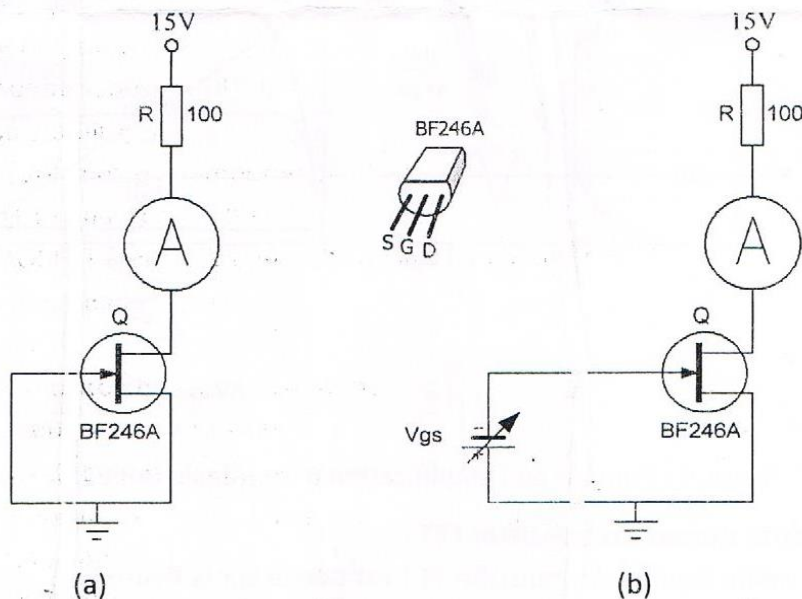


Figure 7 : Procédure de détermination des paramètres du JFET

c) Montage amplificateur source commune

- Câbler le montage de la figure 8
- Mesurer les tensions continues V_s , V_d et déduire le courant I_d
- Comparer la valeur du courant I_d à la formule :
$$I_d = I_s \left(1 - \frac{V_{gs}}{V_p} \right)^2$$

- Calculer la transconductance du transistor en utilisant la formule : $g_m = \frac{2I_d}{V_{gs} - V_p}$
- Régler le générateur de fonction sur un signal sinusoïdal. d'amplitude 1V et de fréquence 1KHz
- Visualiser et tracer le signal d'entrée et de sortie
- Mesurer le déphasage et calculer le gain de cet amplificateur.
- Comparer la valeur du gain à la valeur théorique donnée par : $G_v = -g_m R_D$

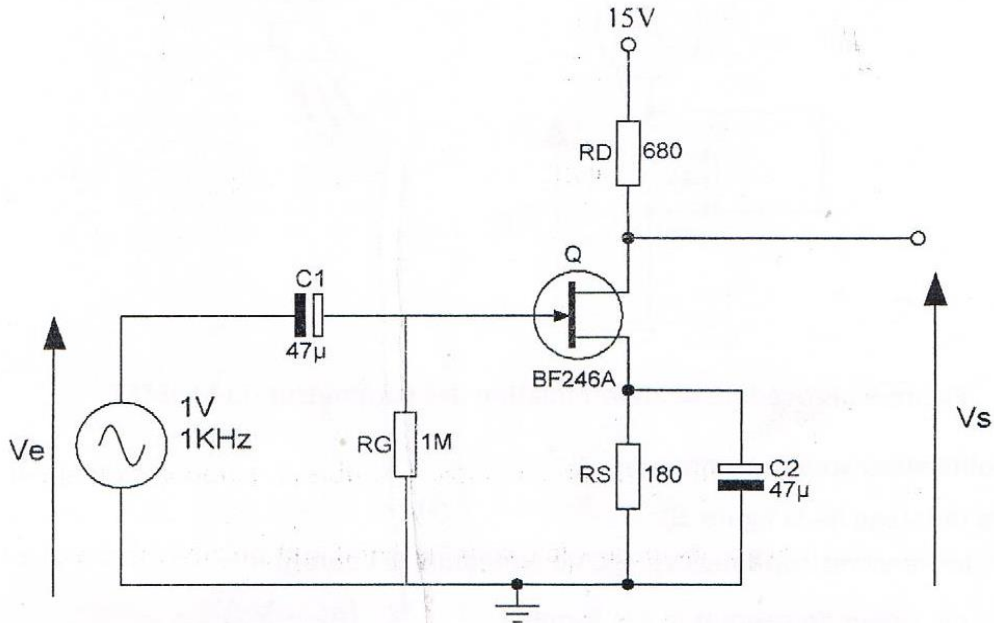


Figure 8 : Schéma électrique de l'amplificateur JFET source commune.

Amplificateur à MOSFET monté en source commune

a) Estimation des paramètres du MOSFET

Estimation de la transconductance g_m

- Réaliser le montage comme indique sur la figure 9
- Ajuster la tension VDD pour établir un courant drain I_{d1} de 20 mA, relever avec le voltmètre la tension V_{gs1} . Augmenter légèrement VDD de manière à ce que V_{gs} augmente de 50mV, relever alors I_{d2} . La transconductance g_m sera exprimée par : $g_m \approx \frac{\Delta I_d}{\Delta V_{gs}}$

Estimation de V_t et K_n

On suppose une relation quadratique entre la tension V_{gs} et I_d , alors on peut écrire :

$$I_{d1} = K_n (V_{gs1} - V_t)^2$$

- Augmenter encore VDD jusqu'à ce que I_d atteigne 4 I_{d1} , relever alors la tension V_{gs2} , alors on peut écrire :

$$4I_{d1} = K_n (V_{gs2} - V_t)^2$$

Et la valeur de la tension de seuil sera calculée par la formule : $V_t \approx 2V_{gs1} - V_{gs2}$

Pour déterminer K_n , on peut utiliser l'une des deux équations précédentes

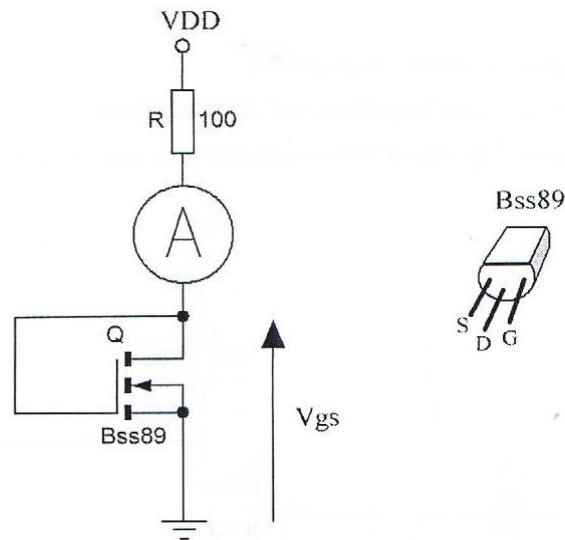


Figure 9 : Procédure de détermination des paramètres du MOSFET

c) Montage amplificateur source commune

- Câbler le montage de la figure 10
- Mesurer les tensions continues V_g , V_s , V_d et déduire le courant I_d
- Comparer la valeur du courant I_d à la formule : $I_d = K_n (V_{gs} - V_t)^2$
- Régler le générateur de fonction sur un signal sinusoïdal d'amplitude 0.1V crête à crête et de fréquence 1KHz
- Visualiser et tracer le signal d'entrée et de sortie
- Mesurer le déphasage et calculer le gain de cet amplificateur.
- Comparer la valeur du gain à la valeur théorique donnée par : $G_v = -g_m R_D$

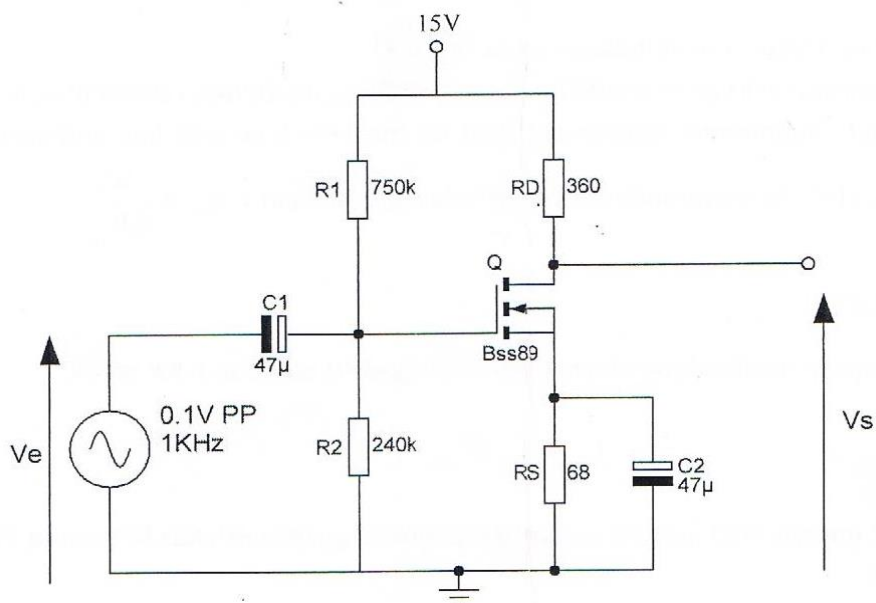


Figure 10 : Schéma électrique de l'amplificateur MOSFET source commune.