

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
D'ORAN MOHAMED BOUDIAF



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة العلوم والتكنولوجيا بهران محمد بوضياف

FACULTÉ DE GÉNIE ELECTRIQUE

DÉPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

كلية الهندسة الكهربائية

قسم الإلكترونيك

Manuel de Cours

Electronique Fondamentale 2

2^{ème} année ELECTRONIQUE Licence

Chapitre 1 : Transistors à effet de champ Semaine1

2019-2020

1.1 Description

La figure 1.1 illustre la structure de base d'un transistor à effet de champ à jonction noté JFET. (JFET : Junction Field Effect Transistor : le transistor à effet de champ à jonction). Les transistors unipolaires dépendent d'un seul type de charge les trous, ou les

électrons. Fonctionnant avec une polarisation inverse qui contrôle le courant dans un canal selon leurs structures, les JFETs sont classés selon deux catégories : à canal N, à canal P. des fils conducteurs sont branchés sur chaque terminaison du canal N ; le drain représente la partie supérieure et la source, la partie inférieure. Deux régions de type P sont diffusées dans le matériau de type N pour former un canal, les deux régions de type P étant branchés à la borne appelée grille. Afin de simplifier, nous illustrons la grille branchée seulement à l'une des deux régions de type P. un JFET à canal p est illustré à la figure 1.2. [3]

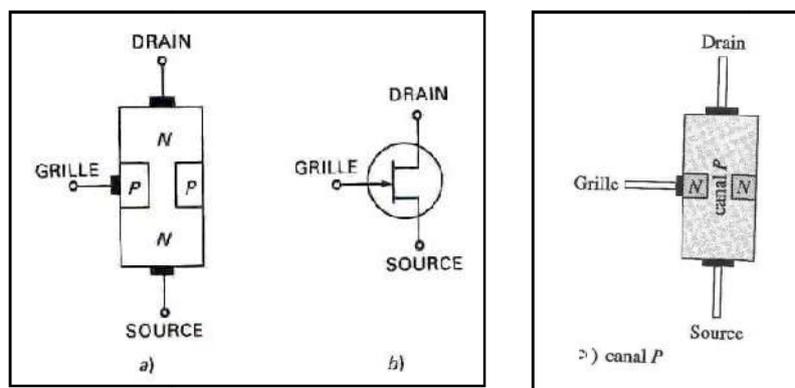


Figure 1.1: a. JFET à canal N b. symbole graphique. c. JFET à canal P.

1.3 Effet de champ (JFET)

1.2.1 Principe de fonctionnement

Pour illustrer le fonctionnement d'un JFET à jonction, les tensions de polarisation appliquées sur une composante à canal N sont illustrées à la figure 1.2. V_{DD} procure une tension entre le drain et la source, fournissant le courant du drain vers la source. V_{GG} fournit la tension de polarisation inverse entre la grille et la source.

Le FET à jonction est toujours utilisé avec la jonction PN grille-source en polarisation inverse. Le fait d'appliquer une polarisation inverse à la jonction grille-source avec une tension négative sur la grille produit une zone d'appauvrissement dans la jonction PN, s'étendant jusqu'au canal N, ce qui augmente sa résistance en réduisant la largeur du canal, et par le fait même contrôler le courant du drain I_D (figure 1.2). Les zones blanches représentent la zone d'appauvrissement créée par la polarisation inverse. [3]

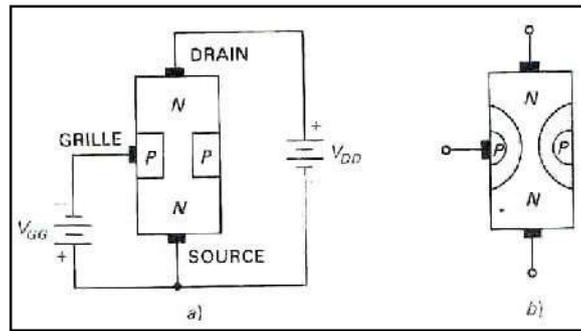


Figure1.2: a. polarisation d'un JFET b. les courbes de déplétion contrôlent les couches du canal.

Résumé :

- V_{GS} Inverse : pour empêcher tout courant de grille (les normes pour tous les JFET) qui crée des couches de déplétion ou d'appauvrissement autour de la région P.
- Un courant d'électrons libres qui circulent de la source vers le drain.
- Le courant dépend du canal qui le traverse, plus V_{GG} augmente, plus le pincement du canal est important (les couches d'appauvrissements se rapprochent, plus le courant I_D diminue).

1.2.2 Polarisation

Le but de la polarisation est de choisir la tension adéquate grille-source V_{GS} afin d'établir la quantité désirée de courant de drain et ainsi, le bon point d'opération Q. nous étudierons trois types majeurs de polarisation : la polarisation de grille, la polarisation automatique et la polarisation par diviseur de tension. [3]

La polarisation de grille

La figure 1.3.a est un exemple de polarisation de grille (semblable à la polarisation de base d'un transistor bipolaire). La figure 1.3.b représente un schéma simplifié c'est la pire façon de régler le point Q d'un amplificateur linéaire.

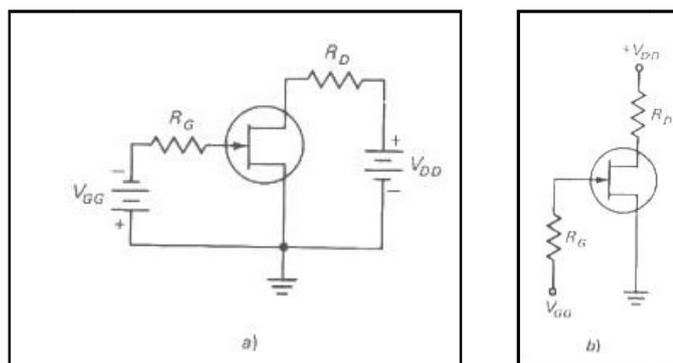


Figure1.3: a. polarisation de grille b. schéma simplifié.

La polarisation automatique

Rappelons qu'un JFET doit être utilisé de façon à ce que sa jonction grille-source soit toujours en polarisation inverse. Cette condition requiert une tension V_{GS} négative pour un JFET à canal N et positive pour un JFET à canal P. on peut l'obtenir en utilisant les arrangements de polarisation automatique illustrés à la figure 1.4 [3]

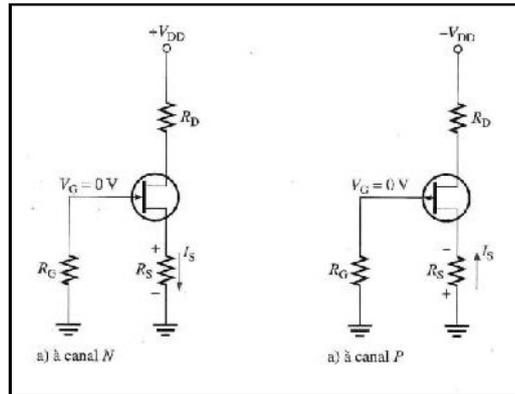


Figure1.4: a. polarisation automatique de JFET ($I_S = I_D$ dans tous les FET).

Pour un JFET à canal N de la figure 1.4, I_S produit une chute de tension aux bornes de R_S et maintient la source positive par rapport à la masse. Ainsi puisque $I_S = I_D$ et $V_G = 0$, donc, $V_S = I_D R_S$. La tension grille-source est

$$V_{GS} = V_G - V_S = 0 - I_D R_S = -I_D R_S \quad (1.1)$$

Pour l'analyse suivante, le JFET à canal N de la figure 1.4 est utilisé. Gardez à l'esprit que l'analyse d'un JFET à canal P est la même, sauf que les tensions seront de polarités inverses. La tension du drain par rapport à la masse est déterminée comme suit : [2]

$$V_{DS} = V_D - V_S = V_{DD} - I_D R_D + R_S \quad (1.2)$$

La polarisation par diviseur de tension

Un JFET à canal N, polarisé par diviseur de tension, est illustré à la figure 1.5. La tension à la source du JFET doit être plus positive que la tension à la grille pour conserver la jonction grille-source en polarisation inverse. [3] [2]

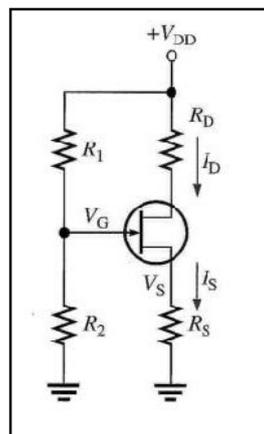


Figure1.5: Un JFET à canal N sous polarisation par diviseur de tension ($I_S = I_D$).

La tension à la source du transistor est

$$V_S = I_D R_S \quad (1.3)$$

La tension à la grille est déterminée par la résistance R_1 et R_2 , telle qu'exprimée par l'équation suivante en utilisant la formule du diviseur de tension :

$$V_G = \frac{R_2}{R_2+R_1} V_{DD} \quad (1.4)$$

V_G est égale à la tension de Thévenin appliquée à la grille $V_G=V_{TH}$

La tension grille-source est

$$V_{GS} = V_G - V_S \quad (1.5)$$

La tension à la source est

$$V_S = V_{TH} - V_{GS} \quad (1.6)$$

Le courant de drain peut être exprimé par

$$I_D = \frac{V_S}{R_S} \quad (1.7)$$

En substituant V_S ,

$$I_D = \frac{V_{TH}-V_{GS}}{R_S} \quad (1.8)$$

1.2.3 Régimes de fonctionnement

Dans cette section, nous verrons comment le JFET fonctionne comme composant à courant constant contrôlé par tension. Nous apprenons également les paramètres de blocage et de pincement.

Considérons d'abord le cas où la tension entre la grille et la source est nulle ($V_{GS}=0V$). Cette absence de tension est produite en court-circuitant la grille et la source (figure 1.6 a) où les deux bornes sont reliés à la masse. A mesure que V_{DD} (est donc V_{DS}) est augmenté au-delà de $0V$, I_D augmentera proportionnellement à travers le matériau de type N. (figure 1.6 b) entre les points A et B. dans cette région, la résistance du canal est essentiellement constante puisque la région d'appauvrissement n'est pas assez large pour donner un effet significatif. Cette région est appelée la région ohmique puisque V_{DS} et I_D sont en relation avec la loi d'Ohm. [3] [2]

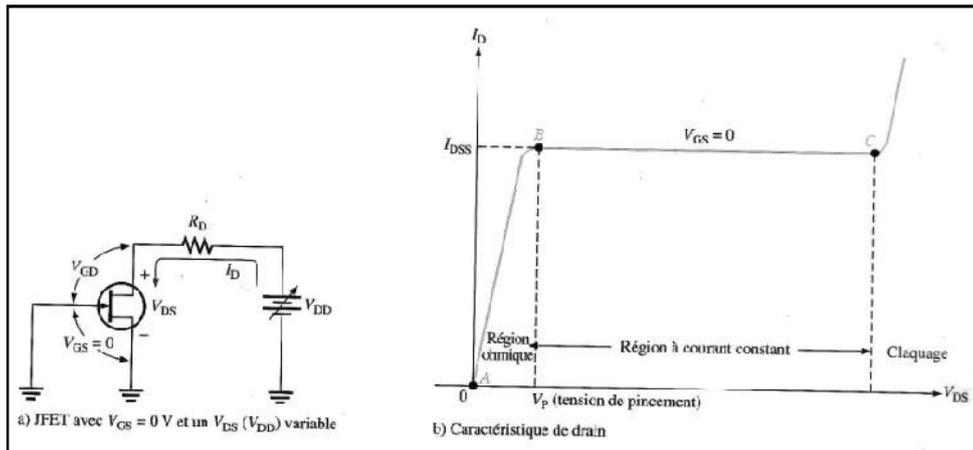


Figure 1.6: la courbe caractéristique du drain a. JFET avec $V_{GS} = 0\text{ V}$ et un V_{DD} variable. b. caractéristique du drain.

Au point B, la courbe s’aplanit et I_D demeure essentiellement constant. A mesure que V_{DD} augmente du point B au point C, la tension de polarisation inverse entre la grille et le drain V_{GD} produit une région d’appauvrissement assez large pour repousser l’augmentation de V_{DS} et ainsi maintenir I_D relativement constant.

Tension de pincement

Pour $V_{GS} = 0\text{ V}$, la valeur de V_{DS} pour laquelle I_D demeure essentiellement constant (point B) est la tension de pincement, V_P . Pour un JFET donné V_P , possède une valeur fixe. Comme vous pouvez le voir, une augmentation de V_{GS} au dessus de la tension de pincement produit un courant de drain presque constant. La valeur du courant de drain est I_{DSS} (en anglais : Drain to Source current with Gate Shorted, soit le courant de drain vers la source avec la grille en court-circuit. I_{DSS} est le courant du drain maximal qu’un JFET spécifique peut produire pour la condition $V_{GS} = 0\text{ V}$.

Si on poursuit l’analyse du graphique (figure 1.6.b), nous constatons que le claquage survient au point C lorsque I_D commence à augmenter très rapidement pour toute nouvelle augmentation de V_{DS} . Le claquage pourrait avoir des conséquences irréversibles pour le transistor. Il faut donc utiliser les JFET en dessous des valeurs de claquage et à l’intérieur de la région à courant constant (entre les points B et C). [3]

Contrôle de I_D par V_{GS}

Appliquons maintenant une tension de polarisation, V_{GG} , entre la grille et la source, comme l’illustre la figure 1.7.a, à mesure que la valeur de V_{GS} devient de plus en plus négative par l’ajustement de V_{GG} , une famille de courbes caractéristiques de drain est produite (figure 1.7.b). Notez que I_D diminue pendant que la valeur de V_{GS} devient de plus en plus négative, dû au rétrécissement du canal. Notez également que pour chaque augmentation de V_{GS} , le JFET atteint le pincement (au début de la région à courant constant) pour des valeurs de V_{DS} plus petites que V_P . Donc, la quantité de courant est contrôlée par V_{GS} . [3]

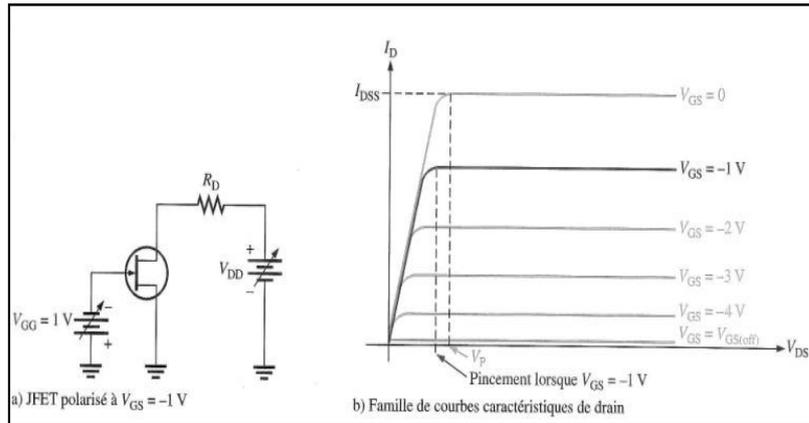


Figure 1.7: la tension de pincement a. JFET polarisé avec $V_{GS} = -1V$ et un V_{DD} variable. b. famille de courbes caractéristiques du drain.

Tension de blocage

La valeur de V_{GS} qui donne un courant I_D d'appauvrissement zéro est la tension de blocage, $V_{GS(off)}$. Le JFET doit être utilisé entre $V_{GS} = 0V$ et $V_{GS(off)}$. Pour cette échelle de tension entre la grille et la source, I_D variera entre une valeur maximale de I_{DSS} jusqu'à une valeur presque nulle.

Comme nous l'avons vu pour un JFET à canal N, plus la valeur de V_{GS} est négative, plus le courant I_D diminue dans la région à courant constant. Lorsque V_{GS} possède une valeur négative suffisante, I_D est réduit à zéro. Cet effet de blocage, causé par l'élargissement de la zone d'appauvrissement, provoque l'obturation complète du canal figure (1.8). [3]

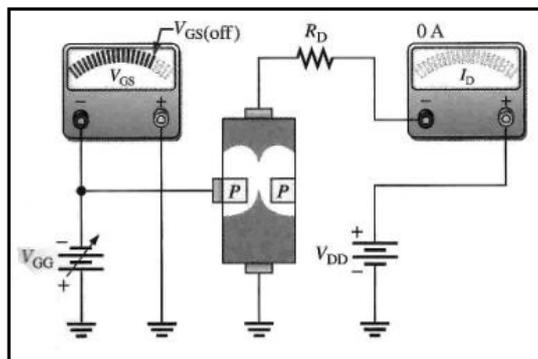


Figure 1.8: JFET en blocage

Comparaison entre le pincement et le blocage

Il existe une différence importante entre le pincement et le blocage, mais il existe également une relation où V_P est la valeur de V_{DS} pour laquelle le courant du drain devient constant et est toujours mesuré lorsque $V_{GS} = 0V$. Toutefois, le pincement se produit pour des valeurs de V_{DS} inférieures à V_P lorsque V_{GS} est différent de zéro. Donc, bien que V_P soit une constante, la valeur minimale de V_{DS} pour laquelle I_D devient constant varie en fonction de V_{GS} . $V_{GS(off)}$ et V_P sont toujours égales, mais de signes contraires [3]