

## **LE TRANSISTOR JFET CANAL N**

**Structure et caractéristiques**

**Zone ohmique et de coude**

**Zone de saturation**

**Polarisation**

**Schéma aux petites variations et aux fréquences moyennes**

**JFET canal P**

**JFET canal N : montages fondamentaux**

# TRANSISTOR JFET CANAL N

## 1) STRUCTURE ET CARACTERISTIQUES

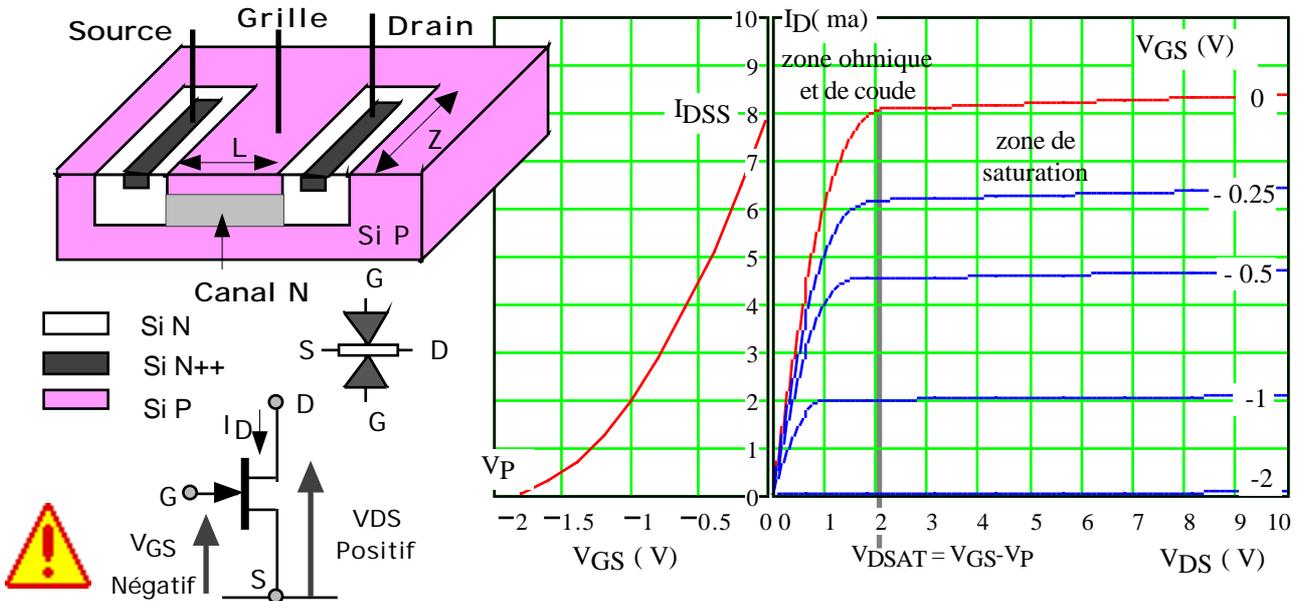


Figure 1 : transistor JFET canal N. Caractéristiques de sortie et de transfert

Dans un barreau de silicium P, on a diffusé deux zones de silicium de type N reliées par un canal de même nature (figure 1). Les deux zones N constituent le Drain et la Source du dispositif alors que la zone P est appelée Grille. En fonctionnement normal, la tension  $V_{DS}$  doit être positive alors que la grille doit être absolument polarisée négativement par rapport à la source.

Sous l'influence de la tension  $V_{DS}$  positive, les électrons, porteurs majoritaires du silicium N, circulent de la source S vers le drain D. Ils traversent alors sous la grille G, le canal N dont l'épaisseur est liée à l'extension de la zone de charge d'espace de la diode bloquée Grille Source. Cette zone de charge d'espace dépend à la fois de la tension  $V_{GS}$  négative et de la tension  $V_{DS}$  positive.

Les caractéristiques de sortie  $I_D = f(V_{DS})$  à  $V_{GS}$  constante présentent trois régions (figure 1) :

- Ohmique et de "coude" pour  $V_{DS} < V_{DS\text{ saturation}} = V_{GS} - V_{P\text{incement}}$
- Saturation ou de "plateau" ( $V_{DS} > V_{DS\text{ sat}}$ )
- Claquage ou avalanche (non indiquée en figure 1).

## 2) ZONE OHMIQUE ET DE COUDE : $V_{DS} < V_{DS\text{ sat}} = V_{GS} - V_{P\text{incement}}$

### 2.1) ZONE OHMIQUE

Lorsque la tension  $V_{DS}$  est faible, la zone de charge d'espace de la diode bloquée grille source ne dépend pratiquement que de la tension  $V_{GS}$ . L'épaisseur  $e = f(V_{GS})$  du canal est alors uniforme (figure 2) et d'autant plus faible que la tension  $V_{GS}$  est négative.

Lorsque  $V_{GS}$  est égale à  $V_P$  tension de pincement, le canal a une épaisseur nulle, le JFET est bloqué c'est à dire :  $I_D = 0$  mA.

**La tension de pincement du canal  $V_P$  est une donnée fondamentale de ce dispositif.**

Dans la zone purement ohmique, la résistance drain-source  $R_{DS}$  du dispositif est telle que :

$$R_{DS} = \frac{R_{DS0}}{1 - K |V_{GS}|}$$

- $R_{DS0}$  résistance pour  $V_{GS} = 0V$
- $K$  ( $V^{-1}$ ) facteur caractéristique du JFET

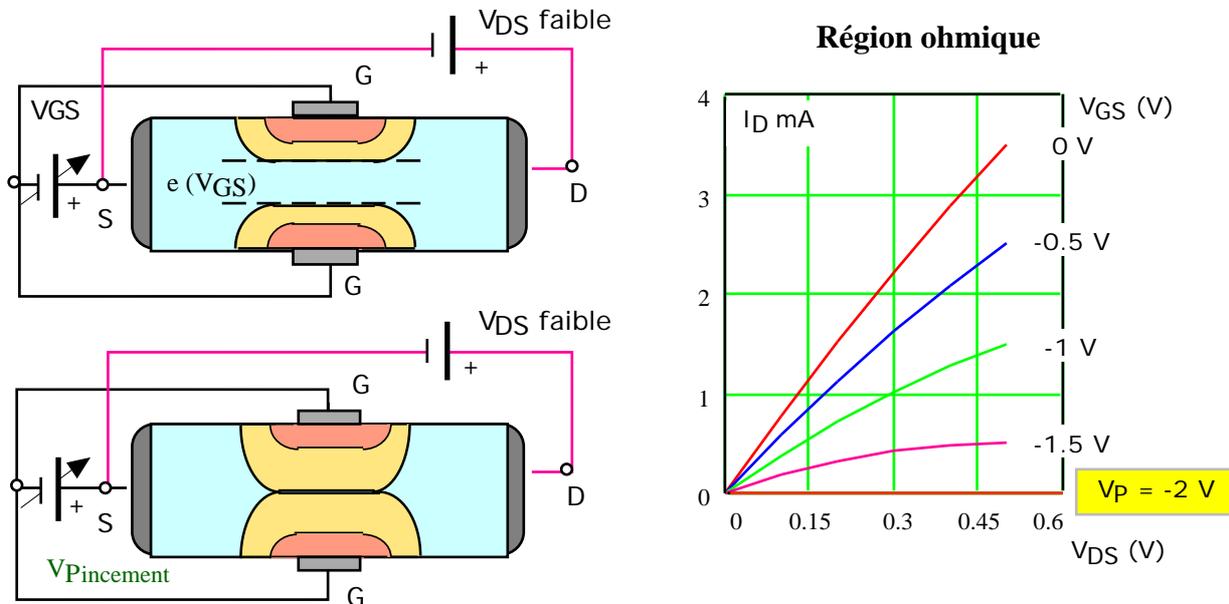


Figure 2 : zone ohmique du JFET canal N

## 2.2) ZONE DE COUDE

Lorsque la tension  $V_{DS}$  augmente, l'épaisseur  $e$  du canal dépend à la fois des tensions :

- $V_{GS}$  (création d'un champ électrique vertical)
- $V_{DS}$  qui se développe longitudinalement dans le canal (champ électrique horizontal).

Découpons le canal et la grille en une infinité de diodes PN d'épaisseur très faible (voir annexe). Les diodes qui sont situées près du drain sont plus fortement bloquées que les diodes situées du côté de la source car soumises à une tension inverse plus importante. Le canal a donc tendance à se rétrécir du côté du drain (voir figure 3 construite avec une tension  $V_{GS}$  nulle)

Le courant de drain dans la zone de coude :  $I_D = f(V_{GS}, V_{DS})$  est tel que :

$$I_D = \frac{I_{DSS}}{V_P^2} \left[ 2 (V_{GS} - V_P) V_{DS} - V_{DS}^2 \right]$$

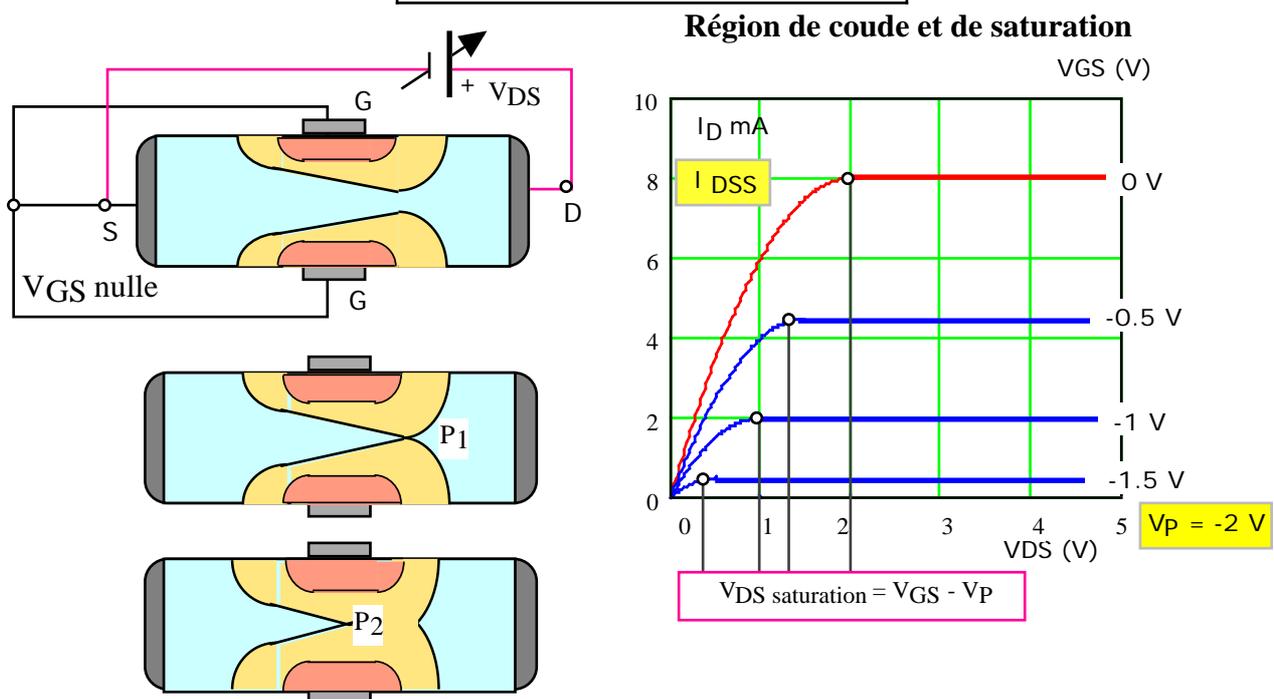


Figure 3

### 3) ZONE DE SATURATION OU DE PLATEAU : $V_{DS} \geq V_{DS\text{ sat}} = V_{GS} - V_P$

3.1) Supposons une tension  $V_{GS}$  nulle (figure 3)

a) Lorsque la tension  $V_{DS}$  atteint la valeur de saturation  $V_{DS\text{ sat}} = V_{GS} - V_P$ , il se produit à nouveau un pincement du canal en  $P_1$ . Cependant, contrairement à la zone ohmique, ce pincement local du canal, ne provoque pas l'annulation de courant  $I_D$ . En effet, les électrons circulant de la source vers le drain, possèdent en  $P_1$ , une énergie cinétique suffisante pour rejoindre le drain.

**On a alors atteint le courant de saturation de drain  $I_{DSS}$ , deuxième donnée fondamentale.**

b) Lorsque la tension  $V_{DS}$  est supérieure à  $V_{DS\text{ sat}}$ , le courant  $I_D$  reste sensiblement constant car on assiste à deux effets antagonistes :

Si  $V_{DS}$  , la résistance  $R_{DS}$  ( $P_1$  se déplace en  $P_2$ ) et le rapport  $V_{DS}/R_{DS}$  est invariable.

3.2) Pour les tensions  $V_{GS}$  négatives, les mêmes phénomènes se reproduisent. Mais l'association des effets des tensions  $V_{GS}$  et  $V_{DS}$  conduit à un courant de saturation de drain inférieur au courant maximal  $I_{DSS}$ .

3.3) Dans la zone de plateau, le JFET est une source de courant imparfaite dépendante des tensions  $V_{GS}$  et  $V_{DS}$  :

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 \left(1 + \frac{V_{DS}}{V_{DS\text{ sat}}}\right)$$

- $I_{DSS}$  : courant maximal de saturation pour  $V_{GS} = 0$  V
- $V_P$  : tension de pincement du canal
- $(V^{-1})$  : paramètre lié à la résistance interne de la source de courant ( $1/$  correspond à un effet Early)

### 4) POLARISATION

On considère en figure 4 un montage à transistor JFET canal N.

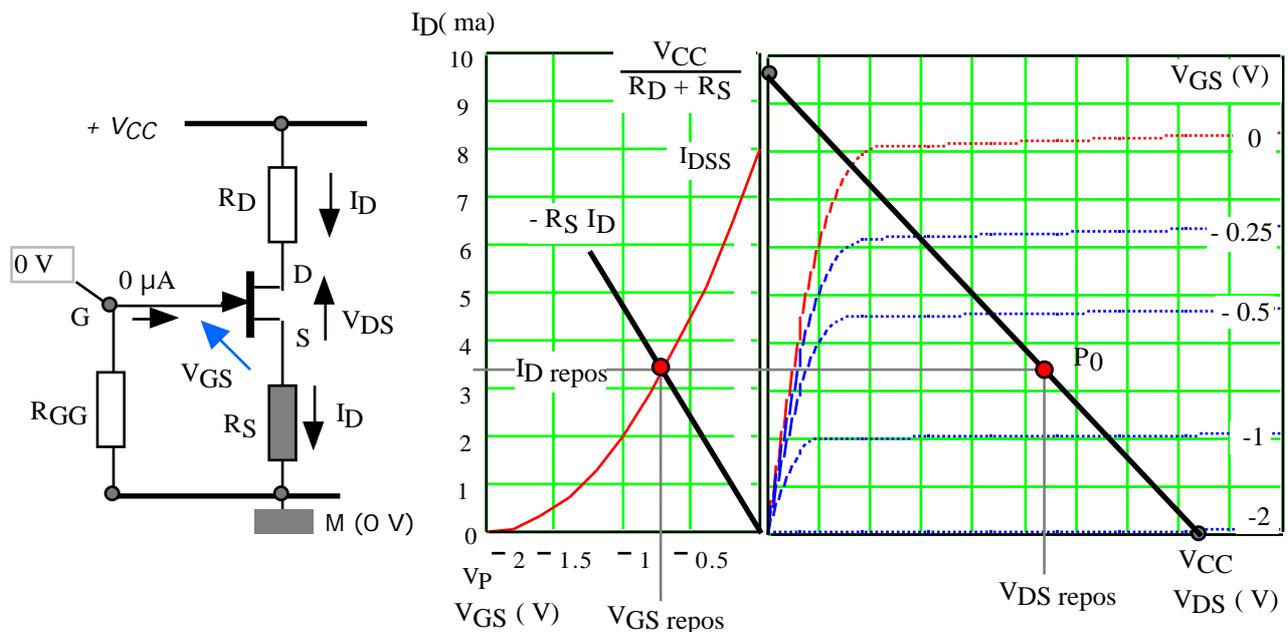


Figure 4

On définit la droite de charge  $V_{DS} = V_{CC} - (R_S + R_D) I_D$  sur laquelle on se fixe un point de repos en choisissant par exemple une tension  $V_{DS\text{ repos}}$ . On en déduit de manière habituelle sur les caractéristiques : le courant  $I_{D\text{ repos}}$  et la tension  $V_{GS\text{ repos}}$ .

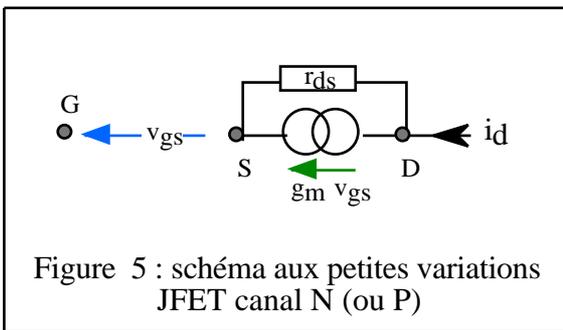
Polariser le JFET revient à définir la tension négative  $V_{GS\text{ repos}}$ . La jonction grille-source étant bloquée, le courant de grille  $I_G$  est très faible. Dans ces conditions, si on connecte entre grille et masse une résistance  $R_{GG}$  (peu importe sa valeur), sa tension aux bornes sera nulle. On déduit :

$$V_{GS\text{ repos}} = 0 - R_S I_{D\text{ repos}}$$

La polarisation est donc assurée par une résistance de source  $R_S$ , de valeur convenable, associée au courant de drain qui la traverse. Cette polarisation est dite "automatique". En effet si pour une raison quelconque, le courant  $I_D$  augmente,  $V_{GS}$  diminuant, entraîne une diminution de  $I_D$ . La position du point de repos est sensiblement stable.

### 5) SCHEMA AUX PETITES VARIATIONS ET FREQUENCES MOYENNES

Pour de petites variations de fréquences moyennes, autour d'un point de repos, le transistor JFET canal N est simulé par le schéma équivalent de la figure 5 comportant :

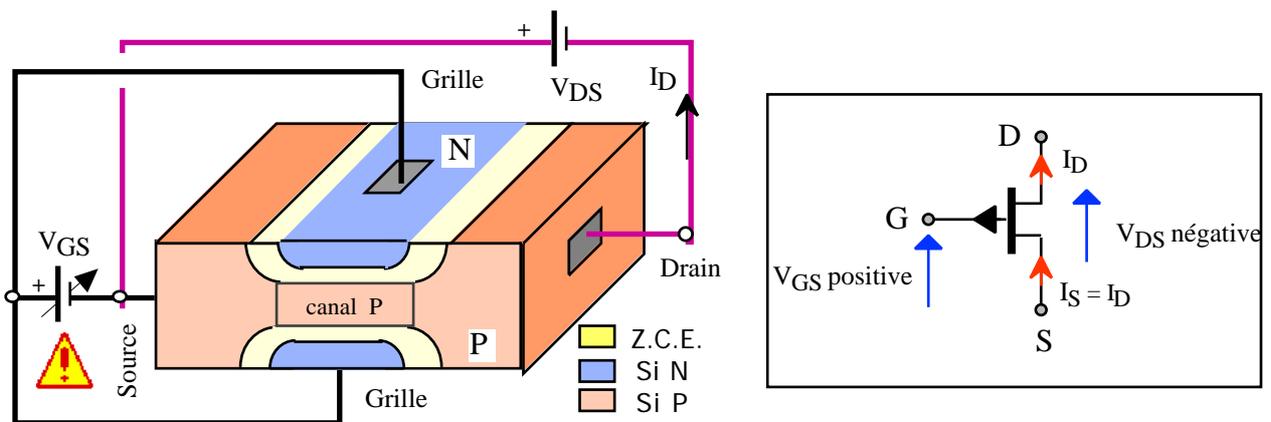


- Entre grille et source, une résistance  $r_{gs}$  de valeur élevée (résistance dynamique d'une jonction bloquée) habituellement négligée.
- Un **générateur de courant  $g_m v_{gs}$ , circulant toujours de D vers S et dépendant de la tension instantanée  $v_{gs}$** . L'imperfection du générateur de courant est représentée par la résistance interne  $r_{ds}$

Connaissant les caractéristiques essentielles du composant :  $I_{DSS}$ ,  $V_P$  et , la transconductance  $g_m$  et la résistance interne  $r_{ds}$  données par :

$$g_m = -\frac{2}{V_p} \sqrt{I_{DSS} I_{D\text{ repos}}} \quad r_{ds} = \frac{1 + \lambda V_{DS\text{ repos}}}{\lambda I_{D\text{ repos}}}$$

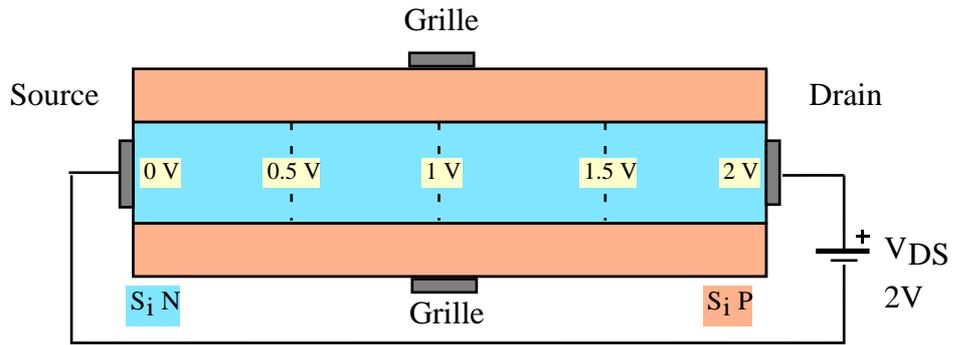
### 6) JFET CANAL P



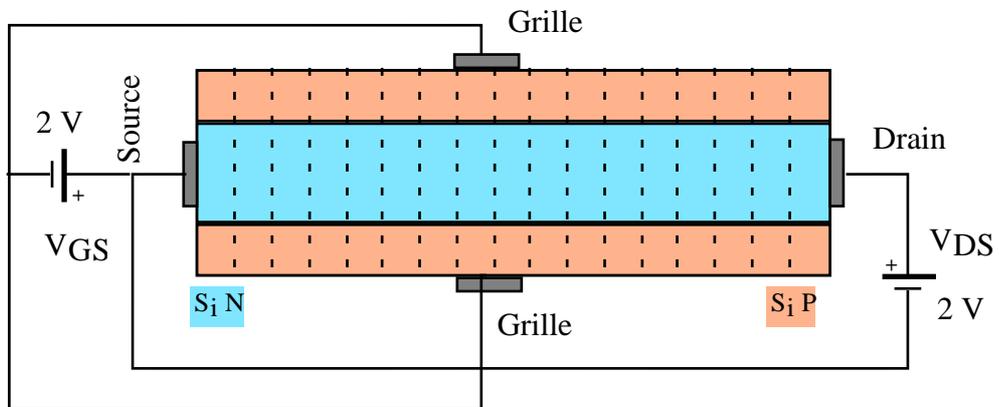
Remarque : le schéma aux petites variations et fréquences moyennes du JFET canal P est identique à celui du JFET canal N.

## TRANSISTOR JFET CANAL N : EVOLUTION DE L'ÉPAISSEUR DU CANAL EN FONCTION DE $V_{DS}$ ET $V_{GS}$

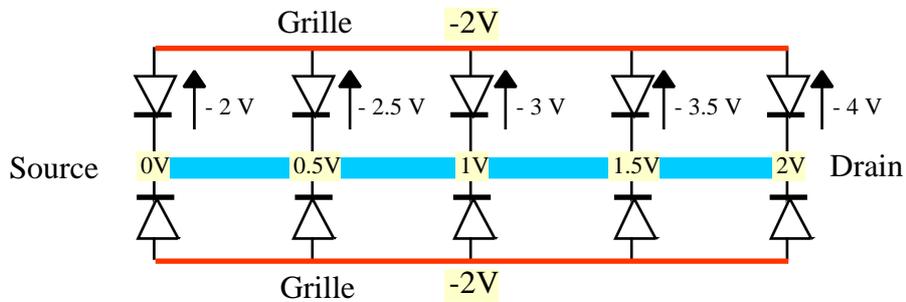
$V_{DS} = 2\text{ V}$  et grille en l'air : répartition linéaire du potentiel dans le canal



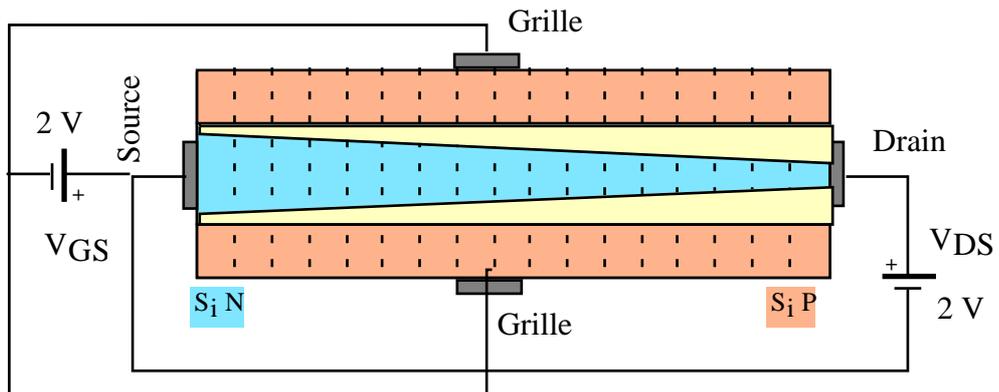
$V_{DS} = 2\text{ V}$  et  $V_{GS} = -2\text{ V}$  : découpage du dispositif selon n diodes bloquées



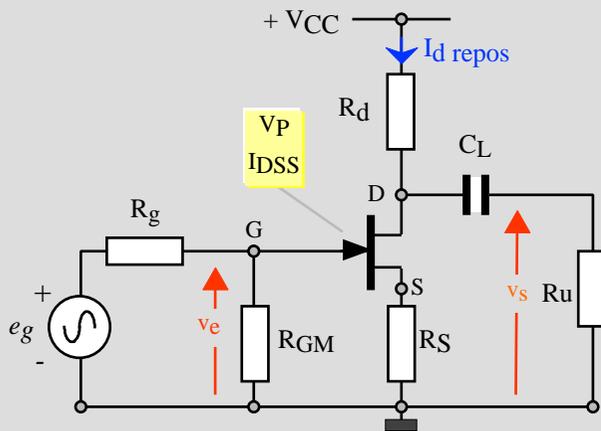
Représentation sous forme de schéma électrique



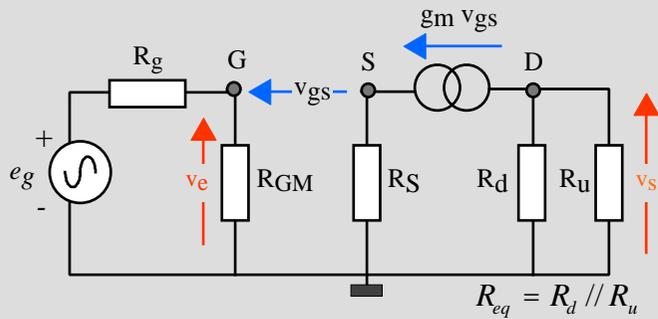
L'épaisseur de la zone de charge d'espace des diodes est plus importante au fur et à mesure que l'on se déplace de la source vers le drain



## JFET CANAL N : MONTAGES FONDAMENTAUX



Amplificateur Source commune



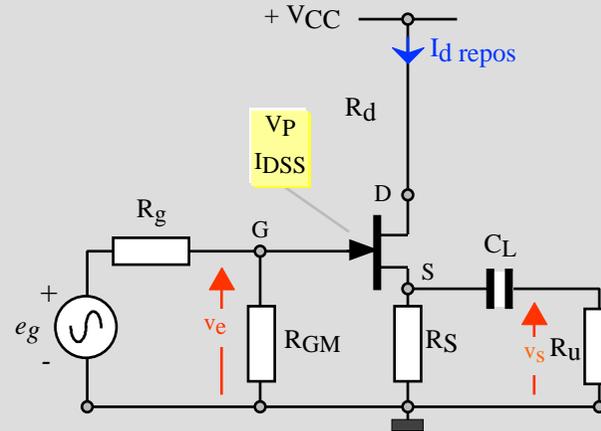
$$A_v = -\frac{g_m R_{eq}}{1 + g_m R_s}$$

$$R_e = R_{GM}$$

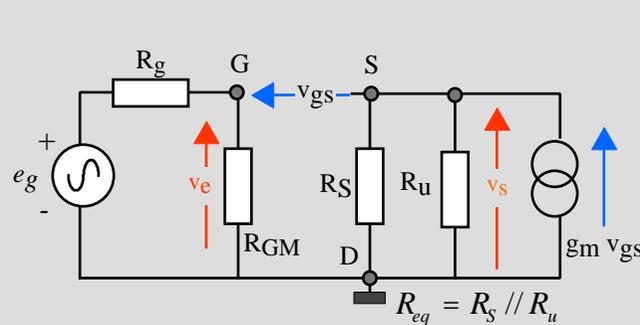
$$R_s = R_d$$

$$g_m = -\frac{2}{V_p} \sqrt{I_{DSS} I_{D \text{ repos}}}$$

*rds infinie*



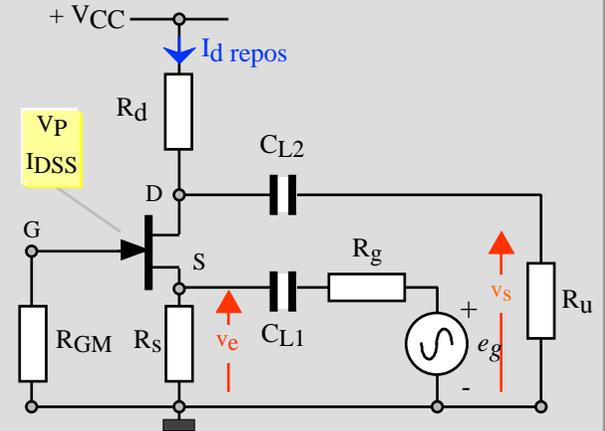
Amplificateur Drain commun



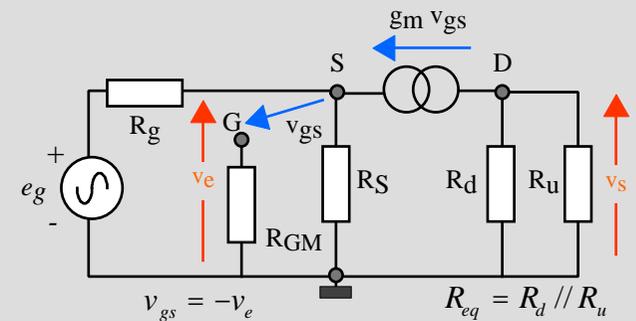
$$A_v = \frac{g_m R_{eq}}{1 + g_m R_{eq}}$$

$$R_e = R_{GM}$$

$$R_s = \frac{R_s}{1 + g_m R_s}$$



Amplificateur Grille commune



$$A_v = g_m R_{eq}$$

$$R_e = R_s // \frac{1}{g_m}$$

$$R_s = R_d$$

## TRANSISTOR A EFFET DE CHAMP A JONCTION : JFET CANAL N

