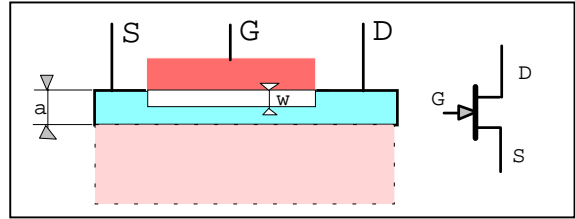


## LE TRANSISTOR A EFFET DE CHAMP A JONCTION (JFET )

C'est un composant de structure plane. Il est constitué par une mince couche de matériau semiconducteur N (pour un JFET canal N ), sur laquelle a été déposée une couche P constituant ainsi une jonction PN verticale .Figure ci contre. Aux deux extrémités sont ménagés deux accès qui constituent la source et le drain. La couche P constitue la grille ('gate ') , elle est polarisée négativement par rapport à la source de façon que la jonction soit bloquée.

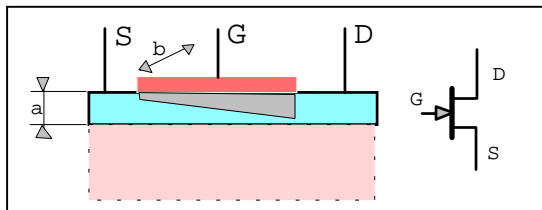


La jonction étant polarisée en inverse, une zone de charge d'espace isolante d'épaisseur  $W$  se forme dans la couche N ,pour passer de S à D un courant ne peut donc circuler que dans un canal d'épaisseur  $a-W$  , La résistance du canal N entre S et D est donc :

$$R = \rho \frac{L}{b \cdot (a - W)} \quad \text{ou } \rho \text{ est la résistivité du semiconducteur N , et } b \text{ la largeur du canal}$$

perpendiculairement à la figure. Or  $W$  varie comme la racine carrée de la tension de polarisation de la jonction. Le dipôle SD se comporte donc comme une résistance fonction de la tension grille. Pour une valeur  $V_p$  de la tension grille source (valeur négative dans ce cas ) ,  $W$  devient égal à  $a$  ,le canal à une épaisseur nulle donc une résistance infinie,  $V_p$  est la **tension de pincement** du JFET.

Le phénomène est un peu plus complexe car pour faire passer un courant entre drain et source il faut appliquer entre ces deux points une différence de potentiel  $V_{DS}$  , or le courant de grille étant nul, (jonction polarisée en inverse ) , le matériau P de grille est equipotentiel. Du côté source la tension de polarisation de la jonction est  $-|V_{gs}|$  alors que du côté drain elle est  $-|V_{gs}| - V_{ds}$  c'est à dire plus grande en valeur absolue. L'épaisseur  $W$  de la zone de charge d'espace est plus grande du côté drain que du côté source, le canal est donc plus étroit du côté collecteur .Si  $|V_{gs}| + |V_{ds}| = |V_p|$  le canal est complètement pincé à droite.



En écrivant les équations du système on peut montrer que pour de faibles valeurs de  $V_{ds}$  le courant drain source s'écrit :

$$I_{DS} = \frac{2I_{DSS}}{V_P^2} \left[ (V_P - V_{GS})V_{DS} - \frac{1}{2}V_{DS}^2 \right]$$

Cette formule est valable tant que le canal n'est pas

pincé c'est à dire que  $V_{DS} < |V_P| - |V_{GS}|$

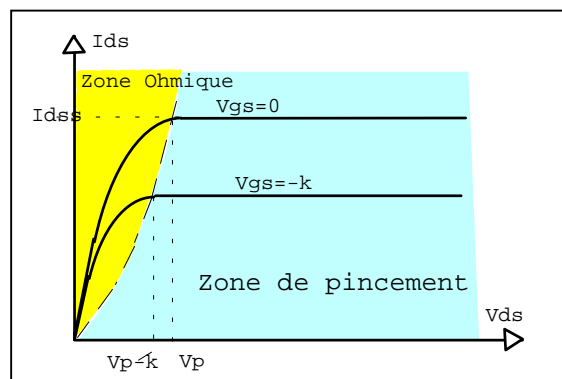
Au delà le courant devient indépendant de  $V_{ds}$  , c'est la zone de pincement dans laquelle :

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

$I_{DSS}$  étant le courant limite pour  $V_{gs}=0$   
Dans les deux cas  $I_g=0$ .

Le réseau de caractéristiques d'un transistor à effet de champ à jonction  $I_{ds}=f(V_{DS})_{V_{gs}=Cte}$  comporte deux parties ,une zone dite ohmique ou le composant se comporte comme une résistance non linéaire fonction de la tension grille source (en jaune sur la figure ) et une zone de pincement ou le courant est presque indépendant de la tension drain (résistance interne très grande ) , (en bleu pâle sur la figure ) .

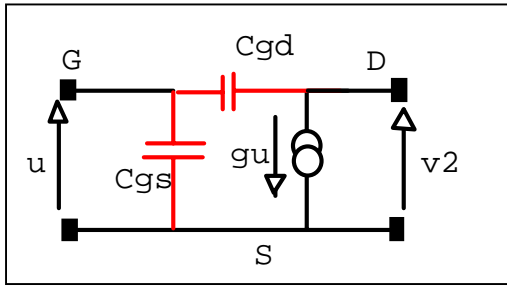
La tension grille d'un JFET peut varier de  $-V_p$  à 0, une tension grille positive, supérieure à 0,6V risque de détruire la jonction de grille.



Les JFETs sont le plus souvent utilisés avec un point de polarisation placé dans la zone de pincement. En régime de petits signaux BF le schéma équivalent est alors représenté ci dessous en noir.

Les deux équations correspondantes étant :

$i = gu$   
 et  $i_g = 0$  avec  $i = \Delta I_{DS}$  et  $u = \Delta V_{GS}$



$g$  est la pente, qui dépend du point de

polarisation:

$$g = g_{max} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right) \dots \dots \dots \text{avec} \dots \dots g_{max} = 2 \frac{I_{DSS}}{V_P}$$

Aux fréquences plus élevées il faut tenir compte de la capacité répartie entre le canal et la grille. Pour simplifier on peut modéliser cette capacité répartie en une capacité grille source et une capacité grille drain. A cause de l'épaisseur  $W$  plus grande coté drain,  $C_{GS}$

est toujours supérieur à  $C_{GD}$ , le rapport entre les deux étant de l'ordre de 2. (En rouge sur le schéma ci joint).

### Polarisation d'un JFET, montages amplificateurs.

La polarisation d'un JFET est plus difficile que celle d'un transistor car la grille doit être portée à un potentiel dont le signe est opposé à celui du drain. Il faut :

- soit faire appel à une tension de polarisation négative  $V_{pol}$ , associée à une résistance  $R_g$  aussi grande que l'on veut puisque  $I_g = 0$  (A sur la figure ci dessous),
- soit utiliser une polarisation automatique en plaçant la grille au potentiel zéro (via la résistance  $R_g$ ) et en remontant le potentiel de source grâce à une résistance  $R_s$  parcourue par le courant de drain. (B sur la figure ci dessous). Dans ce cas le gain est réduit, pour retrouver le gain du montage A il faut découpler  $R_s$  par un gros condensateur.

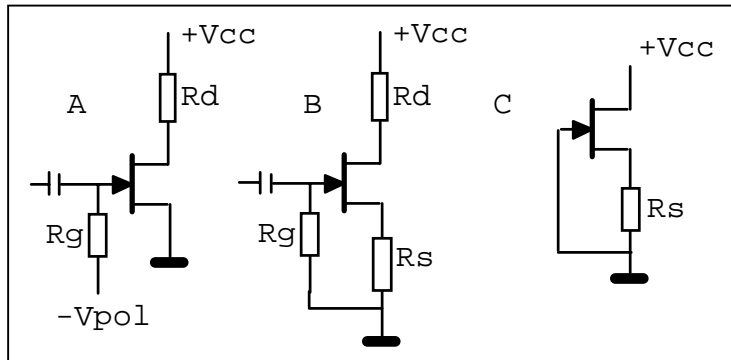
En utilisant le schéma équivalent précédent il est facile de calculer le gain des deux montages  
 Pour le montage A

$$G = -gR_D$$

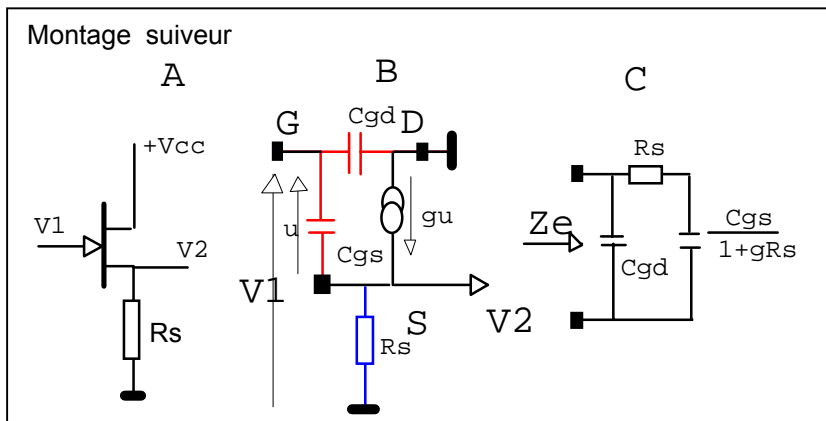
ou  $g$  est la pente du JFET au point de polarisation.

Pour le montage B

$$G = \frac{-gR_d}{1 + gR_s}$$



Le montage C est une **source de courant**, le courant drain est indépendant de la tension drain tant que  $V_{DS}$  est supérieure à une valeur minimale qui est de l'ordre de  $|V_P|$ .



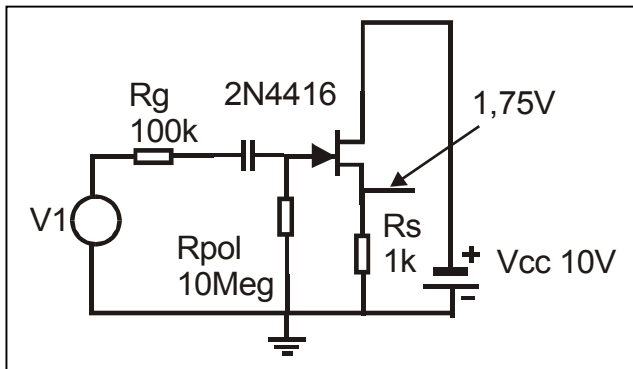
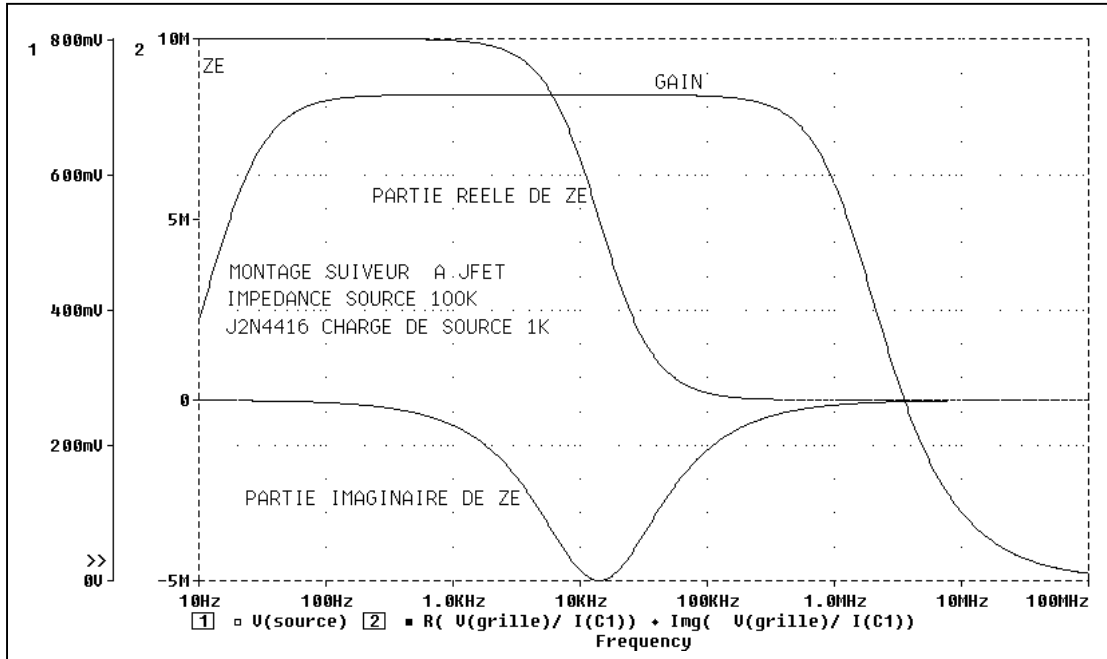
Les montages A et B sont en pratique de peu d'intérêt car le gain est faible, le plus souvent quelques unités seulement. Le montage le plus utilisé est le **montage suiveur ou drain commun** représenté en A ci contre. En BF ce montage à une impédance d'entrée très élevée sinon infinie (courant de grille nul ou en pratique de quelques pico Ampère) une

impédance de sortie faible, de l'ordre de  $(1/g) // R_s$ , et un gain voisin de 1 (Plus faible cependant que celui d'un montage collecteur commun car le gain  $g$  est faible).

Cette impédance d'entrée chute malheureusement très vite avec la fréquence comme on peut s'en persuader en utilisant le schéma équivalent HF (figure B)

Cette impédance est représentée en C ,il s'agit de la capacité drain grille en parallèle avec un ensemble constitué par la résistance de source en série avec un condensateur proportionnel à  $C_{GS}$ . Pour un modèle classique 2N4416 la pente est de 20mA/V et les deux condensateurs de 10 et 20pF. Pour  $R_S=1k$  l'impédance d'entrée est constituée d'un condensateur de 10pF en parallèle avec un ensemble 1k+1pF .Or à 10Mhz un condensateur de 1pF à une impédance de 16kΩ seulement.

On notera que contrairement à ce qui se passe pour un suiveur à transistor bipolaire la tension de sortie sur la source est à un potentiel supérieur à celui de l'entrée.



La figure ci contre représente un étage suiveur utilisant un JFET classique le 2N4416 .On notera sur les courbes ci dessus le gain qui dépasse à peine 0,7 et la chute brutale de l'impédance d'entrée à partir de 50kHz.

A cause de leur polarisation d'entrée les JFETs ne sont jamais utilisés en régime de commutation ou dans des circuits logiques. Il existe bien sûr des

JFETs canal N ou P ( plus rares ) mais il n'existe pas ( ou très peu ) de JFETs de puissance .