

# Chapitre 8

## Amplificateurs FET

### (transistor á effet de champ)

Avec permission de Prentice Hall

# Introduction

## Les FETs comportent:

- **Un excellent gain en tension**
- **Une très haute impédance d'entrée**
- **Petite puissance de consommation**
- **Plage de fréquences assez bonne**

# Modèle petits-signaux des FETs

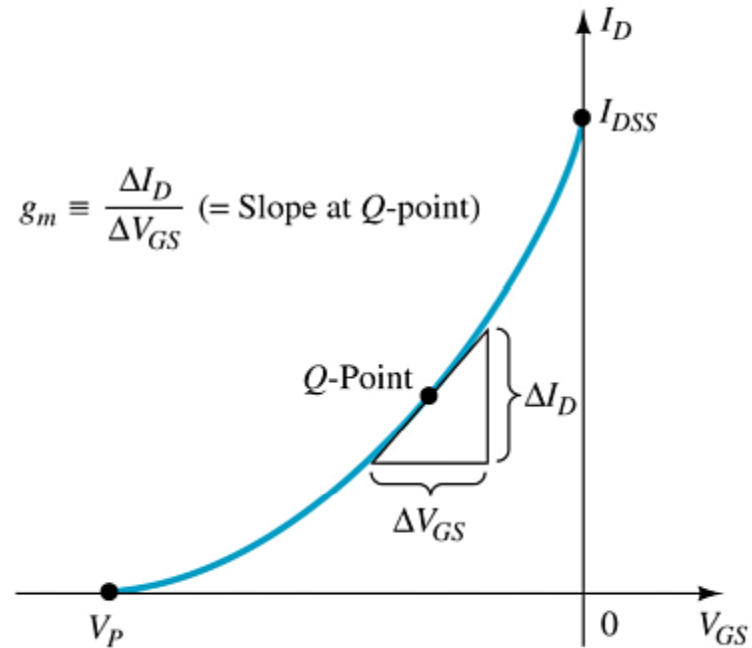
## Transconductance

Le rapport entre un changement de  $I_D$  et un changement correspondant de  $V_{GS}$  s'appelle **transconductance**

La transconductance est représentée par  $g_m$  et elle est donnée par:

$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$$

# Détermination graphique de $g_m$



# Définitions Mathématiques de $g_m$

$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$$

$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|} \left[ 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right]$$

avec  $V_{GS} = 0V$

$$g_{m0} = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|}$$

$$g_m = g_{m0} \left[ 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right]$$

avec  $1 - \frac{V_{GS}}{V_P} = \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}$

$$g_m = g_{m0} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right) = g_{m0} \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}$$

# Impédance FET

**Impédance d'entrée:**

$$Z_i = \infty \Omega$$

**Impédance de sortie:**

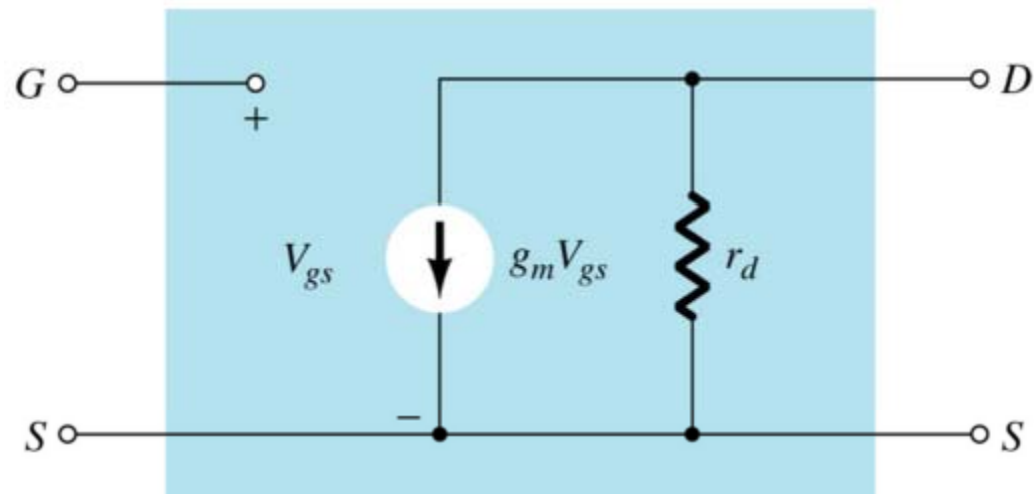
$$Z_o = r_d = \frac{1}{y_{os}}$$

**avec:**

$$r_d = \left. \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D} \right|_{V_{GS} = \text{constant}}$$

**$y_{os}$  = admittance selon les specs du FET**

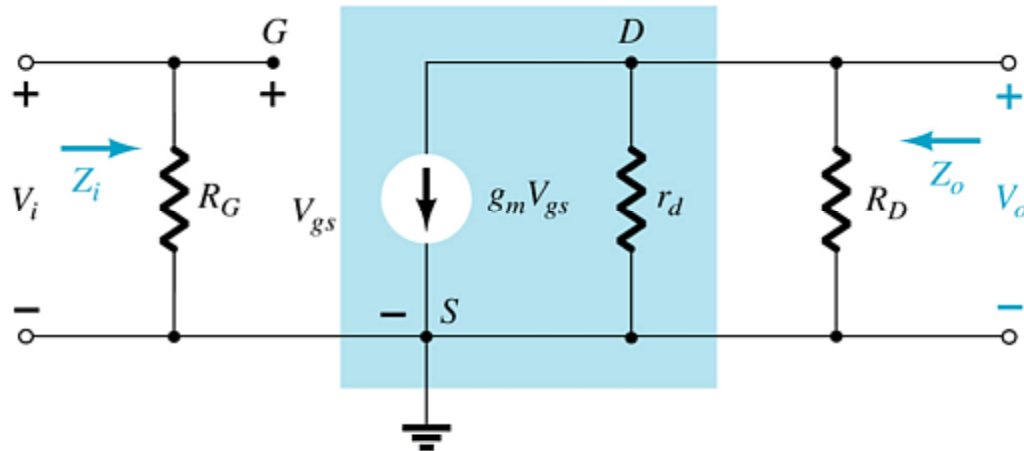
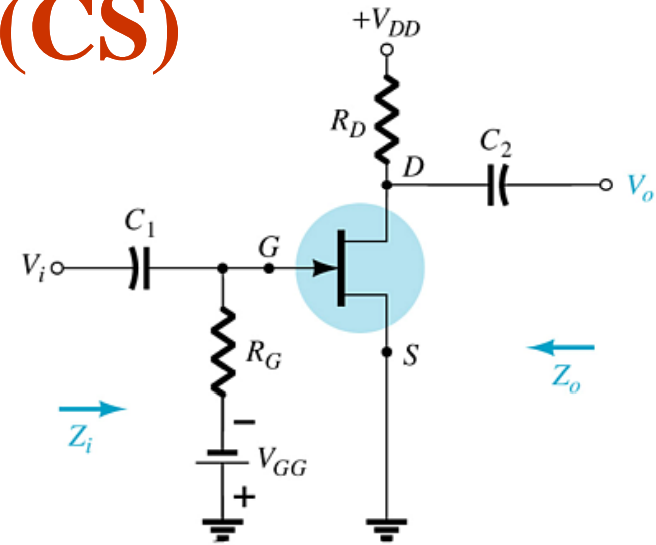
# Circuit Equivalent AC du FET



# Circuit par polarisation fixe et Source-Commune (CS)

L'entrée est dans la grille et la sortie est dans le drain

Il y a un changement de phase de  $180^\circ$  entre l'entrée et la sortie.





# Calculs

Impédance d'entrée:

$$Z_i = R_G$$

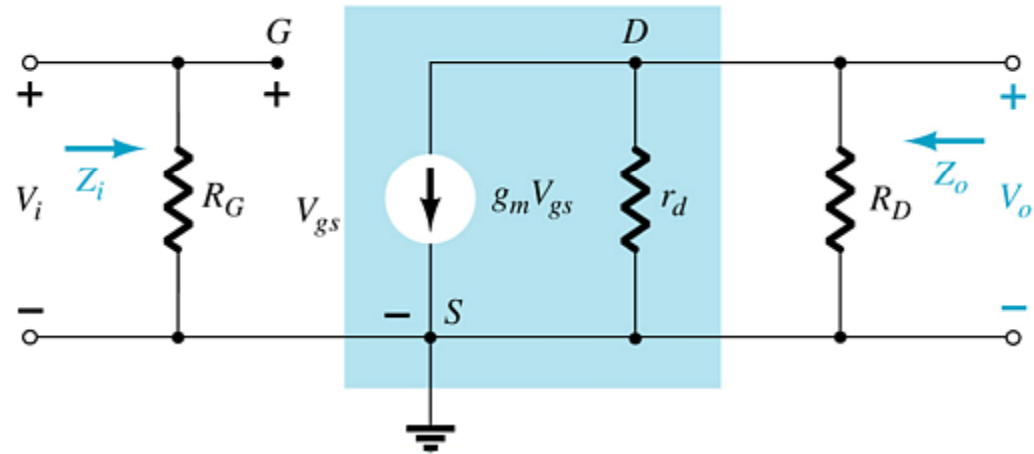
Impédance de sortie:

$$Z_o = R_D \parallel r_d$$

$$Z_o \cong R_D \quad \left| \quad r_d \geq 10R_D \right.$$

Gain en tension:

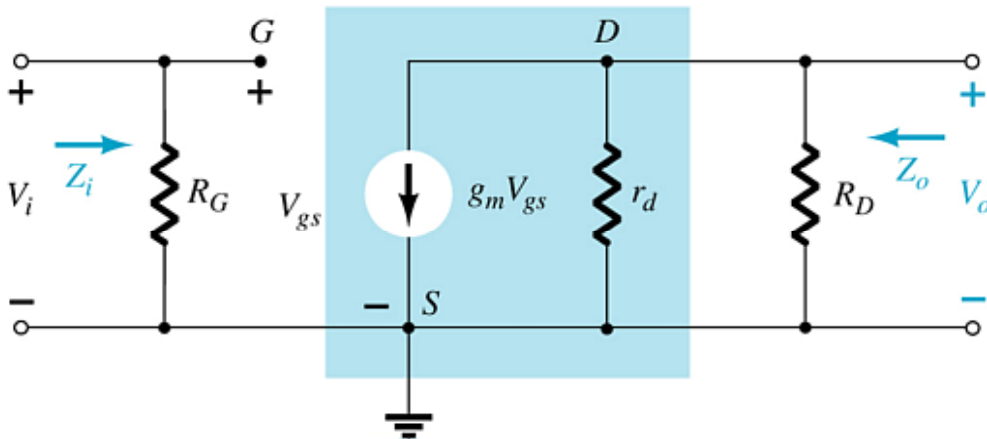
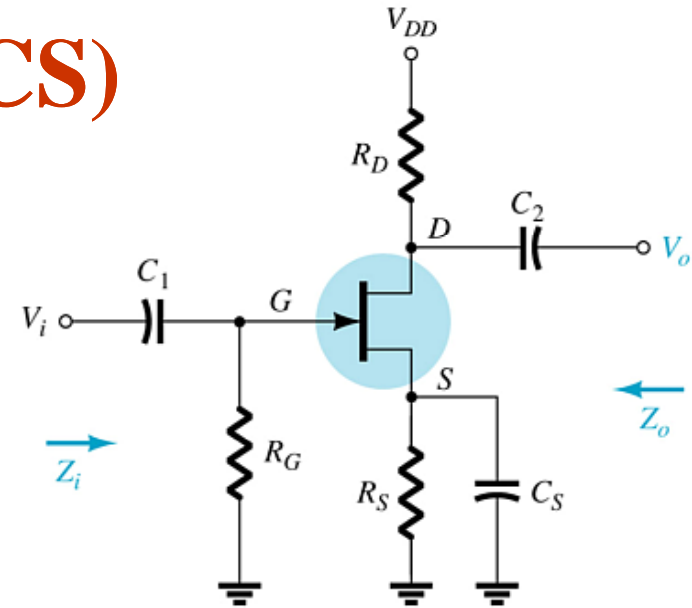
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -g_m (r_d \parallel R_D)$$
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -g_m R_D \quad \left| \quad r_d \geq 10R_D \right.$$



# Circuit par polarisation de masse et Source-Commune (CS)

Voici une configuration a source commune , de façon que l'entrée est dans la grille et la sortie dans le drian.

Il y a un changement de phase de  $180^\circ$  entre l'entrée et la sortie.



# Calculs

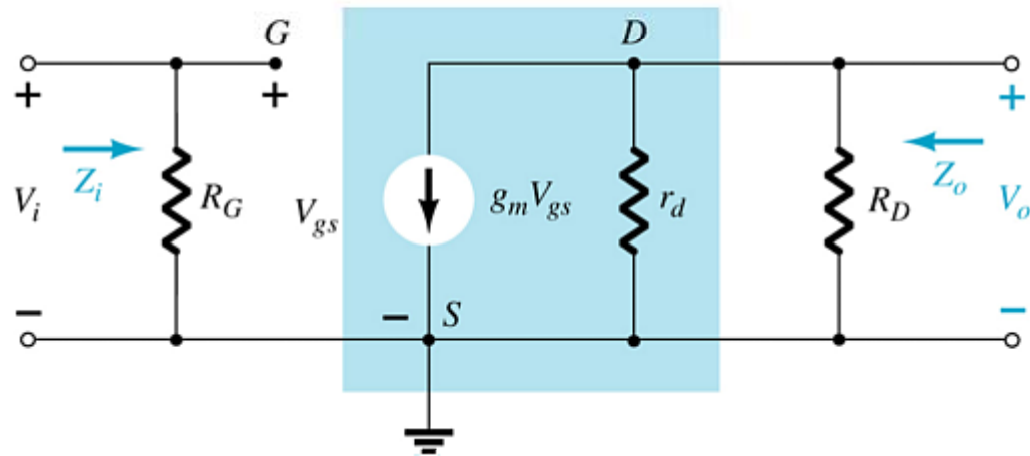
Impédance d'entrée:

$$Z_i = R_G$$

Impédance de sortie:

$$Z_o = r_d \parallel R_D$$

$$Z_o \cong R_D \quad \left| \quad r_d \geq 10R_D \right.$$



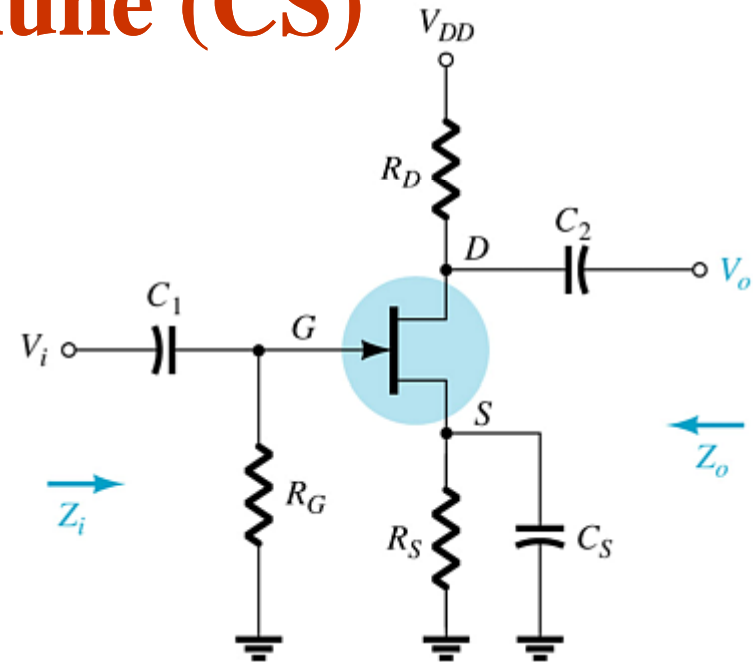
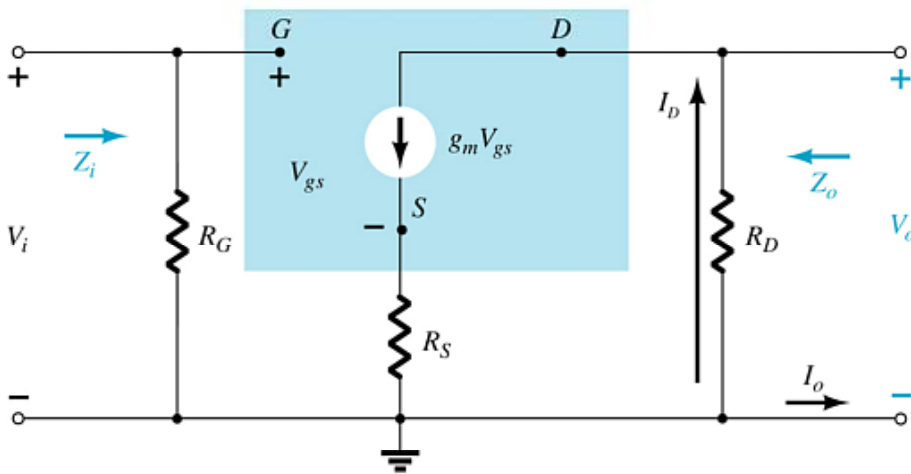
Gain en tension:

$$A_v = -g_m (r_d \parallel R_D)$$

$$A_v = -g_m R_D \quad \left| \quad r_d \geq 10R_D \right.$$

# Circuit de polarisation a la masse, et source-commune (CS)

L'enlèvement de  $C_s$  affecte le gain du circuit.



# Calculs

Impédance d'entrée:

$$Z_i = R_G$$

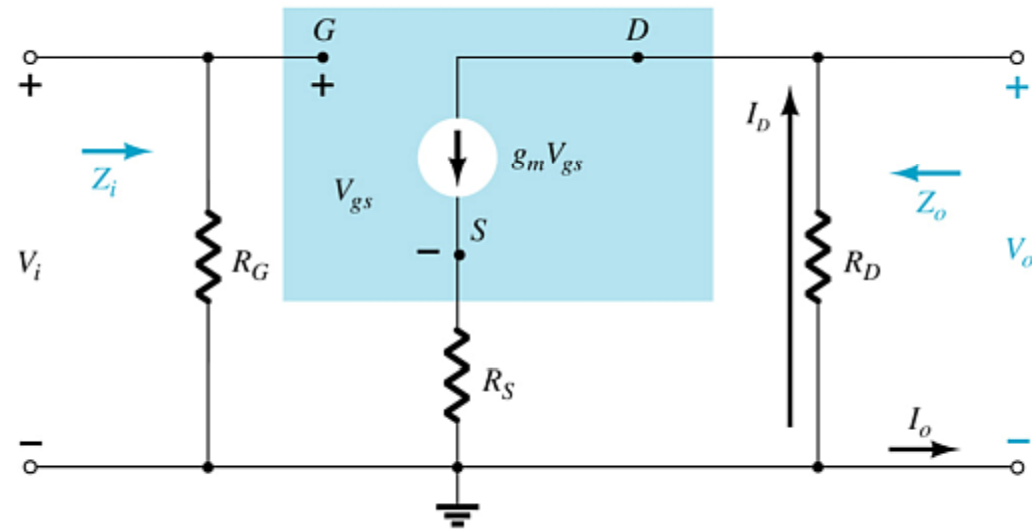
Impédance de sortie:

$$Z_o \cong R_D \quad \left| \quad r_d \geq 10R_D \right.$$

Gain en tension:

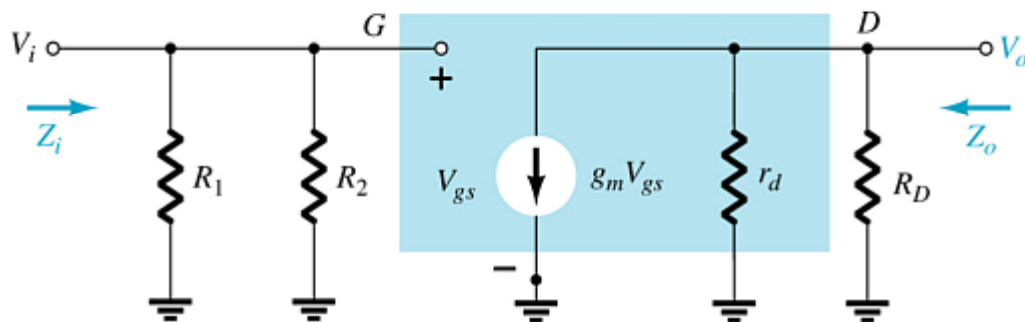
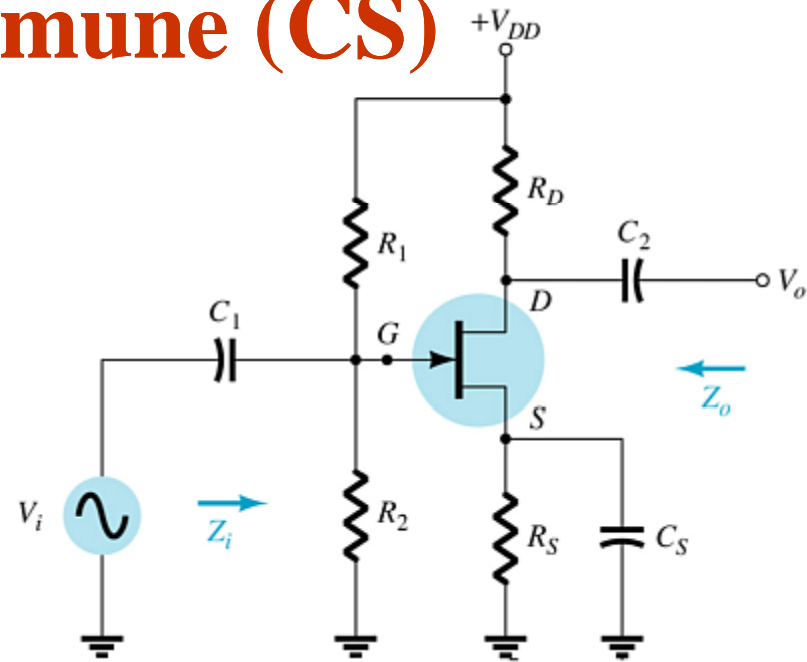
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = - \frac{g_m R_D}{1 + g_m R_S + \frac{R_D + R_S}{r_d}}$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = - \frac{g_m R_D}{1 + g_m R_S} \quad \left| \quad r_d \geq 10(R_D + R_S) \right.$$



# (CS) Polarisation par diviseur de tension et source-commune (CS)

Voici une configuration à source commune, de façon que l'entrée est dans la grille et la sortie est dans le drain.



# Impédances

Impédance d'entrée:

$$Z_i = R_1 \parallel R_2$$

Impédance de sortie:

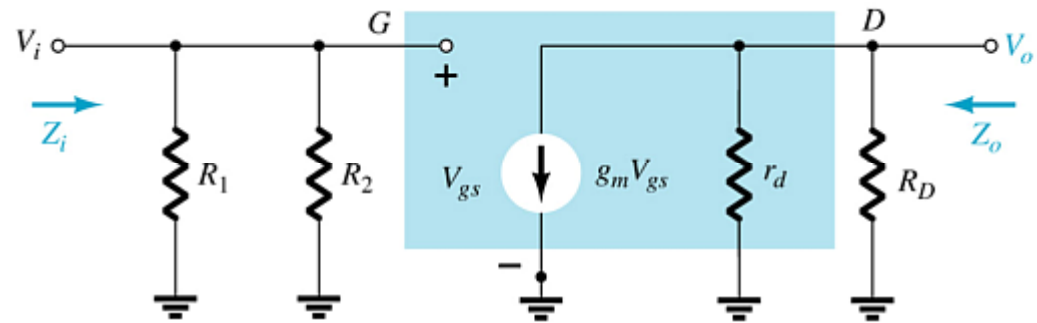
$$Z_o = r_d \parallel R_D$$

$$Z_o \cong R_D \left| \begin{array}{l} r_d \geq 10R_D \end{array} \right.$$

Gain en tension:

$$A_v = -g_m (r_d \parallel R_D)$$

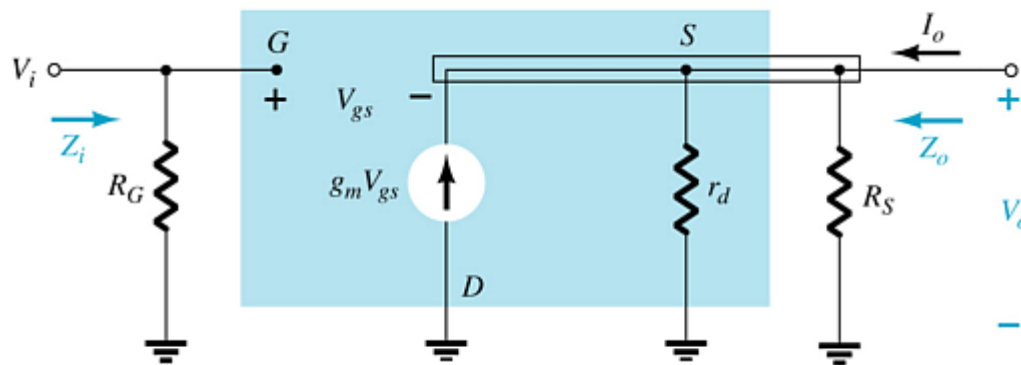
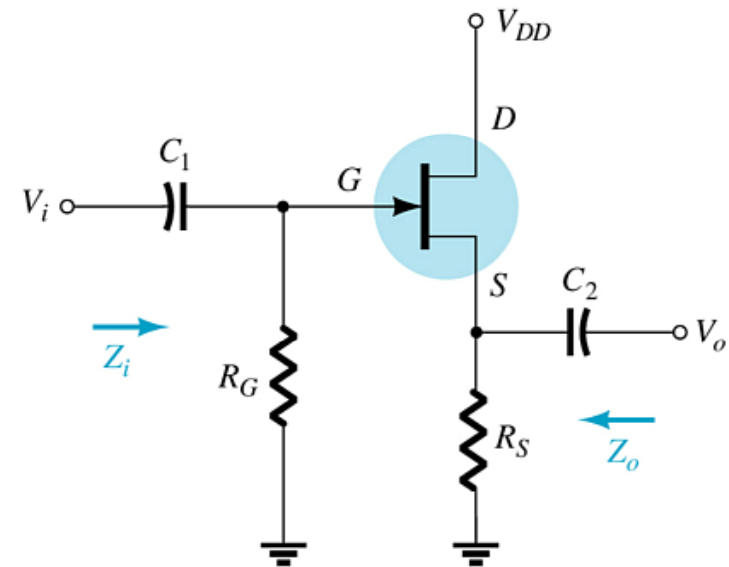
$$A_v = -g_m R_D \left| \begin{array}{l} r_d \geq 10R_D \end{array} \right.$$



# Circuit suiveur de source (Drain-Commun)

Dans une configuration d'amplificateur a drain-commun, l'entrée est dans la grille, mais la sortie est dans la source.

Il n'y a pas de décalage de phase entre l'entrée et la sortie.





# Impédances

Impédance d'entrée:

$$Z_i = R_G$$

Impédance de sortie:

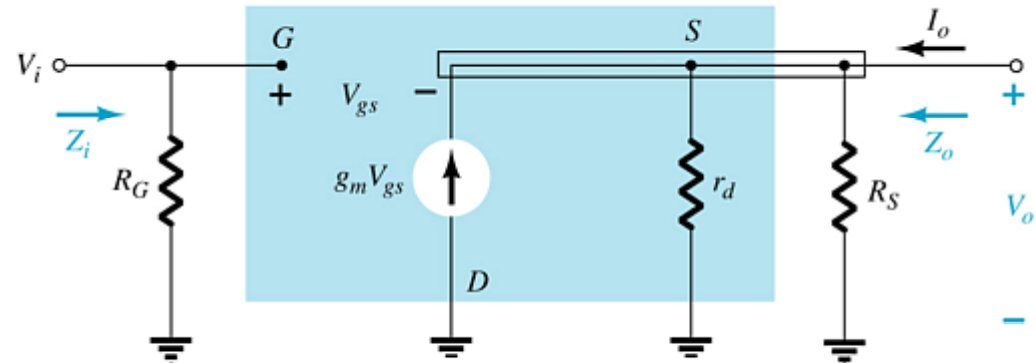
$$Z_o = r_d \parallel R_S \parallel \frac{1}{g_m}$$

$$Z_o \cong R_S \parallel \frac{1}{g_m} \Big|_{r_d \geq 10R_S}$$

Gain en tension:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{g_m (r_d \parallel R_S)}{1 + g_m (r_d \parallel R_S)}$$

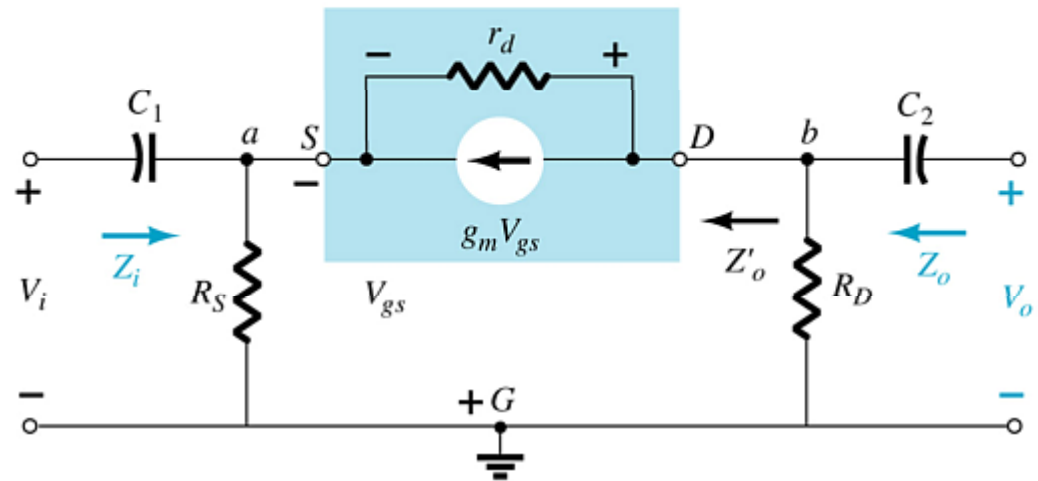
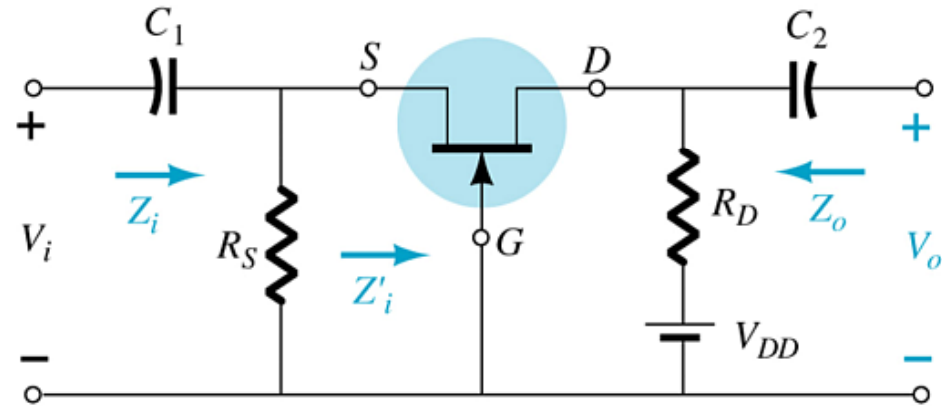
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{g_m R_S}{1 + g_m R_S} \Big|_{r_d \geq 10R_S}$$



# Circuit à grille-commune

L'entrée est dans la source et la sortie est dans le drain.

Il n'y a pas de décalage de phase entre l'entrée et la sortie.



# Calculs

**Impédance d'entrée:**

$$Z_i = R_S \parallel \left[ \frac{r_d + R_D}{1 + g_m r_d} \right]$$

$$Z_i \cong R_S \parallel \frac{1}{g_m} \Big|_{r_d \geq 10 R_D}$$

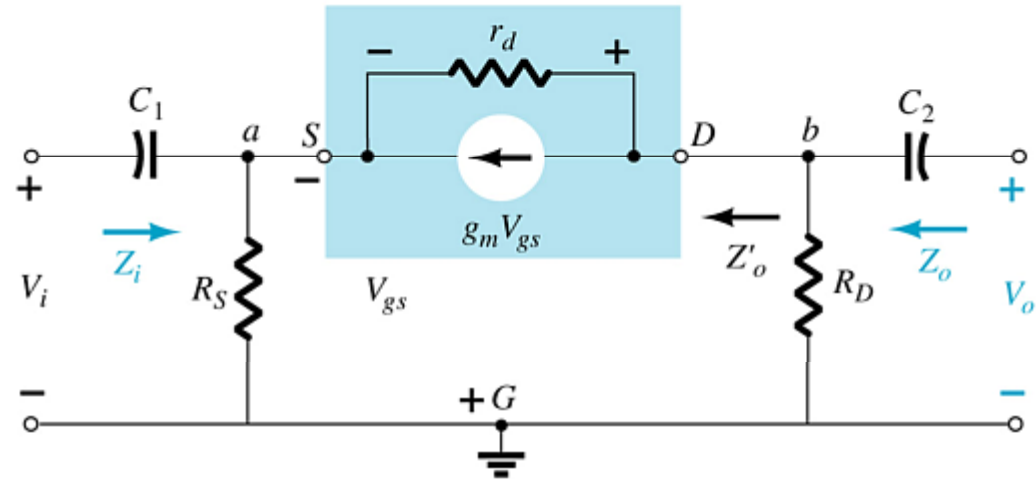
**Impédance de sortie:**

$$Z_o = R_D \parallel r_d$$

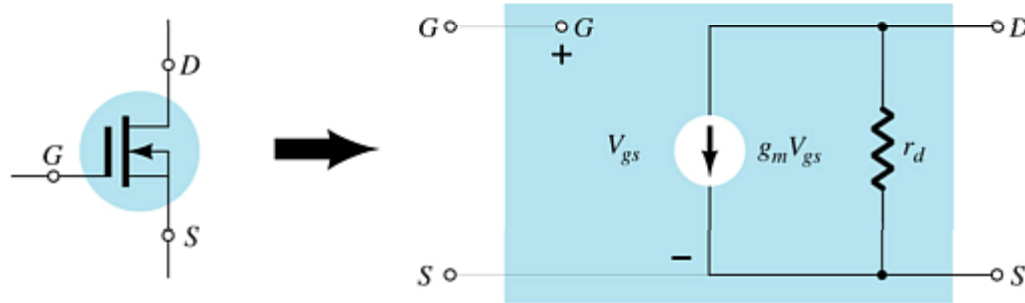
$$Z_o \cong R_D \Big|_{r_d \geq 10 R_D}$$

**Gain en tension:**

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{\left[ g_m R_D + \frac{R_D}{r_d} \right]}{\left[ 1 + \frac{R_D}{r_d} \right]} \quad A_v = g_m R_D \Big|_{r_d \geq 10 R_D}$$

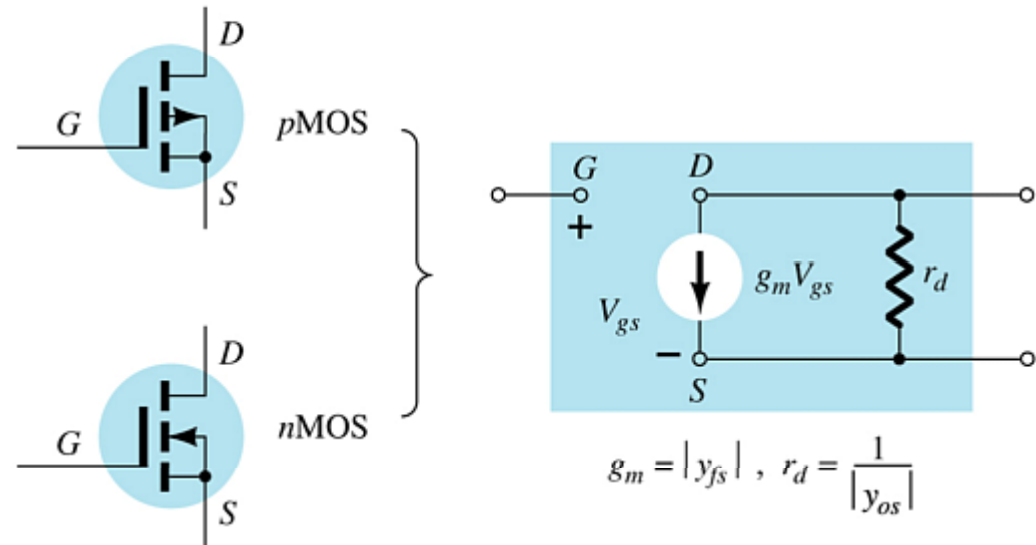


# Equivalent AC du type D-MOSFET



# Equivalent AC du Type E-MOSFET

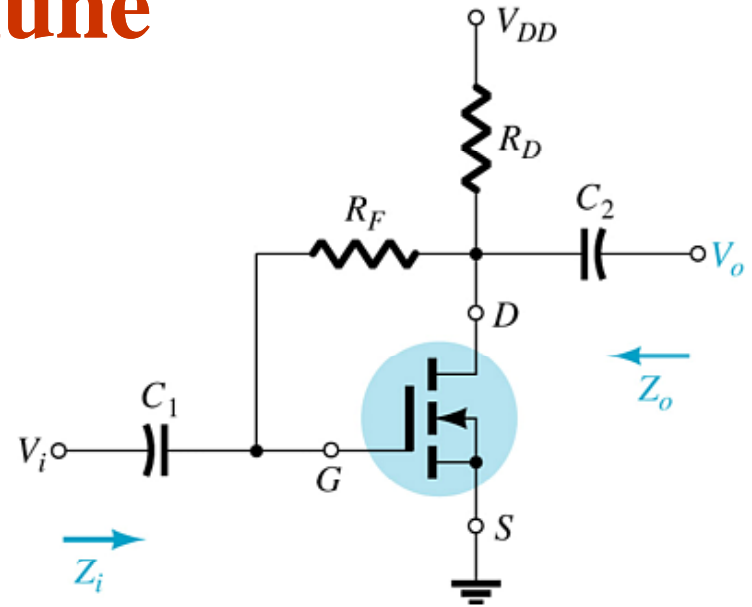
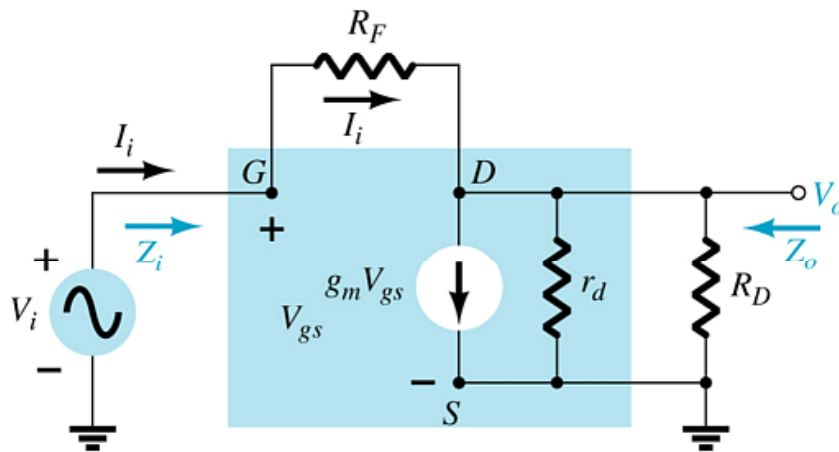
$g_m$  et  $r_d$  se trouvent dans la fiche des spécifications du FET.



# Polarisation par rétroaction du drain

## Source-commune

Il y a un changement de phase de  $180^\circ$  entre l'entrée et la sortie.



# Calculs

**Impédance d'entrée:**

$$Z_i = \frac{R_F + r_d \parallel R_D}{1 + g_m(r_d \parallel R_D)}$$

$$Z_i \cong \frac{R_F}{1 + g_m R_D} \Big|_{R_F \gg r_d \parallel R_D, r_d \geq 10R_D}$$

**Impédance de sortie:**

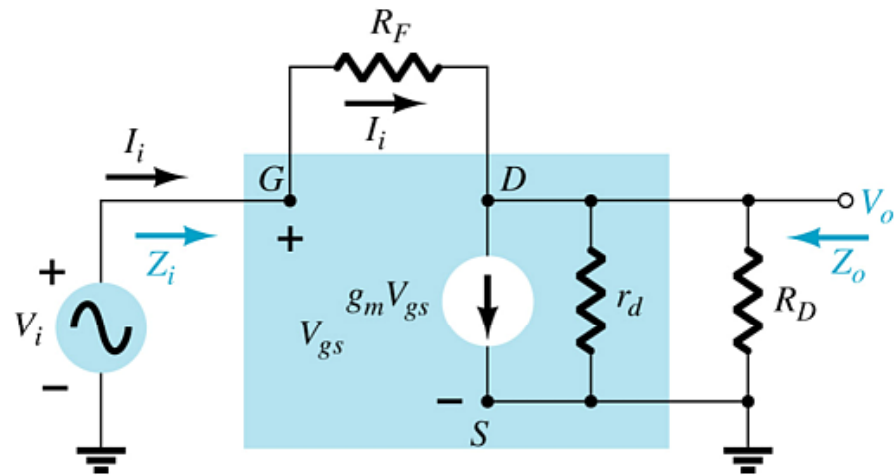
$$Z_o = R_F \parallel r_d \parallel R_D$$

$$Z_o \cong R_D \Big|_{R_F \gg r_d \parallel R_D, r_d \geq 10R_D}$$

**Gain en tension:**

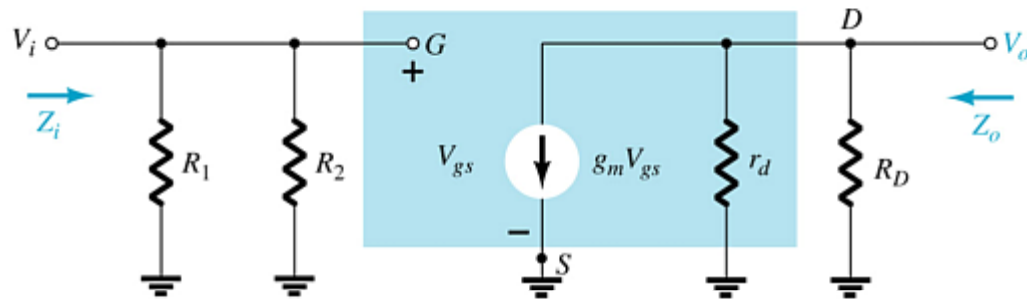
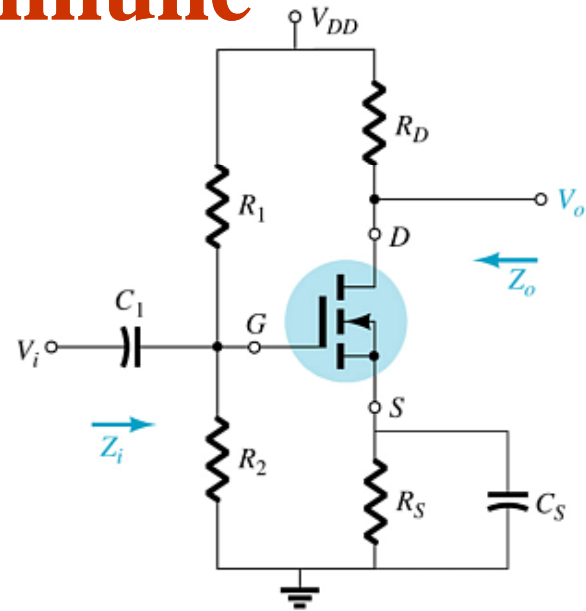
$$A_v = -g_m (R_F \parallel r_d \parallel R_D)$$

$$A_v \cong -g_m R_D \Big|_{R_F \gg r_d \parallel R_D, r_d \geq 10R_D}$$



# Polarisation Diviseur de tension

## source-commune





# Calculs

Impédance d'entrée:

$$Z_i = R_1 \parallel R_2$$

Impédance de sortie:

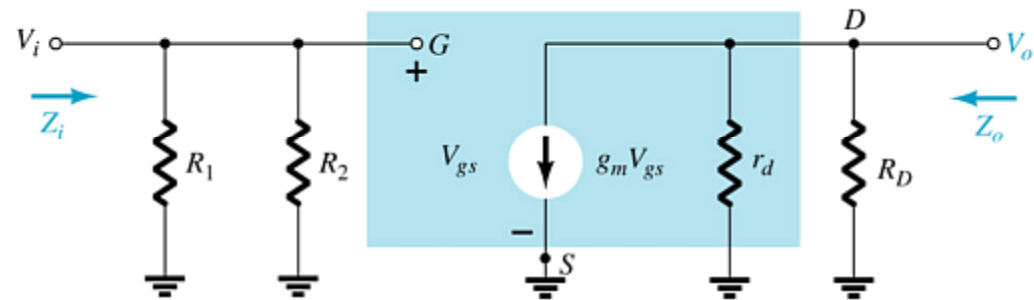
$$Z_o = r_d \parallel R_D$$

$$Z_o \cong R_D \Big|_{r_d \geq 10 R_D}$$

Gain en tension:

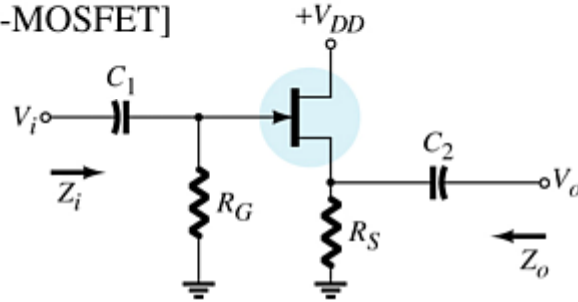
$$A_v = -g_m (r_d \parallel R_D)$$

$$A_v \cong -g_m R_D \Big|_{r_d \geq 10 R_D}$$

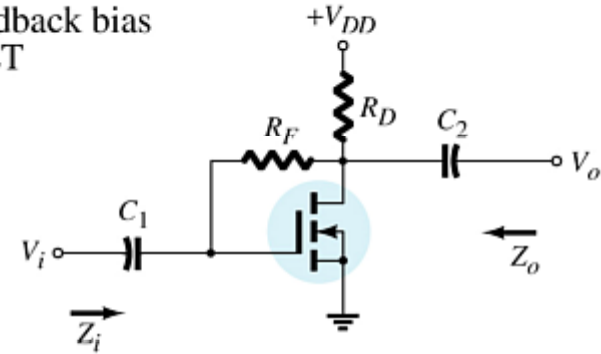


# Table résumé

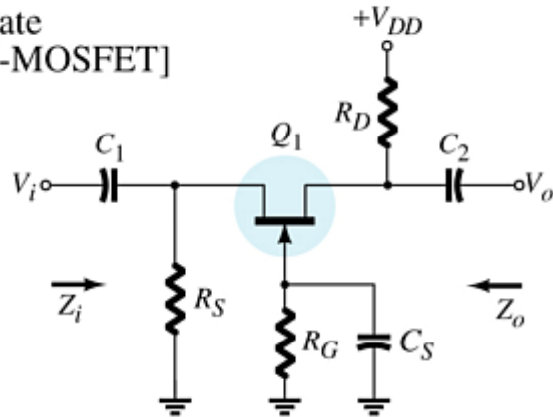
Source-follower  
[JFET or D-MOSFET]



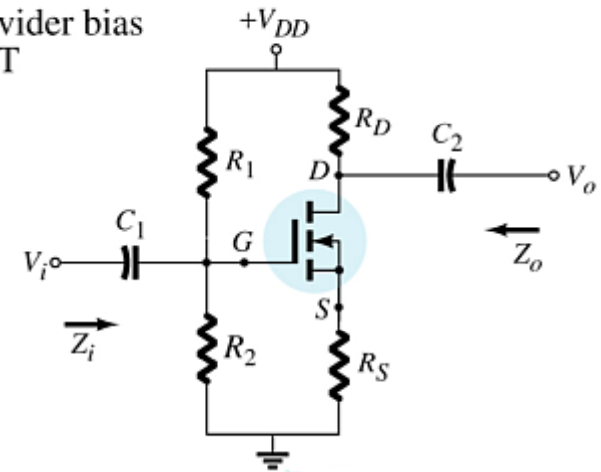
Drain-Feedback bias  
E-MOSFET



Common-gate  
[JFET or D-MOSFET]



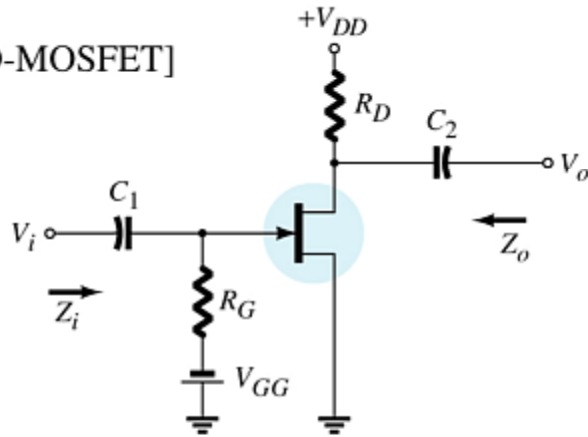
Voltage-divider bias  
E-MOSFET



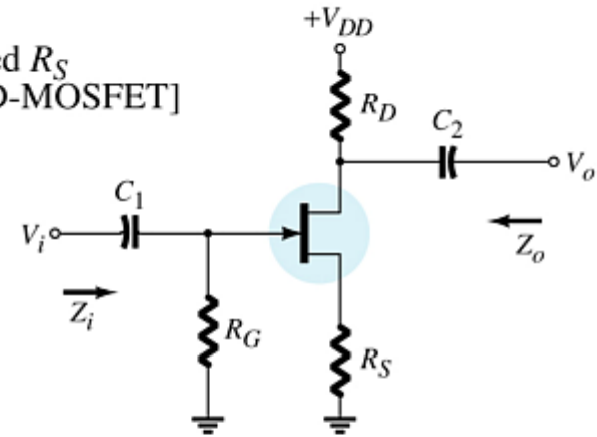
more...

# Table résumé

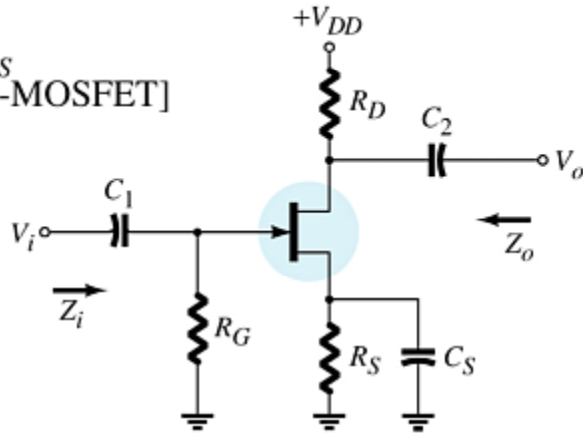
Fixed-bias  
[JFET or D-MOSFET]



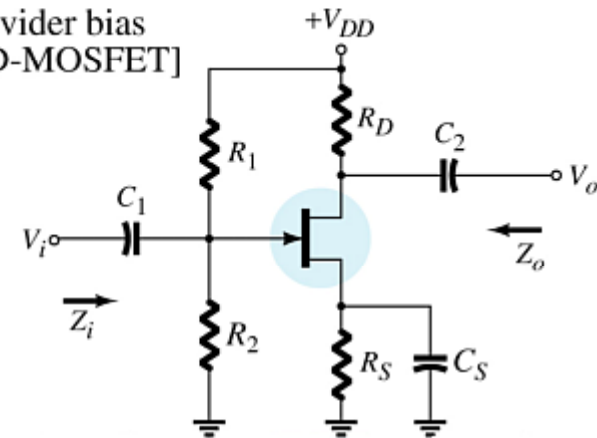
Self-bias  
Unbypassed  $R_S$   
[JFET or D-MOSFET]



Self-bias  
bypassed  $R_S$   
[JFET or D-MOSFET]



Voltage-divider bias  
[JFET or D-MOSFET]



# Dépanage

## Vérifier les tensions DC:

**Si elle n'est pas correcte, vérifier les résistances, le FET. Aussi vérifier que le condensateur de couplage entre les étapes est OK.**

## Vérifier les tensions AC:

**Si elles ne sont pas bonnes vérifier le FET, les condensateurs et l'effet de la charge sur l'étape suivante**

# Applications pratiques

**Mélangeur Audio**

**Réseaux par décalage de phase**

**Système de détection de mouvement**