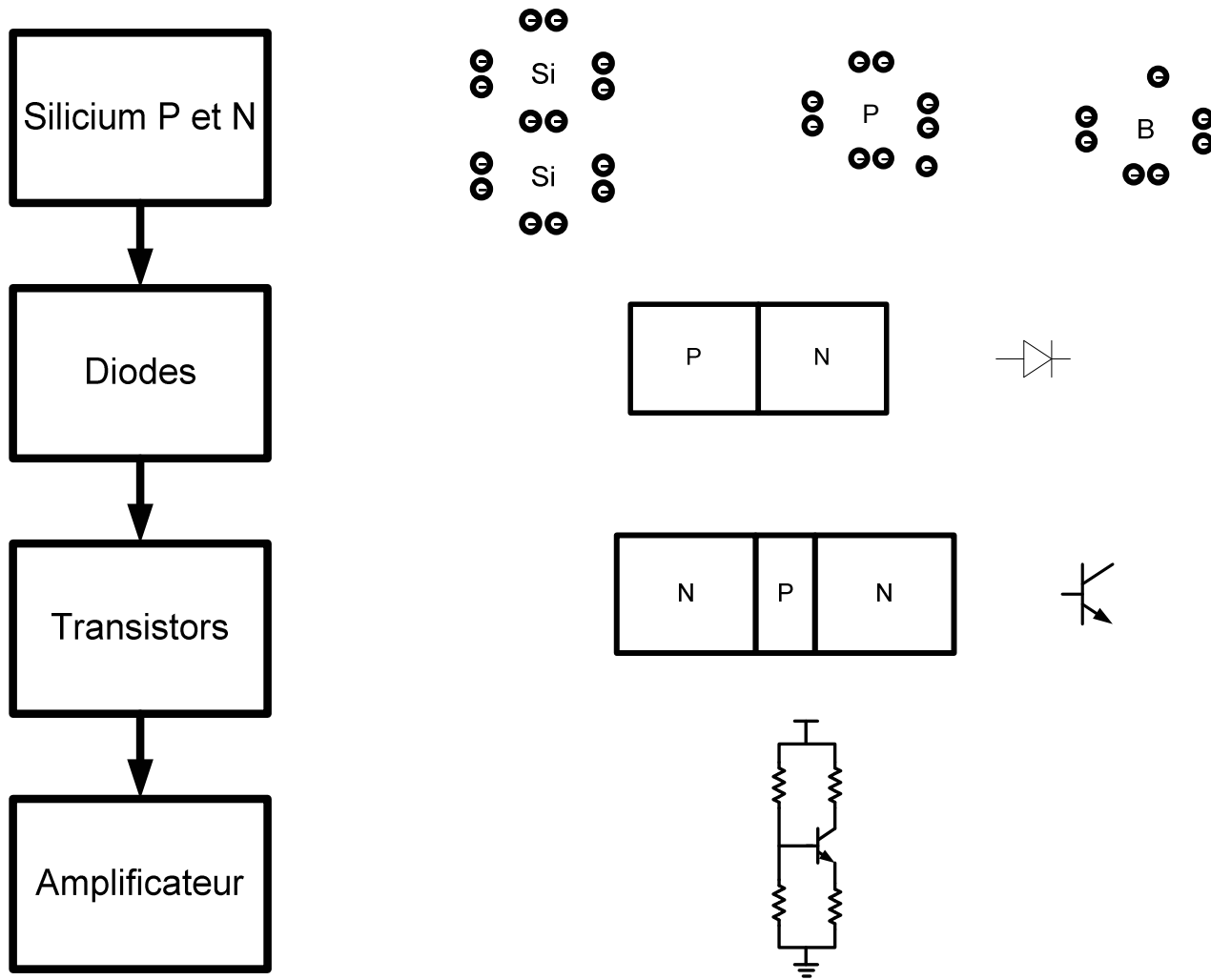


# Cours 4

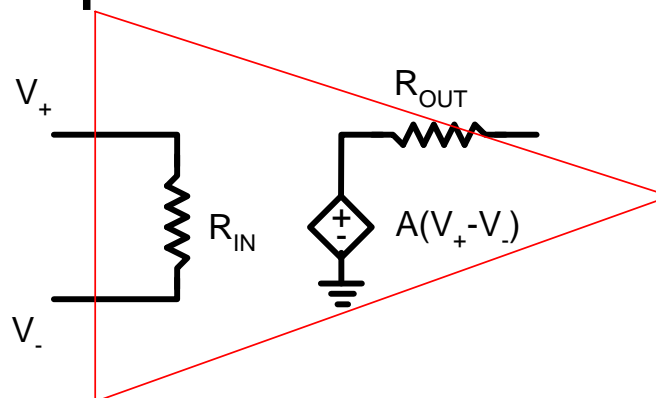
Configurations d'amplificateurs  
BJT

# Le lien entre les premiers cours



# Amplificateur operationnel

- On voulait voir ce qu'on pouvait faire avec un amplificateur (deja fait)
  - Addition
  - Gain
  - Inversion
  - Buffer...
- On a vu qu'on pouvait le modeliser avec



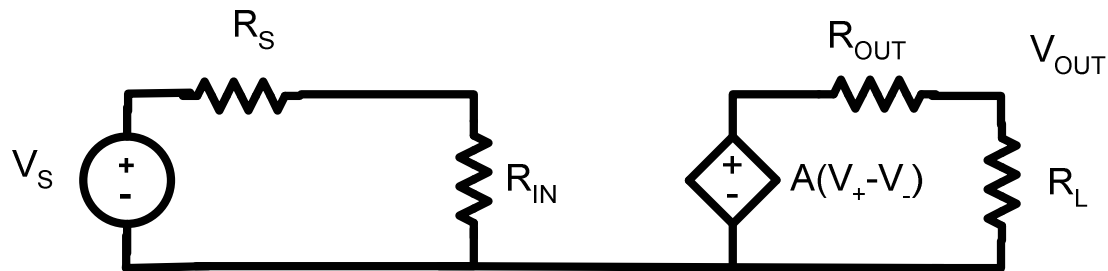
# Amplificateur operationnel

- Dans le modele, on voit 3 termes:
  - Gain ( $A$ )
  - Resistance en entrée ( $R_{IN}$ )
  - Resistance de sortie ( $R_{OUT}$ )
- Ce sont des parametres en regime AC
  - Ce sont des parametres de l'ampli qui sont independants des circuits externes
- Comment fait-on pour determiner ces parametres?

# Ampli op: Gain

- On sait déjà comment trouver le gain
  - On a fait des exemples au dernier cours
- On applique une source à l'entrée
- Avec les équations, on trouve  $V_{OUT}/V_S$ .

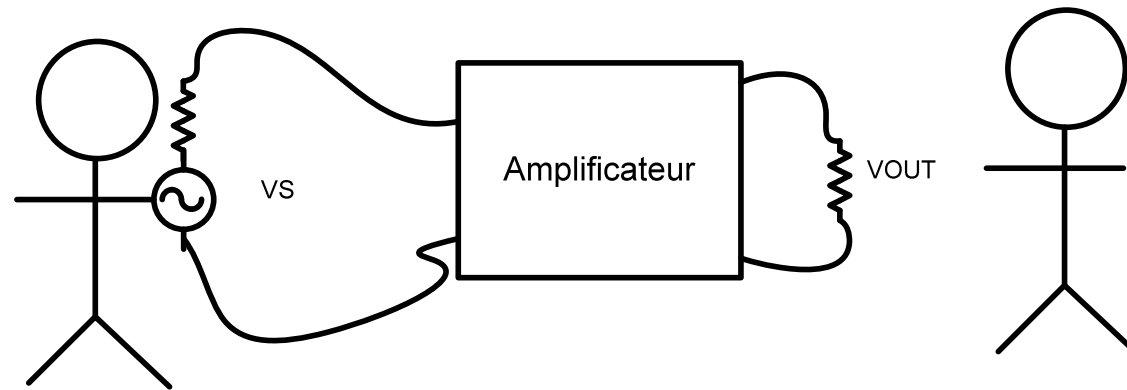
$$Gain = \frac{V_{OUT}}{V_S}$$



# Ampli op: Gain

- De façon plus pratique, on applique une tension  $V_S$ .
- On regarde son  $V_{OUT}$

$$Gain = \frac{V_{OUT}}{V_S}$$

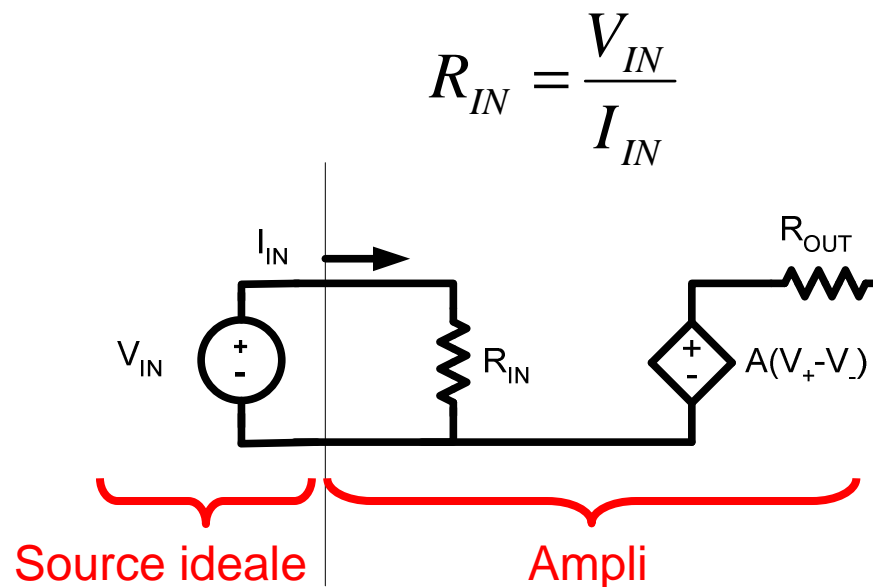


# Ampli op: Gain

- A noter que le livre utilise beaucoup de termes:
  - Gain sans charge
  - Gain sans resistance de source
  - Gain total
- Pour le cours, ca va etre specifie.
  - Ex: “Trouvez le gain sans charge  $R_L$ ”

# Ampli op: $R_{IN}$

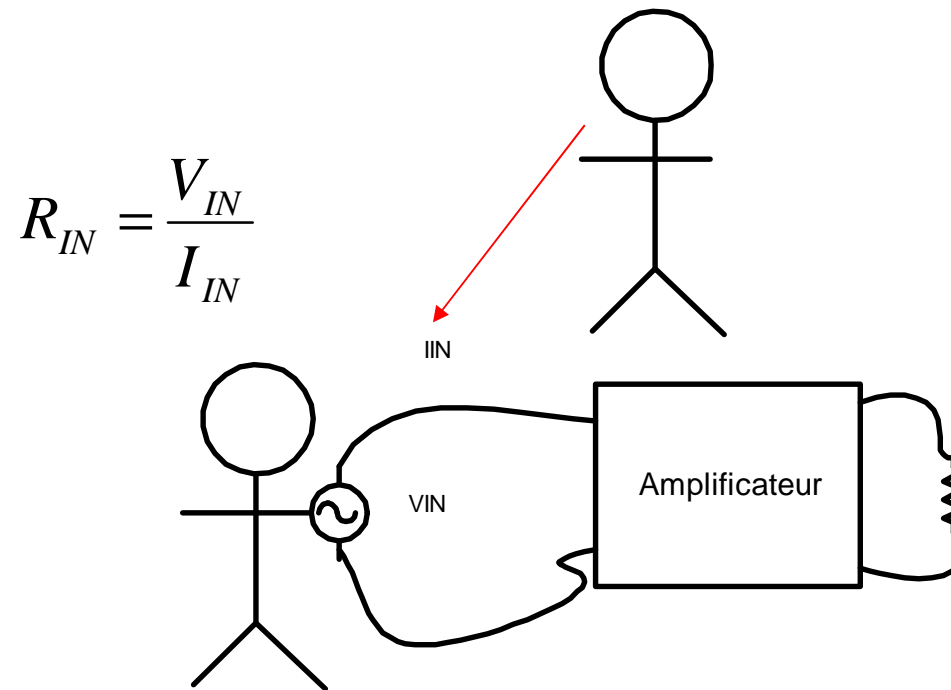
- On met une source IDEALE a l'entrée
  - On neglige sa resistance de source ( $R_S=0$ )
- On voit quel genre de courant ca "tire"
- Le ratio  $V_{IN}/I_{IN}$  est la resistance en entree





# Ampli op: $R_{IN}$

- On se repete:
  - On applique une tension  $V_{IN}$
  - On examine le courant  $I_{IN}$  tire (amperemetre)



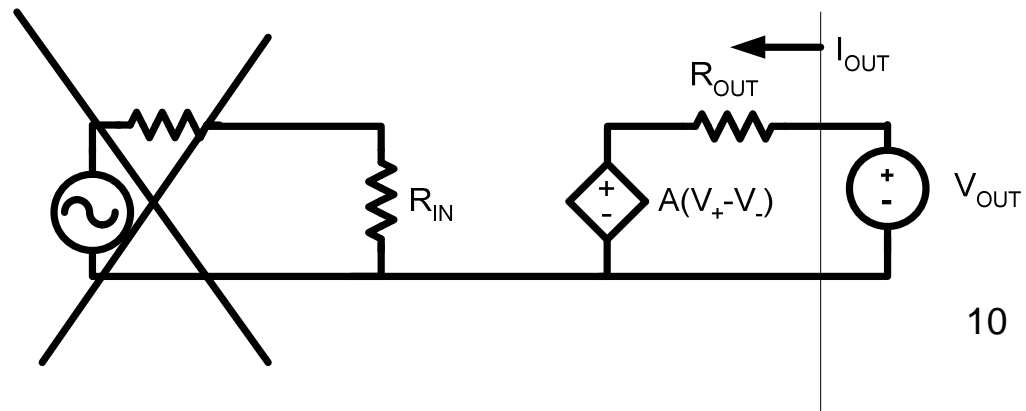
# Ampli op: $R_{OUT}$

- On pourrait faire la meme chose pour  $R_{OUT}$ 
  - Appliquer tension
  - Voir le courant
- Courant depend aussi du signal a l'entrée
  - Pas bon! On veut courant independent de l'entree
  - Il faut mettre  $V_S=0$  pour eviter toute dependance de l'entree

$$I_{OUT} = \frac{V_{OUT} - AV_{IN}}{R_{OUT}}$$

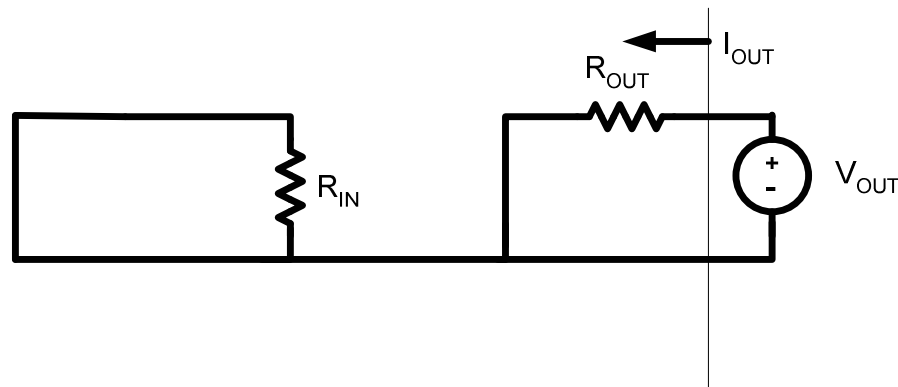
$$I_{OUT} = \frac{V_{OUT} - AV_{IN}}{R_{OUT}}$$

*(Note: A red arrow points from the  $AV_{IN}$  term to a red '0', indicating it should be set to zero.)*



# Ampli op: $R_{OUT}$

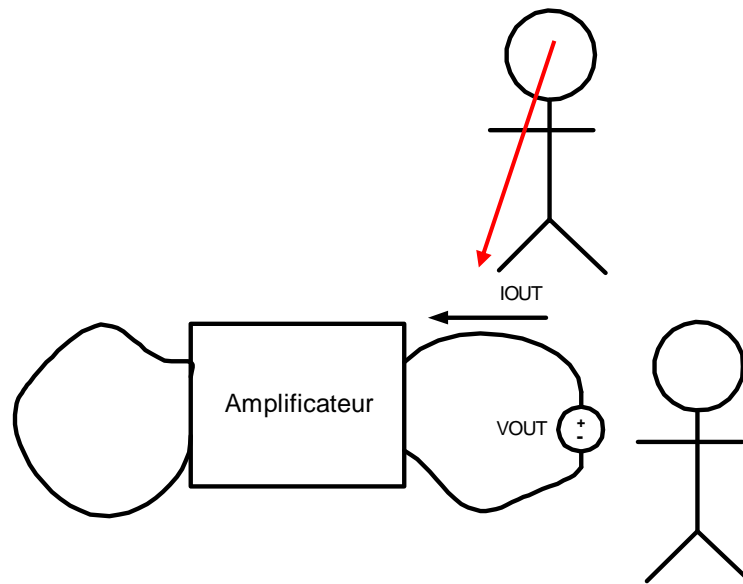
- Dans un circuit, l'ampli est connecté à une charge  $R_L$  (un speaker, par exemple)
  - Il faut enlever  $R_L$  puisqu'il ne fait pas parti de l'ampli
- Si on le laissait, ça influencerait la valeur de  $R_{OUT}$  trouve
  - Le  $R_{OUT}$  trouve dépendrait de la charge (pas bon)



# Ampli op: $R_{OUT}$

- Donc:
  - On met les entrees a 0 et on enleve la charge
  - On applique une tension a la sortie  $V_{OUT}$
  - On voit le courant  $I_{OUT}$  tire (amperemetre)
  - Le ratio  $V_{OUT}/I_{OUT}$  est la resistance de sortie

$$R_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{I_{OUT}}$$

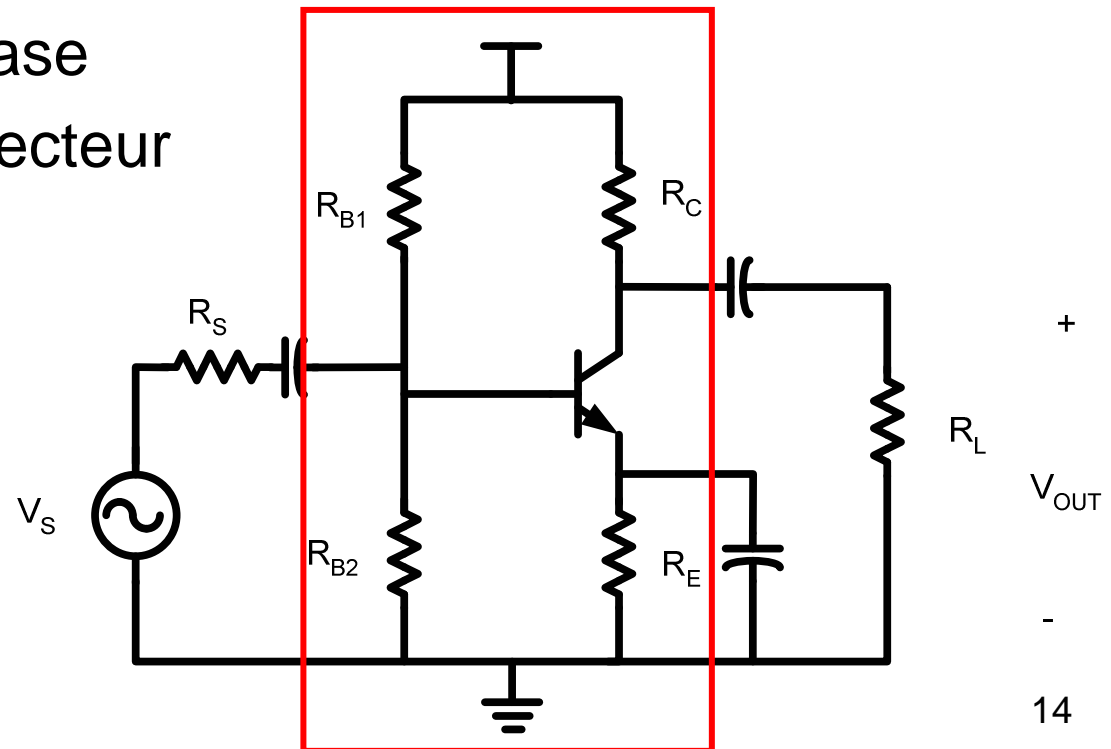


# Aujourd'hui

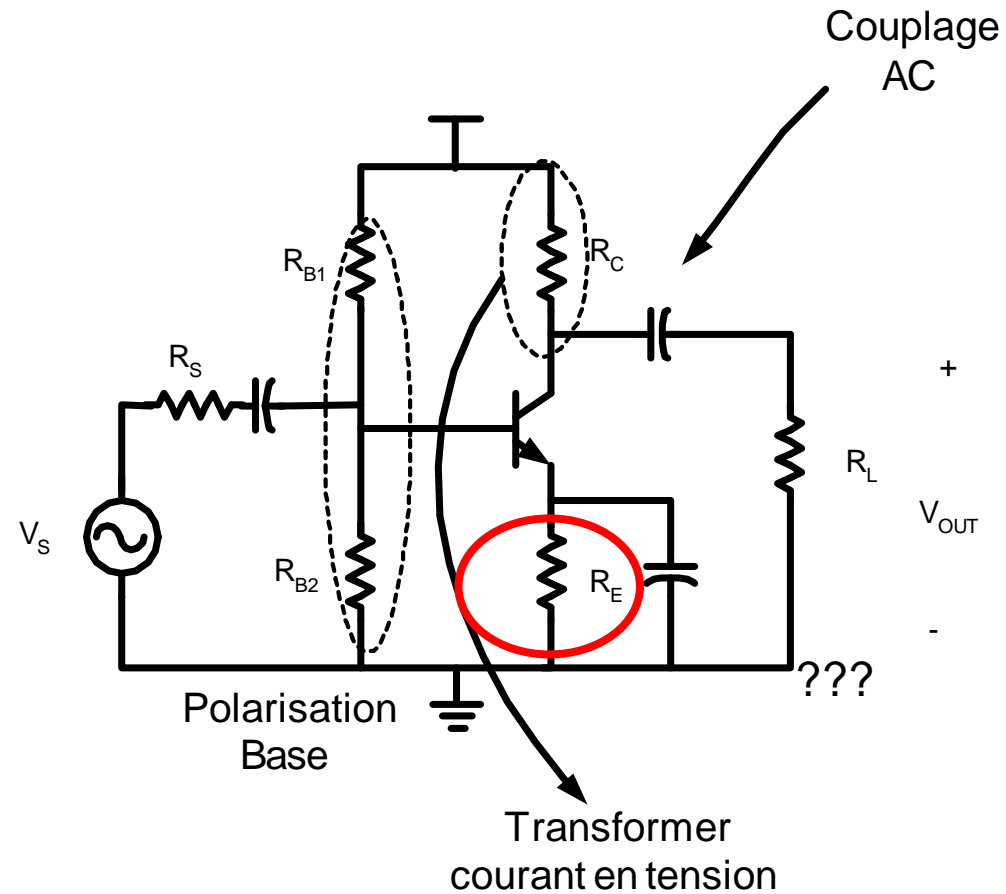
- On explore les 3 amplificateurs de base
  - Emetteur commun
  - Base Commune
  - Emetteur suiveur (collecteur commun)
- On va calculer les caracteristiques:
  - Gain
  - Resistance a l'entrée
  - Resistance de sortie

# Emetteur commun

- Emetteur commun
  - “Commun” veut dire “ground”
  - Emetteur commun: emetteur colle au ground (AC)
  - Entrée a la base
  - Sortie au collecteur



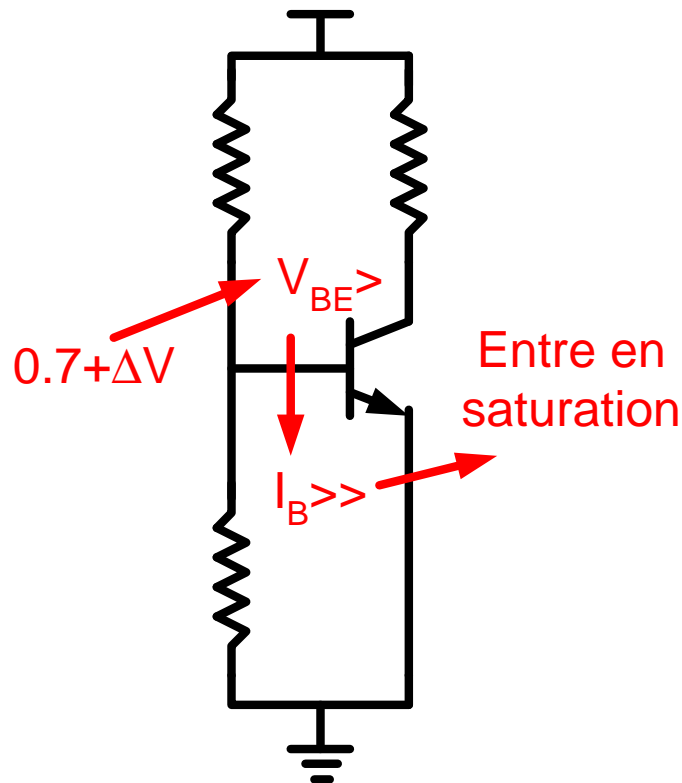
# Emetteur commun



Ca sert a quoi le  $R_E$ ?

# Emetteur commun

- $R_E$  sert a stabiliser  $V_{BE}$  et  $I_B$  en DC
  - Ex: Si  $V_{BE}$  augmentait,  $I_B$  augmenterait,  $I_C$  augmenterait et on serait en saturation

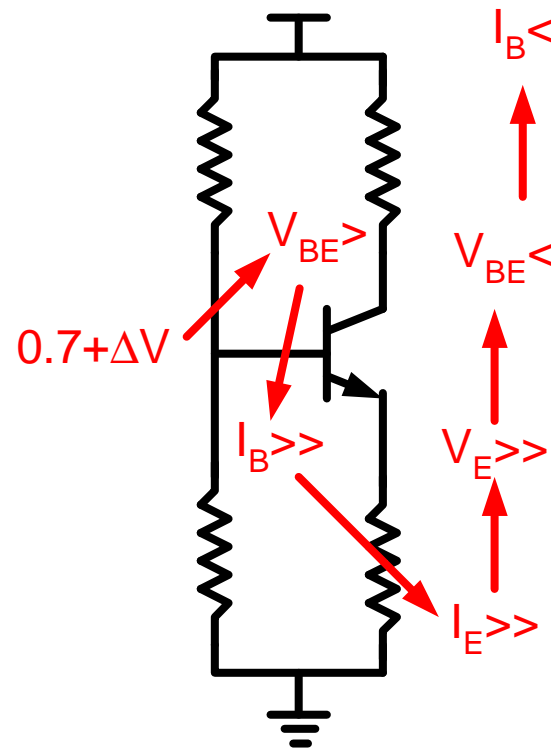


Autre possibilite:  $\beta$  change avec la temperature... si ca augmentait trop, on serait en saturation



# Emetteur commun

- Avec  $R_E$ , si  $I_C$  augmente:
  - $I_E$  augmente
  - $V_E$  augmente
  - $V_{BE}$  baisse
  - $I_C$  baisse



Le  $R_E$  sert a stabiliser (immobiliser)  $V_B$  pour limiter  $I_C$ .

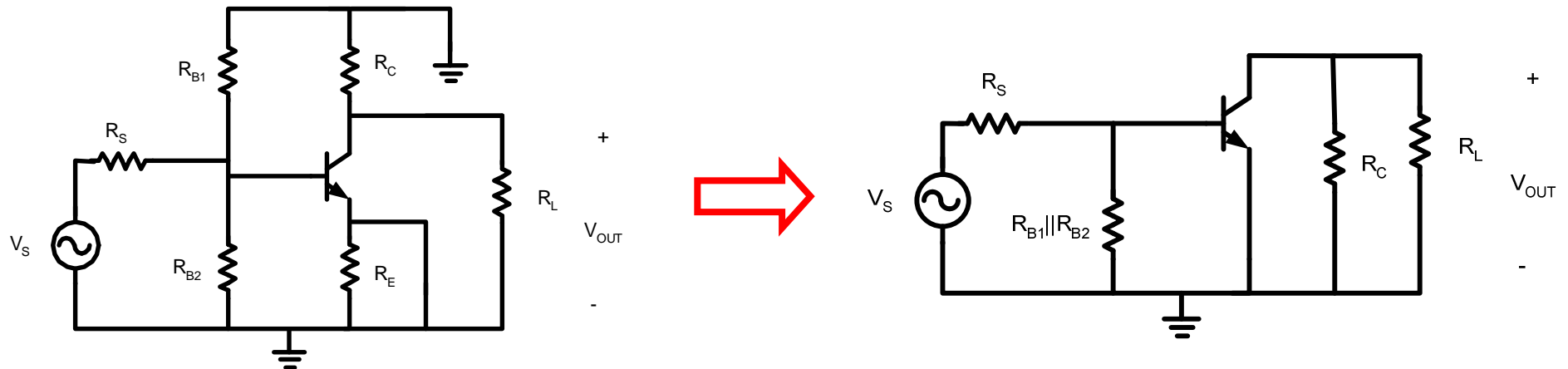
# Emetteur commun

- NOTES:
  - Le condensateur de l'emetteur est utilise pour “contourner”  $R_E$  (on verra plus tard)
  - A noter: le livre utilise source de courant a la place de  $R_E$
  - On n’a pas assez de theorie encore, alors on utilise  $R_E$



# Emetteur commun

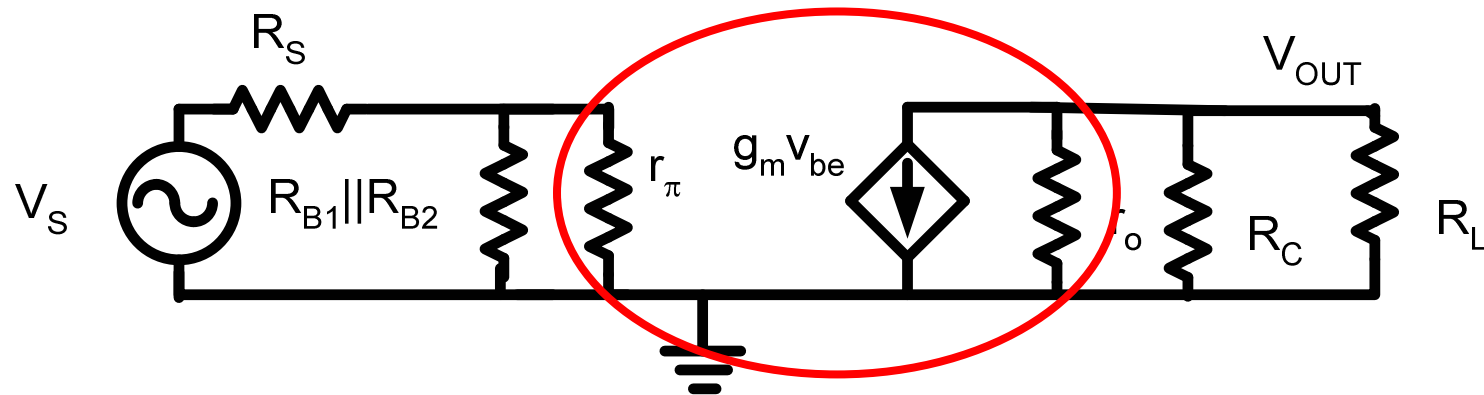
- On commence avec la superposition:
  - On met les sources DC a 0
  - Les C deviennent des courts-circuits



$$R_B = R_{B1} \parallel R_{B2}$$

# Emetteur commun: gain

- Avec modele petit signal



$$v_{be} = v_s \left( \frac{(r_\pi \parallel R_B)}{(r_\pi \parallel R_B) + R_S} \right)$$

$$v_{out} = -g_m v_{be} (R_L \parallel R_C \parallel r_o) = -g_m v_s \left( \frac{(r_\pi \parallel R_B)}{(r_\pi \parallel R_B) + R_S} \right) (R_L \parallel R_C \parallel r_o)$$

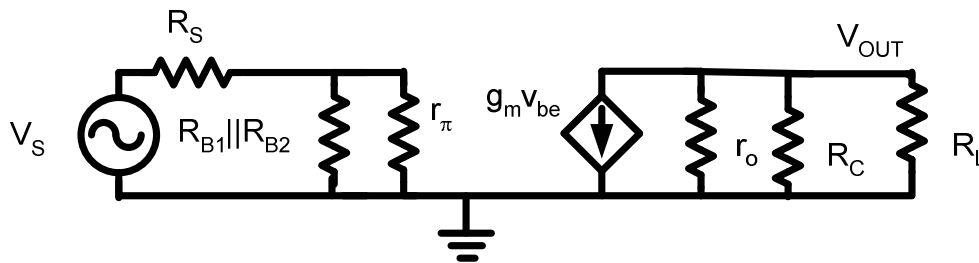
# Emetteur commun: gain

- On isole:

$$\frac{v_{out}}{v_S} = -g_m \left( \frac{(r_\pi \parallel R_B)}{(r_\pi \parallel R_B) + R_S} \right) (R_L \parallel R_C \parallel r_o)$$

- Chute de gain due à la résistance en entrée
- Chute de gain due à la résistance de sortie

- Si on mettait  $R_S=0$ :



$$\frac{v_{out}}{v_S} = -g_m (R_L \parallel R_C \parallel r_o)$$

# Emetteur commun: gain

- On voit que le gain depend de  $R_L$ ,  $R_C$  et  $r_o$
- Typiquement, la valeur de  $r_o$  est elevee
  - Quand  $r_o$  est grand, sa contribution devient negligeeable en parallele
- Dans ce cas la, le gain devient:

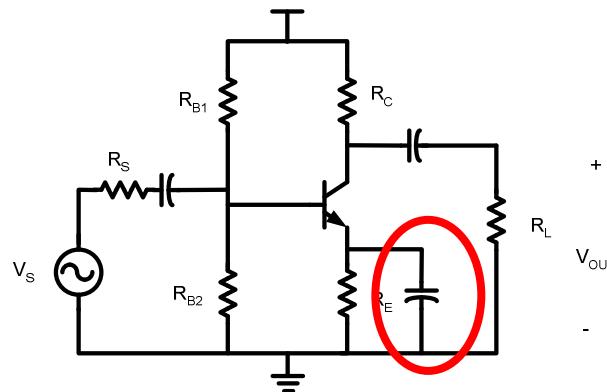
$$\frac{v_{out}}{v_S} = -g_m (R_L \parallel R_C \parallel r_o) \quad \Rightarrow \quad \frac{v_{out}}{v_S} = -g_m (R_L \parallel R_C)$$

Le gain "sans effet exterieur" de l'ampli est  $-g_m R_C$

# Emetteur commun

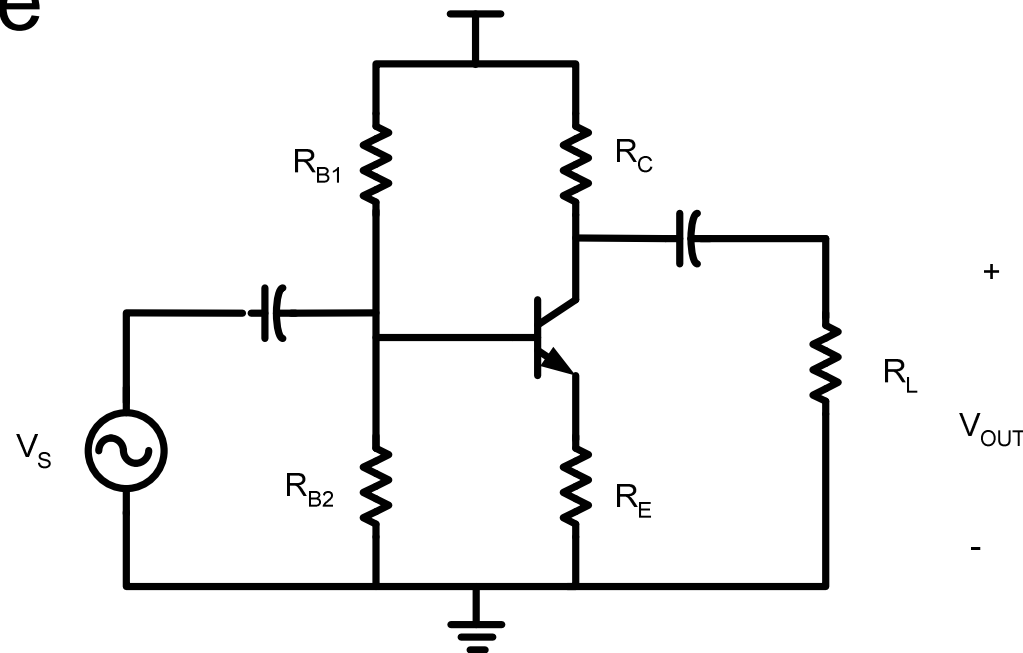
- Condensateur utilise pour contourner  $R_E$ 
  - Pourquoi?
  - Rappel:  $R_E$  sert a stabiliser (immobiliser)  $V_{BE}$  pour limiter le courant.
- En petit signal, on ne veut pas de stabilisation: le BUT est de faire varier  $v_{be}$ 
  - Ce  $v_{be}$  sera amplifie pour donner  $i_c$  et  $v_c$

Essayons d'examiner son effet



# Emetteur commun sans bypass

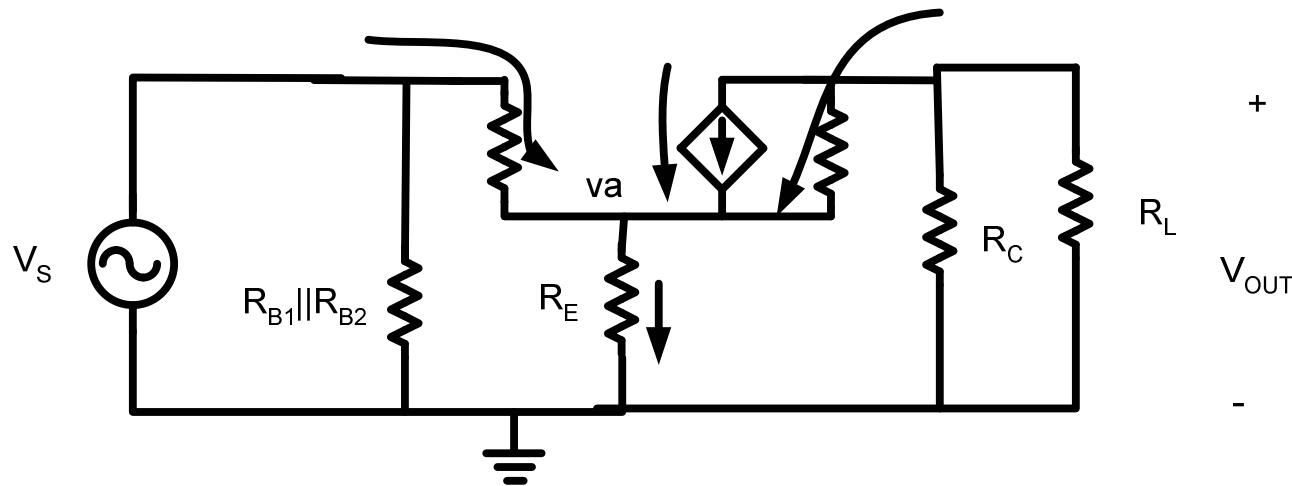
- Pour examiner son effet, on l'enleve et on voit ce qui arrive au gain...
- On a aussi enleve  $R_S$  pour simplifier l'analyse





# Emetteur commun sans bypass

- Le circuit petit signal est long a analyser
- Equation du noeud  $v_a$ :

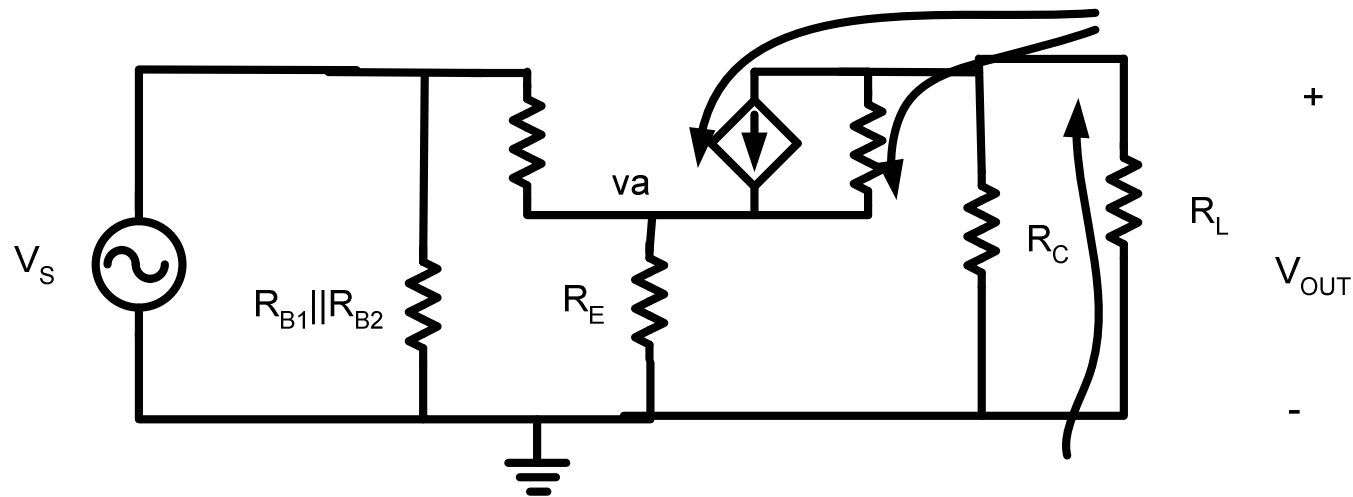


$$\frac{(v_s - v_a)}{r_\pi} + g_m(v_s - v_a) + \frac{(v_{out} - v_a)}{r_o} = \frac{v_a}{R_E}$$

C'est quoi  $V_A$ ? Il faut écrire une autre équation

# Emetteur commun sans bypass

- Le noeud de sortie:



$$g_m (v_s - v_a) + \frac{(v_{out} - v_a)}{r_o} = - \frac{v_{out}}{(R_L \parallel R_C)}$$

# Emetteur commun sans bypass

- On isole  $v_a$  dans la 2e equation:

$$v_a = \frac{g_m v_s r_o (R_L \parallel R_C) + v_{out} (R_L \parallel R_C) + v_{out} r_o}{(R_L \parallel R_C)(g_m r_o + 1)}$$

- On le substitue dans la 1<sup>re</sup> et on resoud:

$$\frac{v_{out}}{v_s} = - \left( \frac{(r_\pi g_m r_o - R_E)(R_L \parallel R_C)}{R_E (R_L \parallel R_C) + R_E r_o + g_m r_\pi R_E r_o + r_\pi R_E + r_\pi (R_L \parallel R_C) + r_\pi r_o} \right)$$

Qu'est-ce que cette equation veut dire?!

# Emetteur commun sans bypass

- Choses a remarquer:
  - $R_E$  baisse le numerateur
  - $R_E$  augmente le denominateur

$$\frac{v_{out}}{v_S} = - \left( \frac{(r_\pi g_m r_o - R_E)(R_L \parallel R_C)}{R_E(R_L \parallel R_C) + R_E r_o + g_m r_\pi R_E r_o + r_\pi R_E + r_\pi(R_L \parallel R_C) + r_\pi r_o} \right)$$

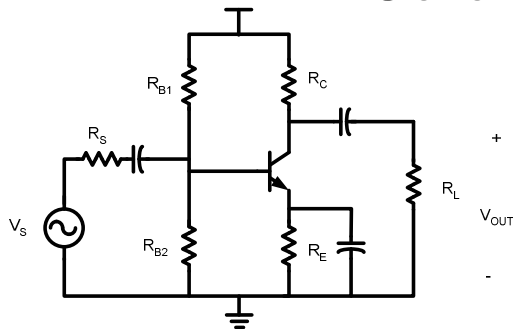
- Avec  $R_E=0$  ca devient emetteur commun:

$$\frac{v_{out}}{v_S} = - \left( \frac{(g_m r_o)(R_L \parallel R_C)}{(R_L \parallel R_C) + r_o} \right) = -g_m (R_L \parallel R_C \parallel r_o)$$

Donc,  $R_E$  BAISSSE le gain

# Emetteur commun sans bypass

- Intuitivement:
  - Avec  $R_E$ : Si  $v_b$  monte,  $v_e$  monte  $\rightarrow i_c$  faible
  - Sans  $R_E$ :  $v_b$  change mais  $v_e=0 \rightarrow i_c$  fort
  - $v_{be}$  varie plus, donc  $i_c$  varie plus
- On veut  $R_E$  en DC pour être en active
  - En AC (petit signal), on ne veut pas  $R_E$
  - On ajoute C pour ne plus avoir  $R_E$  en **petit signal**.
  - Ca aide à augmenter le gain

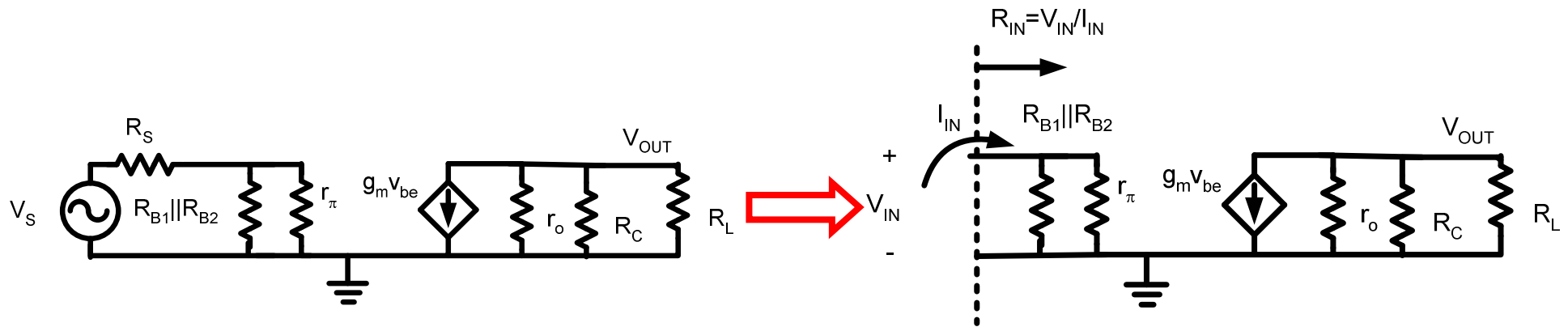


2 Façons de voir que C “stabilise”  $V_e$ :

- 1) C “court-circuite” la résistance  $R_E$  à haute fréquence
- 2) C empêche les variations rapides

# Emetteur commun: $R_{IN}$

- Pour trouver  $R_{IN}$ , on enleve la source:
  - On remplace par une source "test" sans  $R_S$

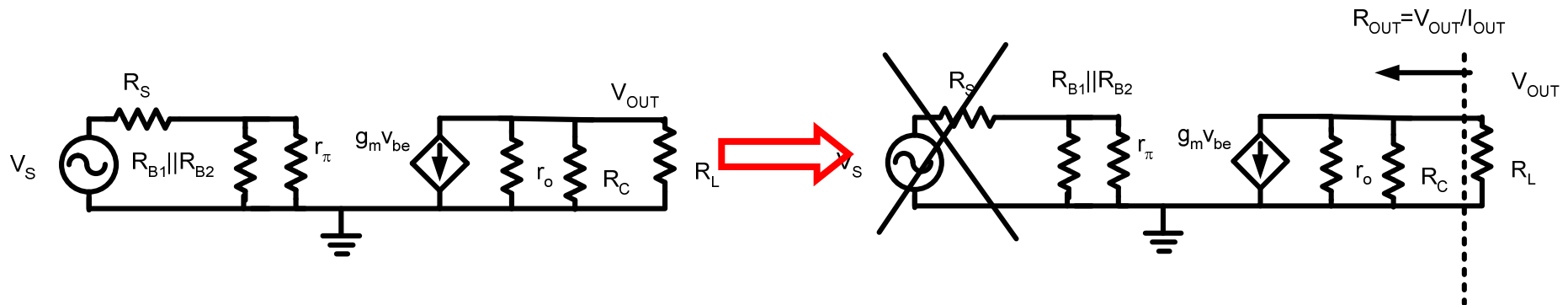


- On ecrit l'equation du courant  $I_{IN}$

$$I_{IN} = \frac{V_{IN}}{R_B \parallel r_{\pi}} \quad \Rightarrow \quad R_{IN} = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = R_B \parallel r_{\pi}$$

# Emetteur commun: $R_{OUT}$

- Pour trouver  $R_{OUT}$ , on met l'entree a 0, on enleve  $R_L$  et on applique une source  $V_{OUT}$



- On ecrit l'equation du courant a la sortie:

$$I_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{R_C \parallel r_o} + g_m v_{be} \quad \Rightarrow \quad R_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{I_{OUT}} = R_C \parallel r_o$$

# Emetteur commun: resume

- Gain sans  $R_S$  : (Elevé)

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = -g_m (R_L \parallel R_C \parallel r_o)$$

- Resistance a l'entrée: (Elevé)

$$R_{IN} = R_B \parallel r_\pi$$

- Resistance a la sortie : (Elevé)

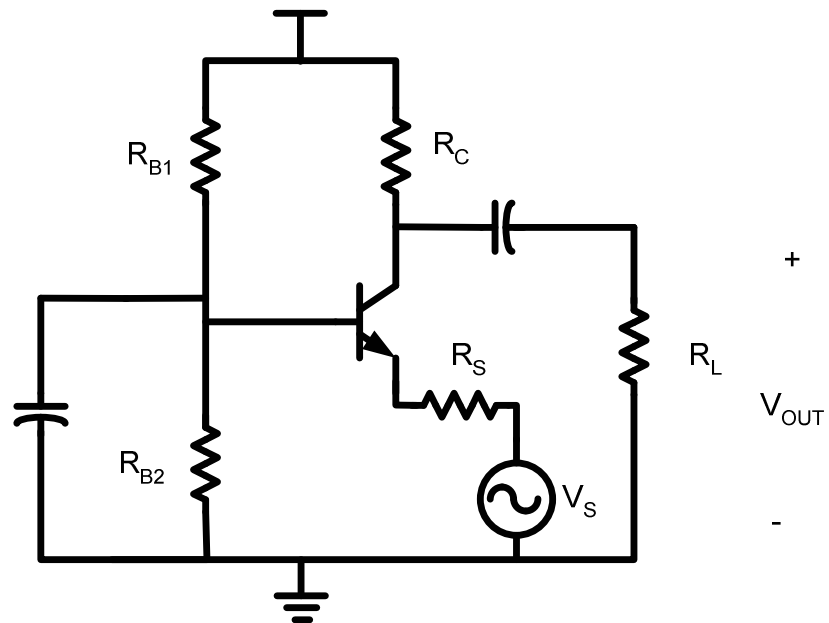
$$R_{OUT} = R_C \parallel r_o$$

Passons a la base commune



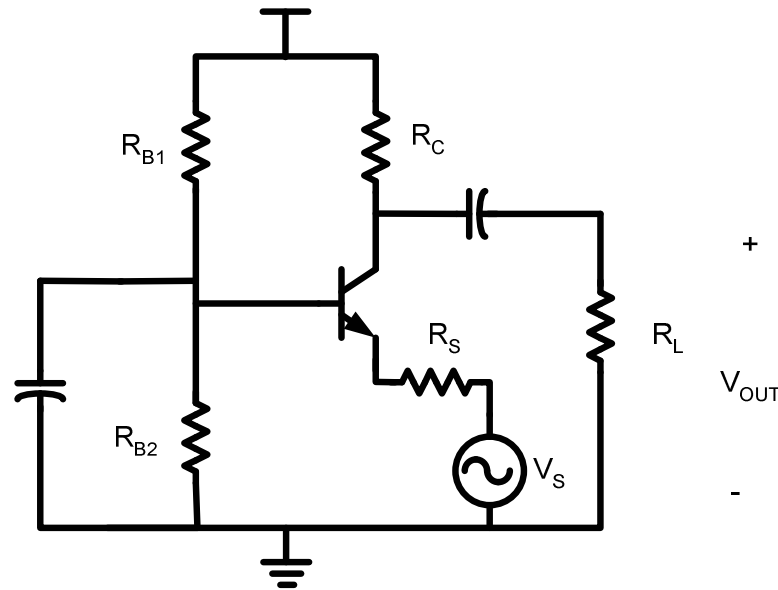
# Base Commune

- Base commune
  - Base connectée au ground (AC)
  - Entrée à l'émetteur
  - Sortie au collecteur



# Base Commune

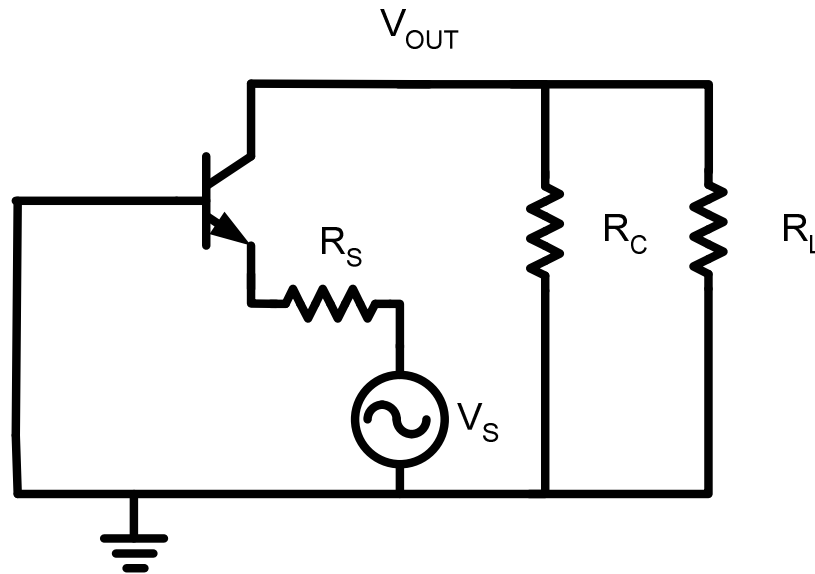
- En DC,  $R_{B1}$  et  $R_{B2}$  déterminent  $V_B$ 
  - En AC,  $V_B$  ne varie plus a cause de C
  - Si  $v_e$  change,  $v_{be}$  change  $\rightarrow i_c$  change
  - En passant par  $R_C$ ,  $i_c$  devient  $v_c$



Commencons l'analyse...

# Base Commune

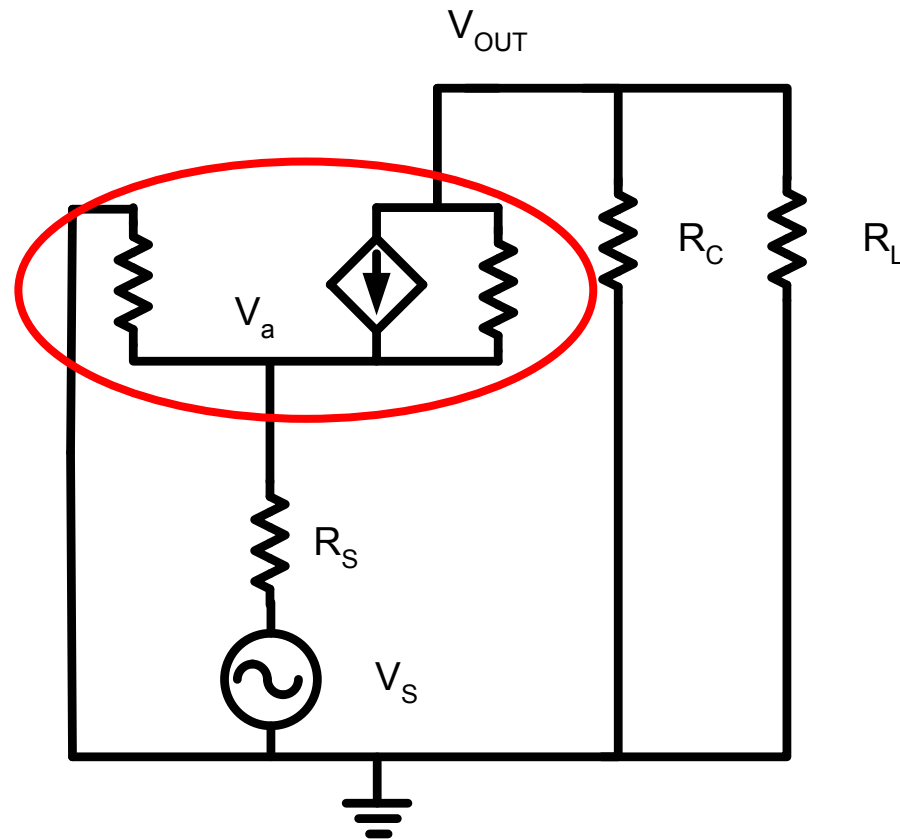
- On fait la superposition:
  - On met les sources DC a 0
  - Les C deviennent des courts-circuits



On va substituer le transistor avec le modele petit-signal

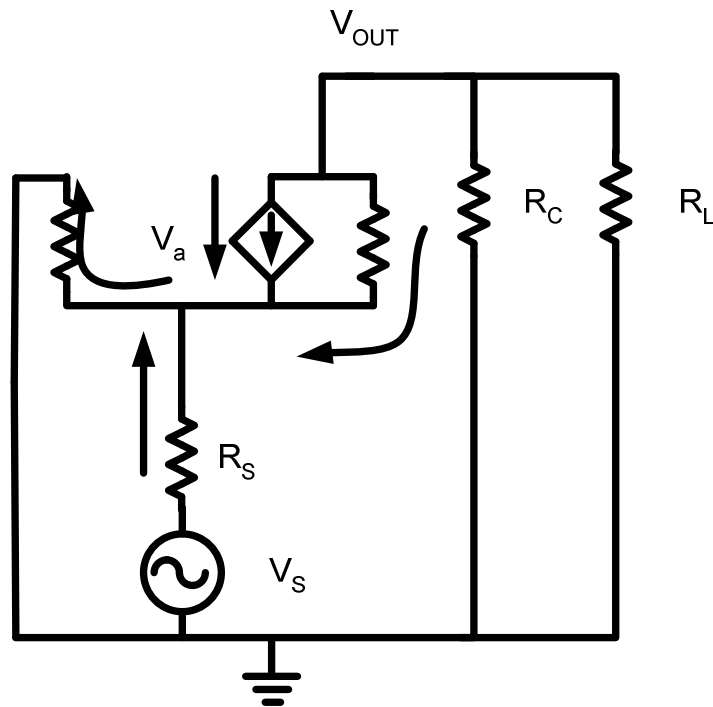
# Base Commune

- Une fois substituée, ça devient:



# Base Commune: gain

- Equation du premier noeud

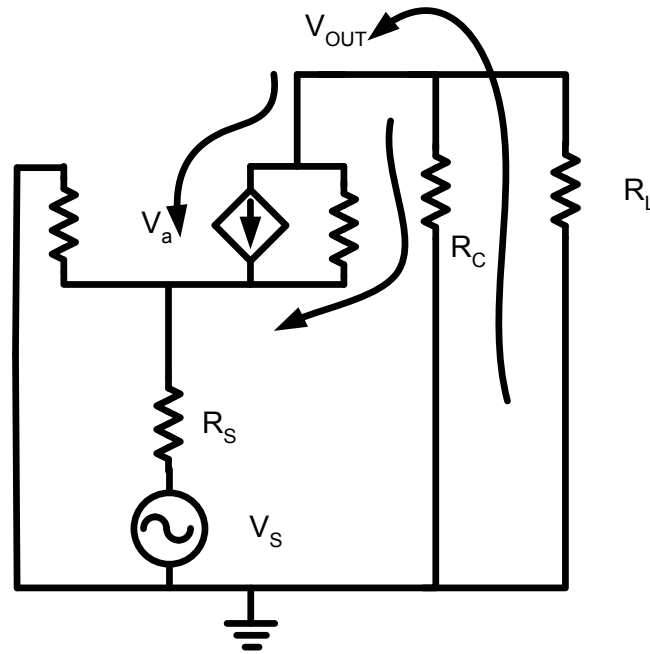


$$\frac{v_s - v_a}{R_S} + \frac{v_{out} - v_a}{r_o} + g_m(0 - v_a) = \frac{v_a}{r_\pi}$$

C'est quoi  $V_A$ ? Il faut écrire une autre équation

# Base Commune: gain

- Equation du deuxieme noeud



$$\frac{0 - v_{out}}{(R_C \parallel R_L)} = \frac{v_{out} - v_a}{r_o} + g_m (0 - v_a)$$

# Base Commune: gain

- On isole  $v_a$  dans 2e equation

$$\frac{0 - v_{out}}{(R_C \parallel R_L)} = \frac{v_{out} - v_a}{r_o} + g_m (0 - v_a) \quad \Rightarrow \quad v_a = \frac{v_{out} [(R_C \parallel R_L) + r_o]}{(R_C \parallel R_L)(g_m r_o + 1)}$$

- On le substitue dans le 1er et on manipule

$$\frac{v_{out}}{v_S} = \frac{(R_C \parallel R_L)(g_m r_o + 1)r_\pi}{r_\pi(R_C \parallel R_L) + r_\pi r_o + R_S(r_\pi + g_m r_o r_\pi + (R_C \parallel R_L) + r_o)}$$

# Base Commune: gain

- Trop compliqué: on va faire des simplifications.
- On sait que  $r_o$  est habituellement élevé:
  - Termes sans  $r_o$  deviennent “négligeables”

$$\frac{v_{out}}{v_S} = \frac{(R_C \parallel R_L)(g_m r_o + 1)r_\pi}{r_\pi (R_C \parallel R_L) + r_\pi r_o + R_S (r_\pi + g_m r_o r_\pi + (R_C \parallel R_L) + r_o)}$$



# Base Commune: gain

$$\frac{v_{out}}{v_S} = \frac{(R_C \parallel R_L)(g_m r_o) r_\pi}{r_\pi r_o + R_S (g_m r_o r_\pi + r_o)}$$

- On voit que les  $r_o$  s'annulent:

$$\frac{v_{out}}{v_S} = \frac{(R_C \parallel R_L)(g_m) r_\pi}{r_\pi + R_S (g_m r_\pi + 1)}$$

- Pas la meme forme que le livre
  - Notre forme ne donne pas d'information utile...

Faisons des transformations mathematiques...

# Base Commune: gain

- Sachant que  $g_m r_\pi = \beta$

$$\frac{v_{out}}{v_S} = \frac{(R_C \parallel R_L)(g_m)r_\pi}{r_\pi + R_S(\underline{g_m r_\pi} + 1)} \quad \Rightarrow \quad \frac{v_{out}}{v_S} = \frac{(R_C \parallel R_L)(g_m)r_\pi}{r_\pi + R_S(\beta + 1)}$$

- On factorise  $(\beta+1)$  au denominateur

$$\frac{v_{out}}{v_S} = \frac{(r_\pi)}{(\beta + 1)} \frac{(R_C \parallel R_L)(g_m)}{\frac{r_\pi}{(\beta + 1)} + R_S}$$

# Base Commune: gain

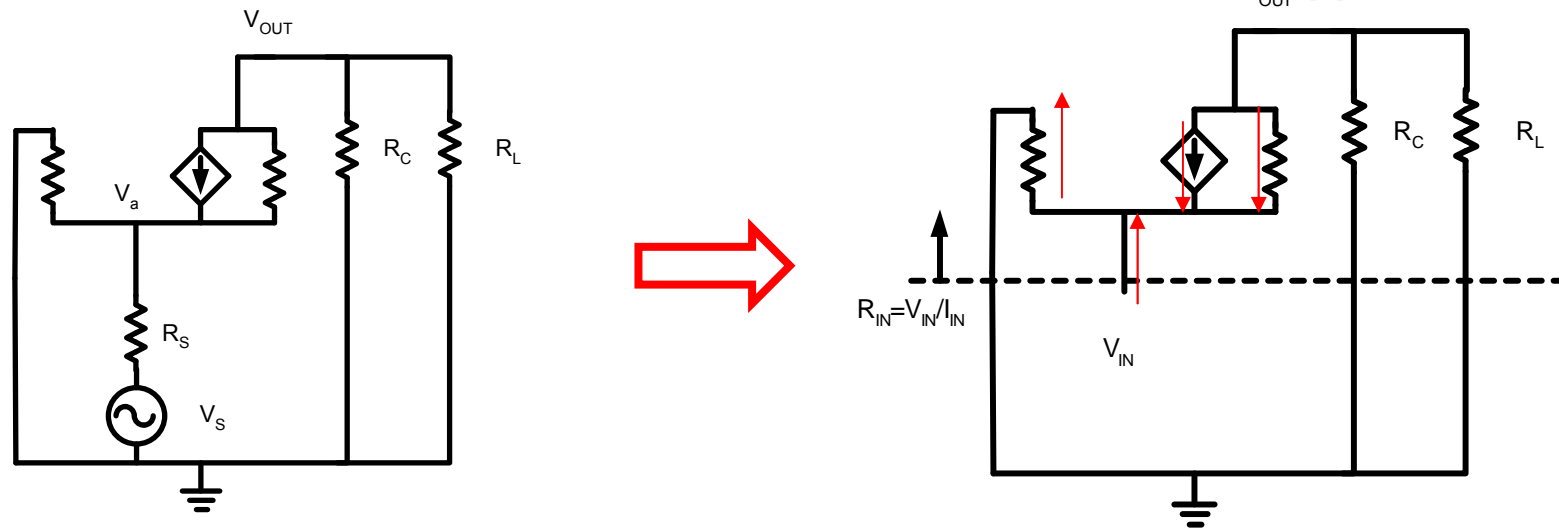
- Sachant que  $r_e = \frac{r_\pi}{\beta + 1}$

$$\frac{v_{out}}{v_S} = \frac{(r_\pi)}{(\beta + 1)} \frac{(R_C \parallel R_L)(g_m)}{\frac{r_\pi}{(\beta + 1)} + R_S} \quad \Rightarrow \quad \frac{v_{out}}{v_S} = \frac{(r_e)}{(r_e + R_S)} (R_C \parallel R_L)(g_m)$$

- Gain intrinseque eleve
  - Meme gain que EC, sauf que l'attenuation a l'entrée est differente

# Base Commune: $R_{IN}$

- Pour trouver  $R_{IN}$ , on eleve l'entrée et on remplace par une source ideale  $V_{IN}$



- L'equation du courant a l'entrée est:

$$I_{IN} + \frac{V_{OUT} - V_{IN}}{r_o} + g_m (0 - V_{IN}) = \frac{V_{IN}}{r_\pi}$$

# Base Commune: $R_{IN}$

- $r_o$  tres grand. Courant negligeable

$$I_{IN} + \frac{V_{OUT} - V_{IN}}{r_o} + g_m(0 - V_{IN}) = \frac{V_{IN}}{r_\pi} \quad \Rightarrow \quad I_{IN} - g_m V_{IN} = \frac{V_{IN}}{r_\pi}$$

- On amene  $V_{IN}$  a droite et on simplifie:

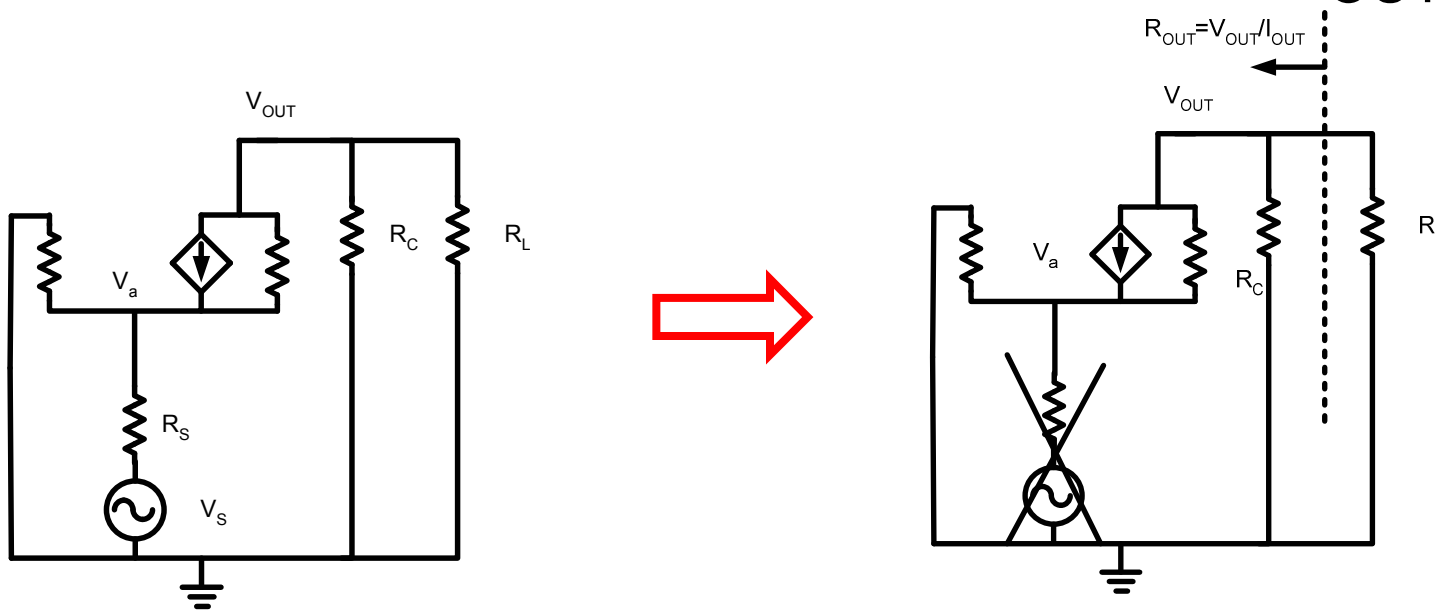
$$I_{IN} = V_{IN} \left( \frac{1}{r_\pi} + \frac{r_\pi}{r_\pi} g_m \right)$$

- Le resultat final est:

$$R_{IN} = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = \left( \frac{r_\pi}{\beta + 1} \right) = r_e$$

# Base Commune: $R_{OUT}$

- Pour trouver  $R_{OUT}$ , on met l'entrée a 0, on enleve la charge et on applique  $V_{OUT}$



- On écrit l'équation a la sortie:

$$I_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{R_C \parallel r_o} + g_m v_{be}$$

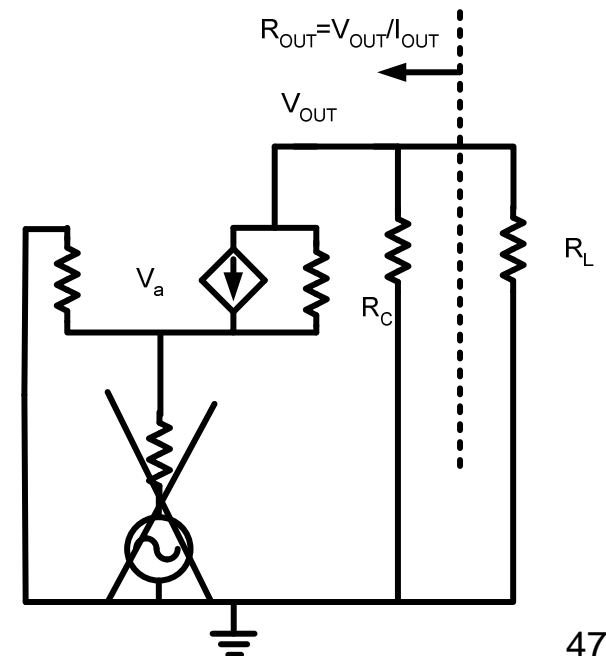
# Base Commune: $R_{OUT}$

- Si l'entrée est mise à 0,  $v_{be}$  sera 0:

$$I_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{R_C \parallel r_o} + g_m v_{be}$$

- On isole  $R_{OUT}$ :

$$R_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{I_{OUT}} = R_C \parallel r_o$$



# Base commune: resume

- Gain sans  $R_S$  :

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = (R_C \parallel R_L)(g_m) \quad \text{(Elevé)}$$

- Resistance a l'entrée :

$$R_{IN} = r_e \quad \text{(Faible)}$$

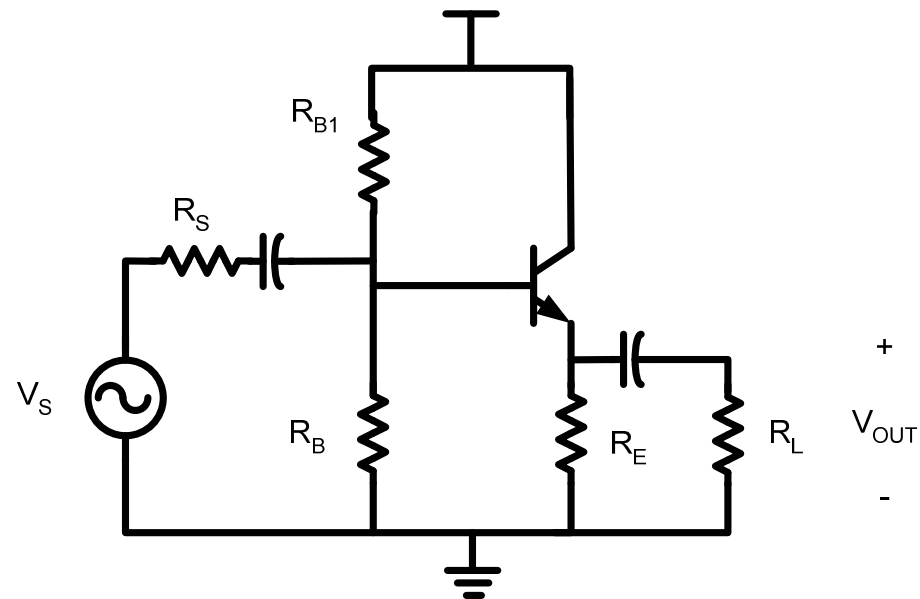
- Resistance a la sortie :

$$R_{OUT} = R_C \parallel r_o \quad \text{(Elevé)}$$



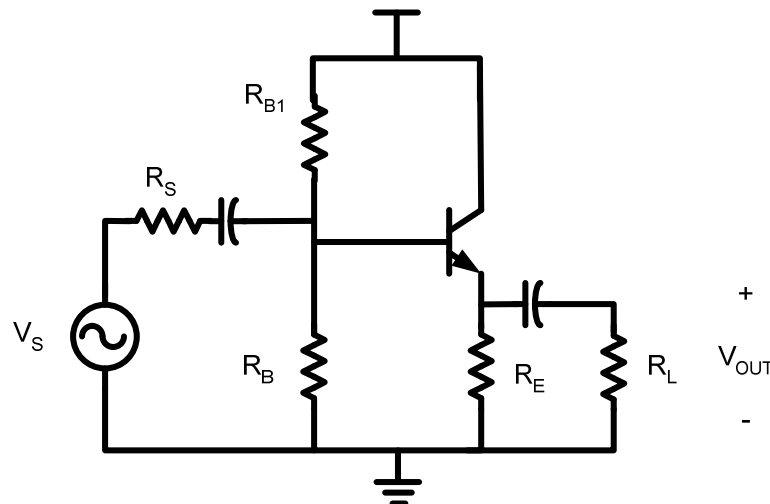
# Emetteur suiveur

- Emetteur suiveur (Collecteur commun)
  - Signification: collecteur connecte au ground (AC)
  - Entrée a la base
  - Sortie au collecteur



# Emetteur suiveur

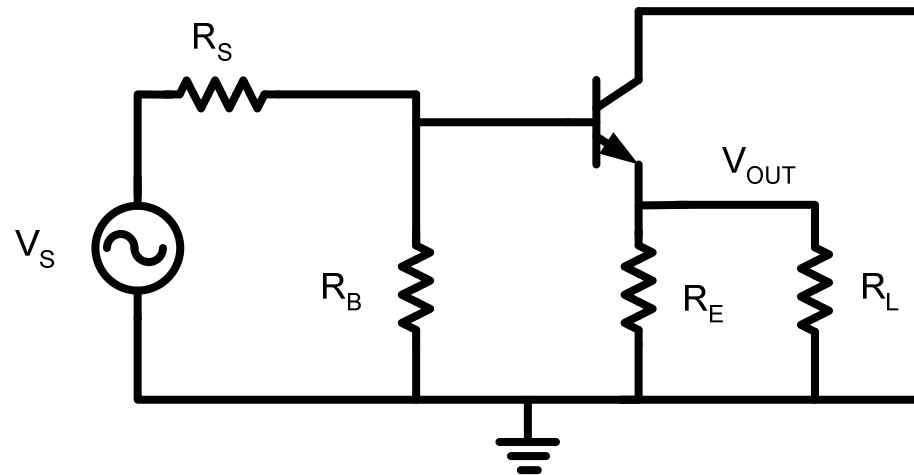
- Si  $v_b$  augmente,  $i_e$  augmente et donc  $v_e$  augmente.
- Si  $v_b$  baisse,  $i_e$  baisse et donc  $v_e$  baisse
  - Un changement de  $v_b$  donne un changement de  $v_e$
  - $v_{be}$  est “stabilise”: le gain ne doit pas etre grand...



Commencons l'analyse

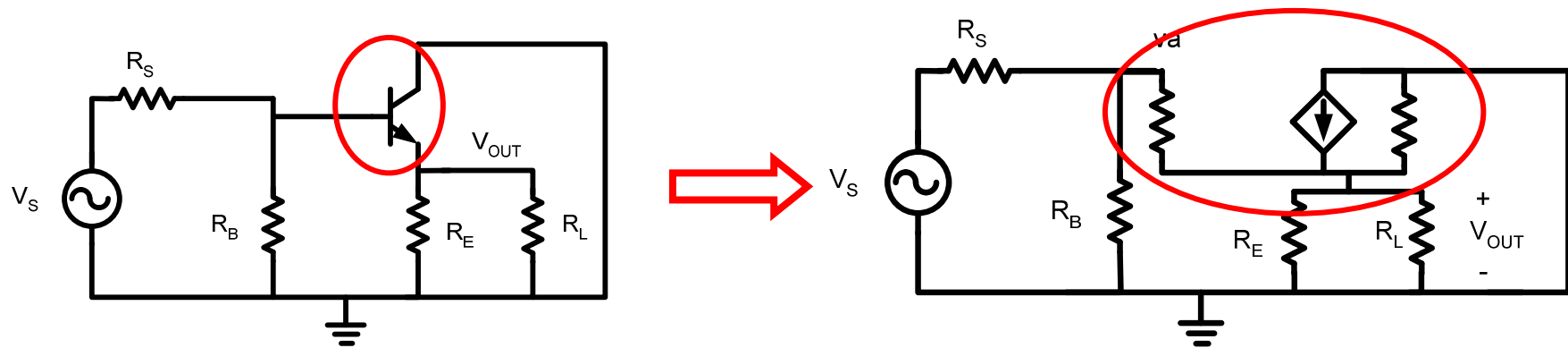
# Emetteur suiveur

- On commence avec la superposition:
  - On met les sources DC a 0
  - Les C deviennent des courts-circuits



# Emetteur suiveur

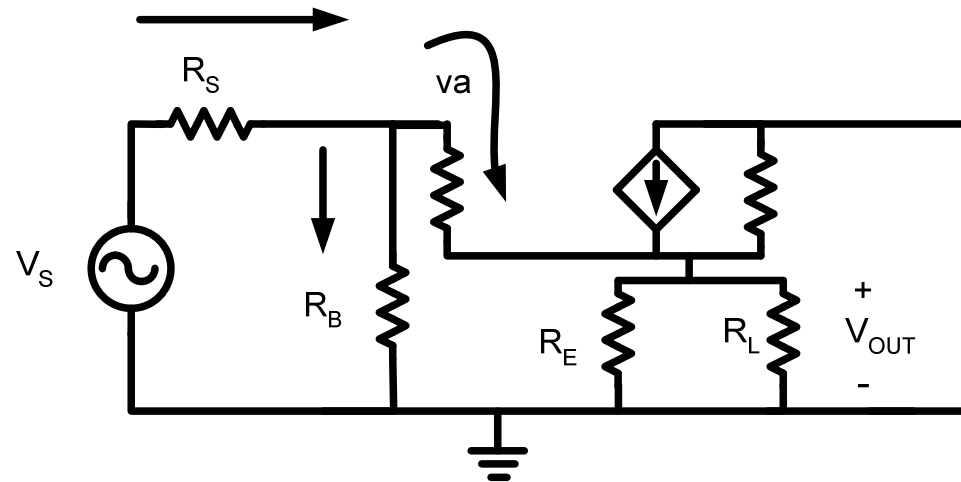
- On substitue le transistor par le modele petit signal



- On est pret pour l'analyse AC

# Emetteur suiveur: gain

- L'équation au noeud d'entrée est:

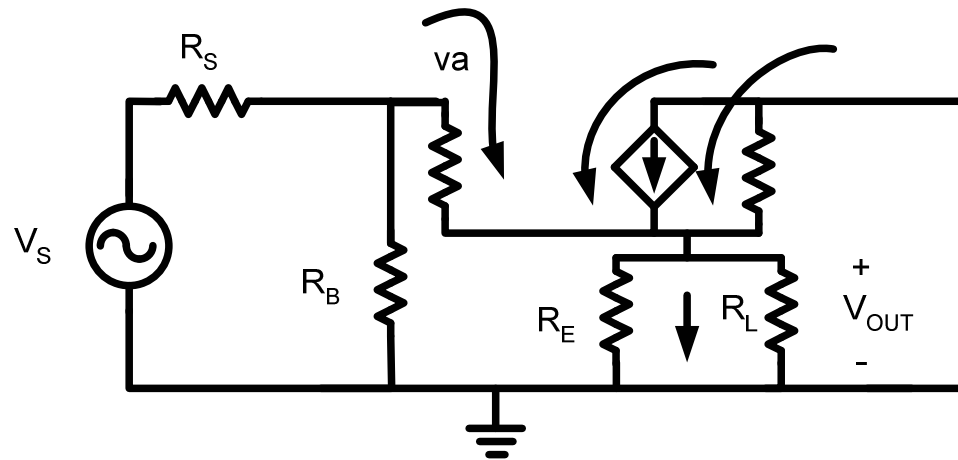


$$\frac{v_s - v_a}{R_S} = \frac{v_a - v_{out}}{r_\pi} + \frac{v_a}{R_B}$$

C'est quoi  $V_A$ ? Il faut écrire une autre équation

# Emetteur suiveur: gain

- On écrit l'équation à l'autre noeud



$$\frac{v_a - v_{out}}{r_\pi} + g_m(v_a - v_{out}) + \frac{(0 - v_{out})}{r_o} = \frac{v_{out}}{(R_E \parallel R_L)}$$

# Emetteur suiveur: gain

- On a isole  $v_a$  dans la 2e equation et on l'a substitue dans la 1re equation
  - $v_a$  est trop long pour le montrer
- Avec substitution de  $g_m r_\pi = \beta$ , on obtient

$$\frac{(R_L \parallel R_E) r_o (\beta + 1) R_B}{R_B r_\pi r_o + R_B (\beta + 1) (R_L \parallel R_E) r_o + R_B r_\pi (R_L \parallel R_E) + R_S R_B r_o + R_S R_B (R_L \parallel R_E) + R_S r_\pi r_o + R_S (\beta + 1) (R_L \parallel R_E) r_o + R_S r_\pi (R_L \parallel R_E)}$$

- Ca ne ressemble pas au livre et ca ne nous dit pas grand chose...

# Emetteur suiveur: gain

- On divise par  $r_o(R_L \parallel R_E)$  partout et on regroupe les termes

$$\frac{\frac{(R_L \parallel R_E)r_o(\beta + 1)R_B}{(R_L \parallel R_E)r_o}}{\frac{(R_S + R_B)(\beta + 1)(R_L \parallel R_E \parallel r_o)}{(R_L \parallel R_E \parallel r_o)} + \frac{R_S r_\pi}{R_L \parallel R_E \parallel r_o} + \frac{R_S R_B}{R_L \parallel R_E \parallel r_o} + \frac{R_B r_\pi}{R_L \parallel R_E \parallel r_o}}$$

- Les termes  $r_o(R_L \parallel R_E)$  et  $(R_E \parallel R_L \parallel r_o)$  se simplifient...



# Emetteur suiveur: gain

- Apres simplification:

$$\frac{(\beta + 1) R_B (R_L \parallel R_E \parallel r_o)}{(R_S + R_B)(\beta + 1)(R_L \parallel R_E \parallel r_o) + R_S r_\pi + R_S R_B + R_B r_\pi}$$

- On factorise  $(R_S + R_B)$  au denominateur:

$$\frac{R_B}{(R_S + R_B)} \frac{(\beta + 1)(R_L \parallel R_E \parallel r_o)}{(\beta + 1)(R_L \parallel R_E \parallel r_o) + r_\pi + R_S \parallel R_B}$$

# Emetteur suiveur: gain

- Finalement, on remarque que  $r_e(\beta + 1) = r_\pi$

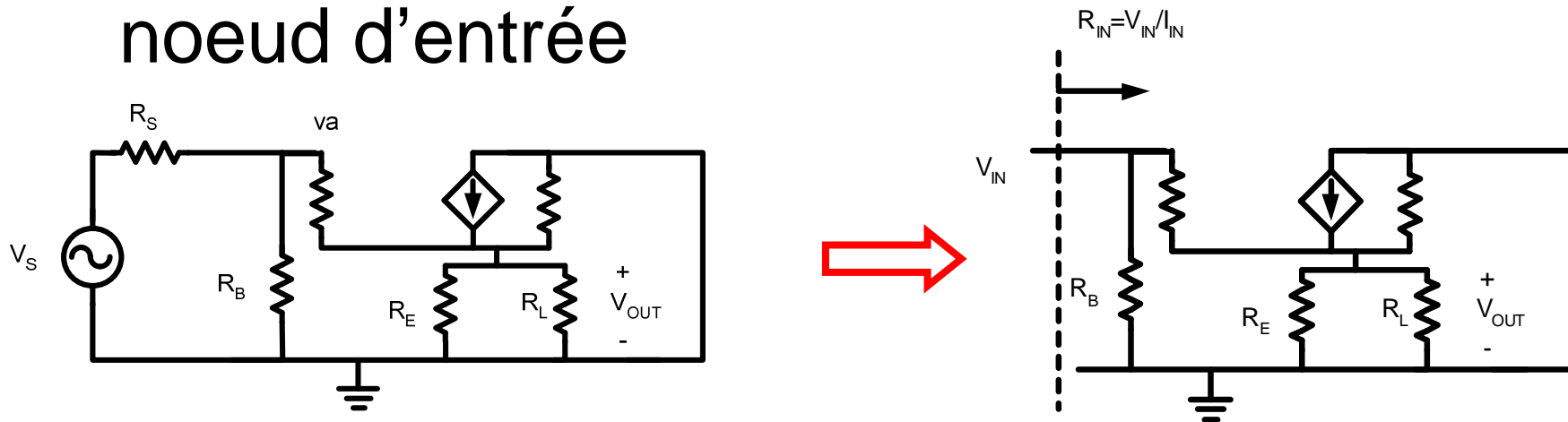
$$\frac{R_B}{(R_S + R_B)} \frac{(\beta + 1)(R_L \parallel R_E \parallel r_o)}{(\beta + 1)[(R_L \parallel R_E \parallel r_o) + r_e] + (R_S \parallel R_B)}$$

- Si  $R_S$  est petit:
  - Le diviseur de tension ( $R_B$  et  $R_S$ ) serait 1
  - $R_B \parallel R_S$  tend vers  $R_S$
  - $R_S$  devient negligible vs  $(\beta + 1)[(R_L \parallel r_o) + r_e]$
  - DANS CE CAS, le gain tend vers 1

$$\frac{\cancel{R_B}^1}{\cancel{(R_S + R_B)}^0} \frac{(\beta + 1)(R_L \parallel R_E \parallel r_o)}{\cancel{(\beta + 1)[(R_L \parallel R_E \parallel r_o) + r_e]}^0 + \cancel{(R_S \parallel R_B)}^{R_S \rightarrow 0}}$$

# Emetteur suiveur: $R_{IN}$

- Pour trouver  $R_{IN}$ , on écrit l'équation au noeud d'entrée



- On écrit l'équation à l'entrée

$$I_{IN} = \frac{V_{IN} - V_A}{r_\pi} + \frac{V_{IN}}{r_B}$$

C'est quoi  $V_A$ ? Il faut une autre équation

# Emetteur suiveur: $R_{IN}$

- On écrit l'équation au noeud  $v_a$ :

$$\frac{V_{IN} - V_A}{r_\pi} + g_m (V_{IN} - V_A) = \frac{V_A}{R_E \parallel R_L \parallel r_o}$$

- On isole  $v_a$  :

$$V_A = \frac{V_{IN} (1 + g_m r_\pi) (R_E \parallel R_L \parallel r_o)}{(R_E \parallel R_L \parallel r_o) + g_m r_\pi (R_E \parallel R_L \parallel r_o) + r_\pi}$$

- On le substitue dans la première équation:

$$I_{IN} = \frac{V_{IN} - \frac{V_{IN} (1 + g_m r_\pi) (R_E \parallel R_L \parallel r_o)}{(R_E \parallel R_L \parallel r_o) + g_m r_\pi (R_E \parallel R_L \parallel r_o) + r_\pi}}{r_\pi} + \frac{V_{IN}}{r_B}$$

# Emetteur suiveur: $R_{IN}$

- On factorise  $V_{IN}$  et on simplifie:

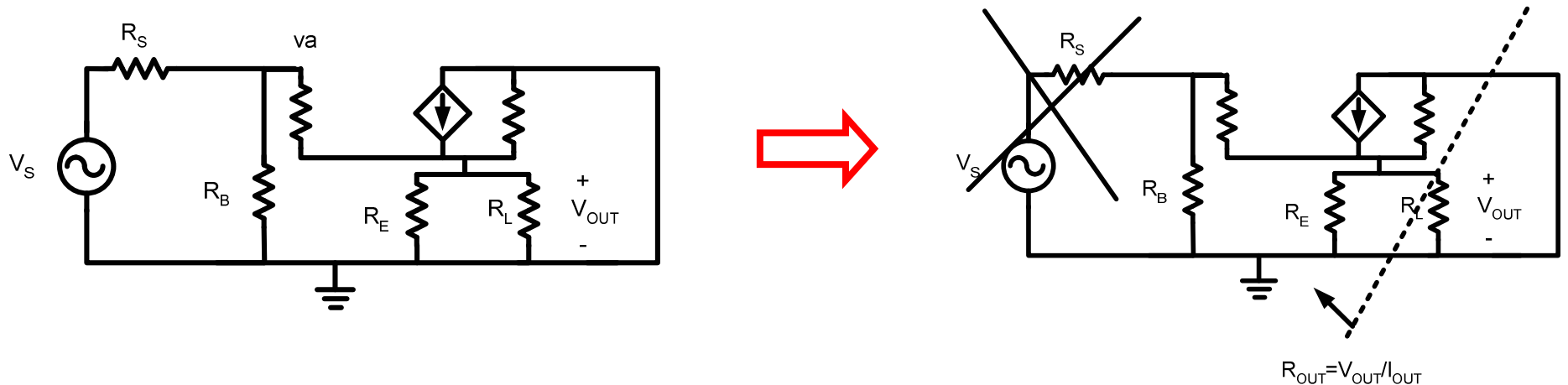
$$I_{IN} = V_{IN} \left[ \frac{1}{(\beta + 1)(R_E \parallel R_L \parallel r_o) + r_\pi} + \frac{1}{r_B} \right]$$

- Finalement, on retrouve ceci:

$$R_{IN} = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = \frac{1}{\frac{1}{(\beta + 1)[(R_E \parallel R_L \parallel r_o) + r_e]} + \frac{1}{r_B}} = R_B \parallel (\beta + 1)[(R_E \parallel R_L \parallel r_o) + r_e]$$

# Emetteur suiveur: $R_{OUT}$

- Pour trouver  $R_{OUT}$ , on met l'entrée a 0, on enleve la charge et on applique  $V_{OUT}$ :



- On écrit l'équation au noeud de sortie:

$$I_{OUT} + g_m (0 - V_{OUT}) = \frac{V_{OUT}}{(R_E \parallel r_o \parallel r_\pi)}$$

# Emetteur suiveur: $R_{OUT}$

- On isole  $V_{OUT}/I_{OUT}$

$$R_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{I_{OUT}} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{(R_E \parallel r_o \parallel r_\pi)} + g_m \right]}$$

- $R_E$  et  $r_o \gg r_\pi$  donc  $R_E \parallel r_o \parallel r_\pi \rightarrow r_\pi$

$$R_{OUT} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{r_\pi} + \frac{r_\pi}{r_\pi} g_m \right]}$$

- Finalement

$$R_{OUT} = \frac{r_\pi}{[\beta + 1]} = r_e$$

# Base commune: resume

- Gain sans  $R_S$  :

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{(\beta + 1)(R_L \parallel R_E \parallel r_o)}{(\beta + 1)[(R_L \parallel R_E \parallel r_o) + r_e]} \cong 1$$

(Faible)

- Resistance a l'entrée :

$$R_{IN} = R_B \parallel (\beta + 1)[(R_E \parallel R_L \parallel r_o) + r_e]$$

(Eleve)

- Resistance a la sortie :

$$R_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{I_{OUT}} = \frac{r_\pi}{[\beta + 1]} = r_e$$

(Faible)



# Resume des connexions

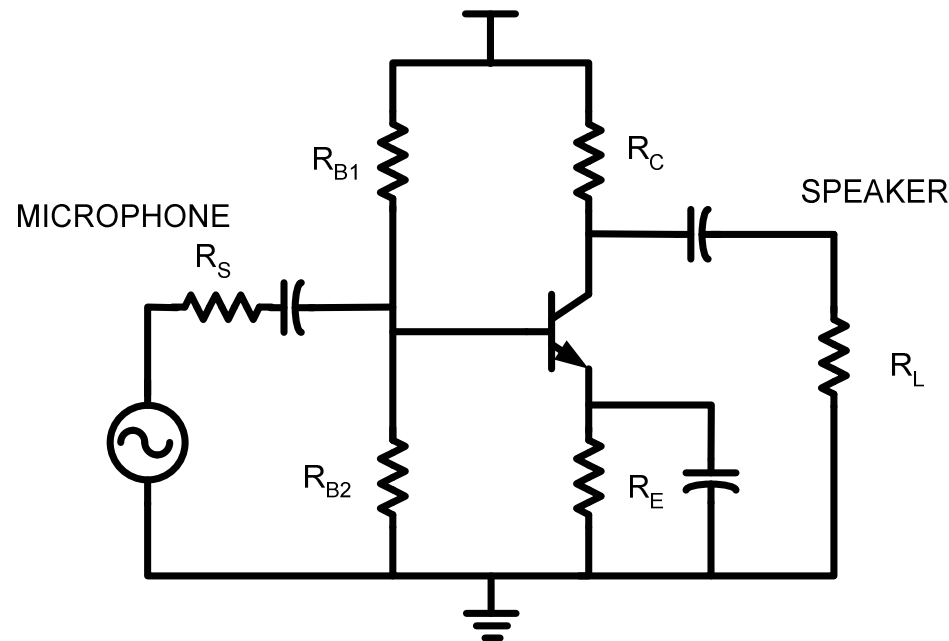
Configuration	Ground	Entrée	Sortie
Emetteur commun	Emetteur	Base	Collecteur
Base commune	Base	Emetteur	Collecteur
Collecteur commun	Collecteur	Base	Emetteur

# Resume des caracteristiques

Configuration	Gain	$R_{IN}$	$R_{OUT}$
Emetteur Commun	Eleve	Eleve	Eleve
Base Commune	Eleve	Faible	Eleve
Collecteur Commun	Faible	Eleve	Faible

# Applications

- On veut amplifier la voix de quelqu'un
- On connecte micro a emetteur commun
- On connecte a un speaker "typique" ( $8\Omega$ )



# Applications

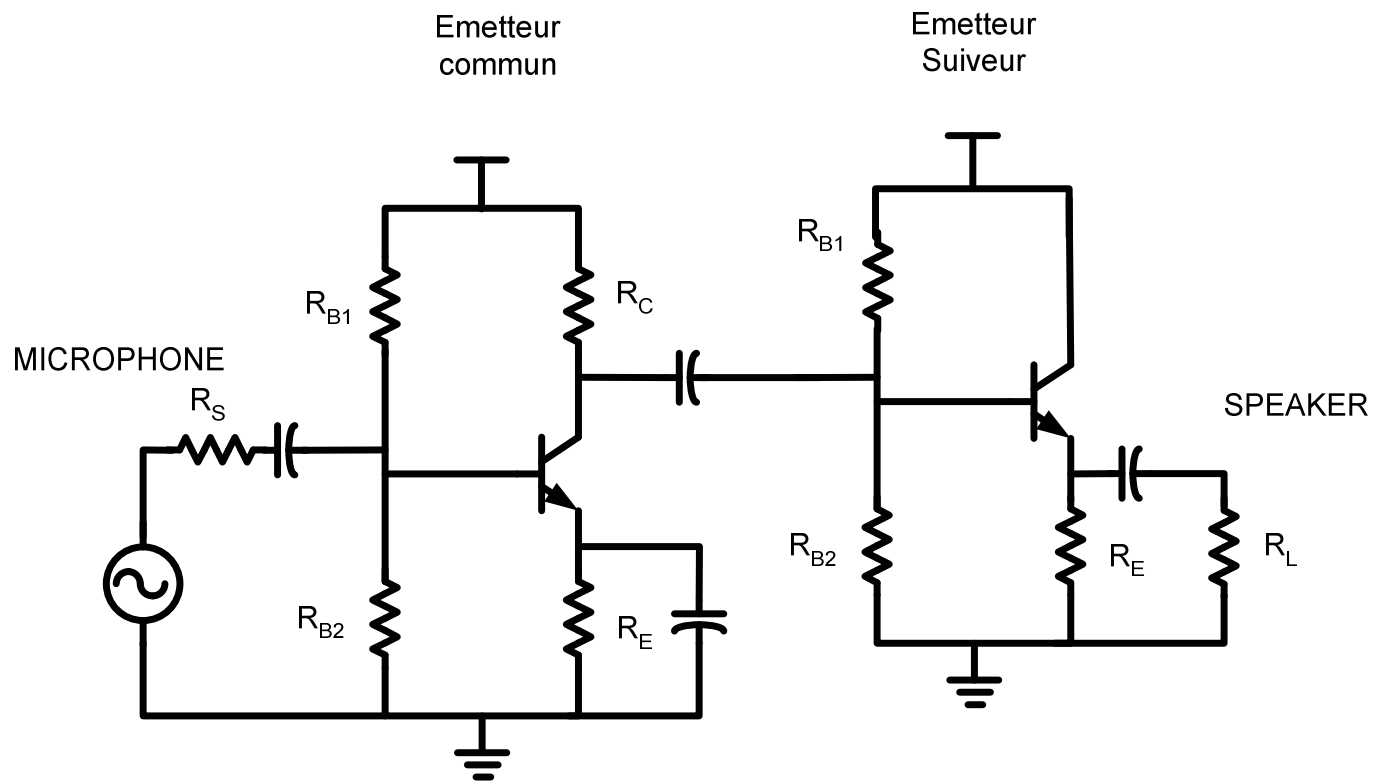
- Sans le connecter au speaker, le gain est de  $-g_m(R_C || r_o)$  (elevation)
- Ex:  $g_m = 0.01$   $R_C = 10000$   $r_o$  infini, gain = -100
- En connectant a la charge, le gain devient  $-g_m(R_C || r_o || 8)$  qui est proche de -0.08
- Pas bon pour charges faibles
- On devrait utiliser emetteur suiveur pour la sortie

# Applications

- Probleme: emetteur suiveur n'a pas de gain
- Solution: on pourrait connecter 2 etages ensembles
  - Emetteur commun pour haut gain
  - Emetteur suiveur pour ne PAS "perdre" le gain du a la faible charge

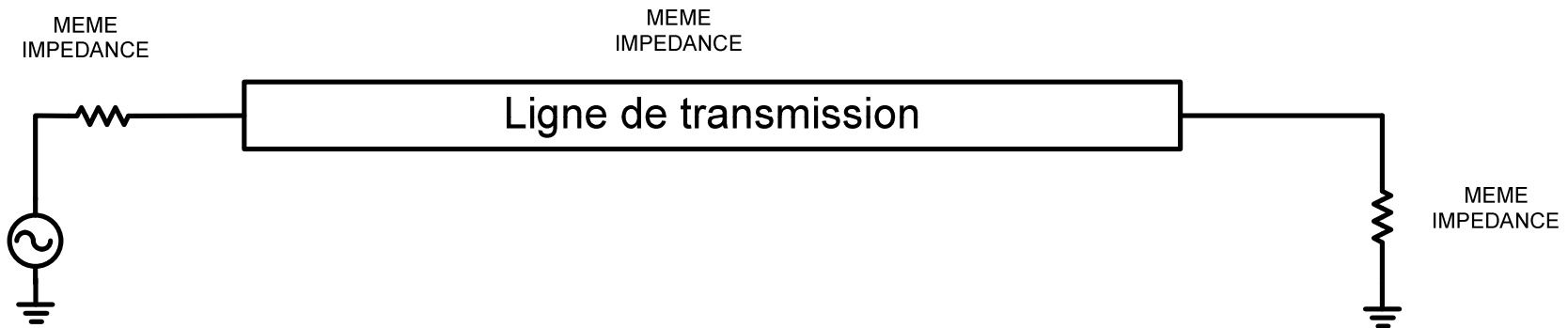
# Applications

- Implementation possible:



# Applications

- Ligne et ondes: Quand il y a difference d'impedance, il y aura reflexion du signal
- Devient evident quand les lignes sont longues et frequences sont elevees
- Pour ne pas avoir de reflexion, il faut avoir:



# Applications

- On parle souvent de  $50\Omega$  et  $75\Omega$
- Alors, source, ligne et destination doivent TOUS être  $50\Omega$  ou TOUS être  $75\Omega$
- Si la destination est l'amplificateur, il doit avoir impédance d'entrée faible
- On peut donc utiliser la base commune



# Retour a l'emetteur commun

- On sait que le gain de EC est donne par:

$$\frac{v_{out}}{v_S} = -g_m (R_L \parallel R_C \parallel r_o)$$

- Considerons le gain sans la charge  $R_L$ :

$$\frac{v_{out}}{v_S} = -g_m (R_C \parallel r_o)$$

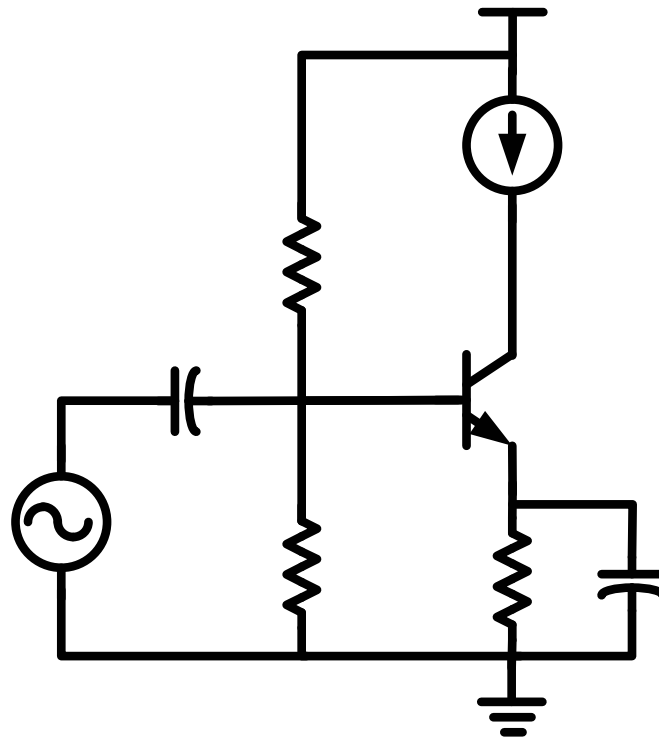
- On sait que  $r_o$  est plus grand que  $R_C$

# Retour a l'emetteur commun

- Le gain de l'emetteur commun est donc determine par la valeur de  $R_C$
- Comment faire augmenter le gain?
  - Augmenter  $R_C$
- Dans la limite ou  $R_C$  tend vers infini, le gain devient:  $-g_m r_o$
- Evidemment,  $R_C$  infini veut dire  $I_C=0$  et transistor ne fonctionne plus

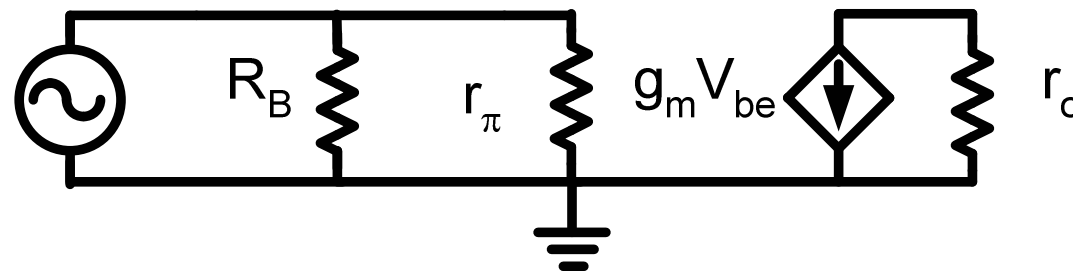
# Retour a l'emetteur commun

- Re-posons la question: comment avoir gain eleve tout en ayant un courant?
- Essayons ceci:



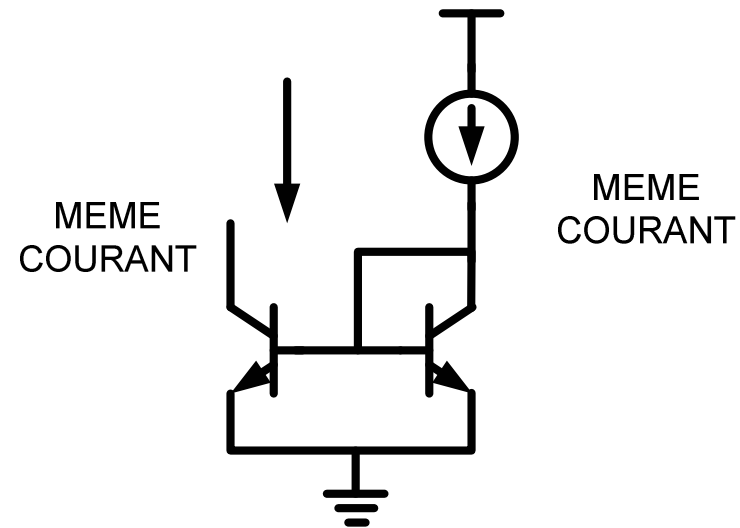
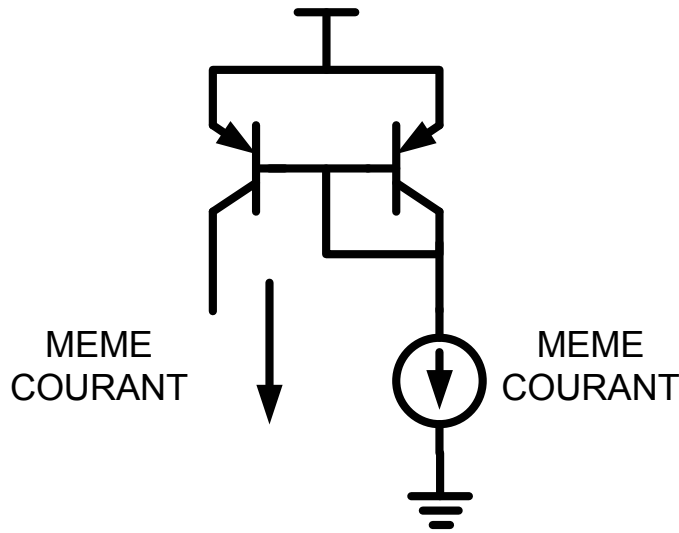
# Retour a l'emetteur commun

- Source de courant a un courant en DC  
=> transistor polarise
- Source de courant devient ouvert en AC:  
gain=  $-g_m r_o$



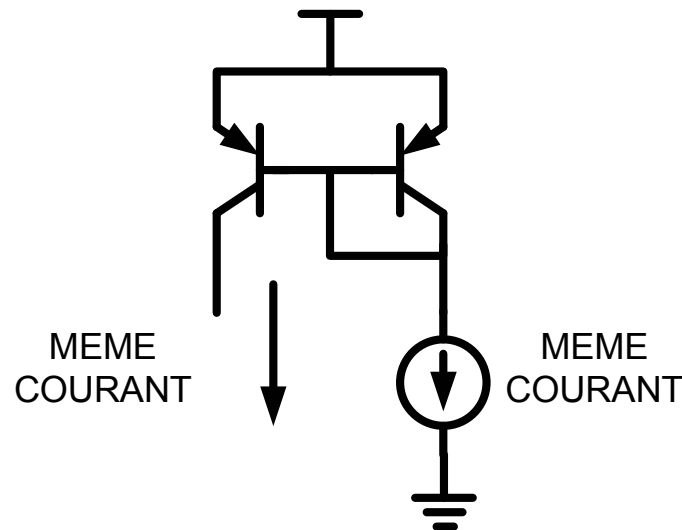
# Retour a l'emetteur commun

- Theoriquement: bonne solution
- Qu'est ce que ca veut dire en pratique?
- Miroir de courant:



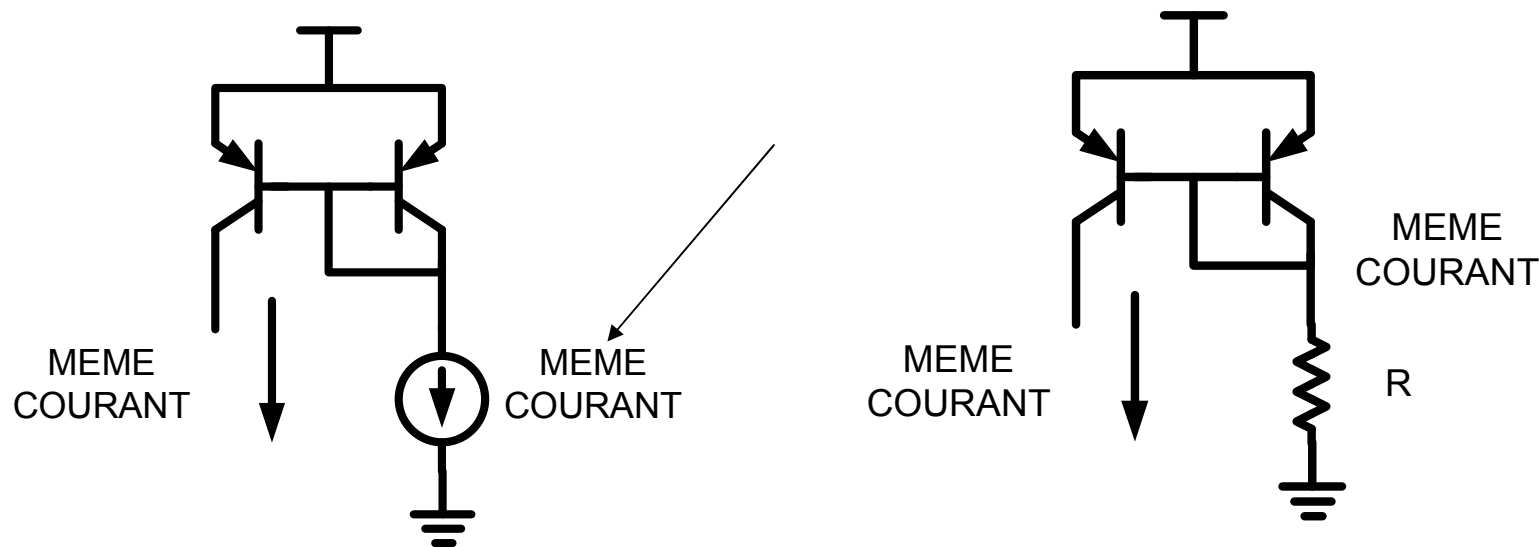
# Retour a l'emetteur commun

- Courant tire ajuste  $V_C$  et  $V_B$
  - Puisque:
    - $I_C$  depend SURTOUT de  $V_{BE}$
    - $V_{BE}$  est pareille dans les 2 branches
- => Les courants doivent etre pareilles (presque)



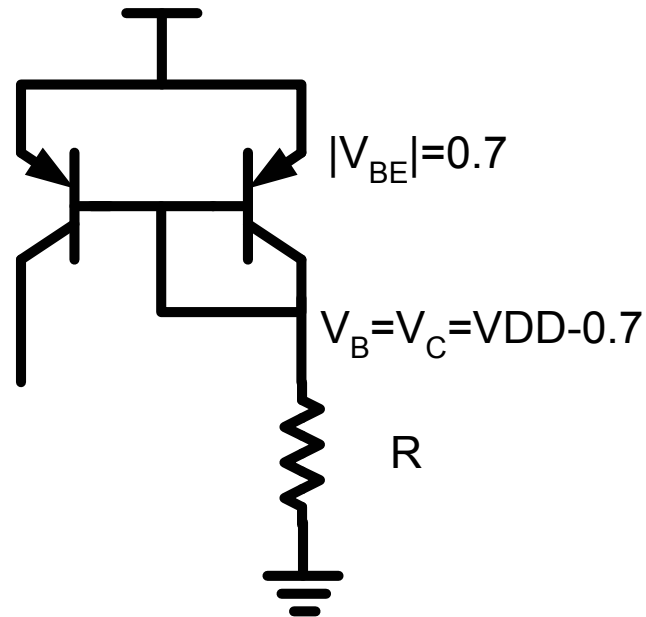
# Retour a l'emetteur commun

- Incoherence! On veut FAIRE une source de courant et on a besoin d'une source???
- Non. Peut simplement etre une resistance.



# Retour a l'emetteur commun

- Quel courant passerait dans ce circuit?



- Ce serait approximativement  $(V_{DD} - 0.7)/R$