

Révision avec exercices typiques

MIDTERM du 19.12.2025

Trois thèmes principaux – quatre exercices

1. Saut indiciel

2. Circuit à diodes

Signaux en mode DC : courant et tension de sortie

Signaux en mode AC : grands signaux et dessin de courbes

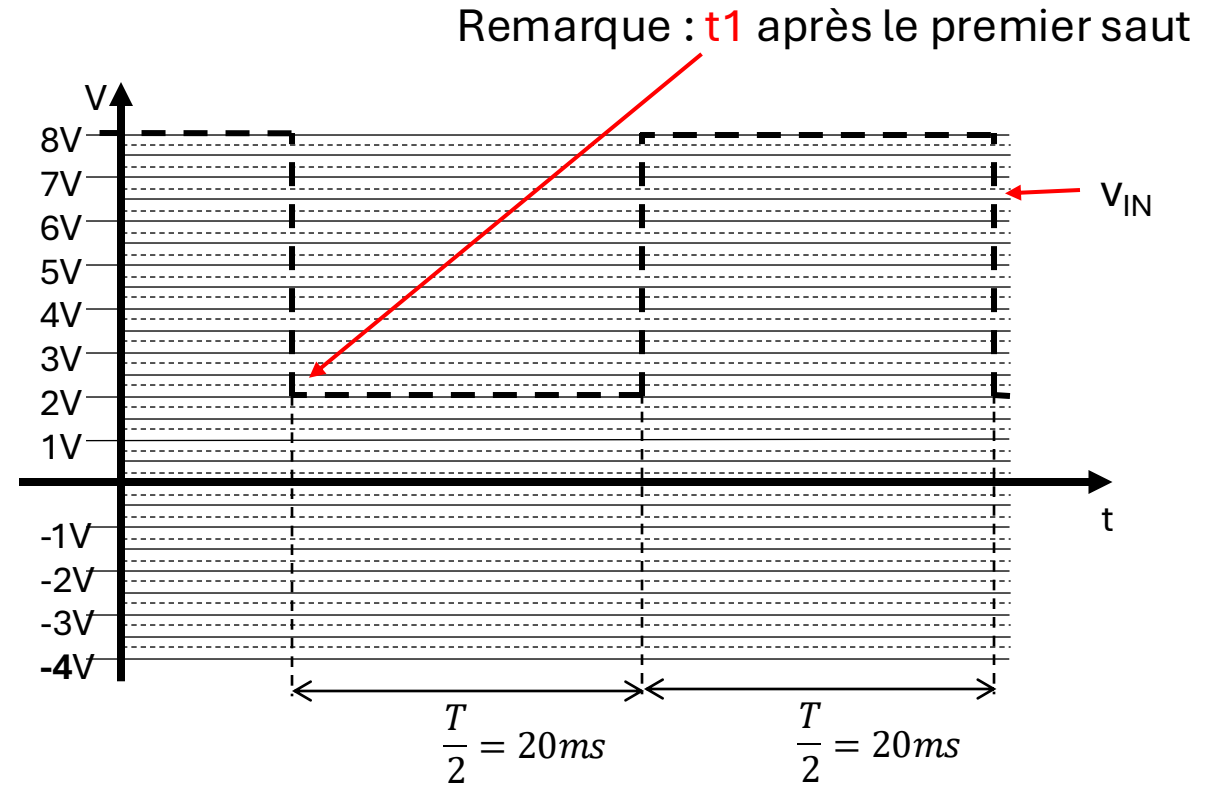
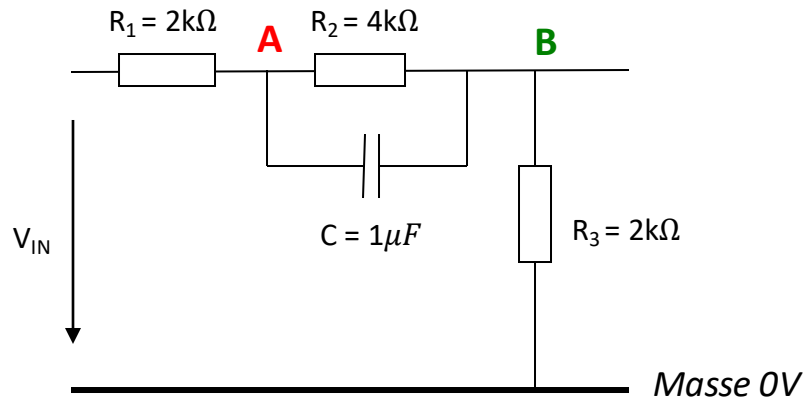
Pas de recette de cuisine pour DC+AC

3. Transistor bipolaire

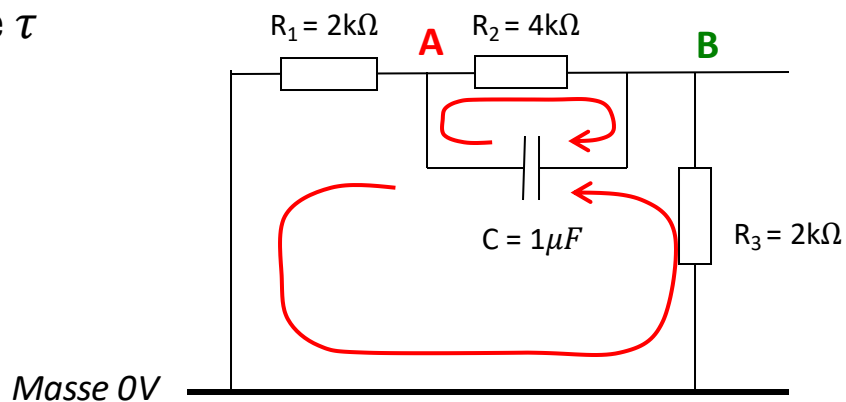
Analyse de la polarisation

Analyse amplificateur avec recette de cuisine

Saut indiciel [1]



Calcul de τ

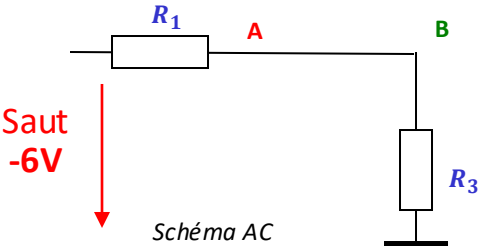
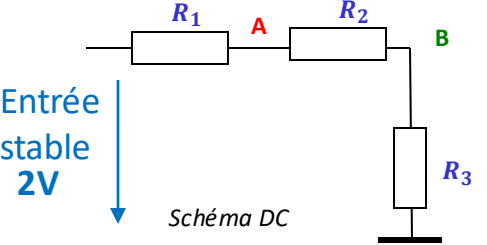
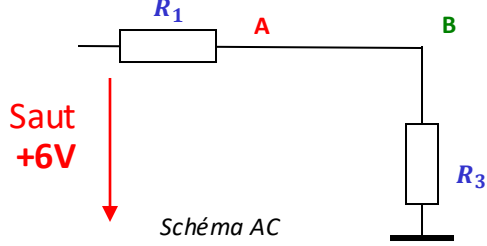
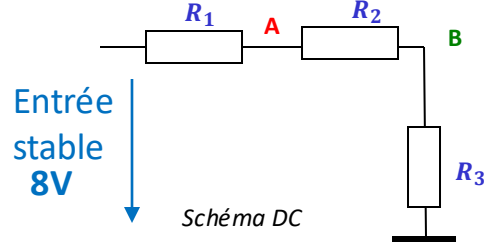


1. Remplacer v_{IN} par un court circuit et observer la résistance équivalente vue par C
 - C voit entre A et B la résistance R_2 et en parallèle la résistance $R_1 + R_3$

$$R_{EQ} = \frac{R_2 \cdot (R_1 + R_3)}{R_2 + R_1 + R_3} = 2k\Omega$$

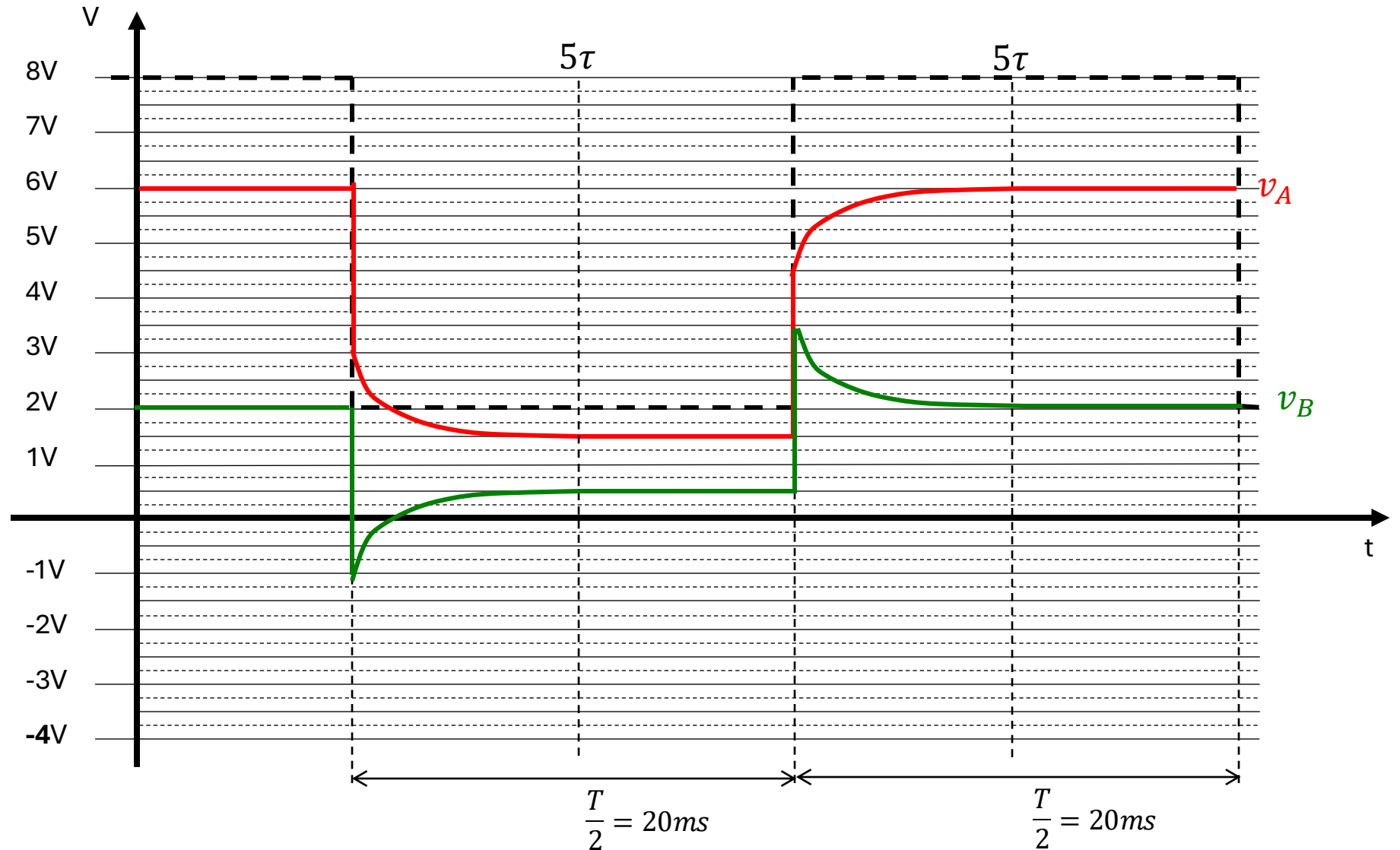
2. Comparer le produit $5\tau = 5R_{EQ} \cdot C = 10ms$ vs $\frac{T}{2} = 20ms$

Saut indiciel [2]: Analyse pour quatre temps significatifs

Situation	Analyse	Schéma équivalent	V_A	V_B
Avant t_1			$8 \frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = 6V$	$8 \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = 2V$
à t_1	On applique la superposition d'un signal AC (dû au saut) et d'un signal DC qui correspond aux tensions à l'équilibre établies avant le saut (<i>0 dans ce cas</i>) AC correspond à un saut -6V (8V à 2V) La capacité pour le saut se comporte comme un court-circuit	 <p>Schéma AC</p>	Avant Saut 6V + Effet Saut $-6 \frac{R_3}{R_1 + R_3} = -3V$ valeur $6V - 3V = 3V$	Avant Saut 2V + Effet Saut $-6 \frac{R_3}{R_1 + R_3} = -3V$ valeur $2V - 3V = -1V$
à t_2	La capacité est un circuit ouvert et le circuit est à l'équilibre. Les rapports résistifs donnent les tensions aux différents points	 <p>Schéma DC</p>	Avant Saut $2 \frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = 1.5V$	Avant Saut $2 \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = 0.5V$
à t_3	On applique la superposition d'un signal AC (dû au saut) et d'un signal DC qui correspond aux tensions à l'équilibre établies avant le saut (<i>tensions obtenues en t2</i>) AC correspond à un saut +6V (2V à 8V) La capacité pour un saut se comporte comme un court-circuit	 <p>Schéma AC</p>	Avant Saut 1.5V + Effet Saut $+6 \frac{R_3}{R_1 + R_3} = +3V$ valeur $1.5V + 3V = 4.5V$	Avant Saut 0.5V + Effet Saut $+6 \frac{R_3}{R_1 + R_3} = +3V$ valeur $0.5V + 3V = 3.5V$
à t_4	La capacité est un circuit ouvert et le circuit est à l'équilibre. Les rapports résistifs donnent les tensions aux différents points	 <p>Schéma DC</p>	Avant Saut $8 \frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = 6V$	Avant Saut $8 \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = 2V$

Saut indiciel [3]

Temps	V_A	V_B
avant t_1	6V	2V
t_1	3V	-1V
t_2	1.5V	0.5V
t_3	4.5V	3.5V
t_4	6V	2V



Circuit à diode [1]

Analyse DC : Conduit ou ne conduit pas?

Analyse AC : où est la limite entre conduction et blocage?

Analyse DC **Ordre pour calculer doit être judicieux**

1. $V_{IN} = 15V$

D_N conduit dans le sens normal et D_Z conduit dans le sens Zener

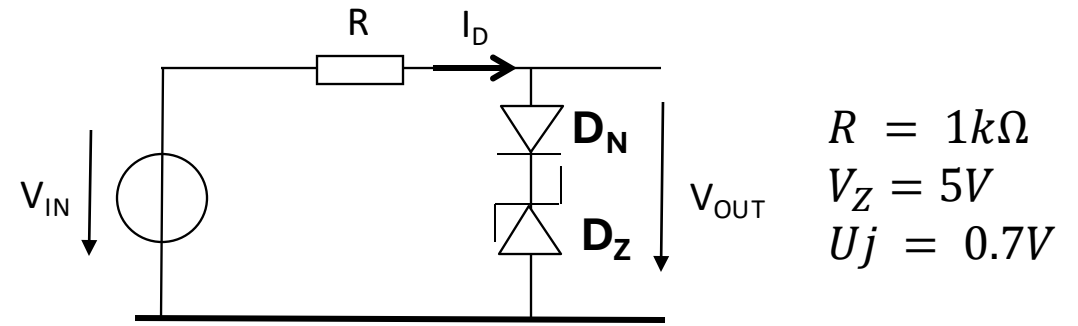
$$V_{OUT} = V_Z + U_j = 5.7V$$

$$I_D = \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{R} = 9.3mA$$

2. $V_{IN} = -10V$

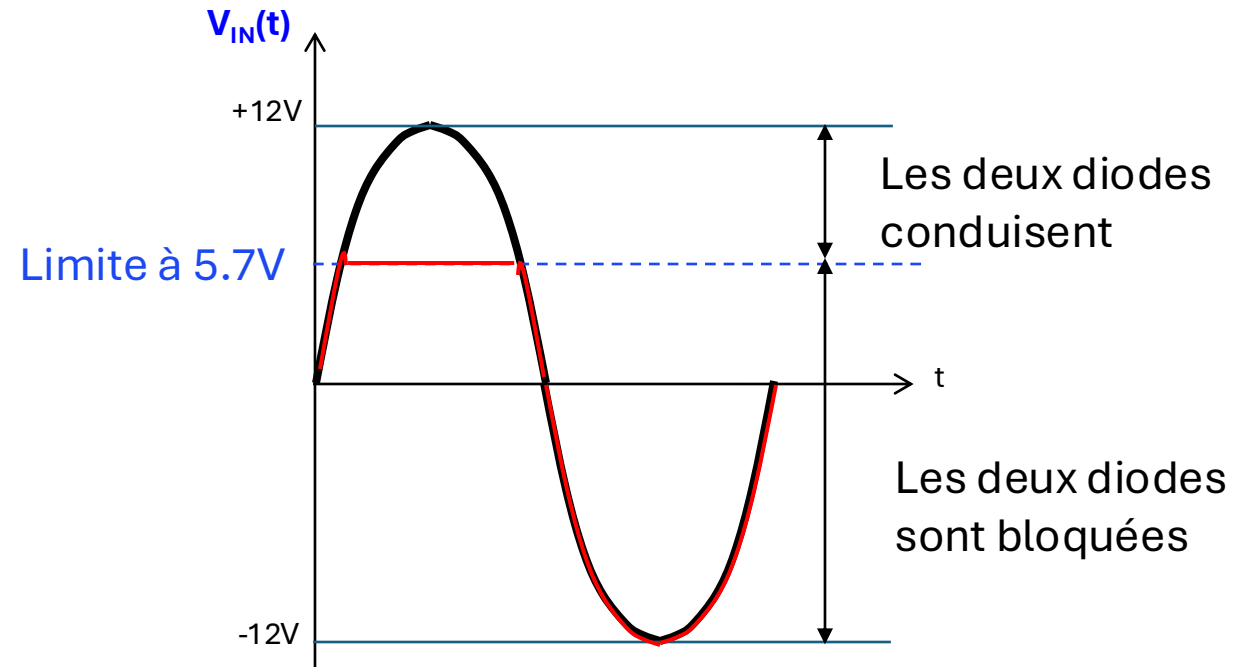
Les deux diodes sont bloquées à cause de D_N qui est montée en inverse par rapport à V_{IN} . Donc pas de courant

$$I_D = 0A \text{ et } V_{OUT} = V_{IN} = -10V$$

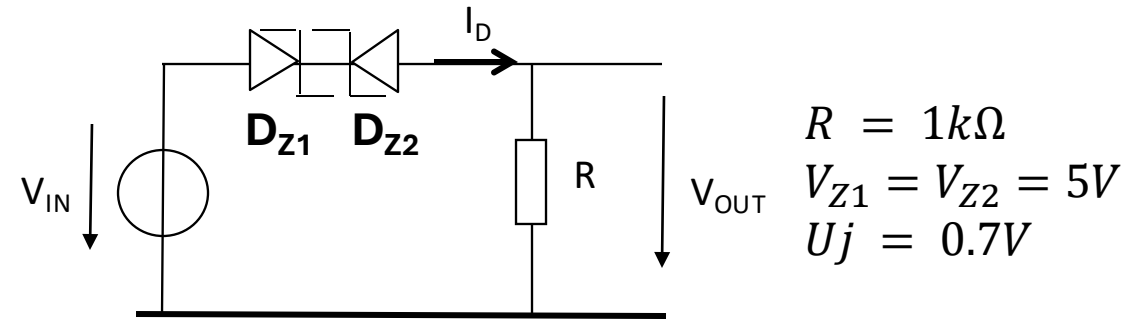


Analyse AC

$$V_{IN}(t) = 12\sin(\omega t)$$



Circuit à diode [2]



Analyse DC **Ordre pour calculer doit être judicieux**

1. $V_{IN} = 15V$

- D_{Z1} conduit dans le sens normal
- D_{Z2} conduit dans le sens Zener.

$$V_{OUT} = V_{IN} - U_j - V_{Z2} = 15 - 0.7 - 5 = 9.3V$$

$$I_D = \frac{V_{OUT}}{R} = 9.3mA$$

2. $V_{IN} = -10V$ (**plus subtile car le courant circule de la masse à V_{IN}**)

- D_{Z2} conduit dans le sens normal
- D_{Z1} conduit dans le sens Zener.

Avec Kirchhoff : $V_{DZ1} + V_{DZ2} + V_{OUT} - V_{IN} = 0$

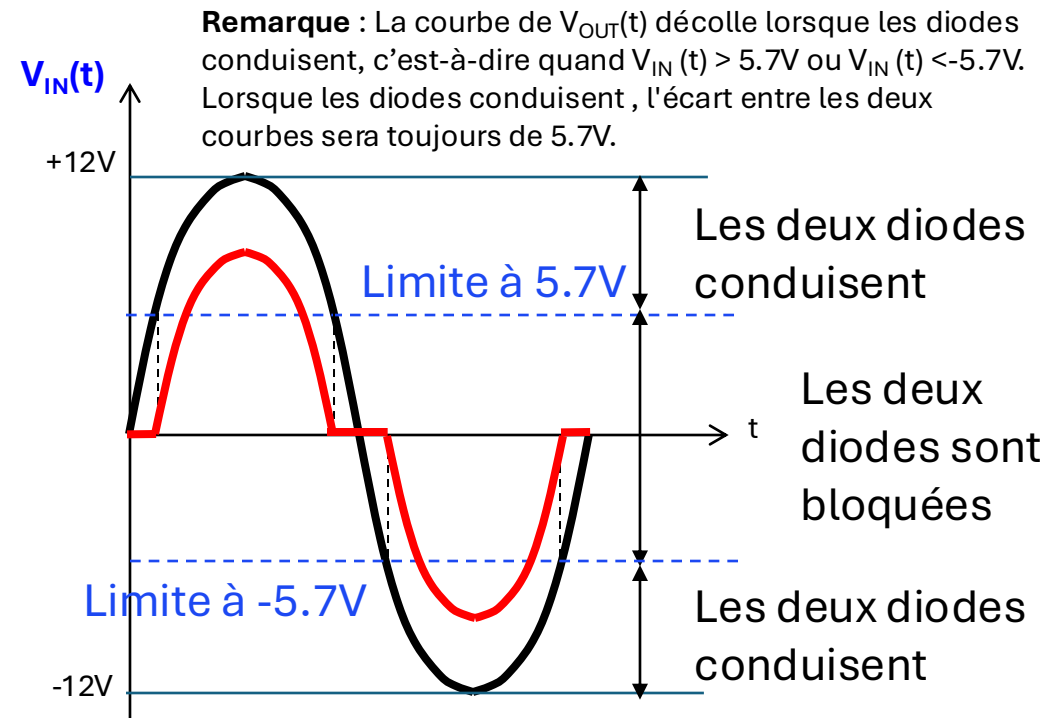
$$V_{OUT} = V_{IN} - V_{DZ1} - V_{DZ2} = (-10) - (-0.7) - (-5) = -4.3V$$

$$I_D = \frac{V_{OUT}}{R} = -4.3mA$$

Voir méthode dia suivante

Analyse AC

$$V_{IN}(t) = 12\sin(\omega t)$$

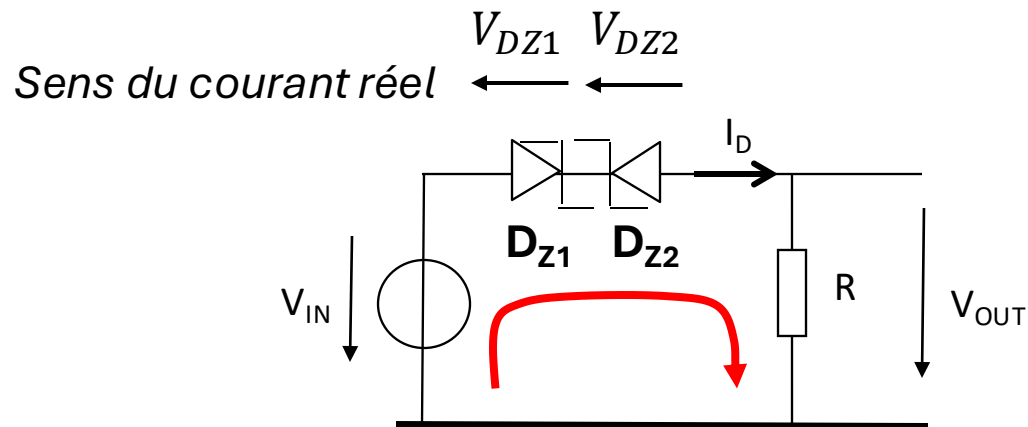


Circuit à diode [3]

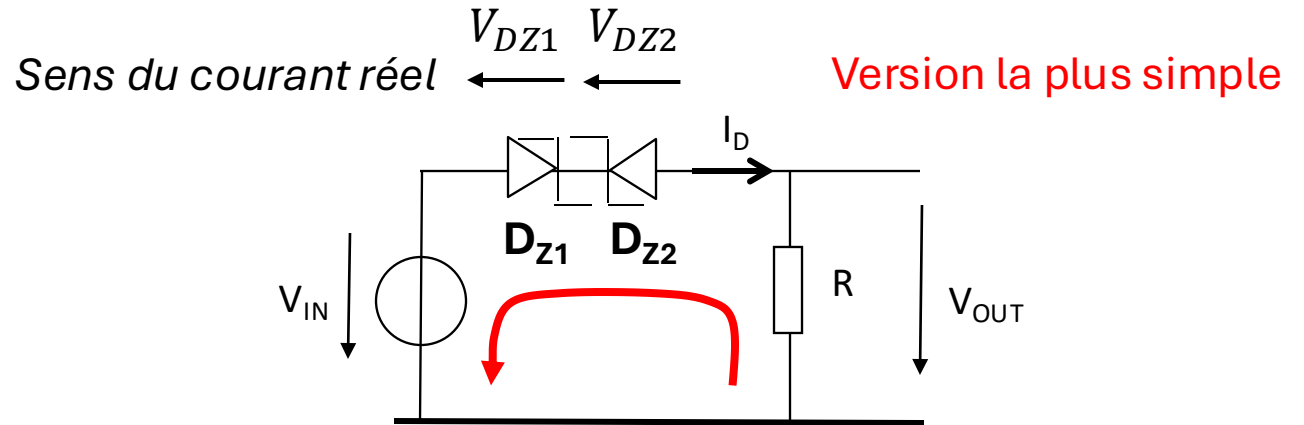
Cas $V_{IN} = -10V$

Remarque importante :

- Tenir compte du sens réel du courant dans les diodes
- Tenir compte du sens du parcours pour poser l'équation de la maille
- **Le plus simple est de proposer un parcours dans le sens réel du courant**

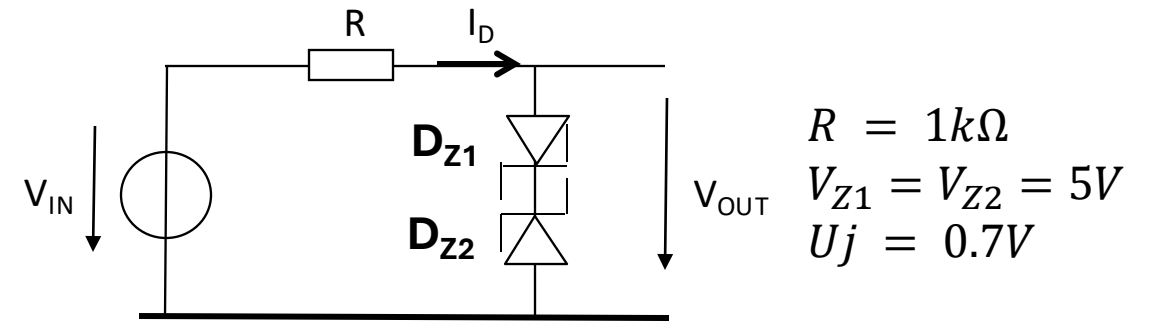


$$\begin{aligned}
 -V_{DZ1} - V_{DZ2} + V_{OUT} - V_{IN} &= 0 \\
 -V_{Z1} - U_j + V_{OUT} - V_{IN} &= 0 \\
 V_{OUT} &= V_{Z1} + U_j + V_{IN} \\
 V_{OUT} &= 5 + 0.7 - 10 = -4.3V
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 -V_{OUT} + V_{DZ2} + V_{DZ1} + V_{IN} &= 0 \\
 -V_{OUT} + U_j + V_{Z1} + V_{IN} &= 0 \\
 V_{Z1} + U_j + V_{IN} &= V_{OUT} \\
 5 + 0.7 - 10 &= -4.3V = V_{OUT}
 \end{aligned}$$

Circuit à diode [4]



Analyse DC **Ordre pour calculer doit être judicieux**

- $V_{IN} = 15V$
 - D_{Z1} conduit dans le sens normal
 - D_{Z2} conduit dans le sens Zener.

$$V_{OUT} = U_j + V_{Z2} = 5.7V$$

$$I_D = \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{R} = 9.3mA$$

- $V_{IN} = -10V$ (**plus subtile car le courant circule de la masse à V_{IN}**)
 - D_{Z2} conduit dans le sens normal
 - D_{Z1} conduit dans le sens Zener.

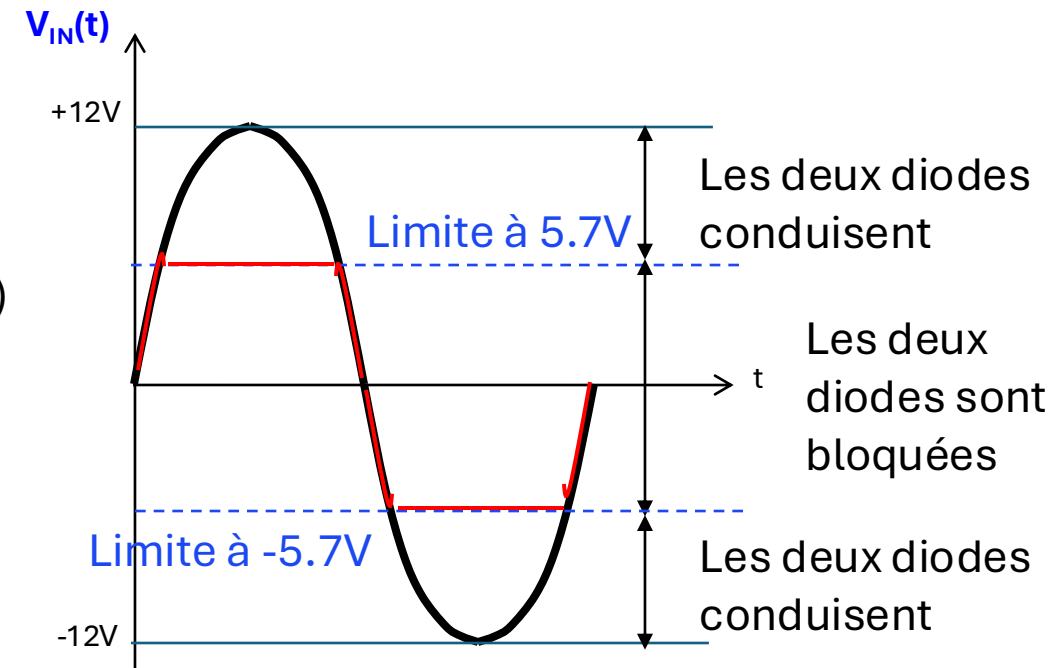
Avec Kirchhoff (parcours dans le sens du courant):

$$V_{OUT} = -V_{DZ2} - V_{DZ1} = -U_j - V_Z = -5.7V$$

$$I_D = \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{R} = \frac{-10 - (-5.7)}{10^3} = -4.3mA$$

Analyse AC

$$V_{IN}(t) = 12\sin(\omega t)$$

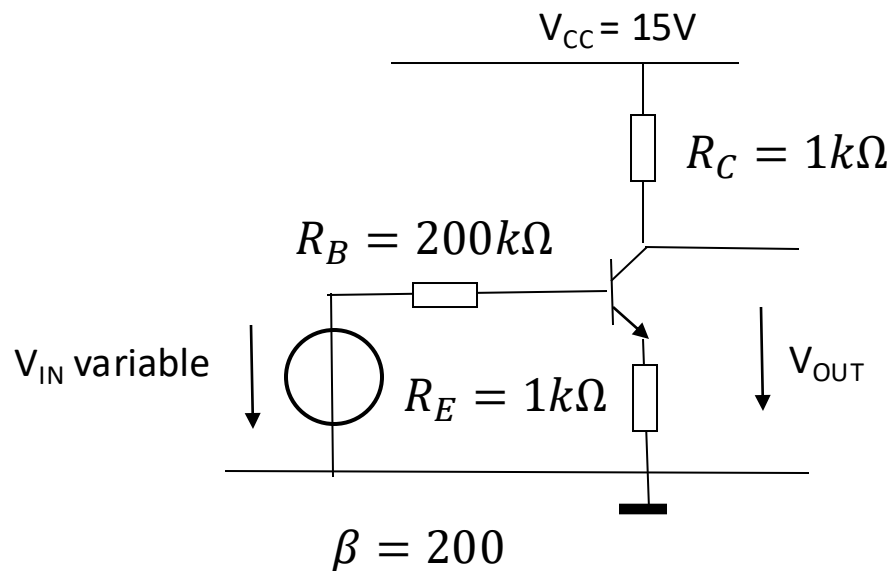


Circuit à transistor bipolaire [1] : Analyse DC

Cas typiques :

- Tension V_{IN} variable
- Résistance variable

Mise en équation de V_{OUT} si le transistor conduit en mode linéaire ou actif direct



$$V_{IN} = R_B \cdot I_B + U_j + R_E \cdot I_E = R_B \cdot I_B + U_j + \beta \cdot R_E \cdot I_B$$

$$I_B = \frac{V_{IN} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E}$$

$$V_{OUT} = V_{CC} - R_C \cdot I_C = V_{CC} - \beta \cdot R_C \cdot I_B = V_{CC} - \beta \cdot R_C \cdot \frac{V_{IN} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E}$$

1. $V_{IN} = 0$

Bipolaire bloqué $\Rightarrow I_C = 0 \Rightarrow V_{OUT} = 15V$

2. $V_{IN} = 2V$

$$V_{OUT} = V_{CC} - \beta \cdot R_C \cdot \frac{V_{IN} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E} = 15 - 200 \cdot 10^3 \cdot \frac{2 - 0.7}{400 \cdot 10^3} = 14.35V$$

3. $V_{IN} = 10V$

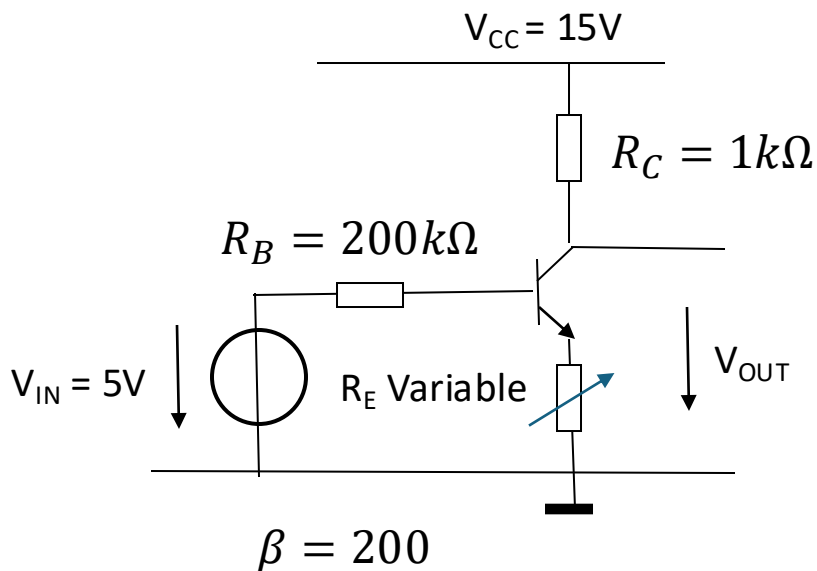
$$V_{OUT} = V_{CC} - \beta \cdot R_C \cdot \frac{V_{IN} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E} = 15 - 200 \cdot 10^3 \cdot \frac{10 - 0.7}{400 \cdot 10^3} = 10.35V$$

$$V_B = V_{IN} - R_B \cdot I_B = U_j + R_E \cdot I_E = U_j + R_E \cdot \beta \cdot \frac{V_{IN} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E} = 5.35V \Rightarrow OK$$

Circuit à transistor bipolaire [2] : Analyse DC

Cas typiques :

- Tension V_{IN} variable
- Résistance variable



Mise en équation de V_{OUT}

$$V_{IN} = R_B \cdot I_B + U_j + R_E \cdot I_E = R_B \cdot I_B + U_j + \beta \cdot R_E \cdot I_B$$

$$I_B = \frac{V_{IN} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E}$$

$$V_{OUT} = V_{CC} - R_C \cdot I_C = V_{CC} - \beta \cdot R_C \cdot I_B = V_{CC} - \beta \cdot R_C \cdot \frac{V_{IN} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E}$$

1. $R_E = 0$

$$V_{OUT} = V_{CC} - \beta \cdot R_C \cdot \frac{V_{IN} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E} = 15 - 200 \cdot 10^3 \cdot \frac{4.3}{200 \cdot 10^3 + 0} = 10.7V$$

2. $R_E = 1k\Omega$

$$V_{OUT} = V_{CC} - \beta \cdot R_C \cdot \frac{V_{IN} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E} = 15 - 200 \cdot 10^3 \cdot \frac{4.3}{200 \cdot 10^3 + 200 \cdot 10^3} = 12.85V$$

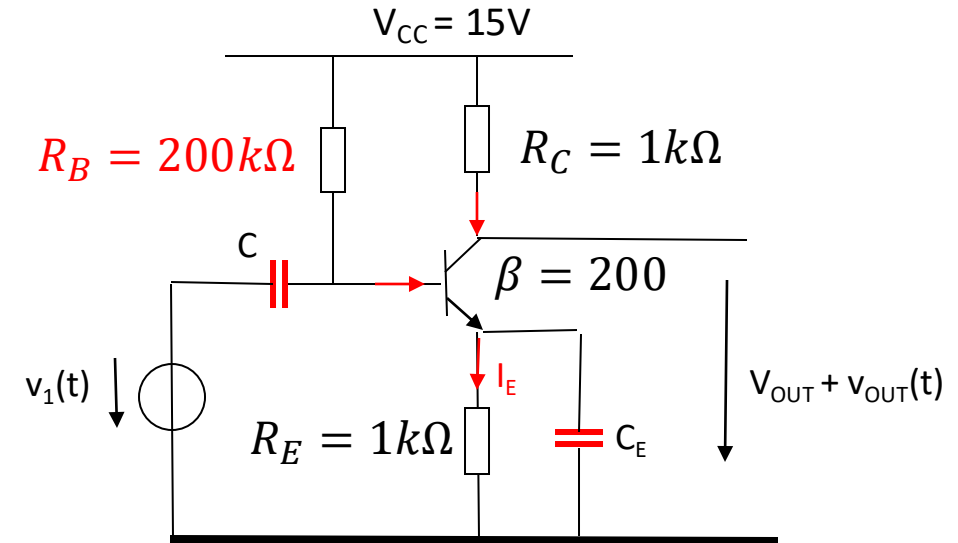
3. $R_E = 10k\Omega$

$$V_{OUT} = V_{CC} - \beta \cdot R_C \cdot \frac{V_{IN} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E} = 15 - 200 \cdot 10^3 \cdot \frac{4.3}{200 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^6} = 14.61V$$

Circuit à transistor bipolaire [4] : Amplificateur

Cas typiques :

- Polarisation avec résistances uniquement
- Polarisation avec source de courant



Polarisation

$$V_{CC} = R_B \cdot I_B + U_j + R_E \cdot I_E = R_B \cdot I_B + U_j + \beta \cdot R_E \cdot I_B$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E} = 35.75 \mu A \text{ et } I_C = \beta \frac{V_{CC} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E} = 7.15 \text{ mA}$$

$$V_{OUT} = V_{CC} - R_C \cdot I_C = V_{CC} - \beta \cdot R_C \cdot \frac{V_{CC} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E} = 7.85 \text{ V}$$

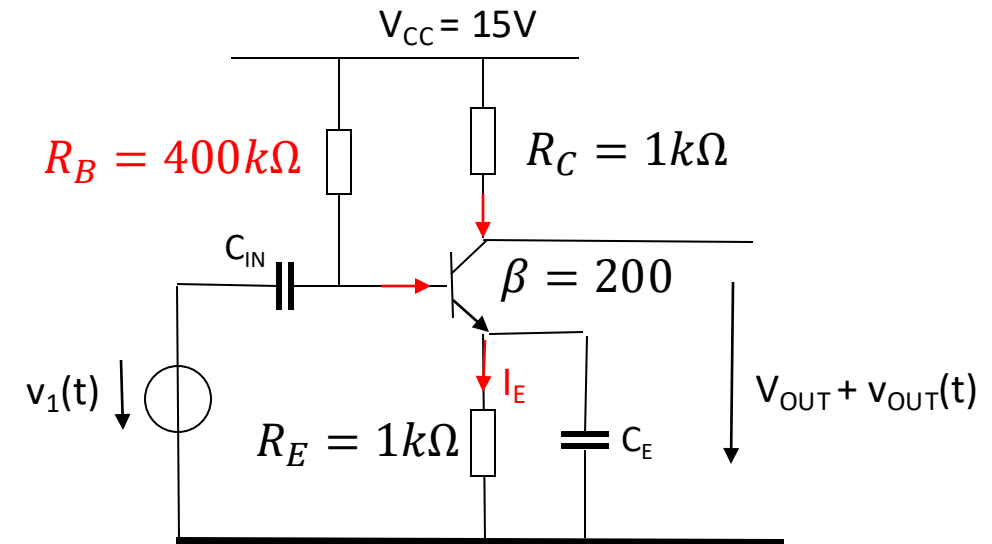
$$V_B = V_{CC} - R_B \cdot I_B = U_j + R_E \cdot I_E = U_j + R_E \cdot \beta \frac{V_{CC} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E} = 7.85 \text{ V} \Rightarrow \text{limite de la saturation}$$

Si $R_B < 200 \text{ k}\Omega$ le transistor est saturé

Circuit à transistor bipolaire [5] : Amplificateur

Cas typiques :

- Polarisation avec résistances uniquement
- Polarisation avec source de courant



Polarisation

$$V_{CC} = R_B \cdot I_B + U_j + R_E \cdot I_E = R_B \cdot I_B + U_j + \beta \cdot R_E \cdot I_B$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E} = 23.83 \mu A \text{ et } I_C = \beta \frac{V_{CC} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E} = 4.766 \text{ mA}$$

$$V_{OUT} = V_{CC} - R_C \cdot I_C = V_{CC} - \beta \cdot R_C \cdot \frac{V_{CC} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E} = 10.234 \text{ V}$$

$$V_B = V_{CC} - R_B \cdot I_B = U_j + R_E \cdot I_E = U_j + R_E \cdot \beta \frac{V_{CC} - U_j}{R_B + \beta \cdot R_E} = 5.466 \text{ V} \Rightarrow \text{cette fois c'est OK}$$

Circuit à transistor bipolaire [6] : Amplificateur

Cas typiques :

- Polarisation avec résistances uniquement
- Polarisation avec source de courant

paramètres petits signaux

$$g_m = \frac{I_C}{U_T} = \frac{4.766}{26} = 0.183 \frac{A}{V} \text{ et } \frac{1}{g_{be}} = \frac{\beta}{g_m} = 1.093 k\Omega$$

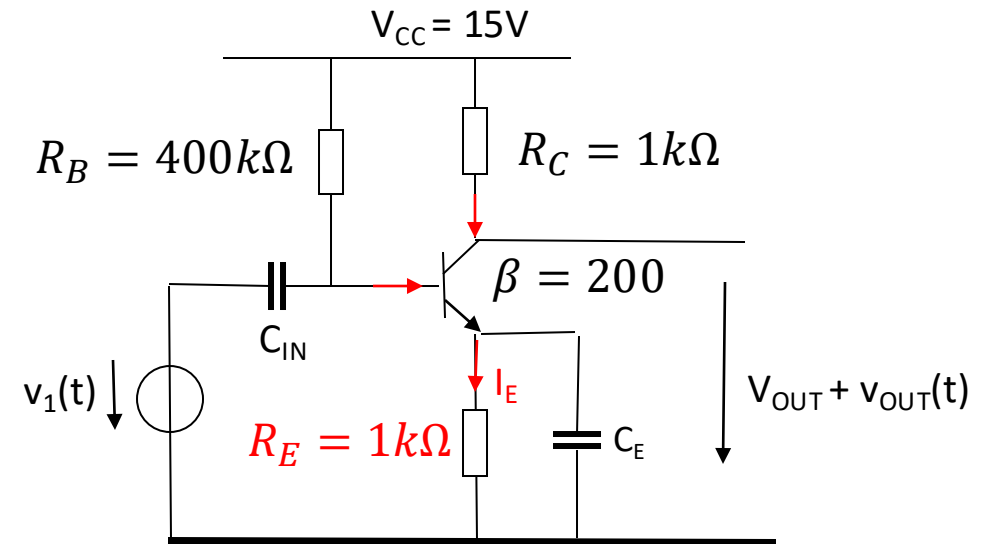
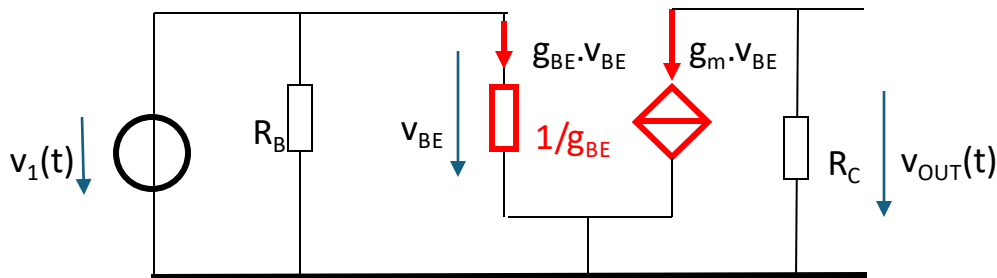


Schéma pour accroissement et calcul du gain



$$V_{OUT}(t) = -g_m \cdot R_C \cdot v_{BE} = -g_m \cdot R_C \cdot v_1$$

$$\text{Gain vaut } -g_m \cdot R_C = -183$$

Circuit à transistor bipolaire [7] : Amplificateur

Cas typiques :

- Polarisation avec résistances uniquement
- **Polarisation avec source de courant**

Polarisation

$$I_S \sim I_C = 4 \text{ mA} \text{ et } I_B = \frac{I_C}{\beta} = 20 \mu\text{A}$$

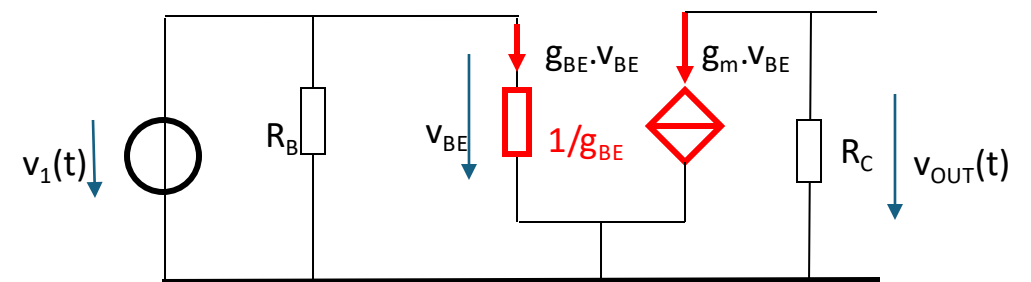
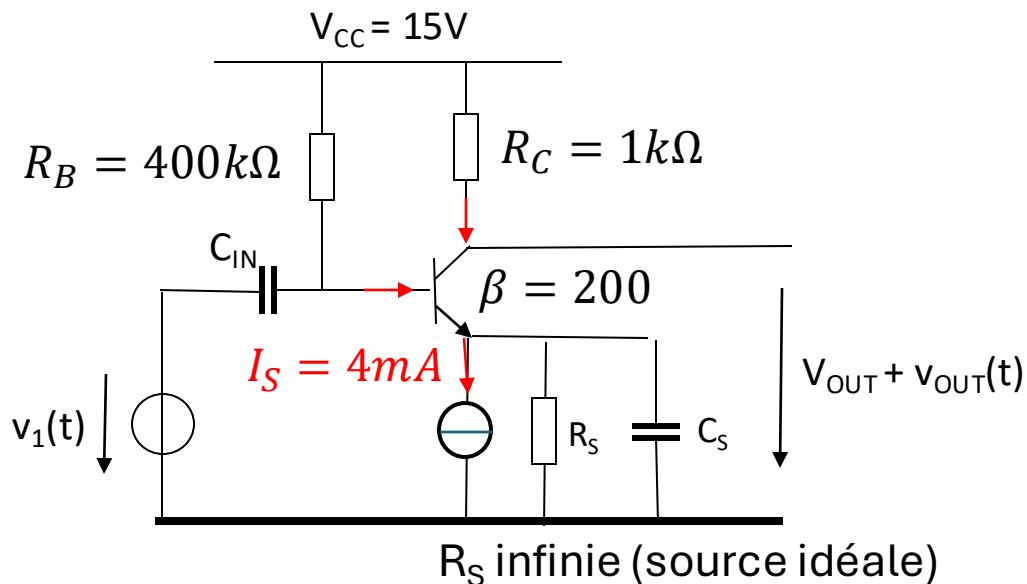
$$V_{OUT} = V_{CC} - R_C \cdot I_C = 11 \text{ V}$$

$$V_B = V_{CC} - R_B \cdot I_B = 7 \text{ V} \Rightarrow \text{OK}$$

Paramètres petits signaux

$$g_m = \frac{I_C}{U_T} = \frac{4}{26} = 0.154 \frac{\text{A}}{\text{V}} \text{ et } \frac{1}{g_{be}} = \frac{\beta}{g_m} = 1.3 \text{ k}\Omega$$

Schéma pour accroissement et calcul du gain



$$V_{OUT}(t) = -g_m \cdot R_C \cdot v_{BE} = -g_m \cdot R_C \cdot v_1 \quad \text{Gain vaut } -g_m \cdot R_C = -154$$