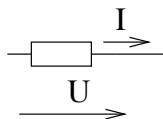
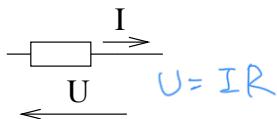


RAPPELS

1 Conventions

$$U = -IR$$

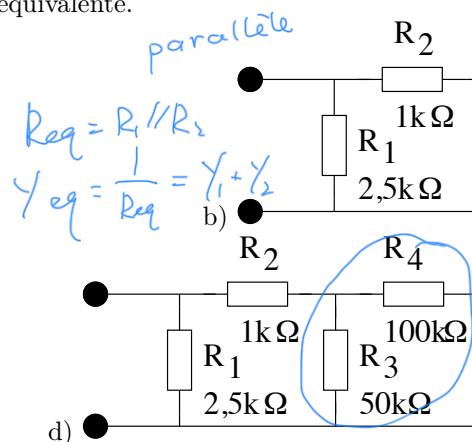
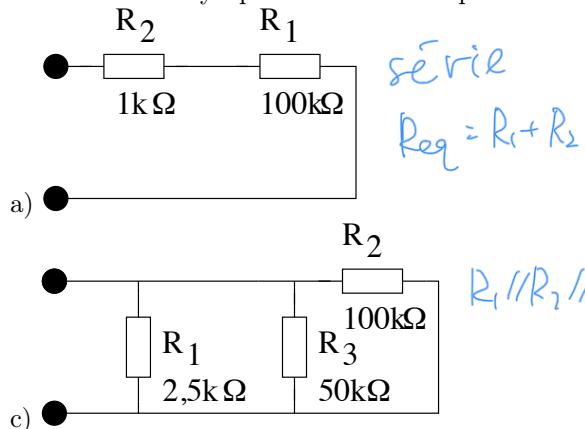


Exprimez U en fonction de I si le dipôle est une résistance R .

2 Associations de résistances

Comment sont connectés les éléments des dipôles suivants ?

Déterminez analytiquement et numériquement leur résistance équivalente.

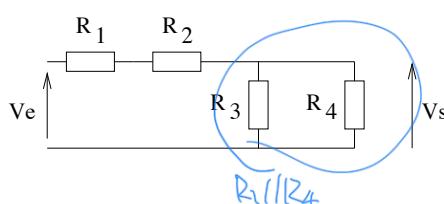


3 Diviseurs

3.1 diviseur de tension

On applique une tension V au dipôle "a" ci-dessus, calculez la tension aux bornes de la résistance R_1 .

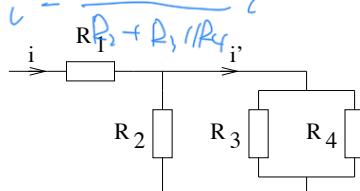
Dans le schéma ci-dessous, exprimez V_S en fonction de V_e . $V_S = \frac{R_3 // R_4}{R_1 + R_2 + R_3 // R_4} V_e$



3.2 diviseur de courant

On injecte un courant I dans le dipôle "b" puis "c" ci-dessus, calculez le courant dans la résistance R_1 .

Dans le schéma ci-dessous, exprimez i' en fonction de i . $i' = \frac{R_2}{R_1 + R_2 // R_3 // R_4} i$



4 Etude d'un dipôle

En utilisant les lois de Kirchhoff, donnez la caractéristique courant-tension $V_{out} = f(I_{out})$ du dipôle ci-contre.

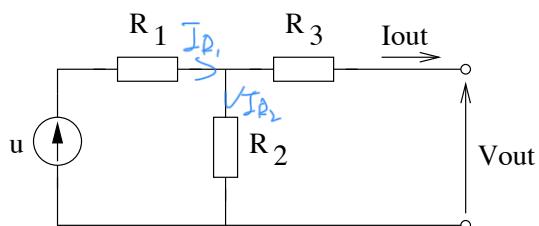
Tracez cette caractéristique. Portez-y la tension à vide et le courant de court-circuit.

Dessinez le schéma du générateur équivalent.

$$I_{R_1} - I_{R_2} - I_{out} = 0$$

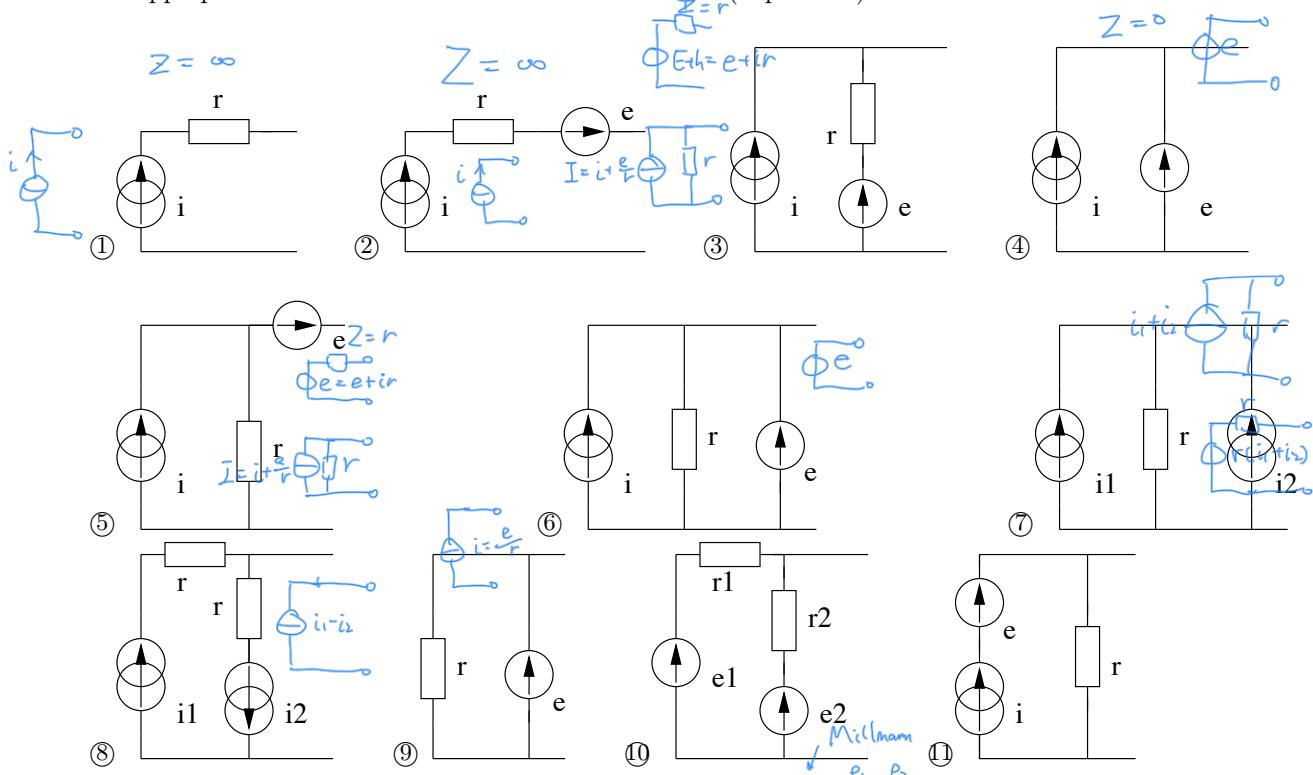
$$-V + R_1 I_{R_1} + R_2 I_{R_2} = 0$$

$$-V + R_1 I_{R_1} + R_2 I_{out} - (-V_{out}) = 0$$



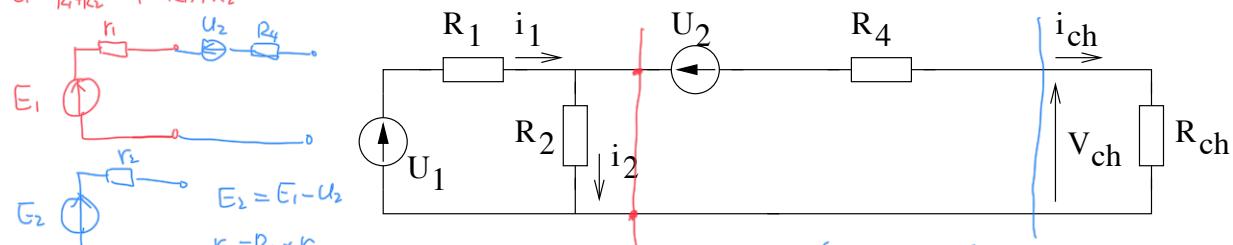
5 Théorème de Thévenin et de Norton

Appliquez les théorèmes de Thévenin et de Norton (si possible) à chacun des circuits ci-dessous :



6 Etude d'un circuit

6.2 On considère le circuit suivant :



6.1 Application des lois de Kirchhoff

Ecrivez l'ensemble des équations permettant de déterminer le courant et la tension de la charge.

$$i_1 = i_2 + i_{ch}$$

$$-U_1 + R_1 i_1 + R_2 i_2 = 0$$

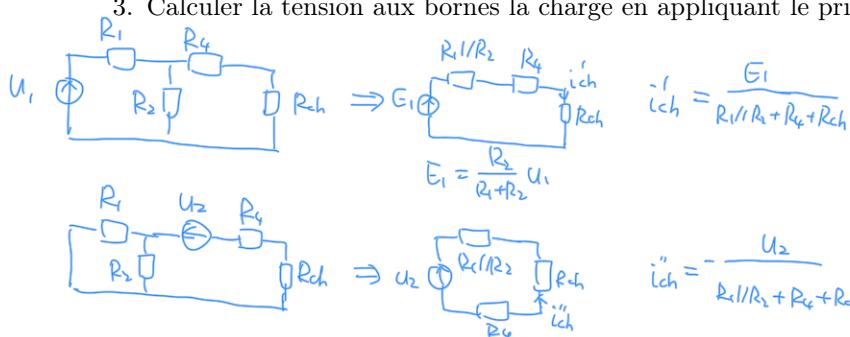
$$R_2 i_2 - U_2 - R_{ch} i_{ch} - R_4 i_{ch} = 0$$

6.2 Application du théorème de Thévenin

1. Calculez les éléments du générateur de Thévenin équivalent au circuit qui alimente la charge.
2. Calculer la tension aux bornes de la charge.

6.3 Application du principe de superposition

1. Calculer la tension aux bornes la charge du à la source U_1 .
2. Calculer la tension aux bornes la charge du à la source U_2 .
3. Calculer la tension aux bornes la charge en appliquant le principe de superposition.

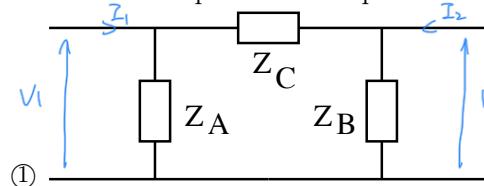


QUADRIPOLES

1 Paramètres de quadripôles

1.1 Paramètres impédance

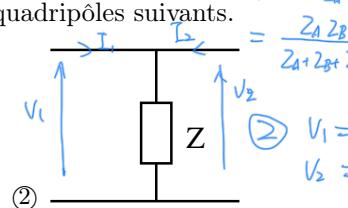
Calculez les paramètres impédances des quadripôles suivants.



① Pour $I_2 = 0$

$$Z_{11} = \frac{V_1}{I_1} \Big|_{I_2=0} = Z_A / (Z_B + Z_C)$$

$$Z_{21} = \frac{V_2}{I_1} \Big|_{I_2=0} = \frac{V_2}{I_1} \frac{Z_B}{Z_A + Z_B + Z_C} = \frac{Z_A (Z_B + Z_C)}{Z_A + Z_B + Z_C} \cdot \frac{Z_B}{Z_B + Z_C}$$



② Pour $I_1 = 0$

Pour $I_1 = 0$

$$Z_{22} = \frac{V_2}{I_2} \Big|_{I_1=0} = \frac{Z_B (Z_A + Z_C)}{Z_A + Z_B + Z_C}$$

$$Z_{12} = \frac{V_1}{I_2} \Big|_{I_1=0} = \frac{V_1}{I_2} \frac{Z_A}{Z_A + Z_B + Z_C}$$

$$= \frac{Z_A Z_B}{Z_A + Z_B + Z_C}$$

$$V_1 = Z_{11} i_1 + Z_{12} i_2$$

$$V_2 = Z_{21} i_1 + Z_{22} i_2$$

1.2 Quadripôles actifs

Calculez les paramètres admittances pour chacun des quadripôles suivants.

$$Y_{11} = \frac{1}{R_1}, Y_{21} = 0$$

$$i_2 = -\alpha i_1 + \frac{V_2}{R_2}$$

$$Y_{12} = \frac{-\alpha}{R_1}$$

$$Y_{22} = \frac{1}{R_2}$$

$$\textcircled{2} \quad i_1 = \frac{V_1}{R_1} - \alpha i_2 \quad \textcircled{1}$$

$$i_1 = \frac{V_1}{R_1} - \alpha \left(-\frac{\delta V_1}{R_2} + \frac{V_1}{R_2} \right)$$

$$V_1 = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{\alpha \delta}{R_2} \right) V_1 + \frac{V_1}{R_2}$$

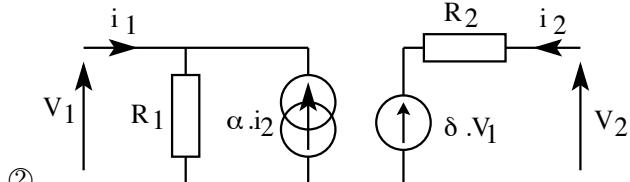
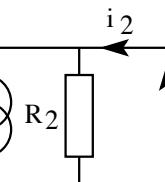
1.3x Paramètres hybrides

Calculez les paramètres hybrides \mathbf{h} du quadripôle suivant.

$$i_2 = \frac{V_2 - \delta V_1}{R_2}$$

$$Y_{21} = -\frac{\delta}{R_2}, Y_{22} = \frac{1}{R_2}$$

$$Y_{11} = \frac{1}{R_1} + \frac{\alpha \delta}{R_2}, Y_{12} = \frac{-\alpha}{R_1}$$



$$V_1 = h_{11} i_1 + h_{12} V_2$$

$$i_2 = h_{21} i_1 + h_{22} V_2$$

$$h_{11} = \frac{V_1}{i_1} \Big|_{V_2=0} = R_1 // R_2$$

$$h_{21} = \frac{i_2}{i_1} \Big|_{V_2=0} = -\frac{i_1}{R_1 // R_2}$$

$$h_{12} = \frac{V_1}{V_2} \Big|_{i_1=0} = \frac{\alpha V_2 + V_{R1}}{V_2}$$

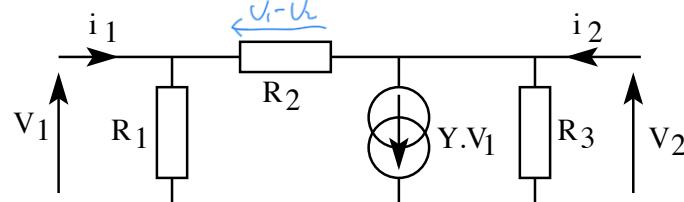
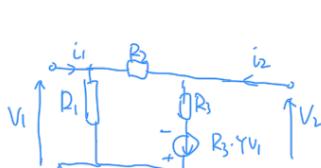
$$h_{22} = \frac{i_2}{V_2} \Big|_{i_1=0} = \frac{i_{R2} + i_{R3}}{V_2} = \frac{V_2 - \alpha V_2}{V_2} = \frac{V_2 - \alpha V_2}{V_2}$$

$$V'_1 = V_1 - \alpha V_2$$

$$V_R = \frac{(V_2 - \alpha V_2) R_1}{R_1 + R_2}$$

1.4 Quadripôle actif

On considère le quadripôle de la figure ci-dessous.



On donne : $R_1 = 1\text{k}\Omega$, $R_2 = 10\text{k}\Omega$, $R_3 = 100\text{k}\Omega$ et $y = 0.05\text{S}$.

1. Calculez les expressions des paramètres admittances du quadripôle.

2. Calculez les valeurs numériques.

3. Etablissez un nouveau schéma en remplaçant le générateur de courant et sa résistance interne par un générateur de tension équivalent.

$$1. \quad i_1 = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_1 - U_1}{R_2} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) V_1 - \frac{1}{R_2} U_1 \quad Y_{11} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}, \quad Y_{12} = -\frac{1}{R_2}$$

$$i_2 = i_{R3} + YU_1 + i_{R2} = \frac{V_2}{R_3} + YU_1 + \frac{V_2 - V_1}{R_2} = (Y - \frac{1}{R_2}) V_1 + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2} \right) V_2$$

$$Y_{21} \quad Y_{22}$$

2 Représentation de quadripôles

Etablissez un schéma équivalent à deux sources liées pour les quadripôles ayant les paramètres suivants.

Indiquez le type de paramètres correspondants.

(R, Z représentent des impédances, Y des admittances et α , β , δ des grandeurs sans unités)

$$1. V_1 = R_1 i_1 + Z_1 i_2 \quad 2. V_1 = R_1 i_1 + \alpha V_2 \quad 3. i_1 = \frac{1}{R_1} V_1 + Y_1 V_2$$

$$V_2 = Z_2 i_1 + R_2 i_2 \quad i_2 = \beta i_1 + Y_2 V_1 \quad i_2 = Y_2 V_1 + \frac{1}{R_2} V_2$$

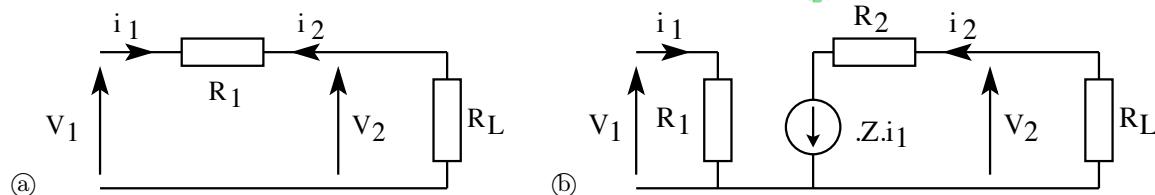
paramètre	11	12	21	22
Quadripôle				
1	R_1	Z_1	Z_2	R_2
2	R	α	β	Y
3	$\frac{1}{R_1}$	Y_1	Y_2	$\frac{1}{R_2}$

3 Caractéristiques de quadripôles

3.1 Exercice 1

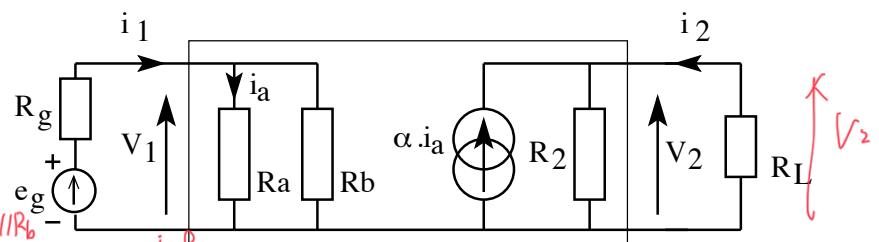
Pour les quadripôles suivants, calculez :

1. l'impédance d'entrée avec la charge, $Z_e = \frac{V_1}{i_1} = R_1 + R_L$ $Z_e = \frac{V_1}{i_1} = R$
2. le gain en tension avec la charge, $A_v = \frac{V_2}{V_1} = \frac{R_L}{R_1 + R_L}$ $A_v = \frac{V_2}{V_1} = \frac{-Z_{11} \frac{R_2}{R_1 + R_L}}{R_{11}} = -\frac{Z R_L}{R_1 (R_1 + R_L)}$
3. le gain en courant, $A_i = \frac{i_2}{i_1} = -1$ $A_i = \frac{i_2}{i_1} = \frac{i_2}{i_2} \cdot \frac{V_2}{V_1} \cdot \frac{V_1}{i_1} = -\frac{1}{R_L} \cdot A_v \cdot Z_e$
4. l'impédance de sortie sans la charge. $Z_s = \frac{V_2}{i_2} |_{V_1=0} = R_1$ $Z_s = \frac{V_2}{i_2} |_{V_1=0} = R$



3.2 Exercice 2

On considère le quadripôle de la figure ci-dessous. Il est attaqué par un générateur de fém e_g et de résistance interne R_g .

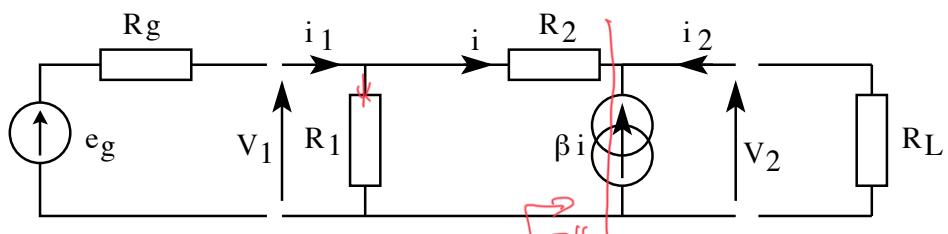


Calculez :

1. l'impédance d'entrée, $\frac{V_1}{i_1} = R_a / R_b$
2. le gain en tension sans la charge, $\frac{V_2}{V_1} = \frac{\alpha i_a R_2}{i_a R_a}$
3. le gain en tension avec la charge, $\frac{V_2}{V_1} = \frac{\alpha i_a (R_2 / R_L)}{i_a R_a}$
4. le gain en courant, $i_2 = -\alpha i_a \frac{R_2}{R_2 + R_L}$, $i_1 = \frac{i_a}{R_a + R_b}$, $i_2 = \frac{i_2}{i_1}$
5. le gain en tension composite sans la charge, R_2
6. l'impédance de sortie sans la charge. R_2

3.3 Exercice 3

On considère le quadripôle de la figure ci-contre. Il est attaqué par un générateur de fém e_g et de résistance interne R_g .



Calculez l'impédance d'entrée avec la charge, le gain en tension avec la charge et l'impédance de sortie sans la charge.

$$Z_{in} = \frac{V_1}{i_1} = R_1 / (R_2 + Z'')$$

$$Z'' = \frac{V_2}{i} = \frac{+i}{R_L}$$

$$\begin{cases} i + i_2 + \beta i = 0 \\ V_2 = -i_2 R_L \end{cases}$$

$$A_v = \frac{V_2}{V_1}$$

$$V_1 = i R_2 + i_2$$

$$V_2 = (i + \beta i) R_L$$

$$Z_{out} = \frac{V_2}{i_L} \Big|_{e_g=0} = \frac{R_2 + R_g}{1 + \beta}$$

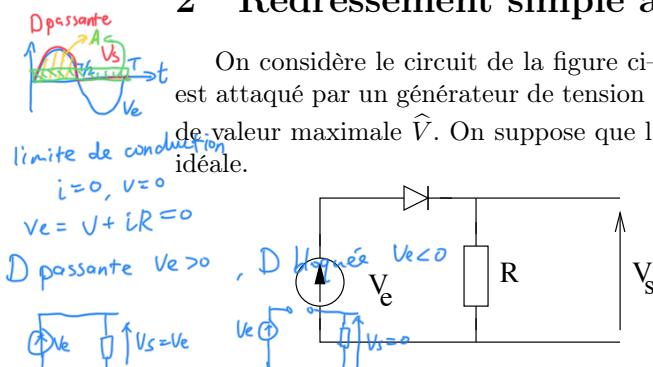
DIODES

1 Modèle électrique

On donne ci-dessous la caractéristique directe d'une diode. Déterminez ses paramètres V_D et r_D .

2 Redressement simple alternance

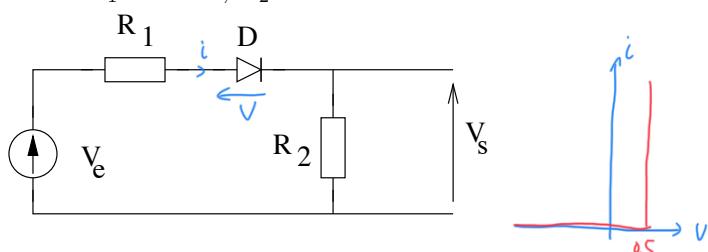
On considère le circuit de la figure ci-dessous. Il est attaqué par un générateur de tension sinusoïdale de valeur maximale \hat{V} . On suppose que la diode est idéale.



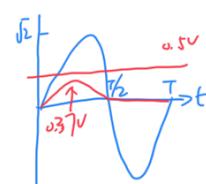
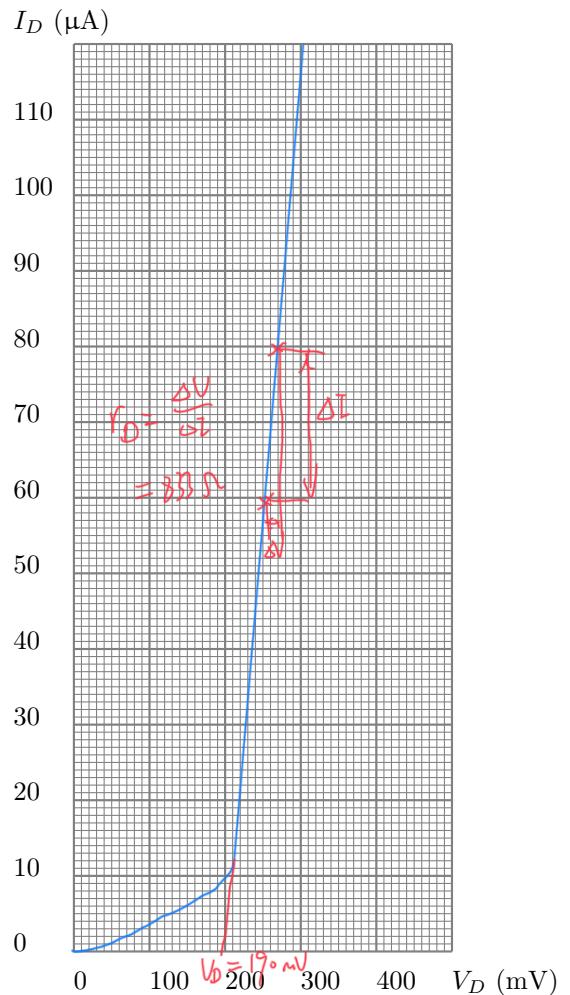
1. Représentez la tension de sortie V_s en fonction du temps.
2. Calculez la valeur moyenne de V_s . $\bar{V}_s = \frac{A}{T}$
3. Calculez la valeur efficace de V_s .

3 Redressement

On considère le circuit de la figure ci-dessous. Il est attaqué par un générateur de tension sinusoïdale de 1 V efficace. On suppose que la diode est quasi idéale, c.a.d qu'à partir d'un seuil de conduction de 0.5 V, elle présente une résistance dynamique nulle. On donne : $R_1 = 470 \Omega$, $R_2 = 330 \Omega$.

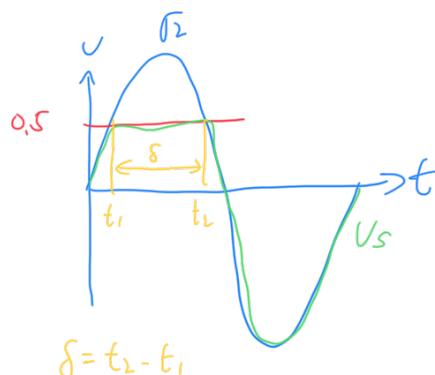
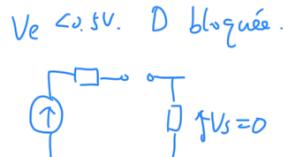
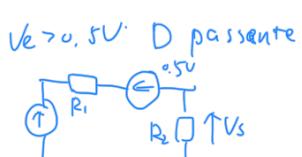


1. Dessinez la caractéristique statique de cette diode.
2. Représentez sur le même graphique la tension d'entrée V_e et la tension de sortie V_s en fonction du temps.
3. Sachant que la tension d'entrée a une fréquence de 50 Hz, déterminez la durée δ pendant laquelle la diode est conductrice à chaque période.



limite de conduction.

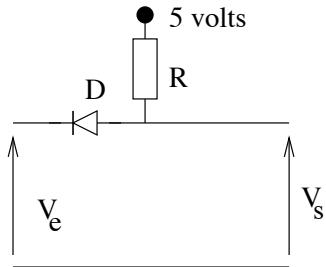
$$i=0, V=0.5 \text{ V} \rightarrow V_e = 0.5 \text{ V}$$



4 Fonctions logiques

4.1 Montage 1

Soit le circuit à diode ($V_D = 0,6 \text{ V}$, $r_D = 0$) suivant :



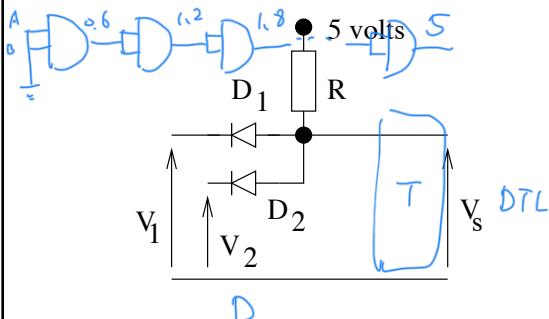
Expliquez dans quelles conditions la diode est passante ou bloquée.

Quelle est la tension de sortie V_S quand :

1. $V_e = 0 \text{ V}$, D passante $V_S = 0.6$
2. $V_e = 5 \text{ V}$. D bloquée $V_S = 5$

4.2 Montage 2

A partir des résultats précédents, complétez le tableau suivant pour le circuit ci-dessous.



$V_1 \text{ (V)}$	$V_2 \text{ (V)}$	$V_S \text{ (V)}$	D_1	D_2
0	0	0.6	P	P
0	5	0.6	P	B
5	0	0.6	B	P
5	5	5	B	B

Quelle est la fonction obtenue (si 5V correspond au niveau logique 1) ?

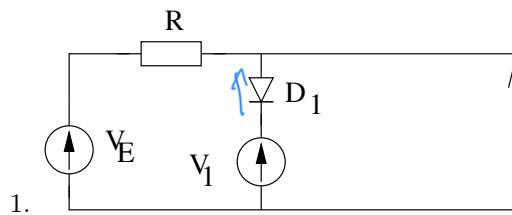
fonction And

5 Circuit d'écrêtage

Pour l'étude des ~~trois~~ circuits suivants, on considère que la tension d'entrée V_E est une tension sinusoïdale et que les deux générateurs V_1 et V_2 fournissent des tensions continues.

Quelle est la forme du signal de sortie V_S ?

Les diodes sont considérées ~~identiques~~ $V_D = 0.6 \text{ V}$ et $r_D = 0$.



(a) pour $0 \leq V_1 \leq V_{Emax}$,

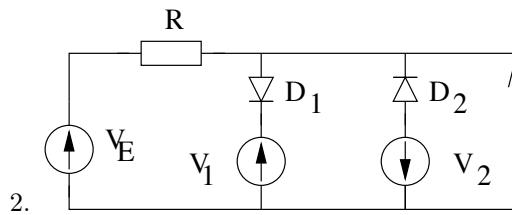
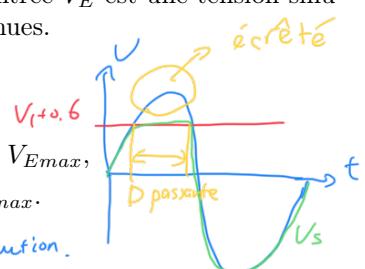
(b) pour $V_1 \geq V_{Emax}$.

D limite de conduction.

$$V_E = V_1 + 0.6.$$

D passante

$$V_E > V_1 + 0.6$$



$V_E > V_1 + 0.6$

$$V_s = V_E - 0.6$$

pour $0 \leq V_1 \leq V_{Emax}$ et $0 \leq V_2 \leq V_{Emax}$.

D bloquée

$$V_E < V_1 + 0.6$$



6 Circuit d'écrêtage (diode quasi idéale)

Soit le circuit représenté ci-contre avec

$$V_E = 3 \sin \omega \cdot t, R_1 = 10 \text{ k}\Omega, R_2 = 5 \text{ k}\Omega.$$

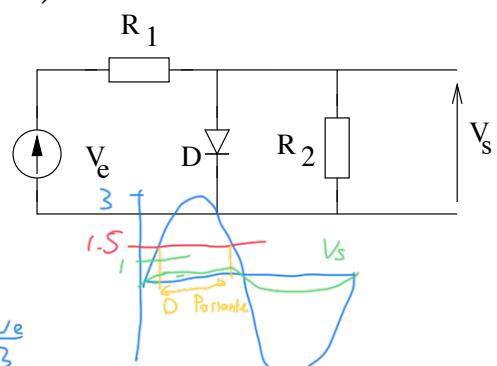
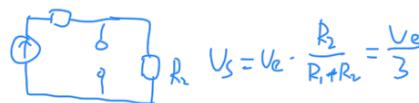
Représentez la tension de sortie V_S en fonction du temps.

La diode a une chute de tension directe égale à 0,5 V.

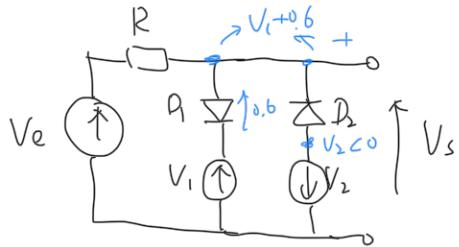
D limite de conduction : $V_E = 1.5 \text{ V}$

D passante $V_E > 1.5 \text{ V}$

D bloquée $V_E < 1.5 \text{ V}$



5.2

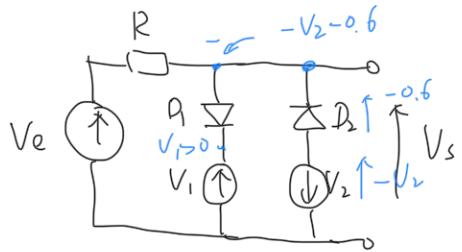


D_1 limite de conduction, D_2 bloquée.

$$V_e = V_1 + 0.6$$

D_1 passante : $V_e > V_1 + 0.6$

D_1 bloquée : $V_e < V_1 + 0.6$

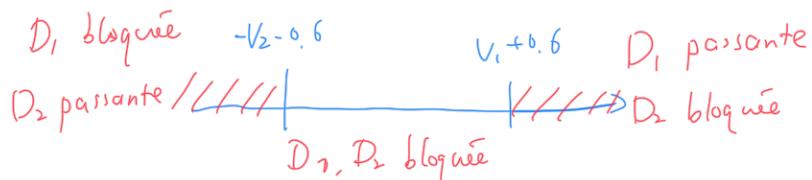


D_2 limite de conduction, D_1 bloquée.

$$V_e = -V_2 - 0.6$$

D_2 passante : $V_e < -V_2 - 0.6$

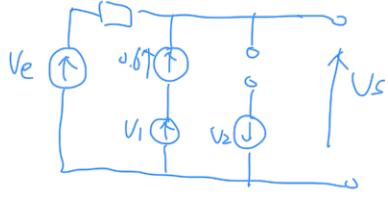
D_2 bloquée : $V_e > -V_2 - 0.6$.



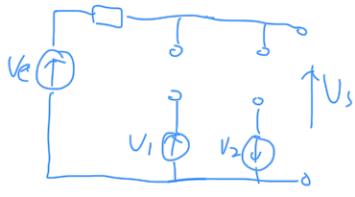
$$V_e > V_1 + 0.6$$

$$-V_2 - 0.6 < V_s < V_1 + 0.6$$

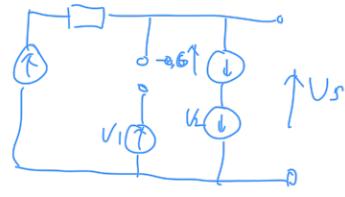
$$V_e > -V_2 - 0.6$$



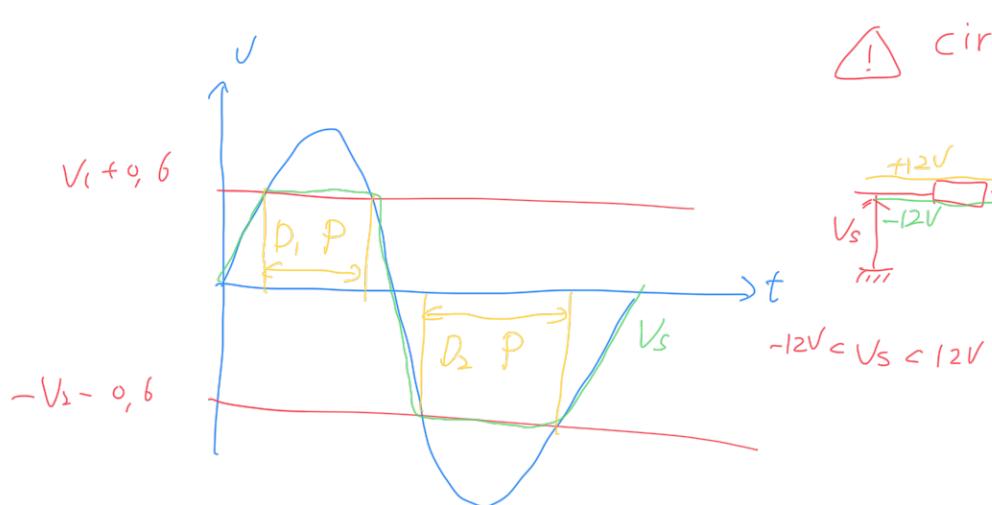
$$V_s = V_1 + 0.6$$



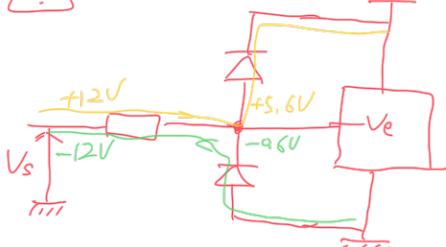
$$V_s = V_e$$



$$V_s = -V_2 - 0.6$$

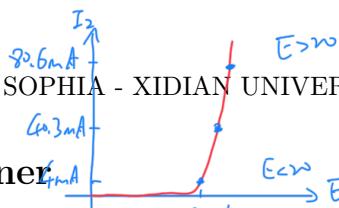


⚠ circuit de protection



$$-12V < V_s < 12V$$

7 Diode zéner



I_z	I_{zmin} 4mA	$I_{zmax}/2$ 40.3mA	I_{zmax} 80.6mA
R	$3.45k\Omega$	342Ω	171Ω
P_z	$24.8mW$	$250mW$	$500mW$

On désire obtenir une tension constante de 6,2 V à partir d'une alimentation fixe $E = 20$ V. La diode dont nous disposons a évidemment une tension de seuil de 6,2 V ($r_z = 0$) et peut dissiper une puissance maximale de 500 mW. On donne $I_{zmin} = 4$ mA.

Calculez I_{zmax} .

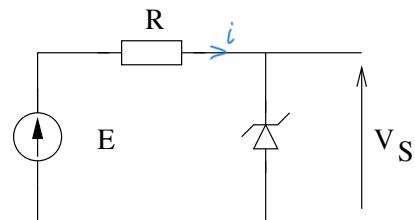
Déterminez R et la puissance dissipée dans la diode pour

$$I_z = I_{zmax}, I_{zmax}/2 \text{ et } I_{zmin}.$$

$$I_{zmax} = \frac{P_{zmax}}{V_{z0}} = \frac{500}{6.2} = 80.6 \text{ mA}$$

$$E = R_i + V_s = R_i + V_z \quad |_{i_{zmin} < i_z < i_{zmax}}$$

$$R = \frac{E - V_z}{i_z} \quad P_z = V_{z0} I_z$$



8 Diode zéner en charge

On dispose d'une alimentation continue non régulée de $E = 15$ V et on souhaite obtenir une alimentation continue stabilisée à 5 V.

Sachant que l'intensité du courant circulant dans la diode ne doit pas dépasser 25 mA, calculer la valeur limite de la résistance R à vide.

Le circuit est chargé par une résistance $R_{ch} = 1$ kΩ.

Calculez le courant circulant dans la charge et le courant circulant dans la diode (pour la valeur de R calculée ci-dessus).

Même question pour $R_{ch} = 100$ kΩ.
Conclure.

$$I_z = I_{zmax} = 25 \text{ mA.}$$

$$E = R \cdot I_{zmax} + V_{z0}$$

$$R = \frac{E - V_{z0}}{I_{zmax}} = \frac{15 - 5}{25 \text{ mA}} = 400 \Omega$$

$$R > 400 \Omega, \quad I_z < I_{zmax}$$

$$- R_{ch} = 1 \text{ k}\Omega$$

$$I_{ch} = \frac{V_s}{R_{ch}} = \frac{V_{z0}}{R_{ch}} = \frac{5}{1 \text{ k}} = 5 \text{ mA.}$$

$$I = I_R = 25 \text{ mA.} \quad I_z = I_R - I_{ch} = 25 - 5 = 20 \text{ mA.}$$

$$- R_{ch} = 100 \text{ k}\Omega$$

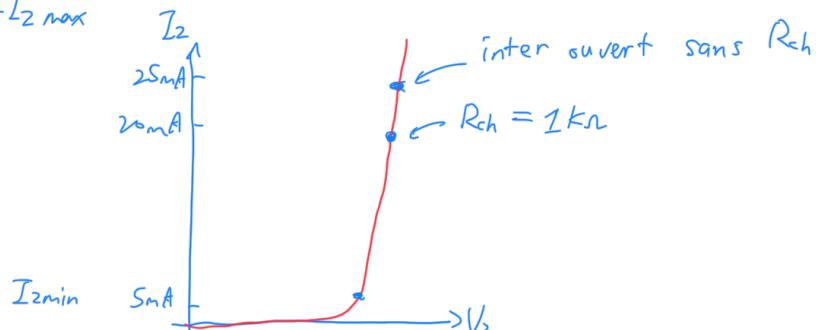
$$I_{ch} = 0.05 \text{ mA.}$$

$$I_z = 24.95 \text{ mA.}$$

$$- R_{ch min} = ?$$

$$I_z = I_{zmin} = 5 \text{ mA.}$$

$$I_{ch} = 20 \text{ mA.} \quad R_{ch} = \frac{V_s}{I_{ch}} = \frac{5}{20 \text{ mA}} = 250 \Omega$$



Transistor Bipolaire

1 Réseau de caractéristiques

Sur le réseau de caractéristiques statiques du transistor 2N2222 (montage émetteur commun) :

1. Déterminer le type du transistor (NPN ou PNP) et la nature de son matériau.

NPN

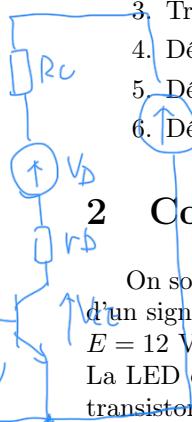
2. Tracer $I_C = f(I_B)$ pour $V_{CE} = 5$ V et $V_{CE} = 15$ V.

3. Tracer l'hyperbole de dissipation maximale, $P_{MAX} = 50$ mW.

4. Déterminer le gain en courant β pour $I_C = 5$ et 10 mA.

5. Déterminer I_C et V_{BE} pour $I_B = 66 \mu\text{A}$ et $V_{CE} = 15$ V.

6. Déterminer V_{CE} et V_{BE} pour $I_B = 96 \mu\text{A}$ et $I_C = 13$ mA.



2 Commutation

$$E = R_c I_c + V_d + I_c r_d + V_{CE}$$

$$V_B = 0 \Rightarrow I_B = 0 \Rightarrow I_c = 0 \quad T \text{ bloqué}$$

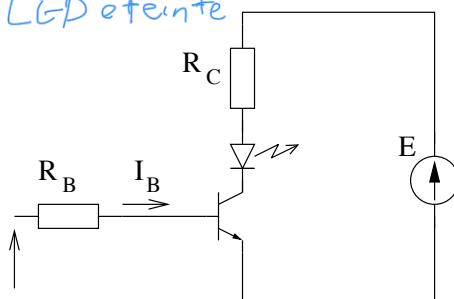
LED éteinte

On souhaite commander l'allumage d'une LED à partir d'un signal V_B prenant deux valeurs : 0 ou 5 V. On donne $E = 12$ V.

La LED est modélisée par $V_D = 1,6$ V et $r_D = 10 \Omega$. Le transistor a un gain de 200, une tension base-émetteur de 0,6 V et une tension collecteur-émetteur en saturation de 0,1 V.

1. Calculez R_C pour que le courant circulant dans la LED lorsque le transistor est saturé soit égal à 20 mA.
2. Calculez R_B pour saturer le transistor lorsque

en saturation $V_B = 5 \text{ V} (I_C/I_B = \beta/2) = 2 \text{ mA}$



$$R_B = 22 \text{ k}\Omega$$

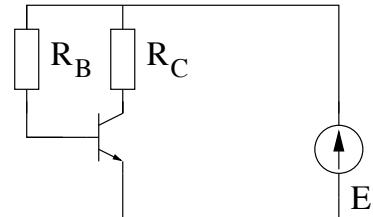
3 Polarisation

$$R_B < 22 \text{ k}\Omega$$

3.1 Montage 1

$$I_B R_B + V_{BE} = E \quad I_B = 35.27 \mu\text{A}$$

Pour le montage émetteur commun suivant, réalisé avec un transistor 2N2222. On donne : $E = 20$ V, $R_B = 550$ k Ω , $R_C = 1$ ou 2 k Ω . On considère $I_B \ll I_C$ et $V_{BE} = 0,6$ V. Calculer I_B , tracer les droites de charge correspondantes à $R_C = 1$ et 2 k Ω sur le réseau de caractéristique pour $V_{CE} = 0$ et $E = 20$ V. Quel point de fonctionnement doit-on choisir ?



3.2 Montage 2

$$E = R_B I_B + V_{BE} + I_E R_E$$

Déterminer le point de fonctionnement du transistor.

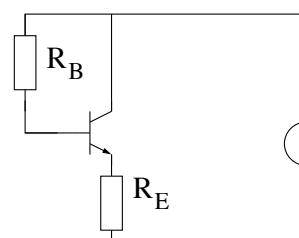
On donne $E = 10$ V, $R_B = 110$ k Ω , $R_E = 500 \Omega$, $V_{BE} = 0,6$ V et $\beta = 130$.

$$I_E = (\beta + 1) I_B = \beta I_B$$

$$I_C = \beta I_B = 6.98 \text{ mA}$$

$$I_B = 53.7 \mu\text{A}$$

$$E = V_{CE} + I_C R_E, \quad V_{CE} = 6.52 \text{ V}$$



$$V_{BM} = E \frac{R_E}{R_B + R_E} = 2.5 \text{ V}$$

$$V_{BM} = V_{BE} + I_E R_E, \quad I_E = 9.5 \text{ mA} = I_C$$

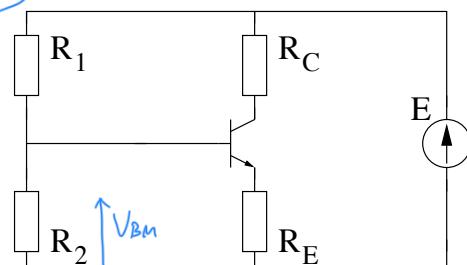
$$E = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E, \quad V_{CE} = 9.3 \text{ V}$$

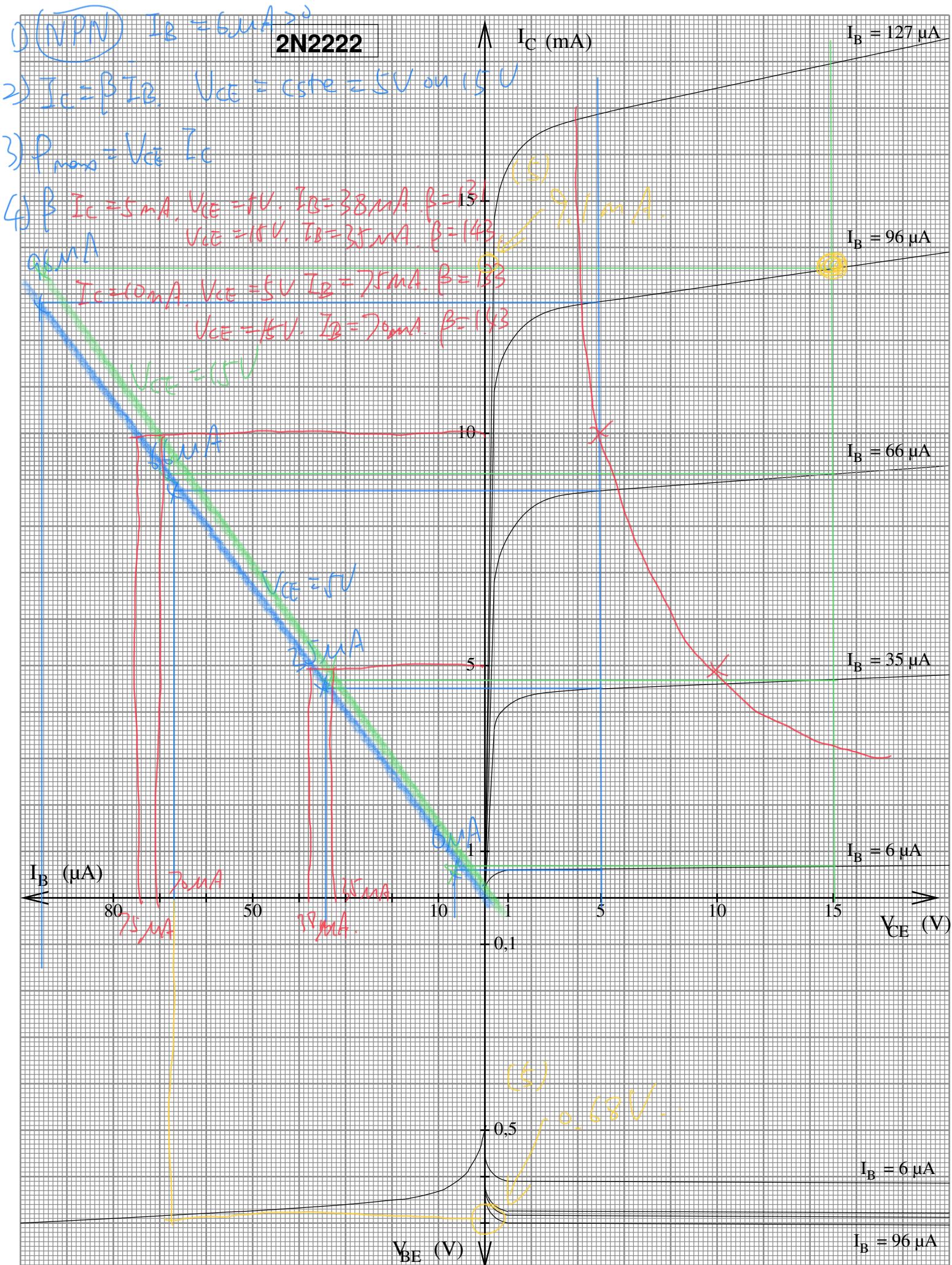
3.3 Montage 3

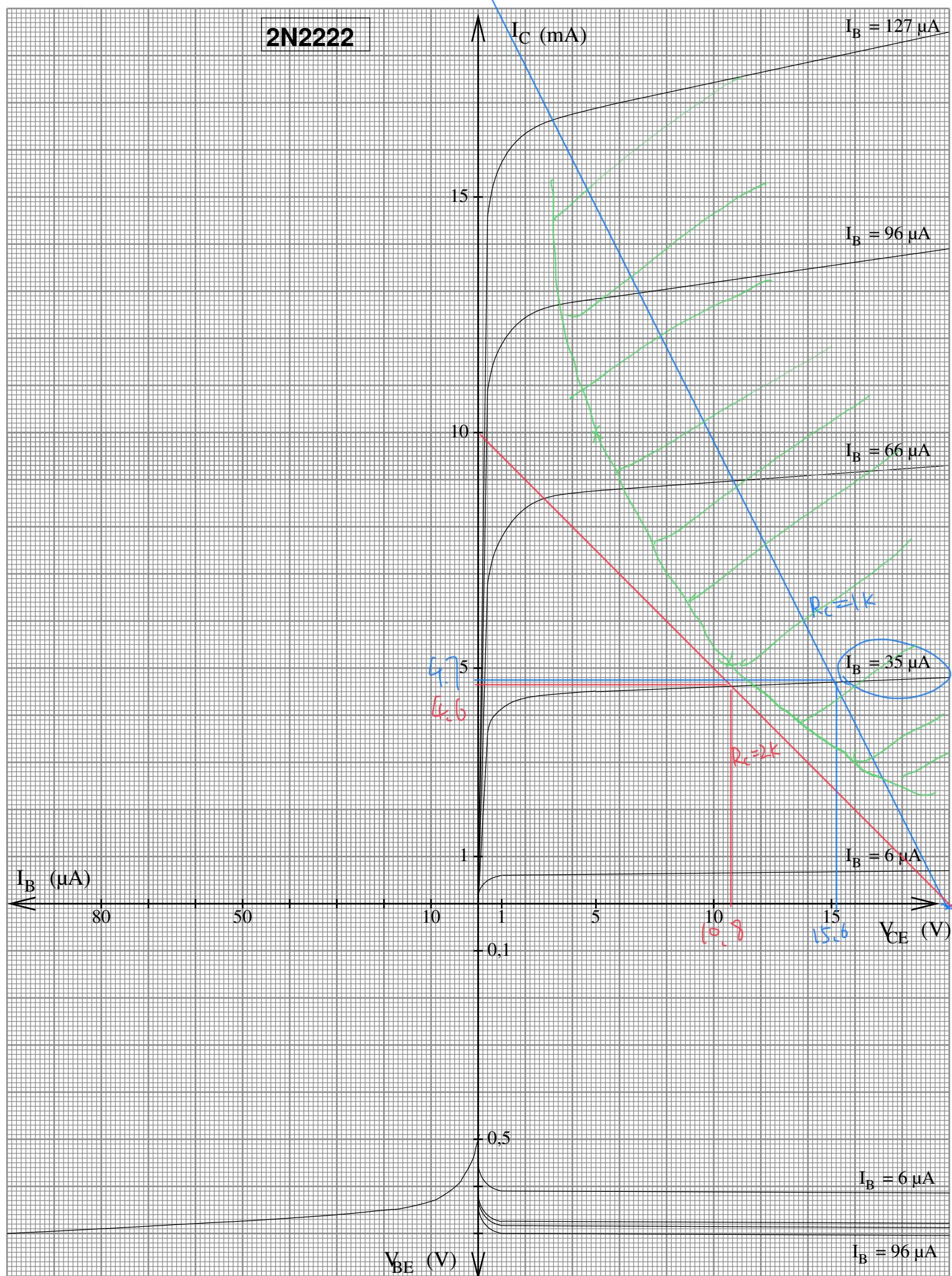
Déterminer le point de fonctionnement du transistor dans le cas de polarisation ci-contre :

On néglige le courant de base devant les courants circulants dans R_1 et R_2 .

On donne $E = 15$ V, $R_1 = 12,5$ k Ω , $R_2 = 2,5$ k Ω , $R_C = 400 \Omega$, $R_E = 200 \Omega$, $V_{BE} = 0,6$ V et $\beta = 200$.







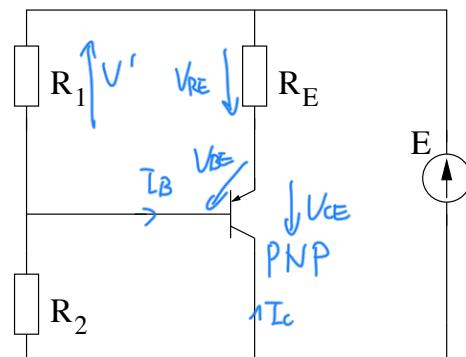
$$V = E \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 5V, V' + U_{RE} + U_{BE} = 0, V' + R_E I_C + U_{BE} = 0$$

3.4 Montage 4 $I_C = -4.4 \text{ mA}$

Déterminer le point de fonctionnement du transistor dans le cas de polarisation ci contre : $V_{CE} = -10.6 \text{ V}$.

On néglige le courant de base devant les courants circulants dans R_1 et R_2 .

On donne $E = 15 \text{ V}$, $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_E = 1000 \Omega$, $V_{BE} = -0.6 \text{ V}$ et $\beta = 150$.



3.5 Montage 5 $R_1 = R_2 \Rightarrow V_{R_1} = V_{R_2}$

On néglige le courant de base devant les courants circulants dans R_1 et R_2 . $V_{BE} = 0 \Rightarrow V_{R_2} = U_{BE} + V_{RE} = V_{RE}$

On donne $E = 15 \text{ V}$, $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_C = 1000 \Omega$, $R_E = 1000 \Omega$. On considère V_{BE} négligeable et $I_C >> I_B$.

$$V_{RE} = R_E I_C$$

Que peut-on dire de U_{R_1} et U_{R_2} ?

En déduire une relation entre V_{CE} et U_{RE} .

$$V_{R_1} = V_{R_2} = V_{RE} = V_{CE} \quad E = R_C(I_C + I_R) + V_{CE} + V_{RE}$$

3.6 Montage 6 $E = R_C \left(\frac{V_{CE}}{R_E} + \frac{V_{CE}}{R_2} \right) + V_{CE} + V_{RE}$

$$V_{CE} = 4.69 \text{ V} \quad I_C = \frac{V_{CE}}{R_E} = 4.69 \text{ mA.}$$

On donne $E = 20 \text{ V}$, $R_E = 100 \Omega$, $V_{BE} = 0.6 \text{ V}$ et $\beta = 200$.

On souhaite polariser le transistor à $V_{CE} = 11 \text{ V}$ et $I_C = 9 \text{ mA}$.

Calculez R_C .

Tracez la droite de charge sur un réseau de caractéristiques.

Placez le point de fonctionnement sur cette droite, en déduire la valeur de I_B .

Calculez R_1 et R_2 pour obtenir le point de fonctionnement souhaité.

$$E = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_C \quad R_C = 900 \Omega$$

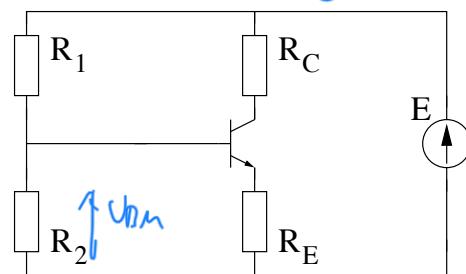
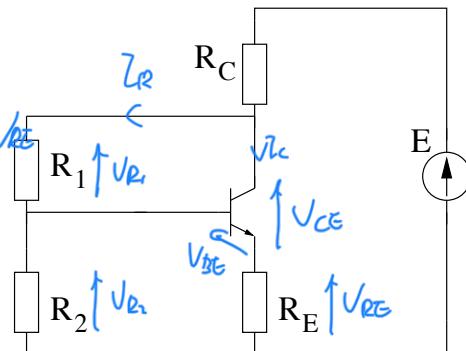
$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = 66 \mu\text{A.}$$

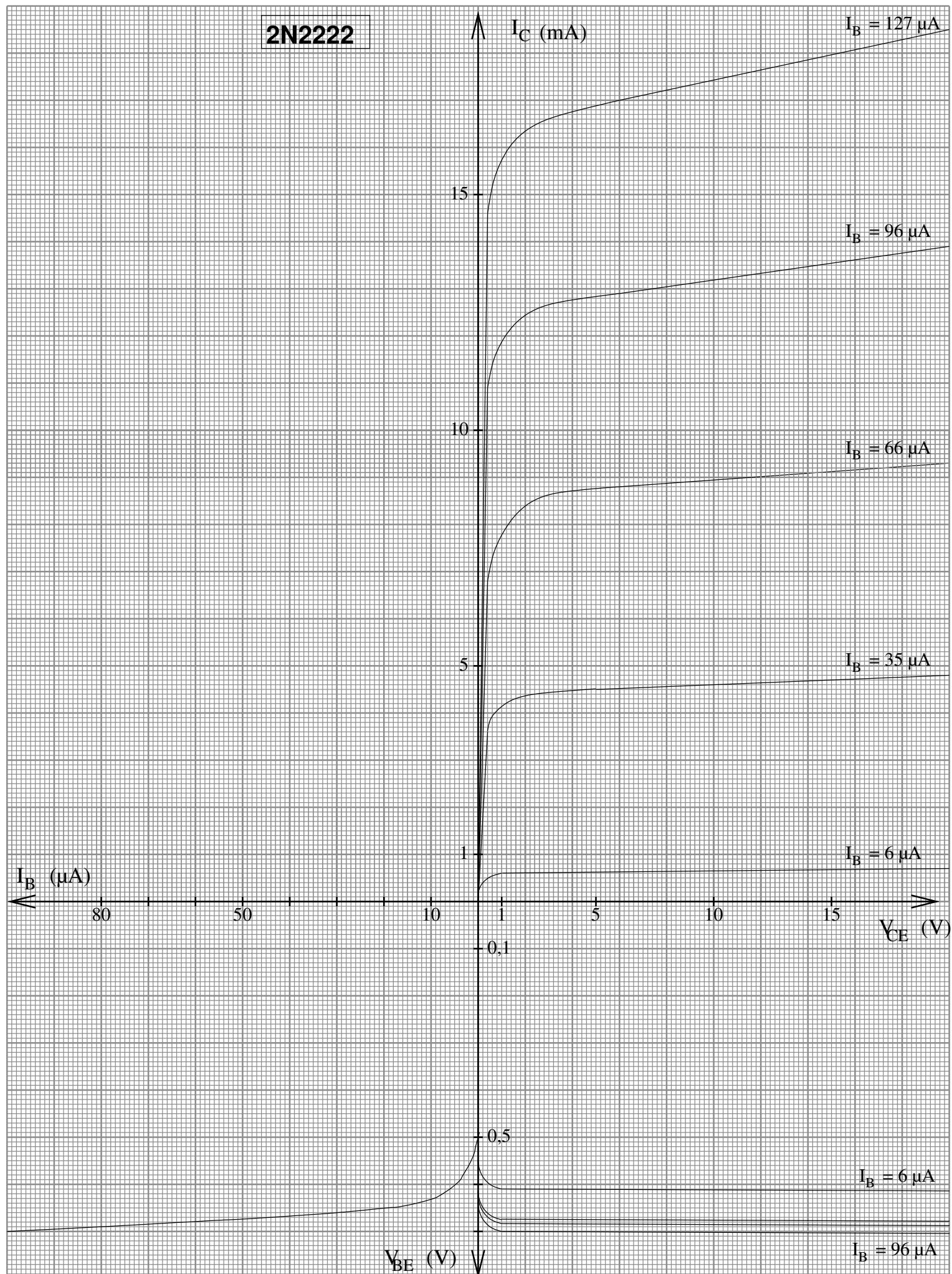
$$I_B \ll I_{R_1} \quad I_B \ll I_{R_2} \Rightarrow I_{R_2} = 20 I_B = 1.33 \text{ mA}$$

$$V_{BM} = V_{BE} + R_E I_C = 1.5 \text{ V}$$

$$R_2 = \frac{V_{BM}}{I_B} = 1.13 \text{ k}\Omega.$$

$$R_1 = \frac{E - V_{BM}}{I_B} = 13.9 \text{ k}\Omega$$

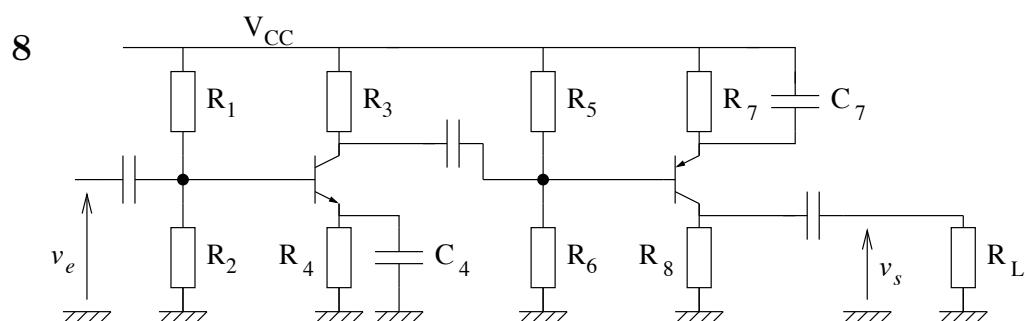
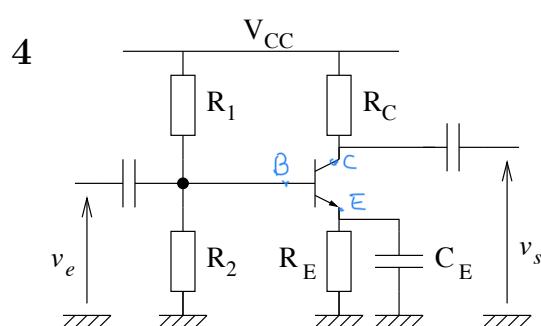
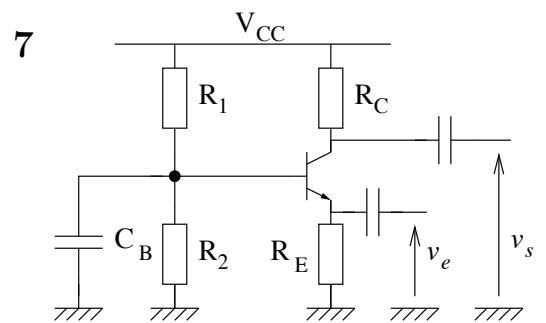
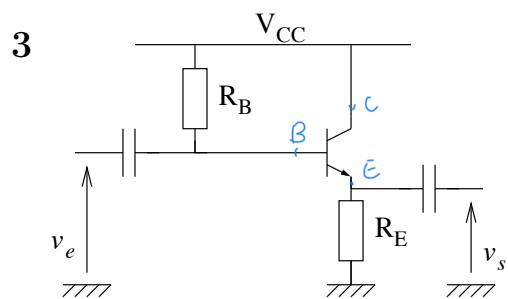
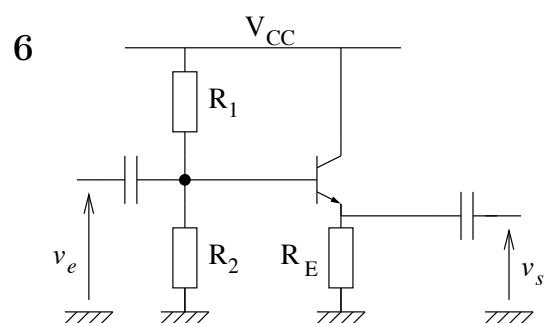
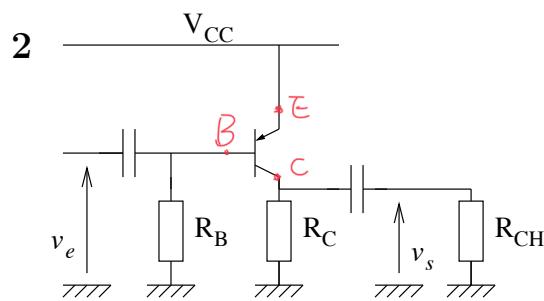
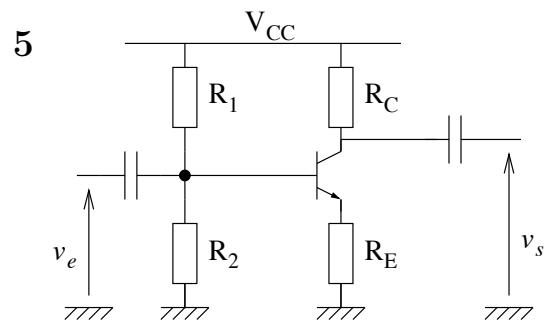
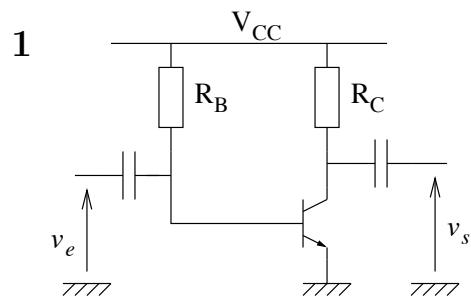




Transistor Bipolaire

Schéma équivalent “petits signaux”

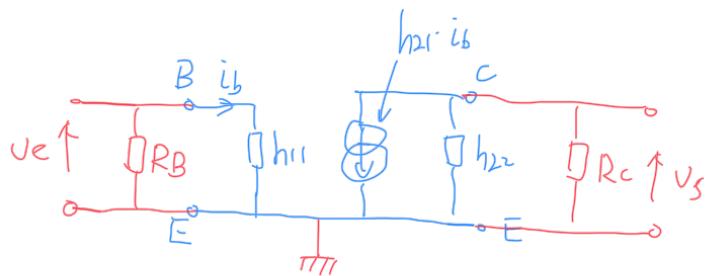
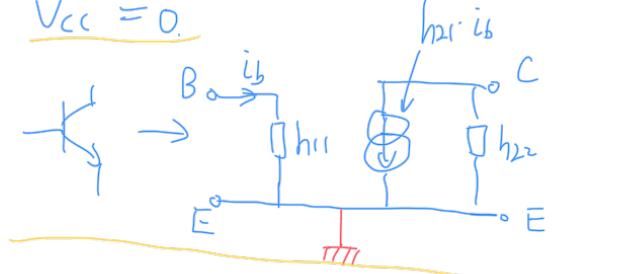
Pour les schémas suivants, dessinez les schémas équivalents dynamiques. On considère que h_{12} est nul et que les condensateurs ont une impédance négligeable aux fréquences de travail. Sur chaque schéma repérez la base, l'émetteur et le collecteur du transistor.



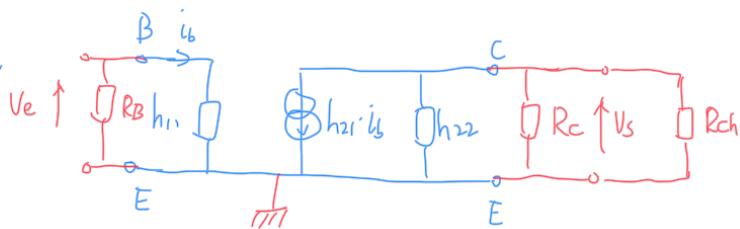
$$1. \quad \text{---} = \text{---}$$

$$V_{CC} = 0.$$

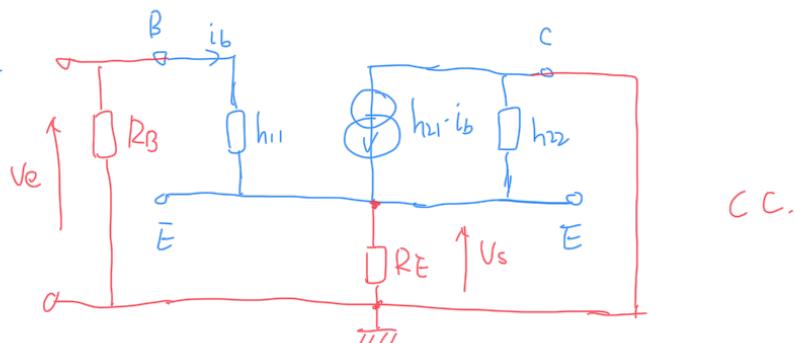
△ PNP/NPN 同一个等效图.



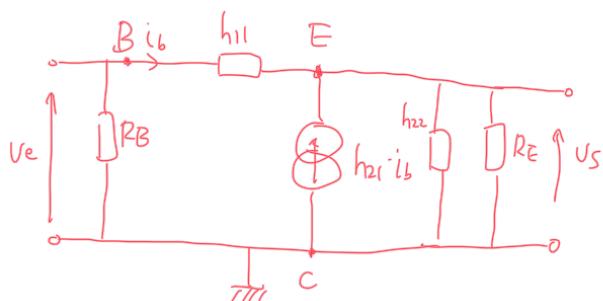
$$2.$$



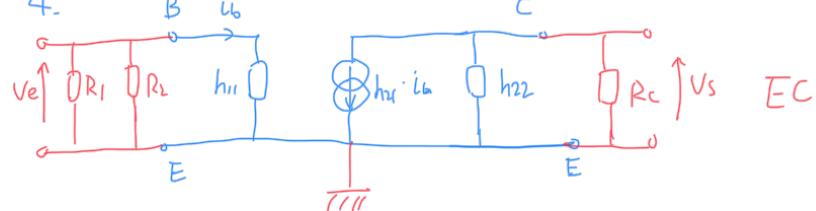
$$3.$$



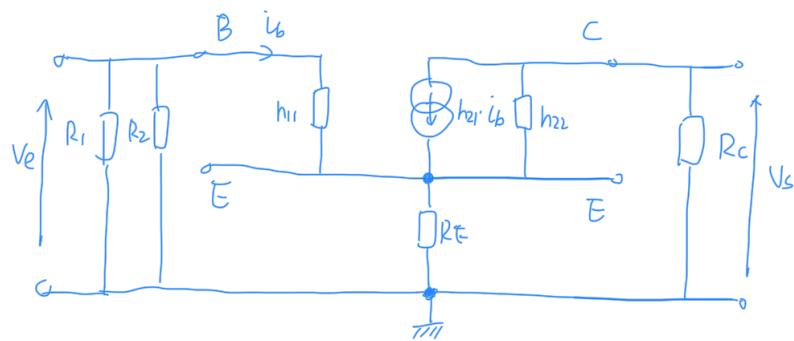
$h_{22}, R_E, h_{21}i_B //$



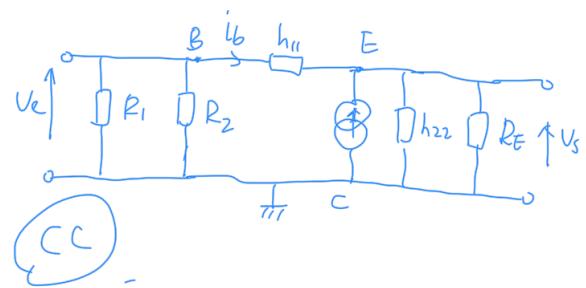
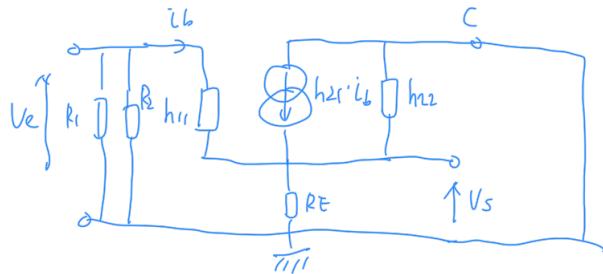
$$4.$$



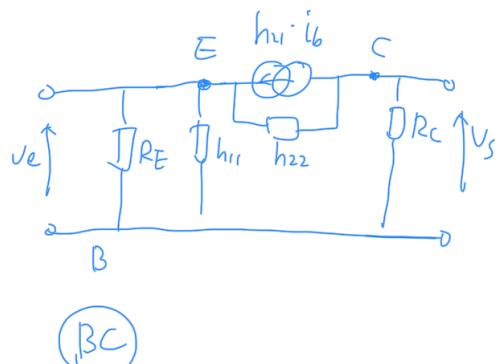
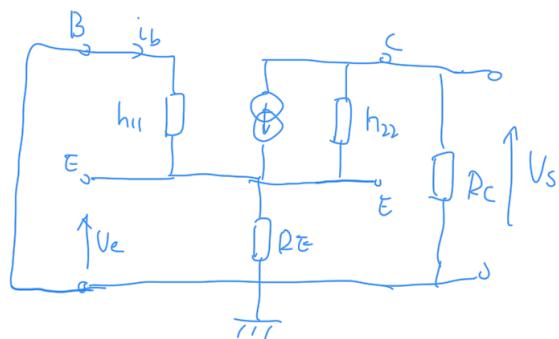
5.



6.

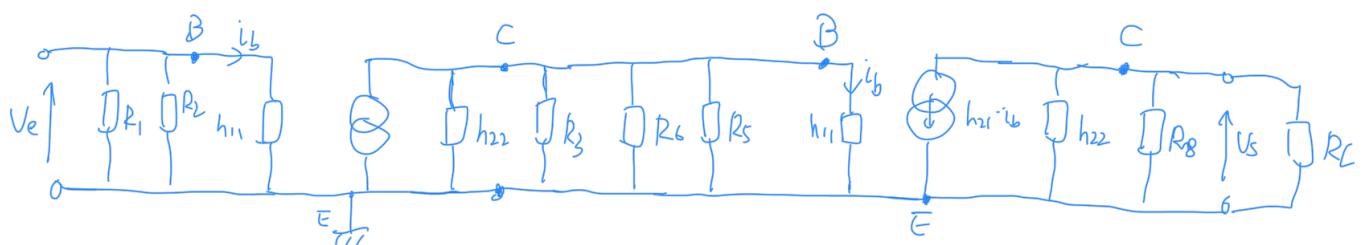


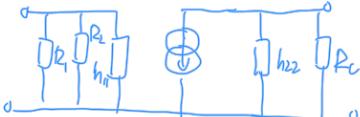
7.



8.

NPN





Transistor Bipolaire

1 Montage émetteur commun

On considère le montage ci-contre, avec $E = 15 \text{ V}$, $R_C = 1 \text{ k}\Omega$ et $R_E = 250 \Omega$.

1.1 Etude dynamique

$V_{ce} = -R_C i_c \Rightarrow i_c = -\frac{1}{R_C} V_{ce}$

1. Dessiner un schéma équivalent au montage, valable en régime dynamique.

On considère l'impédance des condensateurs nulle, $h_{12} = 0$ et $h_{22} = 0$.

Portez i_c et v_{ce} sur ce schéma.

$Z_e = \frac{V_e}{i_e} = R_1 // R_2$ Exprimez i_c en fonction de v_{ce} .

$Z_s = \frac{V_s}{i_s|_{v_{ce}=0}} = R_C$ ($C_b = 0$)

3. Calculer le gain en tension, l'impédance d'entrée et l'impédance de sortie.

1.2 Etude statique

1. Après avoir tracé la droite de charge statique et défini la pente de la droite de charge dynamique, déterminer l'excursion maximale de la tension de sortie dans le cas où les coordonnées du point de fonctionnement sont :

(a) $V_{CE} = 5 \text{ V}$.

(b) $V_{CE} = 10 \text{ V}$.

2. Déterminer maintenant le point de fonctionnement que l'on doit choisir pour obtenir en régime dynamique, une excursion maximale de la tension sans écrêtage.

3. Tracer $I_c = f(I_B)$ pour $V_{CE} = V_{CE0}$ puis déterminer le courant de base pour le point de repos.

4. Déterminer la valeur des résistances R_1 et R_2 permettant d'obtenir ce point de fonctionnement. On négligera I_B devant I_C . $V_{BE} = 0,6 \text{ V}$.

5. Déterminer autour du point de fonctionnement déterminé en 3, les valeurs des paramètres hybrides du transistor.

1.3 Montage charges réparties

On considère maintenant le montage sans le condensateur C_E .

Reprendre l'étude précédente et comparer les résultats. On négligera le terme h_{12} .

2 Montage collecteur commun

On considère le montage ci-contre, avec $E = 15 \text{ V}$ et $R_E = 2 \text{ k}\Omega$.

2.1 Schéma "petits signaux"

1. Dessiner un schéma équivalent au montage, valable en régime dynamique. On considère l'impédance des condensateurs nulle, $h_{12} = 0$ et $h_{22} = 0$. Portez i_c et v_{ce} sur ce schéma.

2. En déduire l'équation liant v_{ce} et i_c (On néglige i_b). $i_c \gg i_b$ $V_{ce} = -V_s$

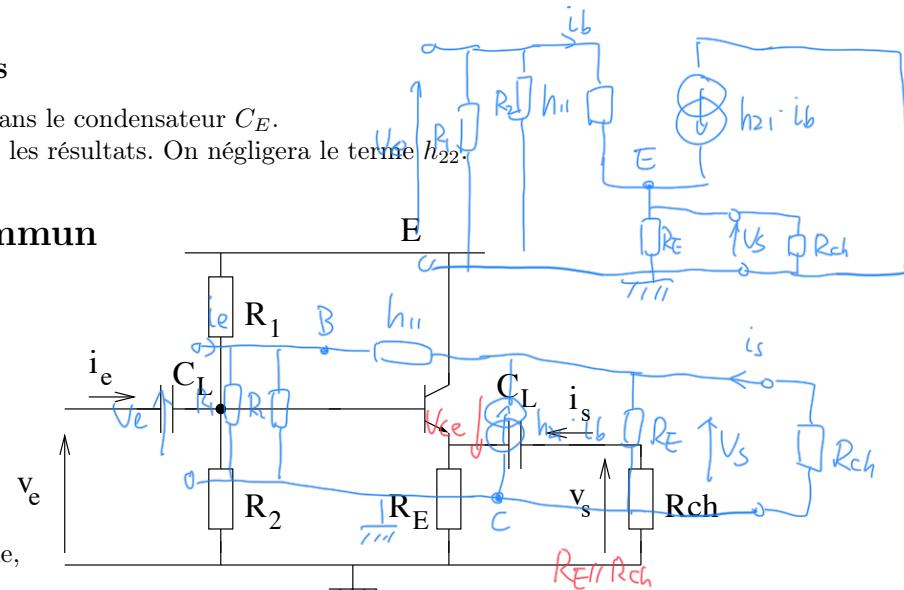
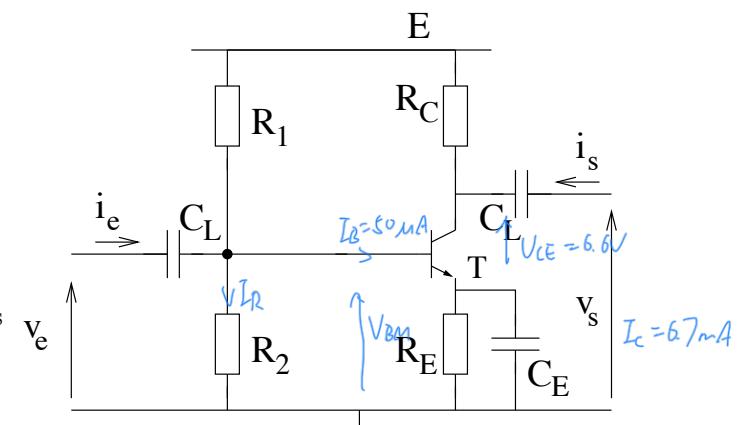
Quelle est la pente de la droite de charge dynamique ?

2.2 Etude statique

1. Tracer la droite de charge statique.

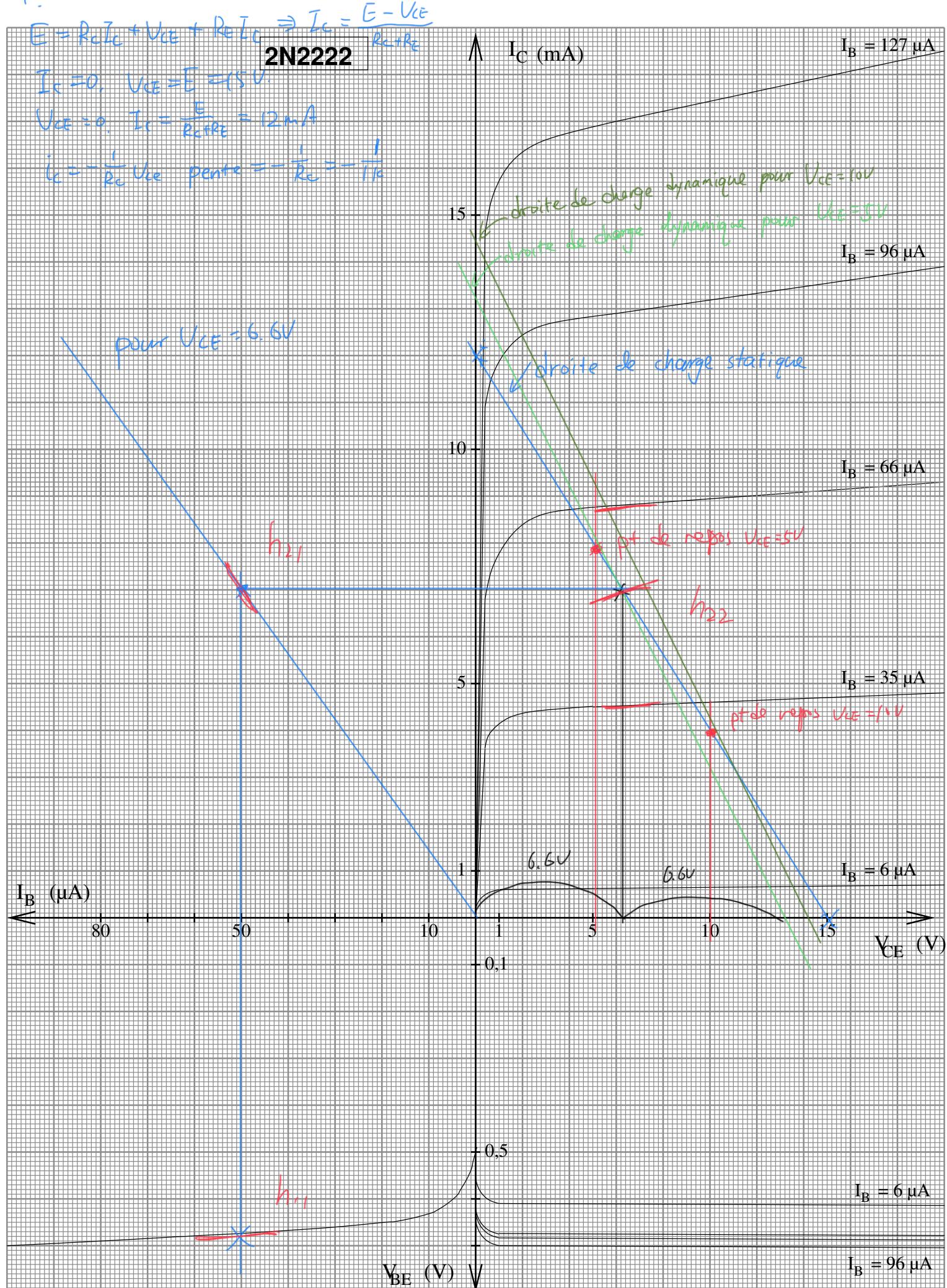
2. Déterminer le point de repos que l'on doit choisir pour obtenir une excursion maximale de la tension de sortie sans écrêtage avec une résistance R_{ch} de $2 \text{ k}\Omega$.

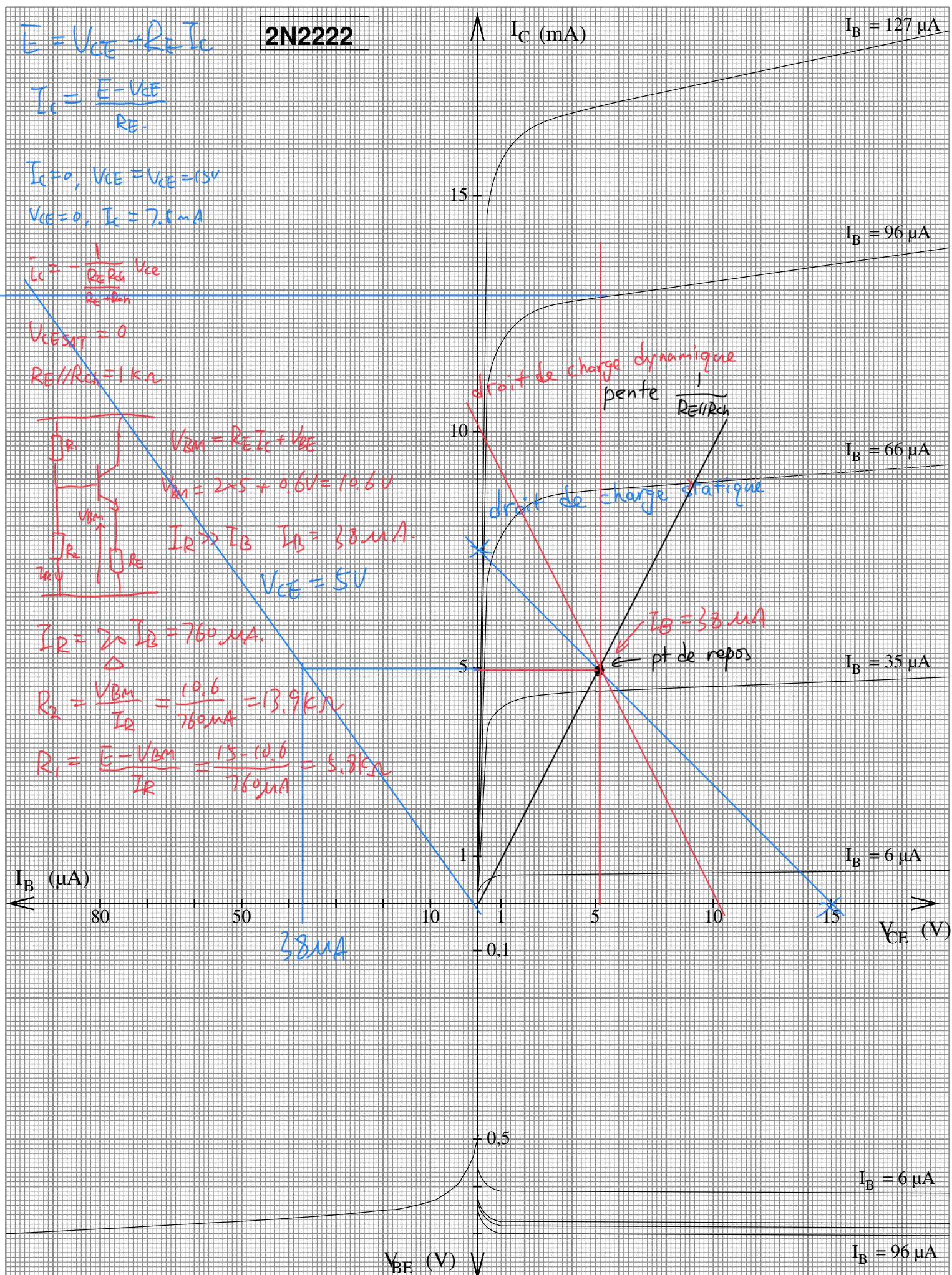
3. Déterminer la valeur des résistances R_1 et R_2 permettant d'obtenir ce point de fonctionnement. On négligera I_B devant I_C . $V_{BE} = 0,6 \text{ V}$.



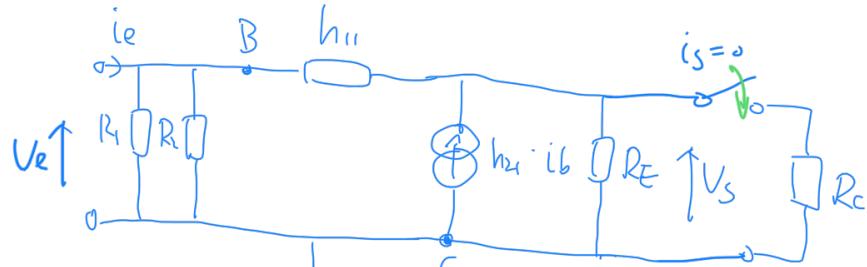
$$V_{ce} = -(R_E/R_{ch}) i_c$$

$$i_c = -\frac{1}{R_E + R_{ch}} V_{ce}$$





2.3



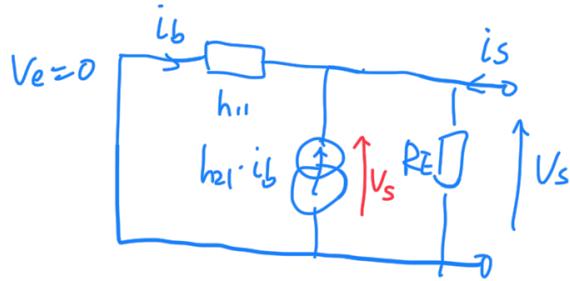
suiveur

$$A_{vch} = \frac{(R_E / R_{ch})(1 + h_{21})}{h_{11} + (R_E / R_{ch})(1 + h_{21})} = 1$$

$$A_v = \frac{V_s}{V_e} = \frac{R_E(1+h_{21})i_b}{h_{11}i_b + (1+h_{21})i_b R_E} = \frac{R_E(1+h_{21})}{h_{11} + (1+h_{21})R_E} \approx 1$$

$V_s = V_e \rightarrow$ montage suiveur

$$Z_e = \frac{V_e}{i_e} = \frac{V_e}{I_{R_1} + I_{R_2} + i_b} = \frac{V_e}{\frac{V_e}{R_1} + \frac{V_e}{R_2} + \frac{V_e}{h_{11} + R_E(1+h_{21})}} = R_1 \parallel R_2$$



$$V_s = -h_{11} \cdot i_b, \quad i_b = -\frac{V_s}{h_{11}}$$

$$V_s = R_E [(1+h_{21})i_b + i_s] \leftarrow$$

$$Z_s = \frac{V_s}{i_s} \Big|_{V_e=0} = \frac{R_E h_{11}}{h_{11} + R_E(1+h_{21})} = \frac{h_{11}}{h_{21}} = 4.6 \Omega$$

2.3 Etude dynamique

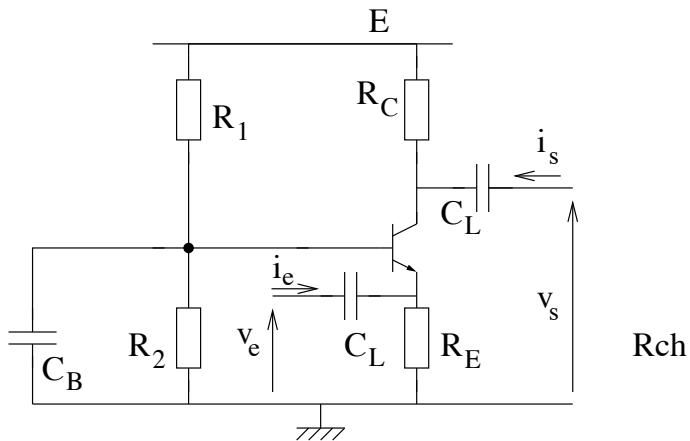
On considère $h_{11} = 600\Omega$ et $h_{21} = 1250$.

1. Calculer le gain en tension, l'impédance d'entrée et l'impédance de sortie à vide.
2. Calculer le gain en tension avec la charge.

3 Montage base commune

Le montage ci-contre est alimenté sous $E = 15 \text{ V}$. On désire obtenir un point de repos défini par $I_C = 10 \text{ mA}$ et $V_{CE} = 7,5 \text{ V}$ pour lequel on détermine les paramètres hybrides du transistor suivants : $h_{11} = 1250 \Omega$, $h_{12} = 0$, $h_{21} = 250$ et $h_{22} = 0$.

1. Dessiner un schéma équivalent au montage, valable en régime dynamique (schéma "petits signaux").
- On considère l'impédance des condensateurs nulle.



2. Exprimez le gain en tension.

3. Déterminer les valeurs des résistances R_C et R_E pour que le transistor soit polarisé au point de fonctionnement choisi et pour que le gain en tension soit égal à +100.

4. Déterminer la valeur des résistances R_1 et R_2 permettant d'obtenir ce point de fonctionnement.

On donne $R_1 + R_2 = 10 \text{ k}\Omega$. On négligera I_B devant I_C et I_B devant le courant de pont (dans R_1 et R_2) $V_{BE} = 0,6 \text{ V}$.

5. Calculer l'impédance d'entrée et l'impédance de sortie.

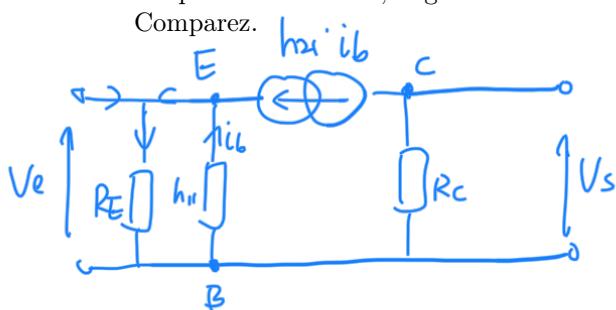
$$A_i = -\frac{R_C}{R_C + R_{ch}}$$

On considère le montage chargé par une résistance R_{ch} de $1 \text{ k}\Omega$. Calculer le gain en courant.

4 Comparaison

Présenter dans un tableau pour les trois montages : le gain en tension, l'impédance d'entrée, l'impédance de sortie, le gain en courant et le gain en puissance.

Comparez.



$$2) A_v = \frac{V_o}{V_e} = \frac{-R_C \cdot h_{11} \cdot i_b}{-h_{11} \cdot i_b} = R_C \cdot \frac{h_{21}}{h_{11}}$$

$$3) R_C = \frac{A_v h_{11}}{h_{21}} = \frac{100 \times 1250}{250} = 500 \Omega$$

$$E = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_C$$

$$R_E = \frac{E - V_{CE}}{I_C} - R_C = 250 \Omega$$

$$4) V_{BE} = V_{BE} + R_E I_C = 0.6 + 0.25 \times 10 = 3.1 \text{ V} \quad \text{pour } 2s, \quad V_e = 0, \quad i_b = 0, \quad Z_s = R_C$$

$$Z_R = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{15}{10k} = 1.5 \text{ mA}$$

$$R_2 = \frac{V_{BE}}{I_R} = 2.1 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = \frac{E - V_{BE}}{I_R} = 7.9 \text{ k}\Omega$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{I_C}{h_{21}} = 40 \text{ mA}$$

$$20 I_B = 0.8 \text{ mA} \ll I_R = 1.5 \text{ mA}$$

$$5) Z_e = \frac{V_e}{i_e} = \frac{V_e}{Z_{RE} - (1+h_{11})i_b}$$

$$= \frac{V_e}{\frac{V_e}{R_E} - (1+h_{11}) \left(\frac{-V_e}{h_{11}} \right)} = \frac{h_{11}}{h_{21}} = 5 \Omega$$

4.

EC

CC

BC

 Z_e

$$h_{11} // R_1 // R_2 \approx h_{11}$$

$\approx 1 \text{ k}\Omega$

$$\approx R_1 // R_2$$

$10\text{k}\Omega$

$$\frac{h_{11}}{h_{21}}$$

faible
 5Ω

 A_V

$$-R_C \frac{h_{21}}{h_{11}} \quad (100 \sim 300)$$

$100 \sim 300$

$$+ \frac{R_C h_{21}}{h_{11}} \quad (100 \sim 300)$$

 Z_s

$$R_C \quad \text{K}\Omega$$

$$\frac{h_{11}}{h_{21}} \quad \text{faible}$$

5Ω

$$R_C \quad \text{K}\Omega$$

Amplifier tension

Z_e fort
 Z_s faible
 A_i fort

Amplifier tension

 $\triangle Z_e$ faible $(HF, f > 100\text{kHz})$

