

Centre universitaire Maghnia - Faculté de technologie

2ème année Licence Télécom

Module : Electronique Fondamentale 1

Dr.Guenineche L

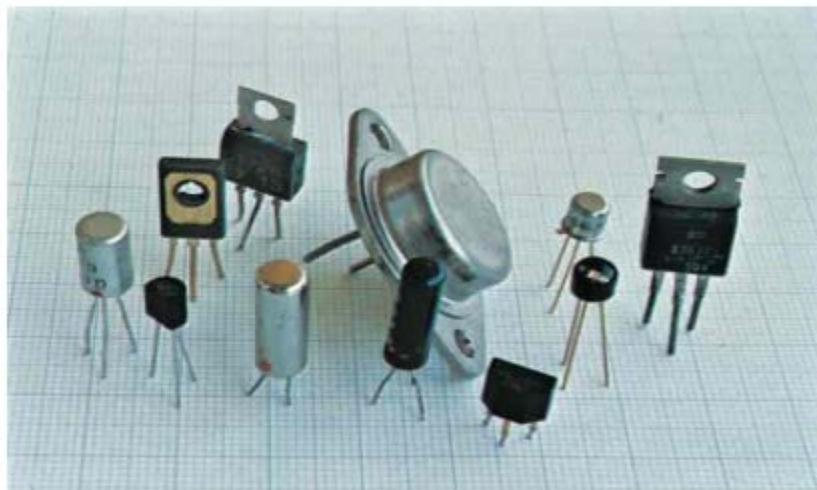
Chapitre 5

Les transistors bipolaires

Définition

Le transistor est l'élément de base de tous les composants électroniques allant d'un petit amplificateur jusqu'aux circuits intégrés. C'est l'union de deux diodes dont l'une est polarisée en directe et l'autre en inverse pour assurer le fonctionnement normal du transistor. Il est dit

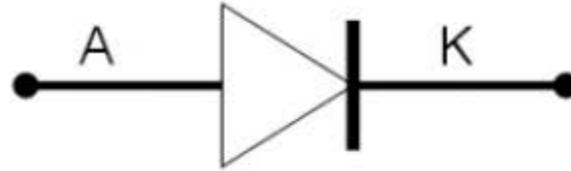
bipolaire parce que la conduction électrique est faite par électrons et les trous. L'étude statique est faite pour imposer le type de fonctionnement du transistor à partir de la position du point de repos. L'étude dynamique est faite



par la détermination des paramètres électriques : l'impédance d'entrée, l'impédance de sortie, le gain de tension et de courant. Les valeurs de ces grandeurs déterminent les caractéristiques du transistor et par suite ses applications.

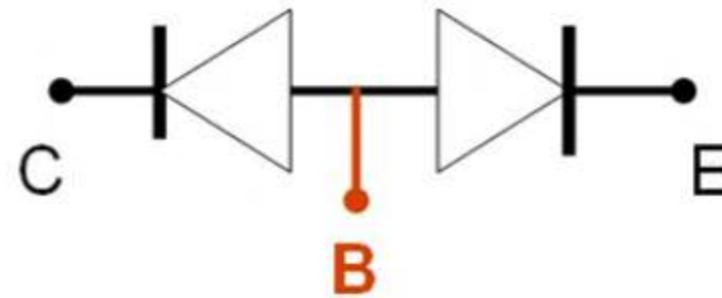
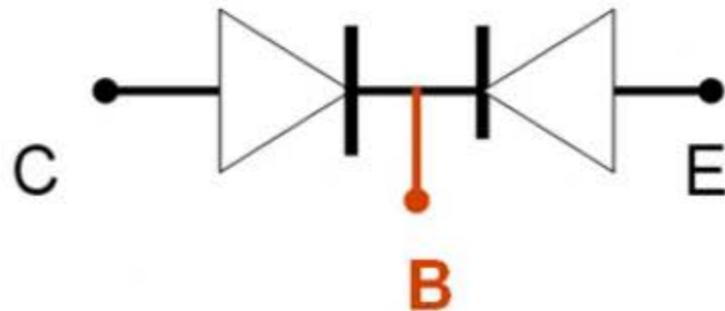
L'anatomie d'un transistor bipolaire

La diode possède deux bornes : l'anode notée A et la cathode notée K.



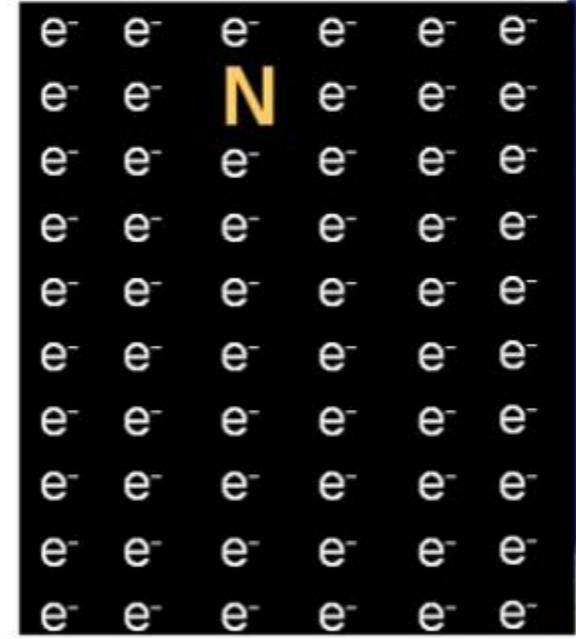
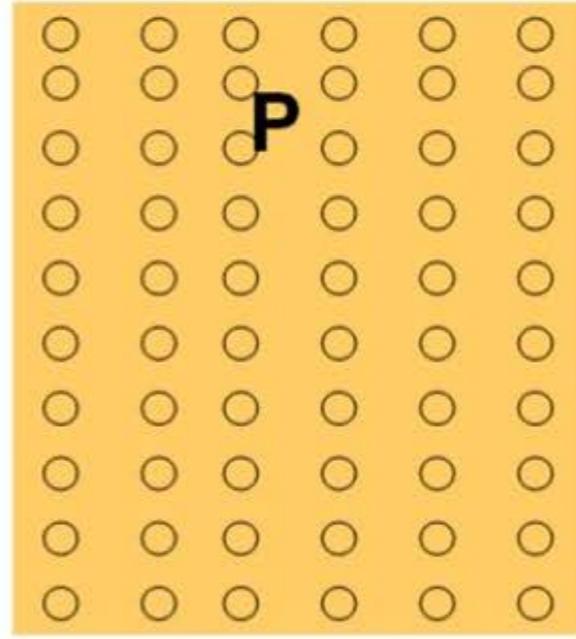
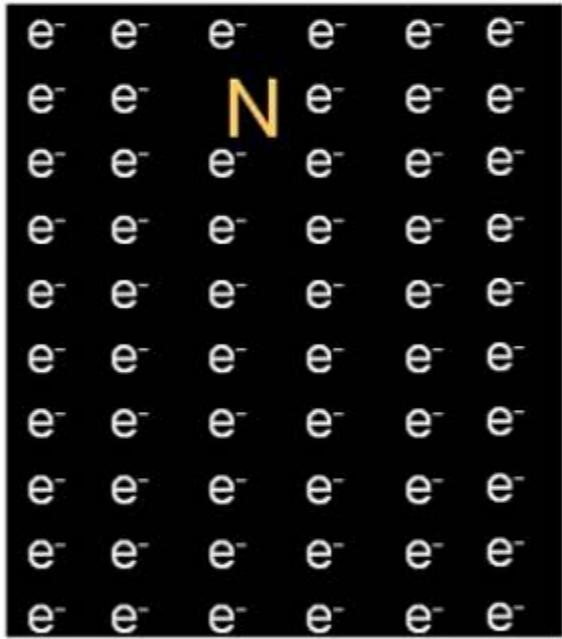
Le transistor résulte de la juxtaposition de deux jonctions PN (deux diodes)
(tri-ode pour trois bornes ou trois connecteurs).

2 possibilités



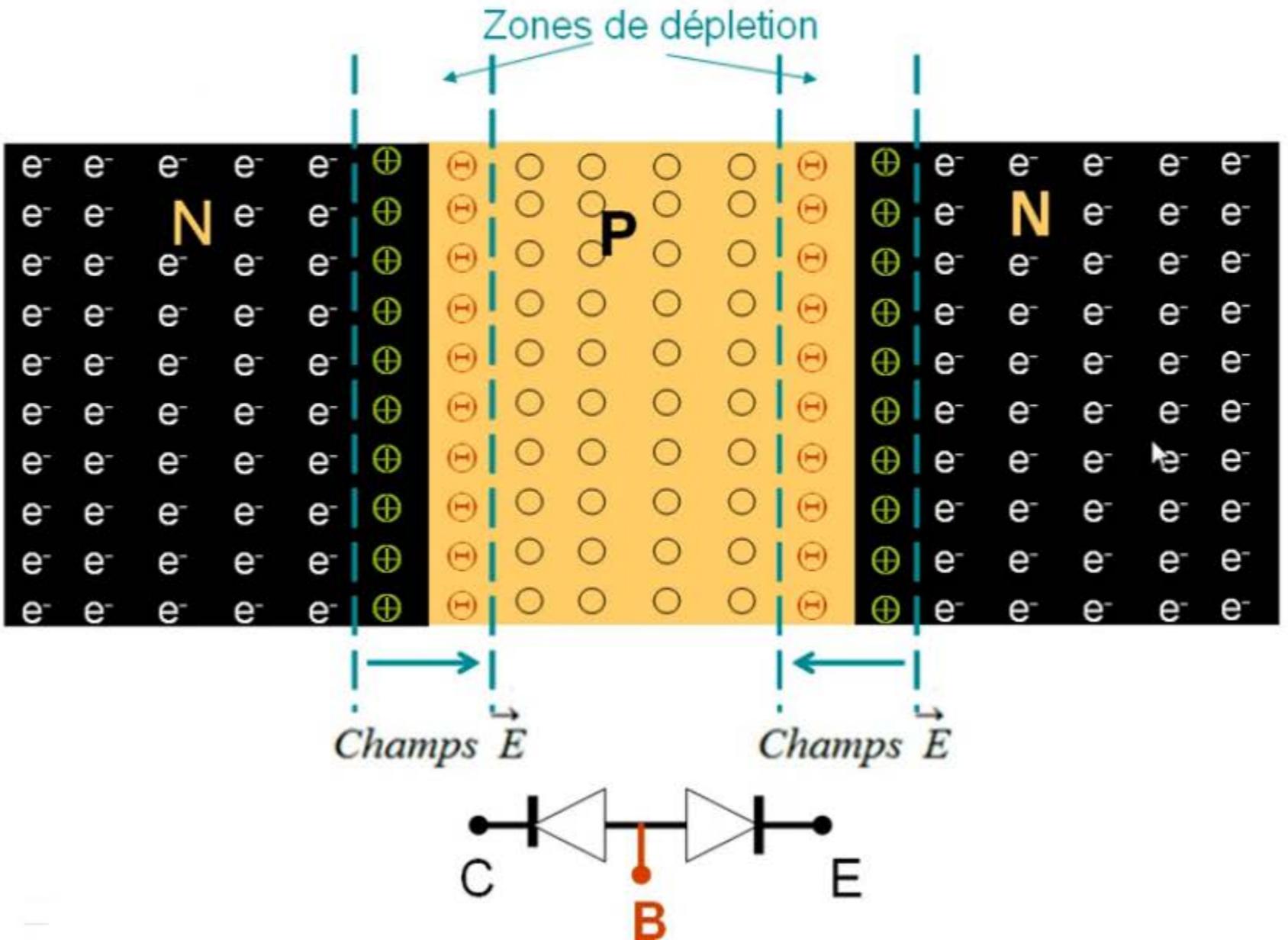
↳ Fonctionnement d'un transistor bipolaire →

a) Le transistor n'est pas branché dans le circuit :



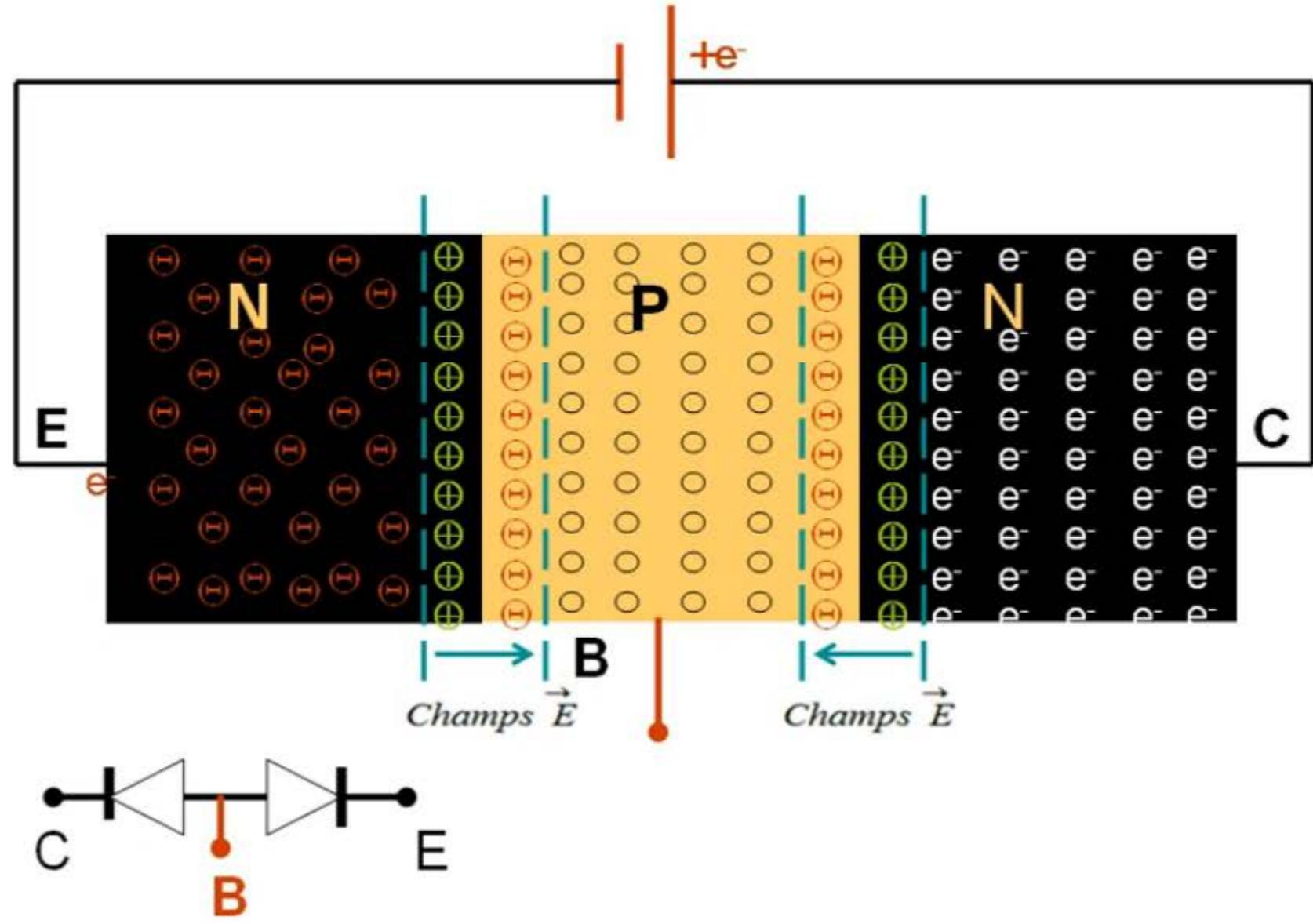
↳ Fonctionnement d'un transistor bipolaire →

a) Le transistor n'est pas branché dans le circuit :



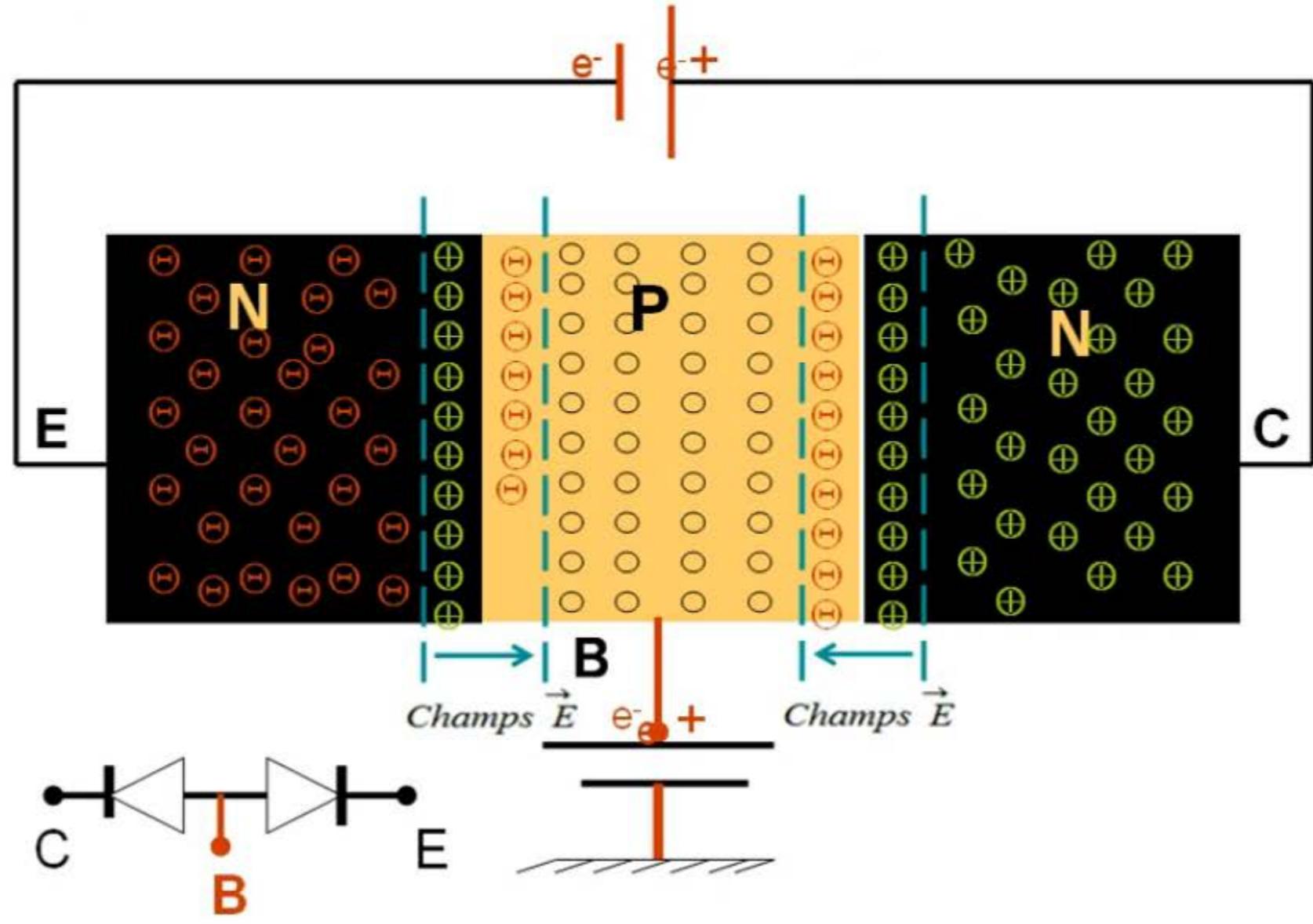
↳ Fonctionnement d'un transistor bipolaire →

b) Le transistor est branché dans le circuit :



↳ Fonctionnement d'un transistor bipolaire →

b) Le transistor est branché dans le circuit :



Types de transistors bipolaire

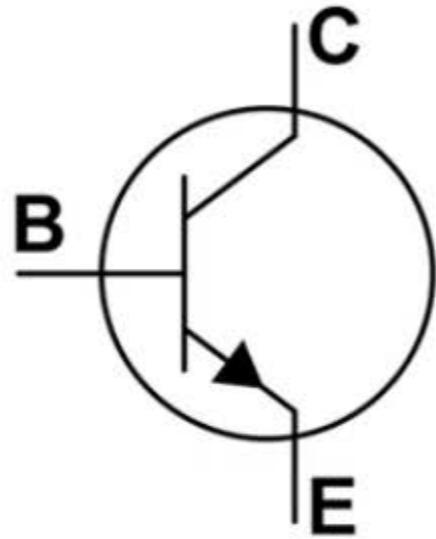


Transistor PNP

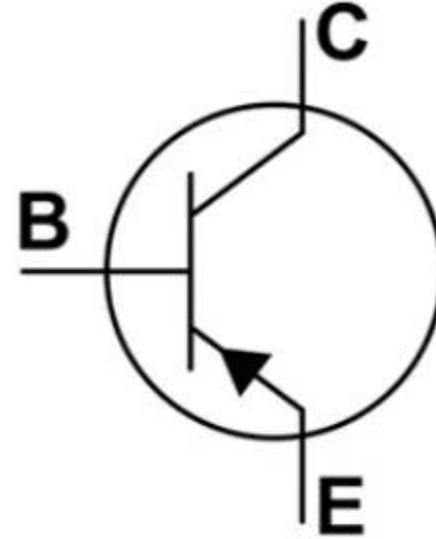


Transistor NPN

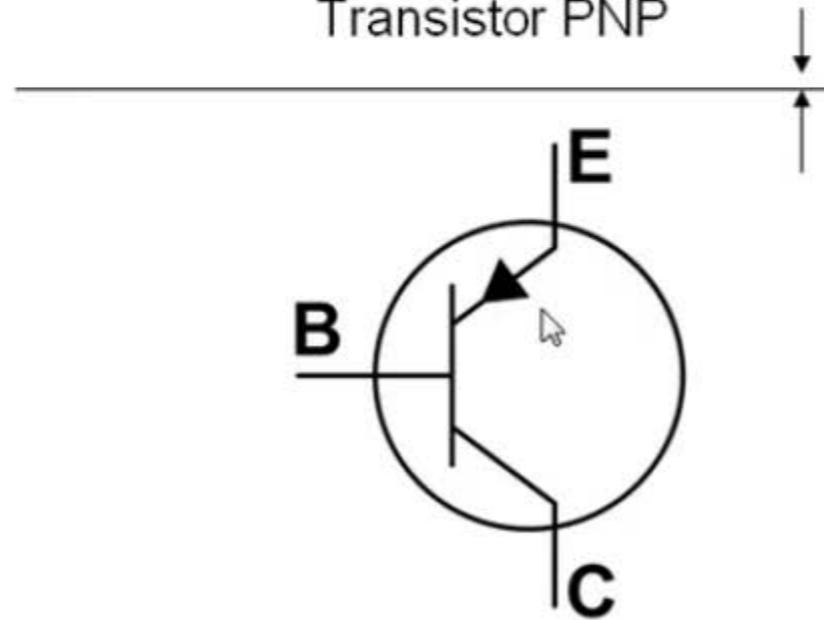
Symbole d'un transistor bipolaire



Transistor NPN

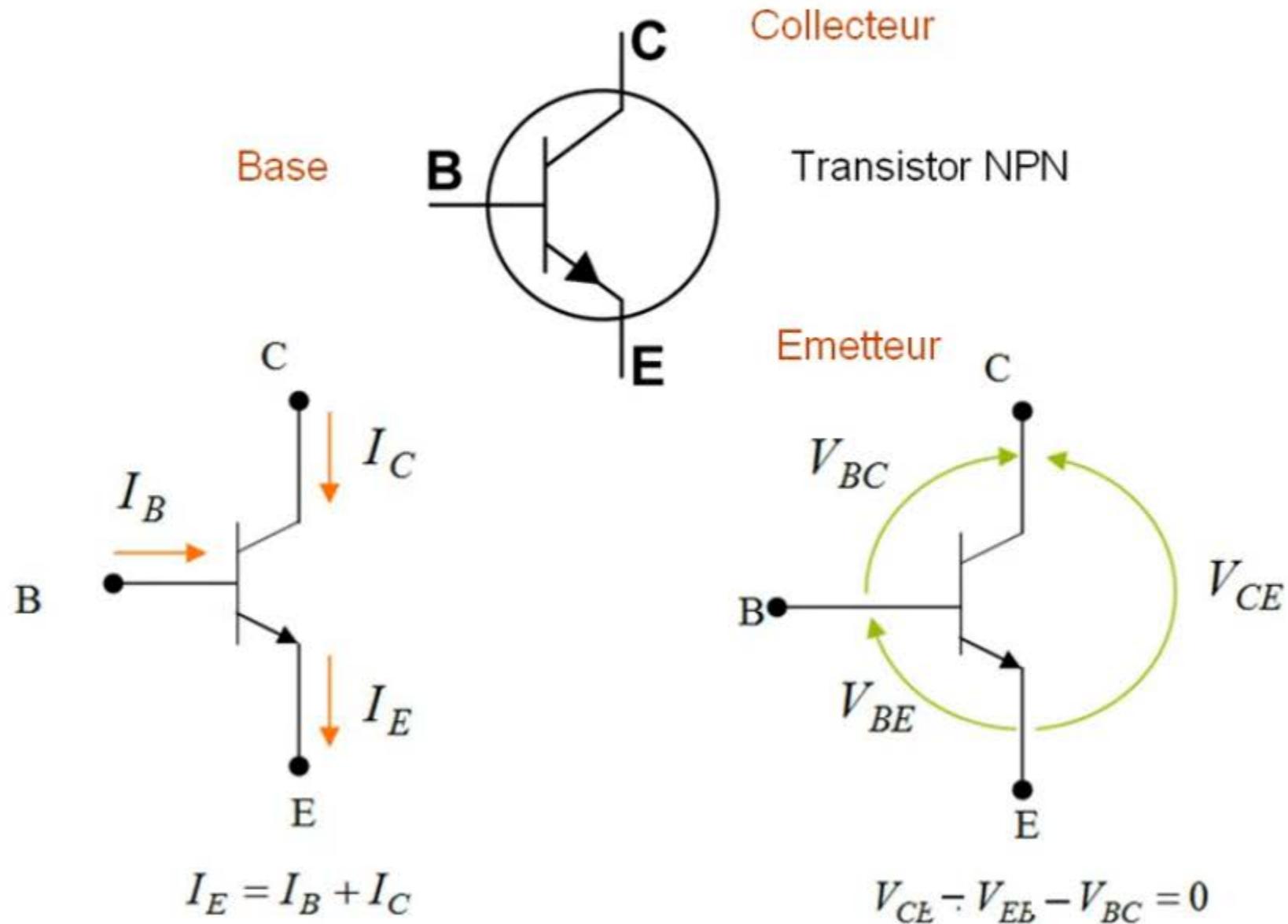


Transistor PNP

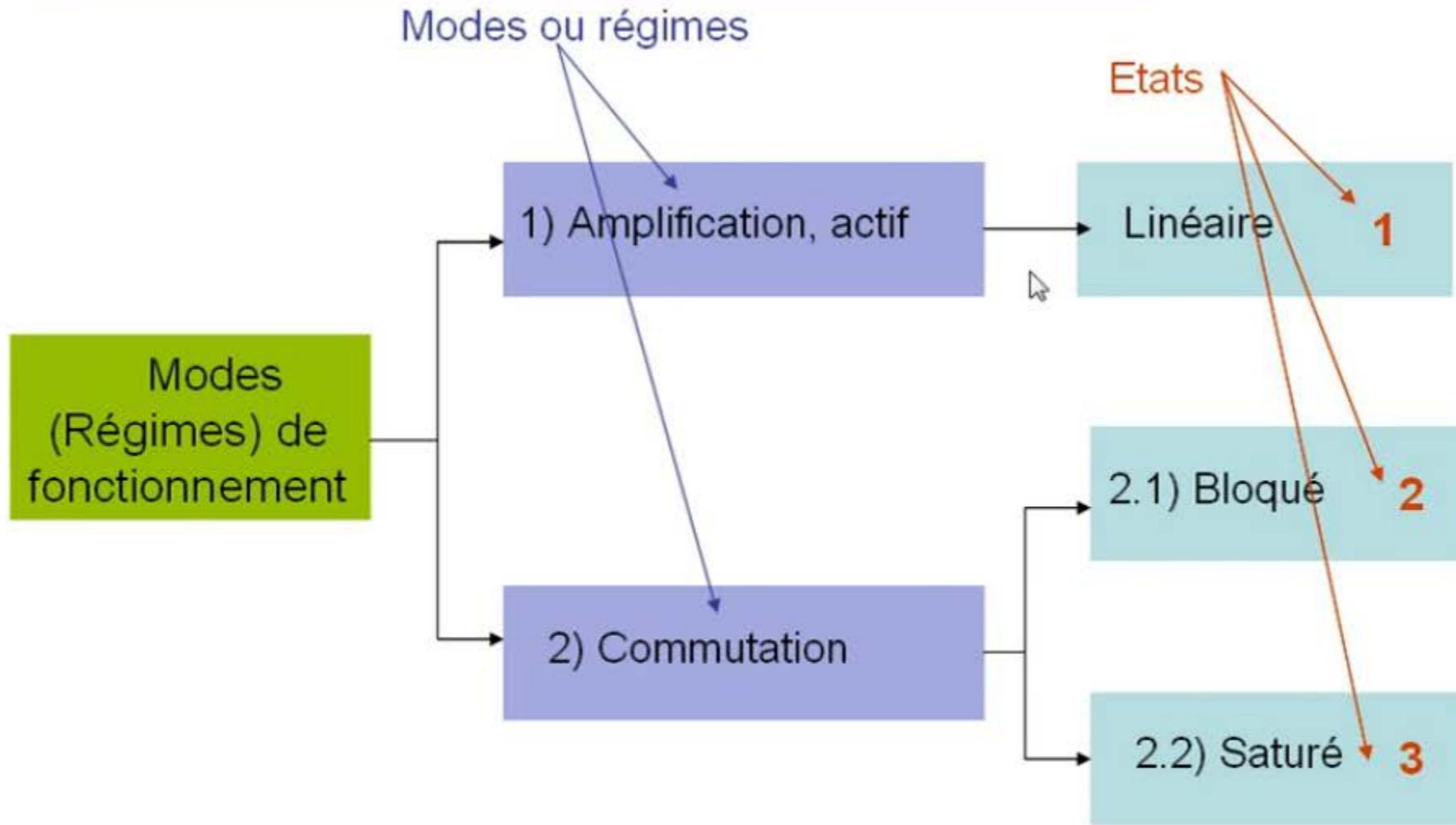


Modes et états de fonctionnement d'un transistors

Les paramètres d'un transistors bipolaire



Modes et états de fonctionnement d'un transistors



Modes et états de fonctionnement d'un transistors

Modes (Régimes) de fonctionnement

1) Amplification, actif

Linéaire

Le courant dans le collecteur est proportionnel à celui de la base

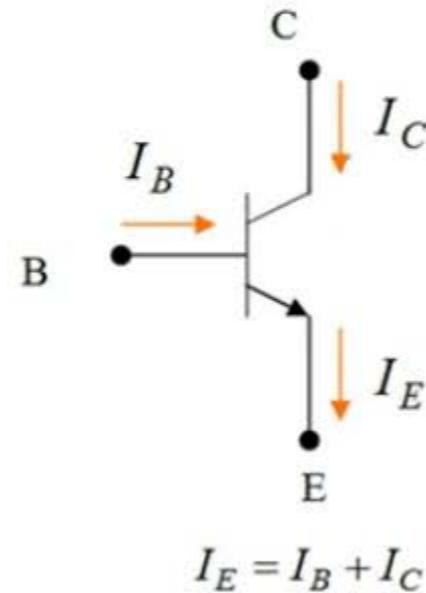
Le courant dans le collecteur est une amplification de celui de la base

$$I_C = \beta I_B \quad \dots\dots(\text{equ1})$$

Est le gain ou facteur d'amplification

$$I_C = \alpha I_E \quad \dots\dots(\text{equ2})$$

$$50 \leq \beta \leq 1000$$



Modes et états de fonctionnement d'un transistors

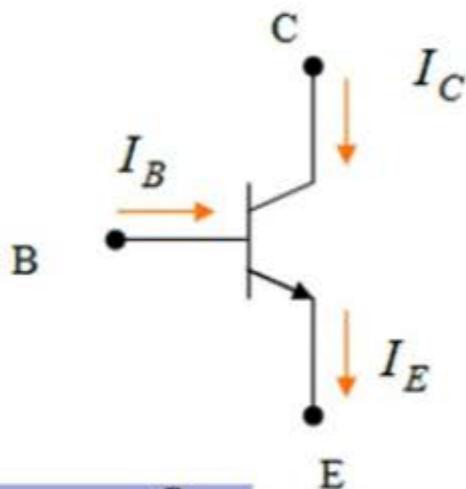
Modes (Régimes) de fonctionnement

1) Amplification, actif

Linéaire

Relation entre les deux gains β et α

Pages 5 et 6 du cours



$$I_E = I_B + I_C$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$\frac{I_C}{\beta} = I_B$$

$$\frac{I_c}{\alpha} = \frac{I_c}{\beta} + I_c$$

$$I_C = \alpha I_E$$

$$\frac{I_C}{\alpha} = I_E$$

$$\alpha = \frac{\beta}{1 + \beta}$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\beta} + 1$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\beta} + \frac{\beta}{\beta} = \frac{1 + \beta}{\beta}$$

$$50 \leq \beta \leq 1000$$

$$0,98 \leq \alpha \leq 0,999$$

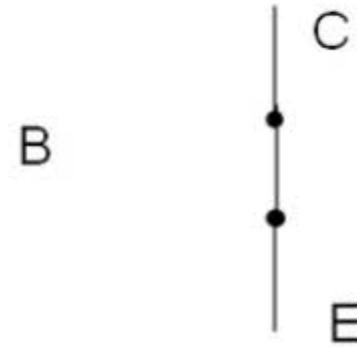
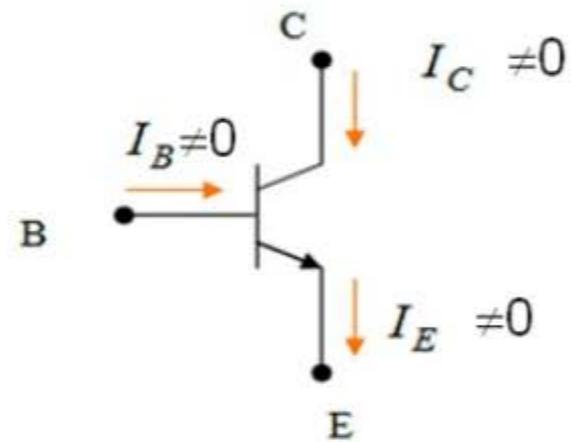
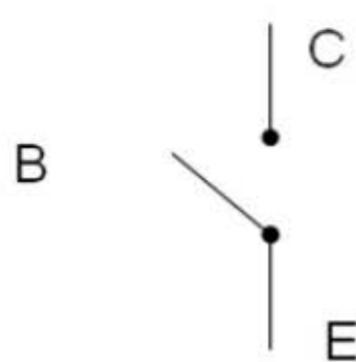
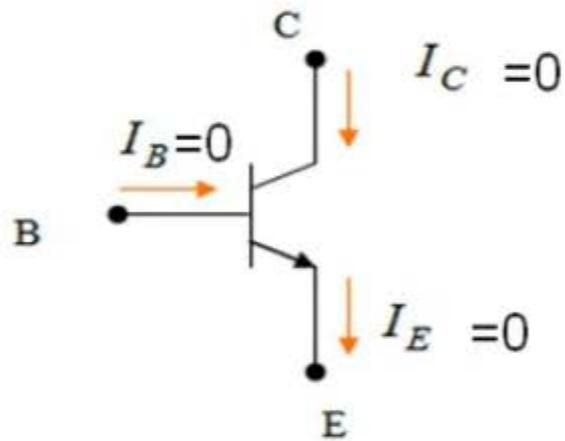
Modes et états de fonctionnement d'un transistors

Modes (Régimes)
de fonctionnement

2) Commutation

2.1) Bloqué

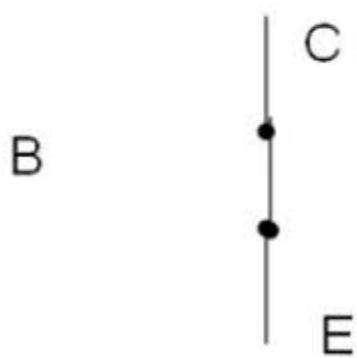
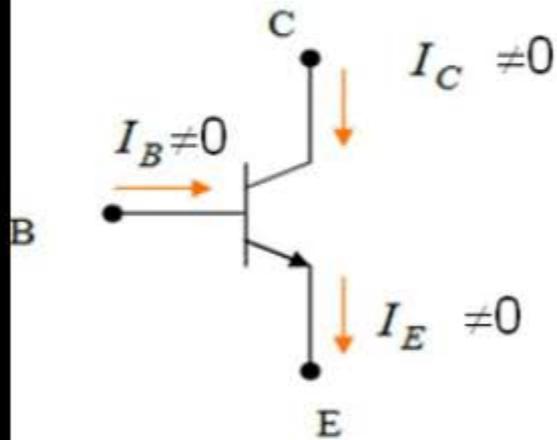
2.2) Saturé



$$I_C \neq \beta \cdot I_B$$

Modes et états de fonctionnement d'un transistors

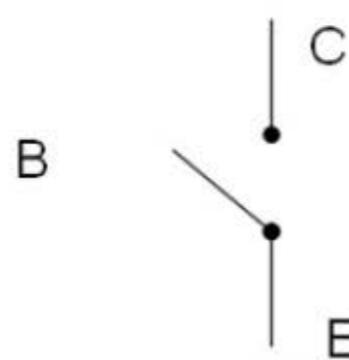
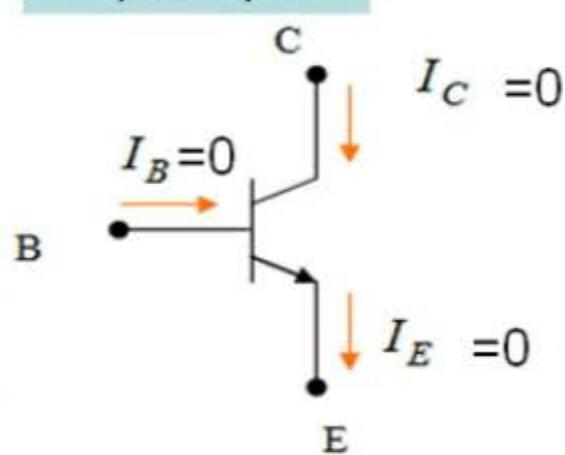
1) linéaire, actif, amplification



$$I_C = \beta \cdot I_B$$

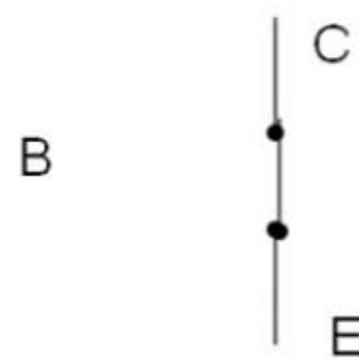
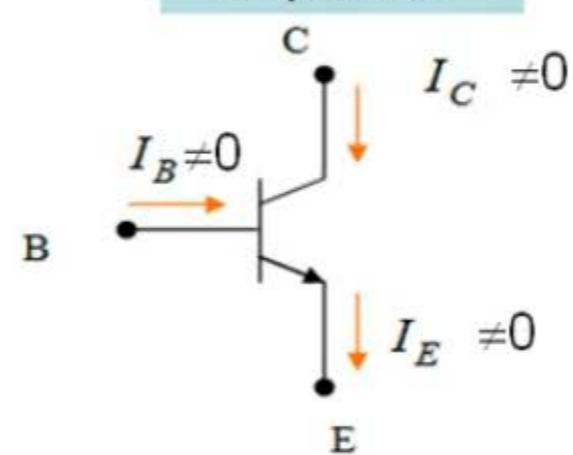
2) Commutation

2.1) Bloqué



$$I_C = I_E = 0$$

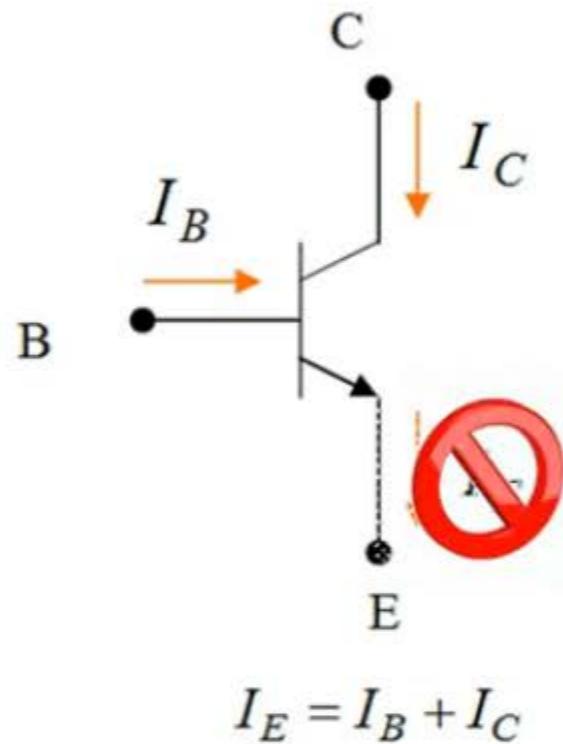
2.2) Saturé



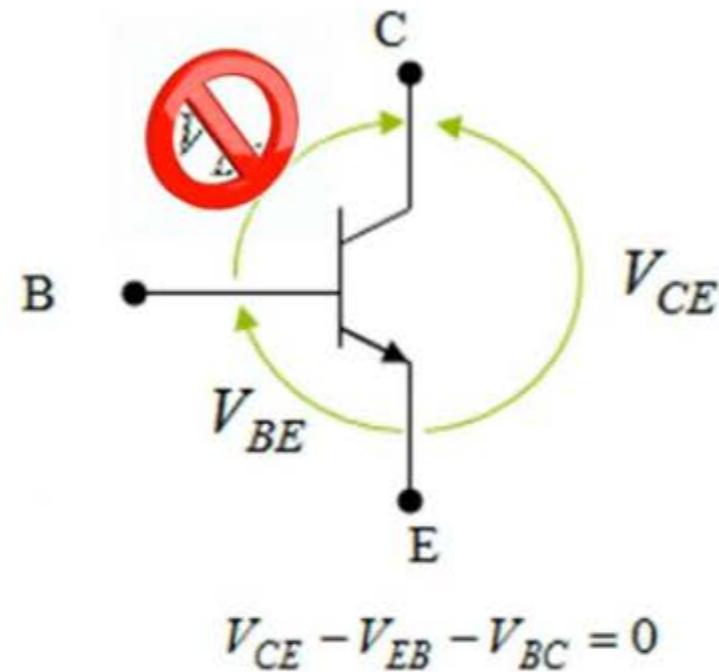
$$I_C \neq \beta \cdot I_B$$

Réseau de caractéristiques d'un transistors bipolaire

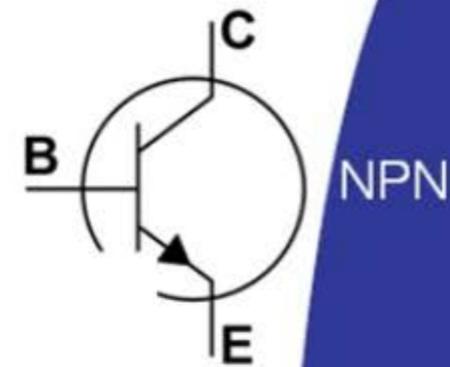
Les paramètres d'un transistors bipolaire



I_C, I_B



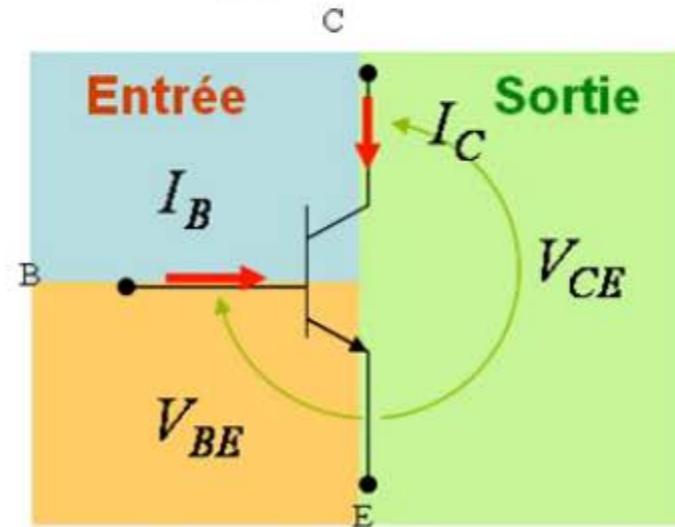
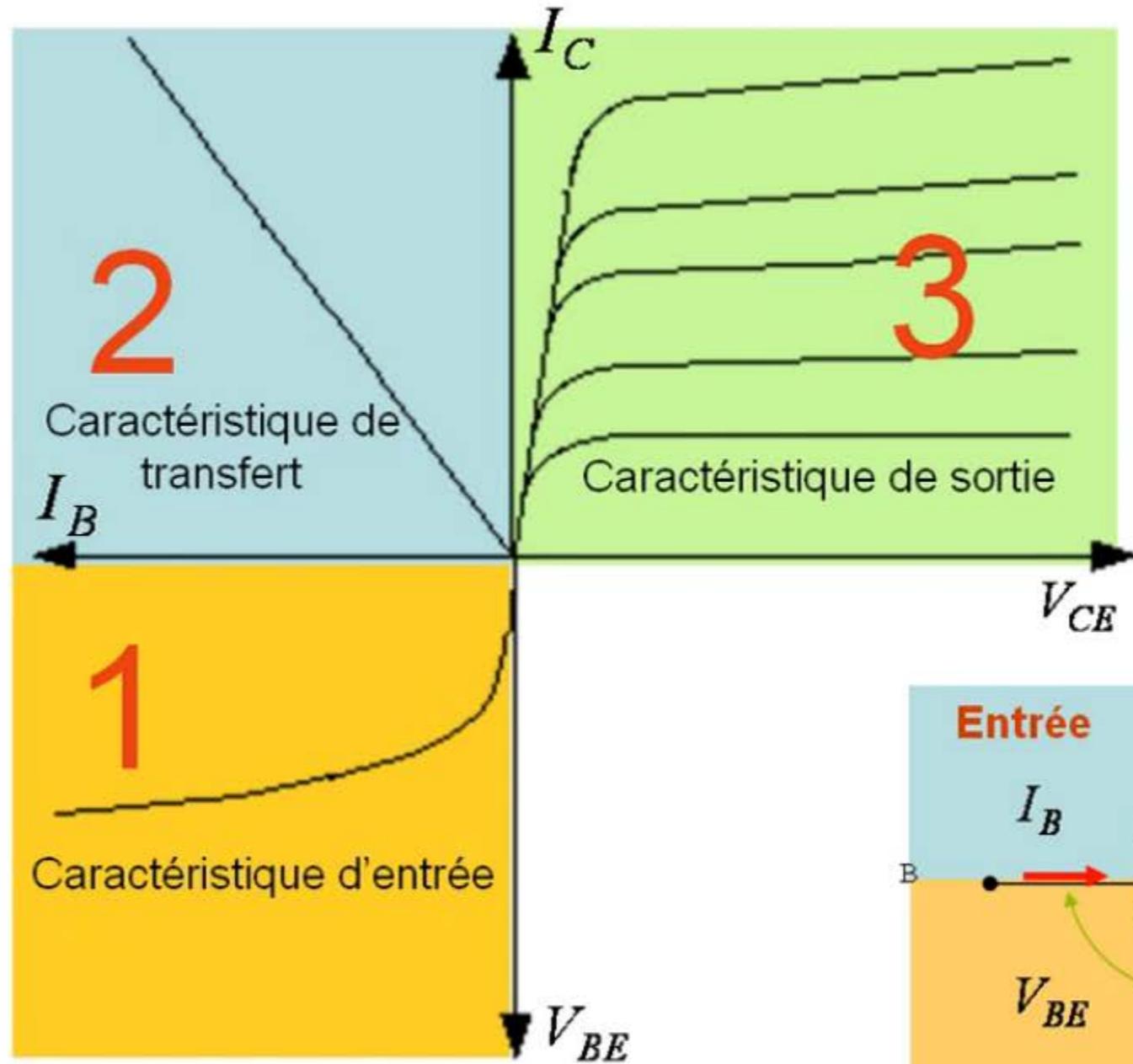
V_{BE}, V_{CE}



Partie

4

Réseau de caractéristiques d'un transistors bipolaire



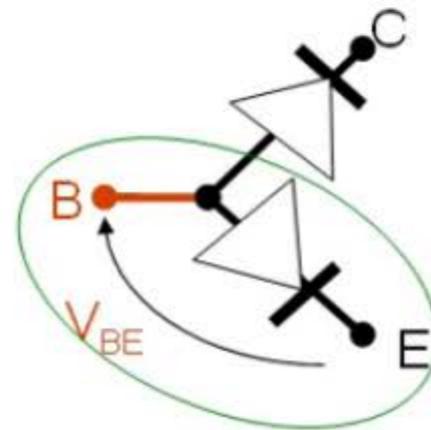
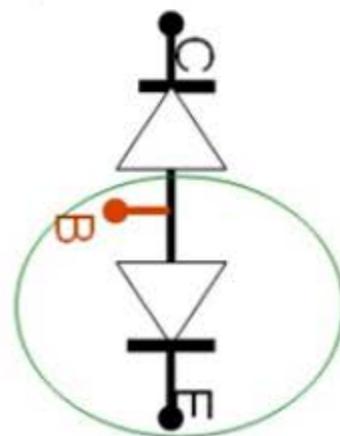
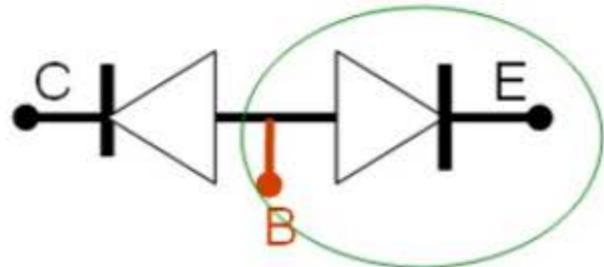
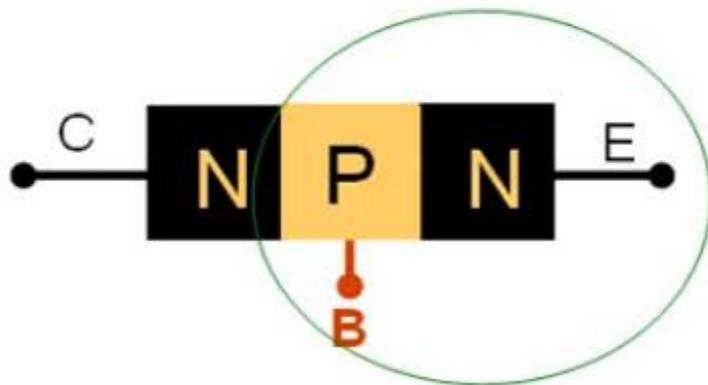
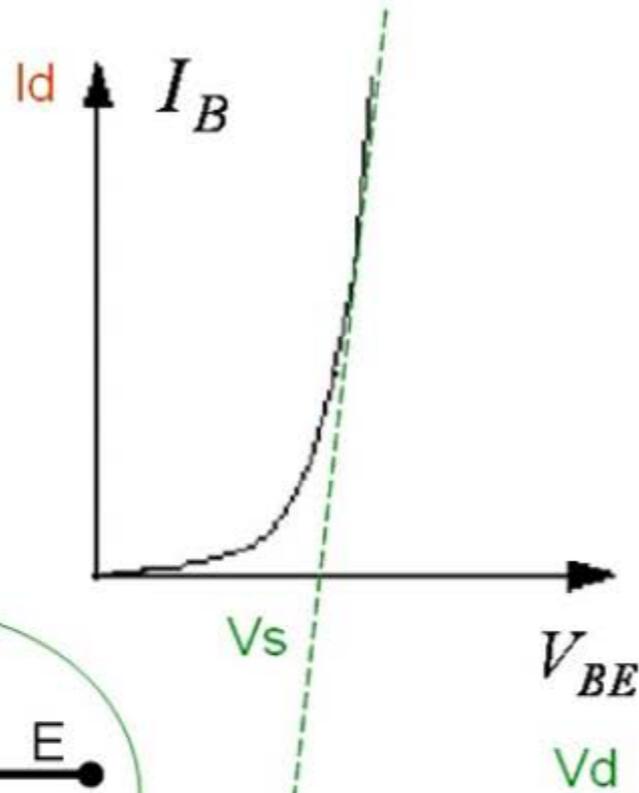
Partie

4

Réseau de caractéristiques d'un transistors bipolaire $I_B = f(V_{BE})$



$$V_d = V_{AK} = V_A - V_K = V_{BE}$$

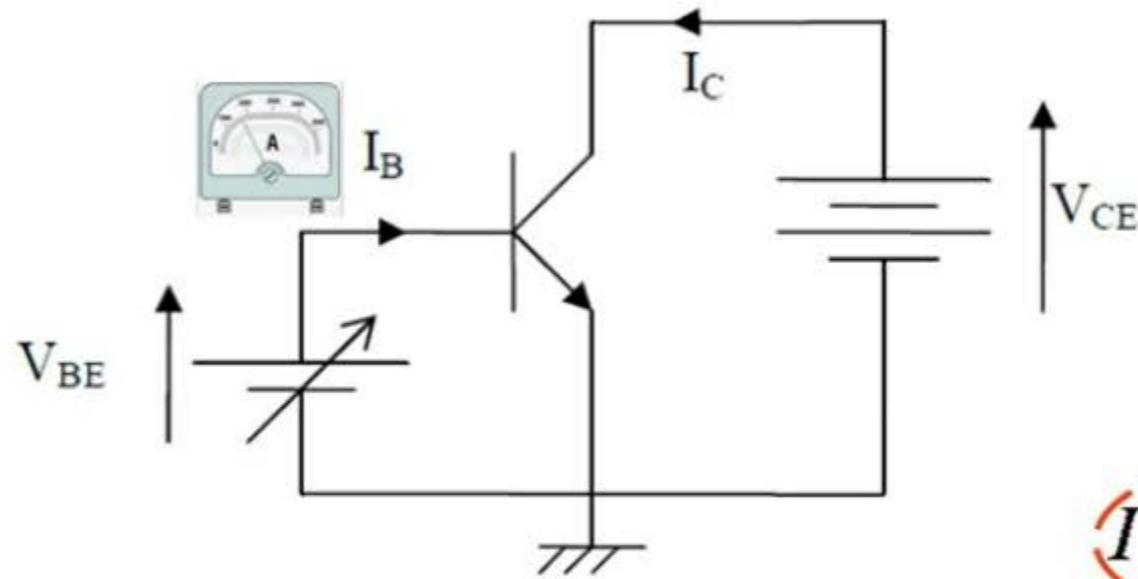


Partie

4

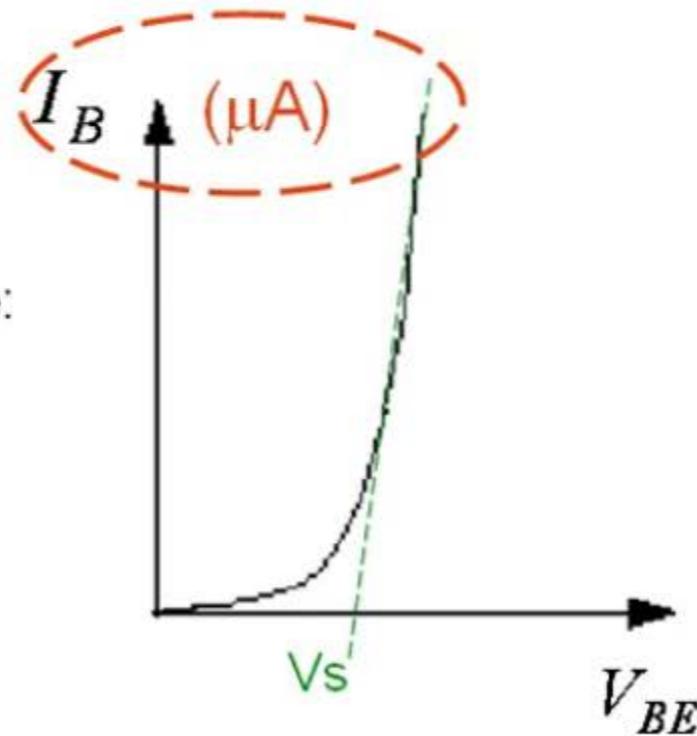
Réseau de caractéristiques d'un transistors bipolaire $I_B=f(V_{BE})$

Comment obtenir cette caractéristique d'entrée; $I_B=f(V_{BE})$



Pour avoir un courant de base I_B , il faut que:

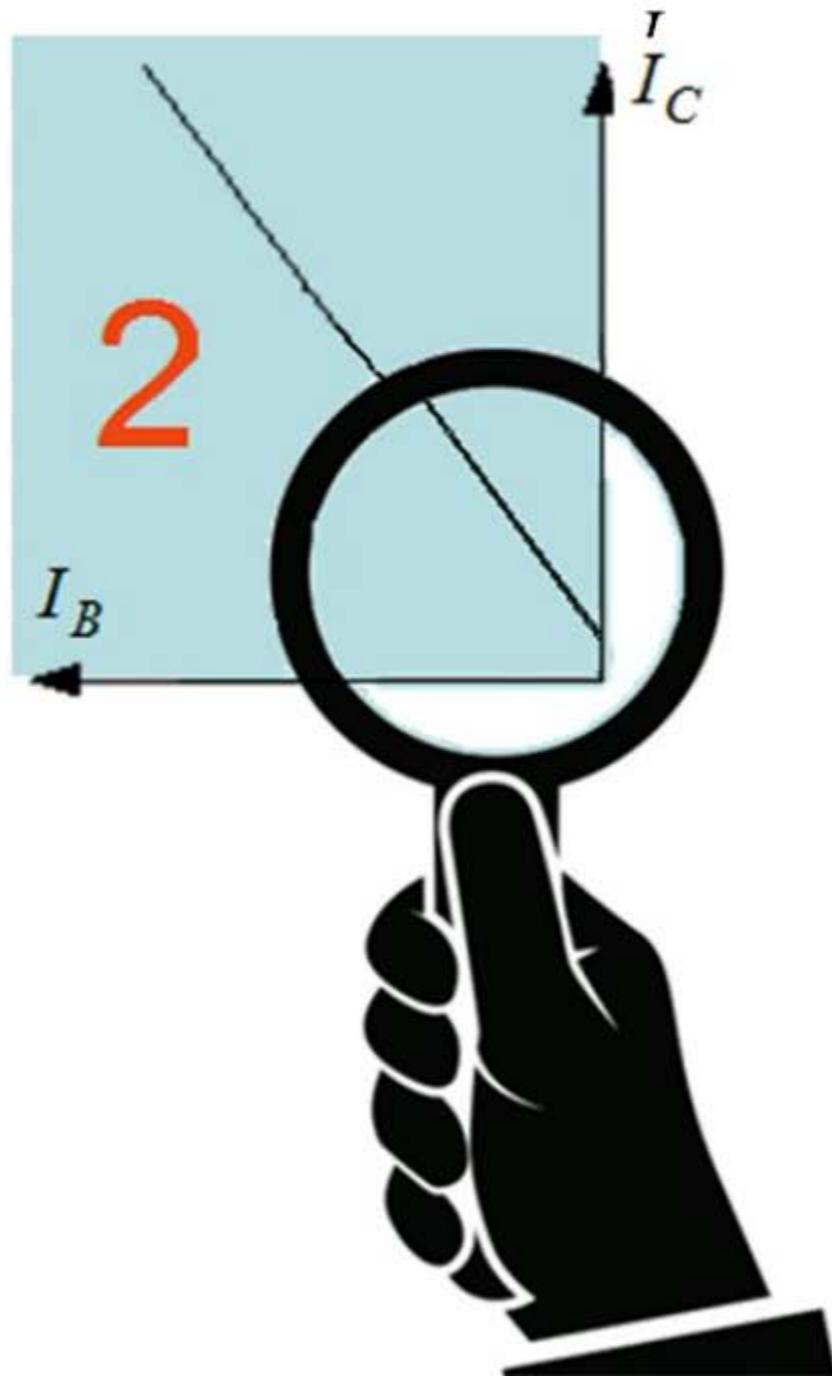
$$V_{BE} > 0$$



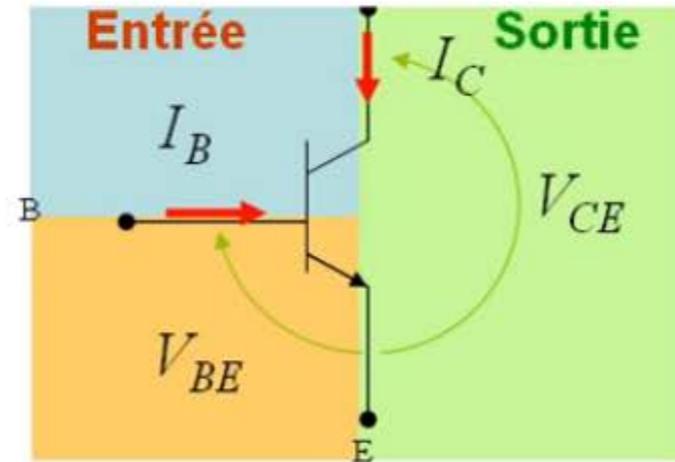
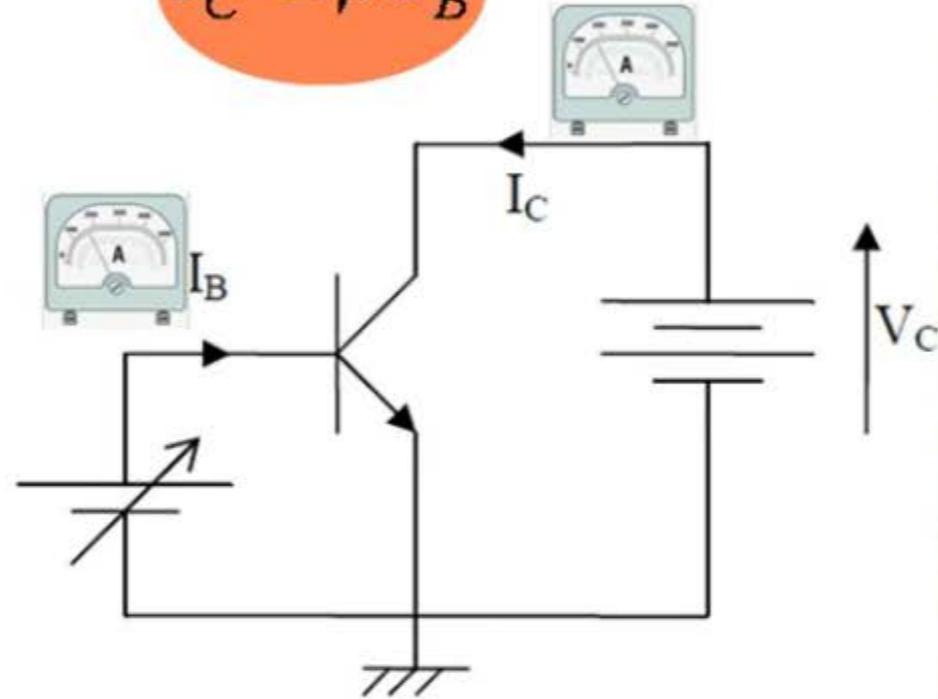
Partie

4

Réseau de caractéristiques d'un transistors bipolaire $I_C = f(I_B)$



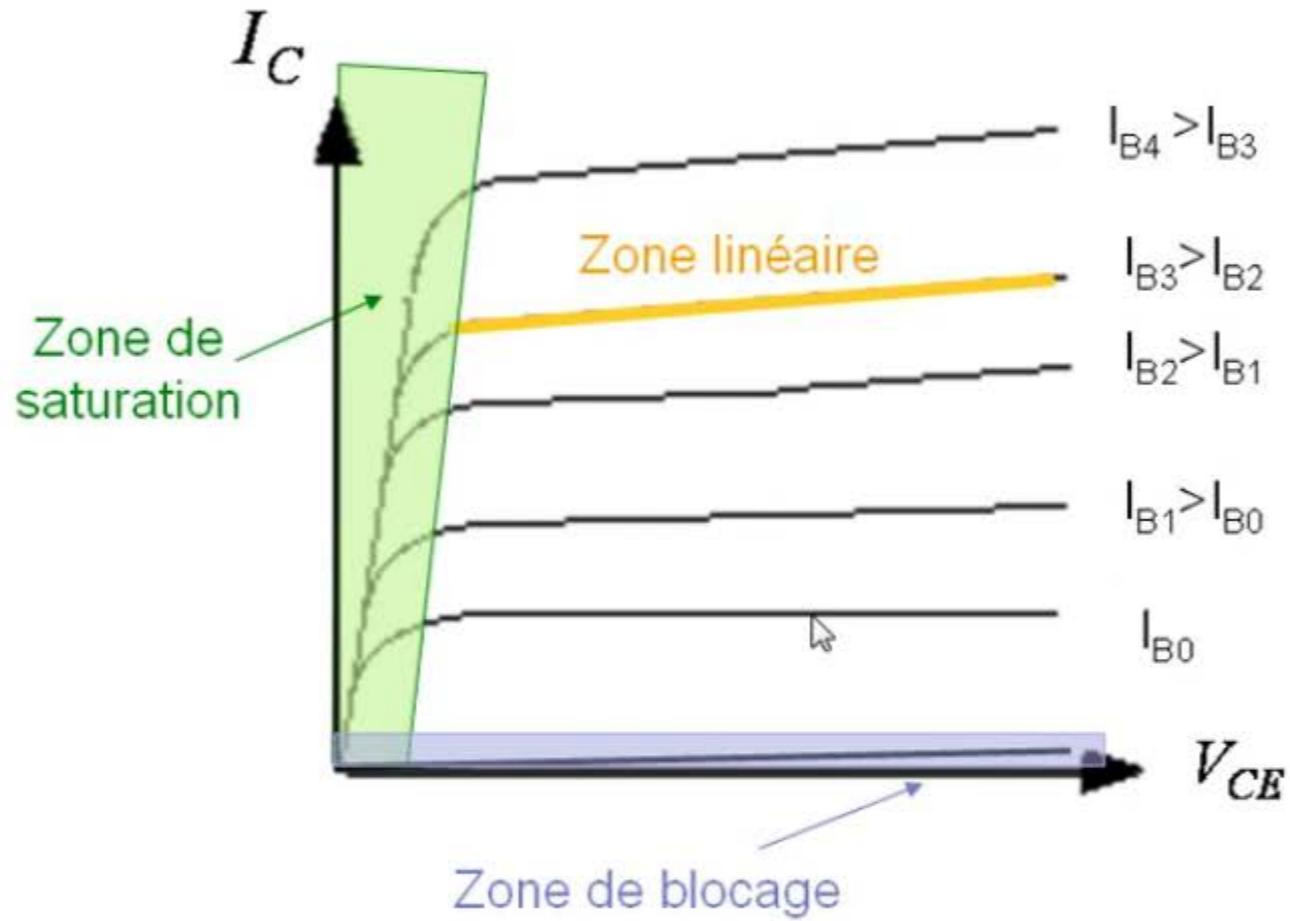
$$I_C = \beta \cdot I_B$$



Partie

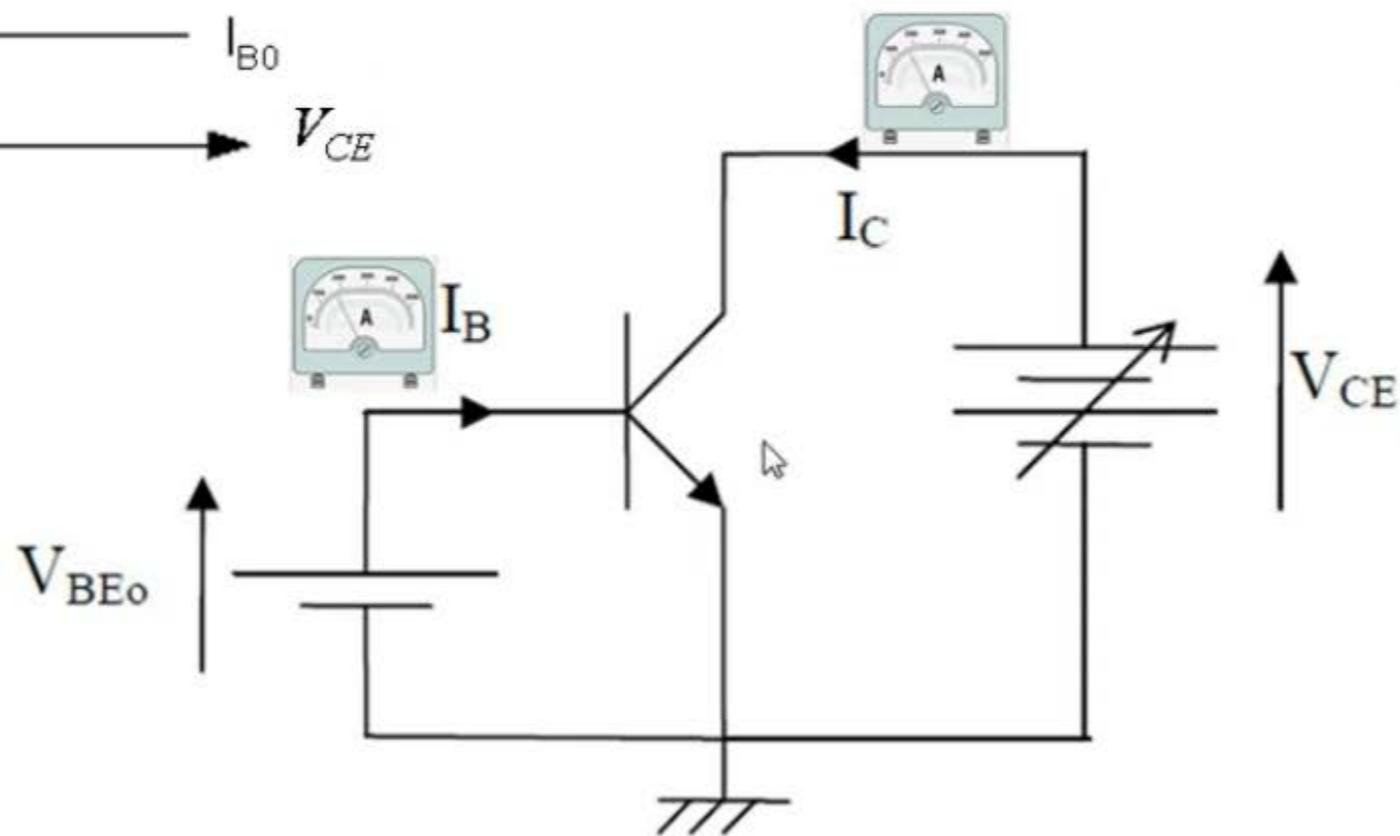
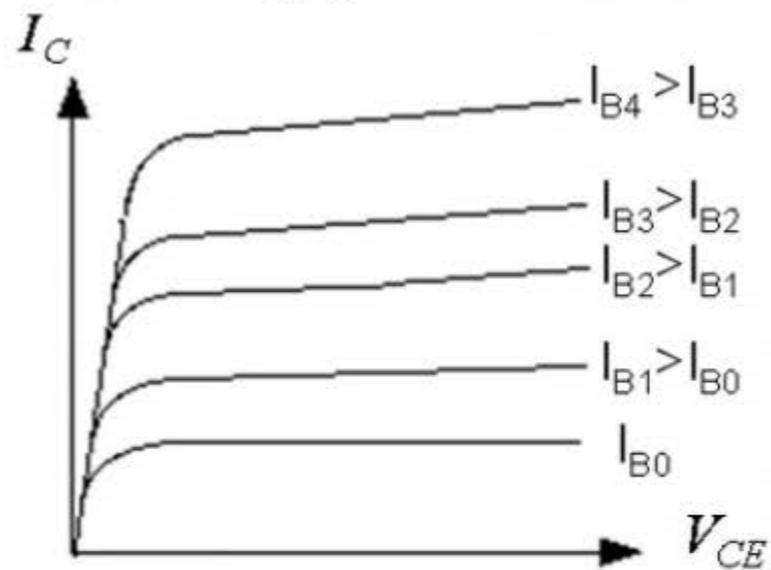
4

$$I_C = f(V_{CE})$$



Réseau de caractéristiques d'un transistors bipolaire $I_C = f(V_{CE})$

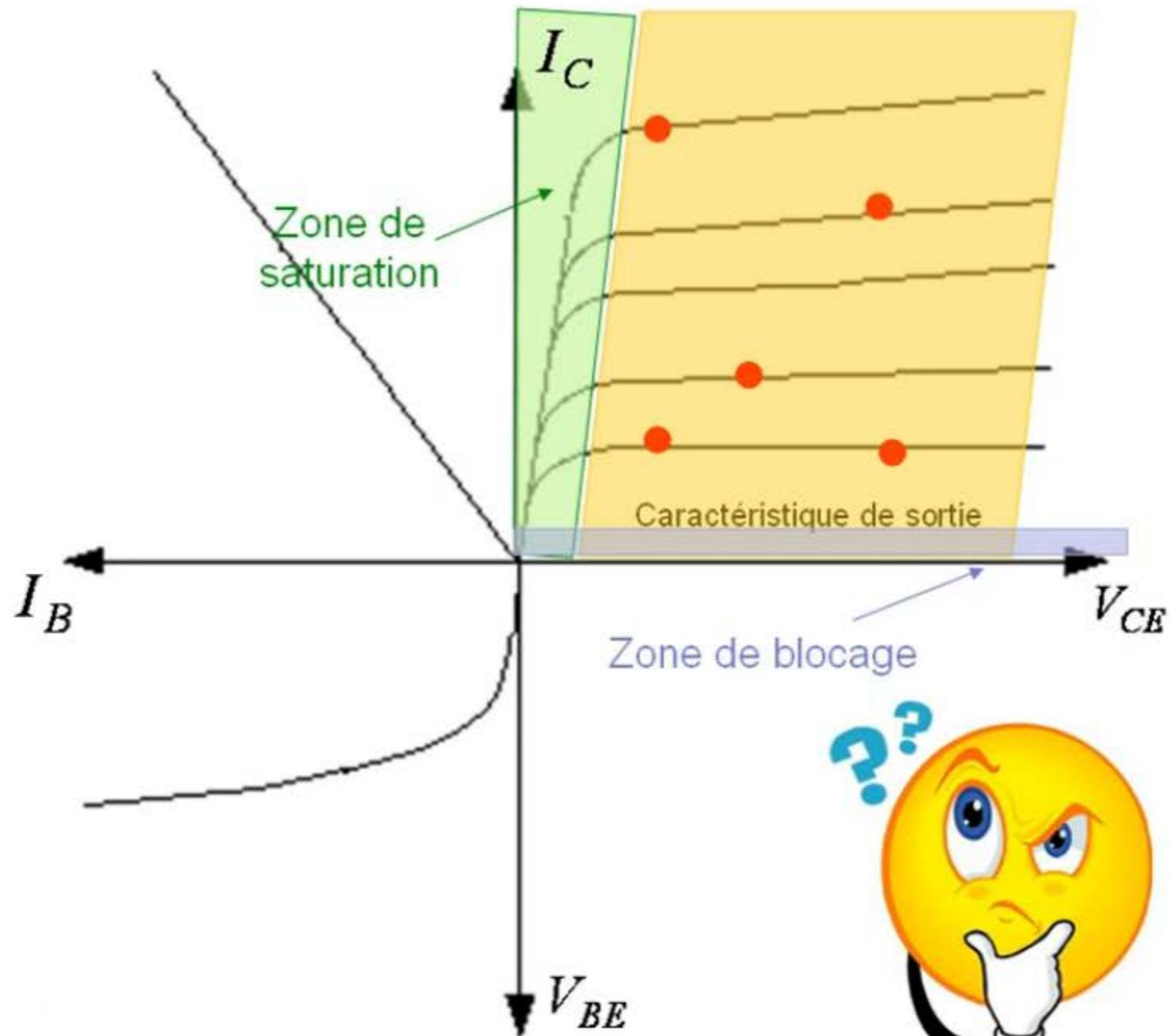
Le montage permettant de relever cette caractéristique



Partie

5

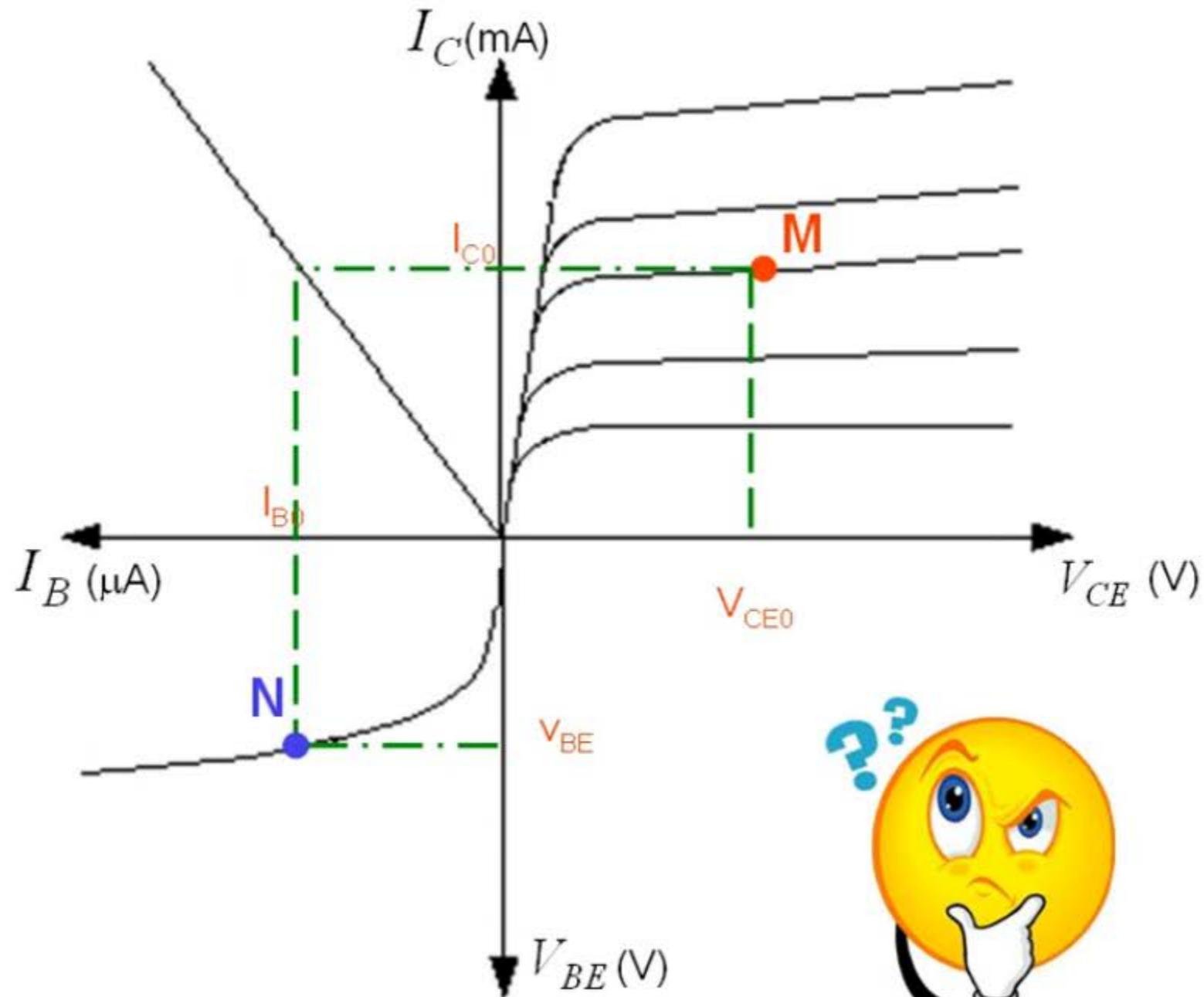
Réseau de caractéristiques d'un transistors bipolaire



Partie

5

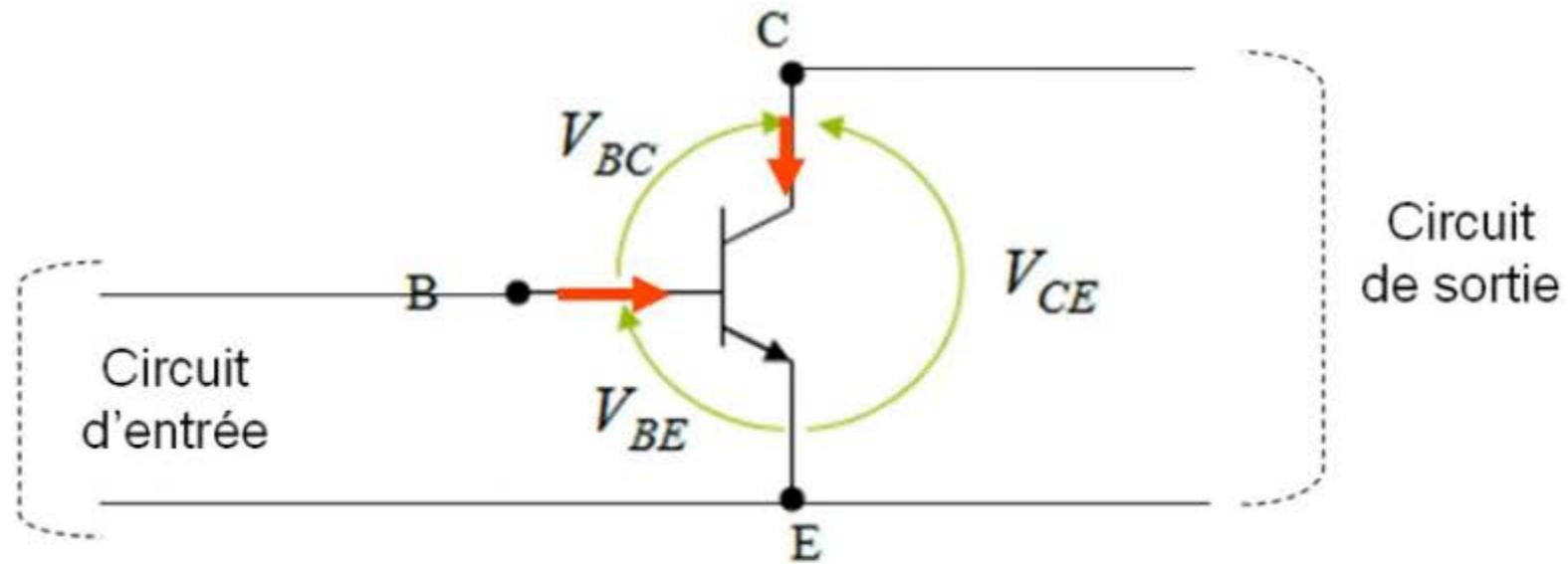
Polarisation d'un transistor bipolaire (point de repos)



Partie

5

Polarisation d'un transistor bipolaire (La polarisation)

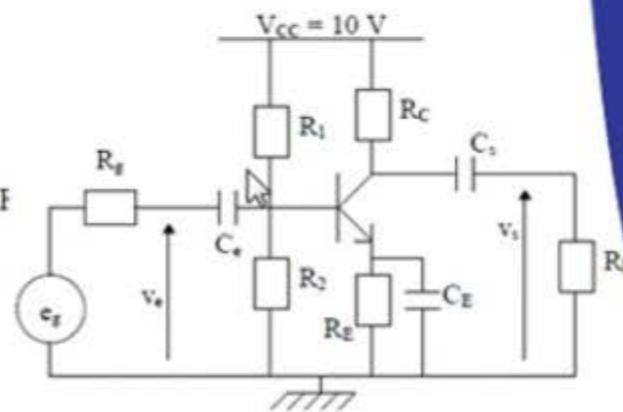
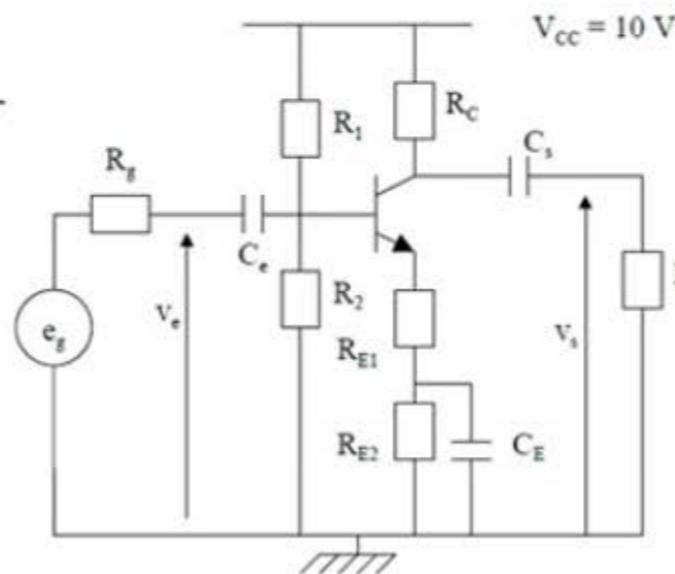
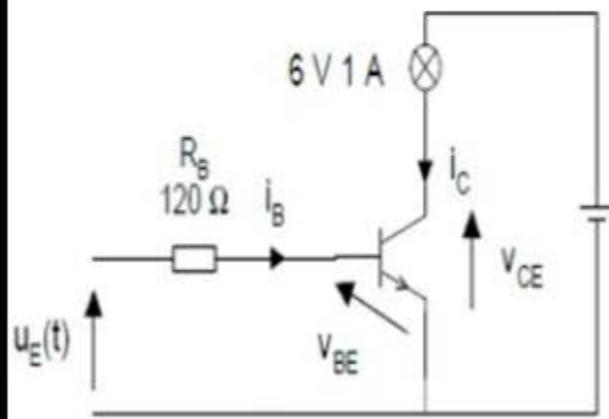
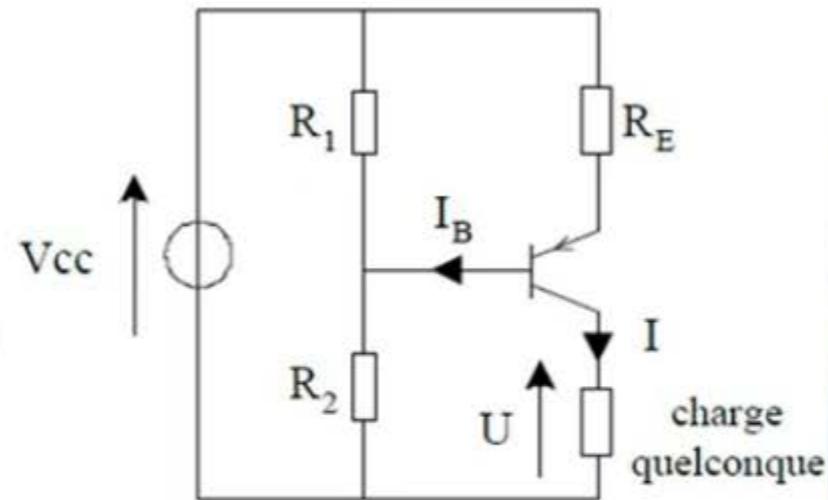
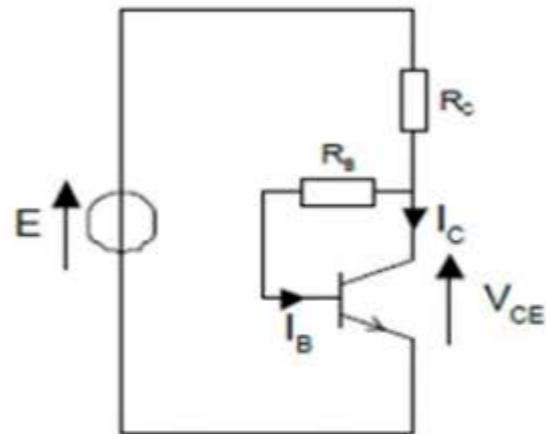
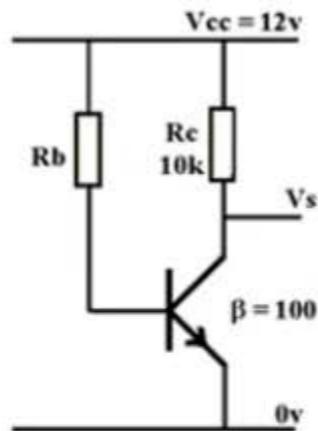


En régime statique
Toutes les sources sont continues

Partie

5

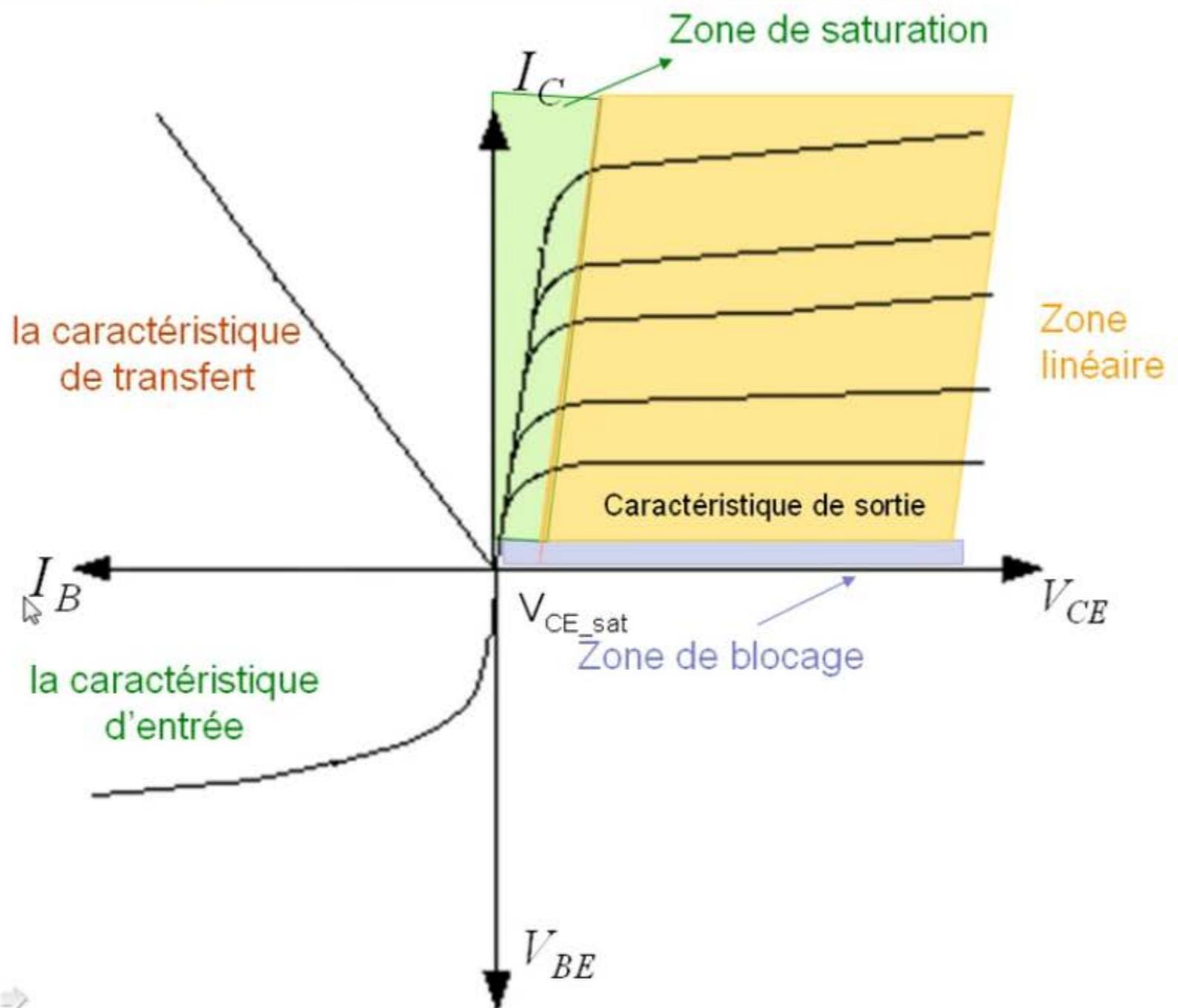
Polarisation d'un transistor bipolaire (La polarisation)



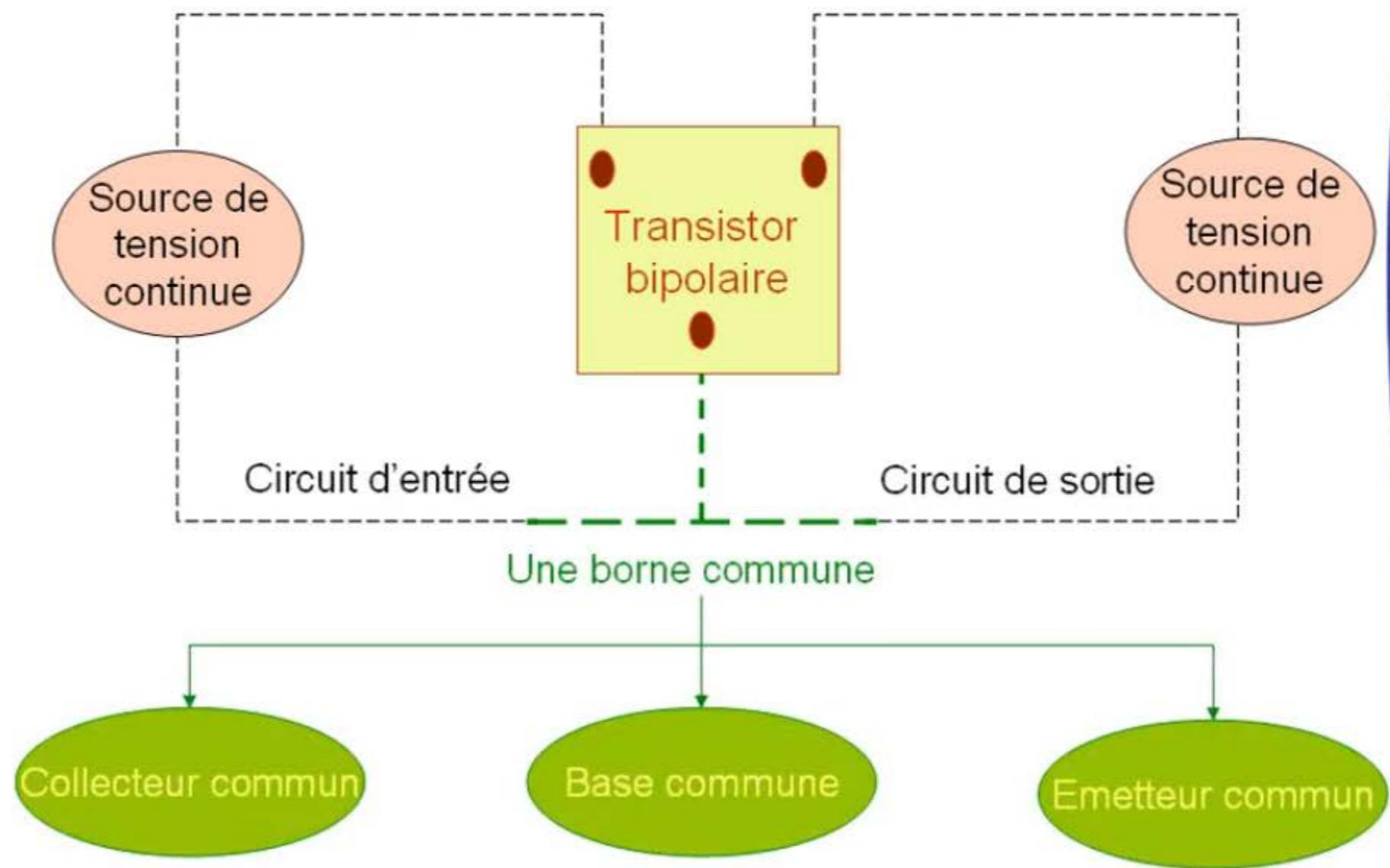
Partie

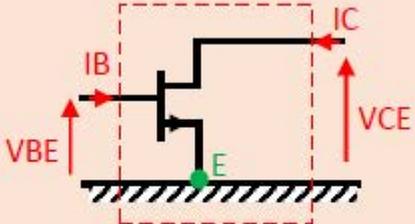
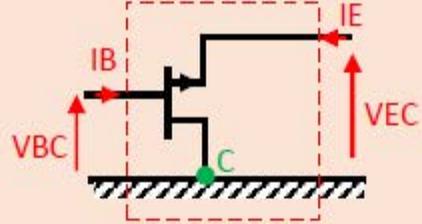
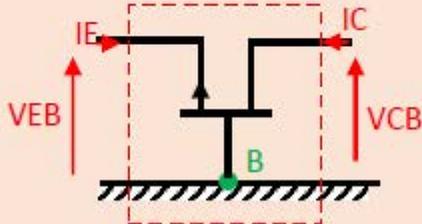
5

Réseau de caractéristiques d'un transistors bipolaire



La polarisation d'un transistor bipolaire



| <i>Montage</i> | <i>Schéma équivalent</i> | <i>Objectif d'utilisation</i> |
|--|---|--|
| <p><i>Emetteur commun</i></p> <p><i>Entrée</i> : base</p> <p><i>Sortie</i> : collecteur</p> |  | <p>Montage utilisé en Amplification</p> |
| <p><i>Collecteur commun</i></p> <p><i>Entrée</i> : base</p> <p><i>Sortie</i> : émetteur</p> |  | <p>Montage utilisé en adaptation d'impédance</p> |
| <p><i>Base commune</i></p> <p><i>Entrée</i> : émetteur</p> <p><i>Sortie</i> : collecteur</p> |  | <p>Montage utilisé en haute fréquence</p> |

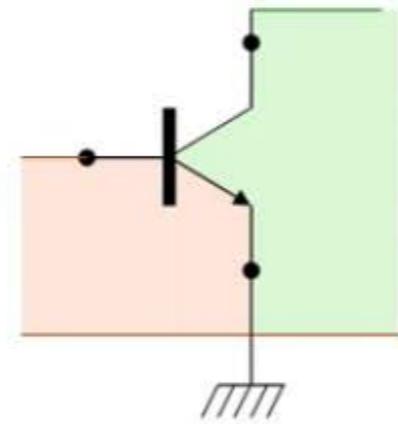
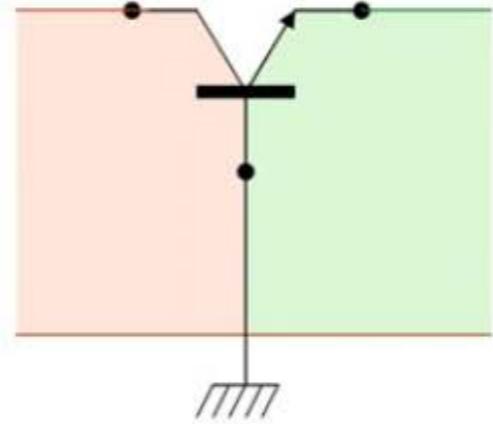
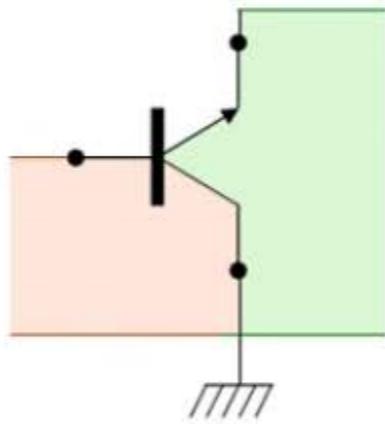
La polarisation d'un transistor bipolaire

Une borne commune

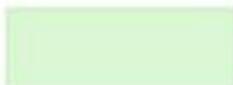
Collecteur commun

Base commune

Emetteur commun

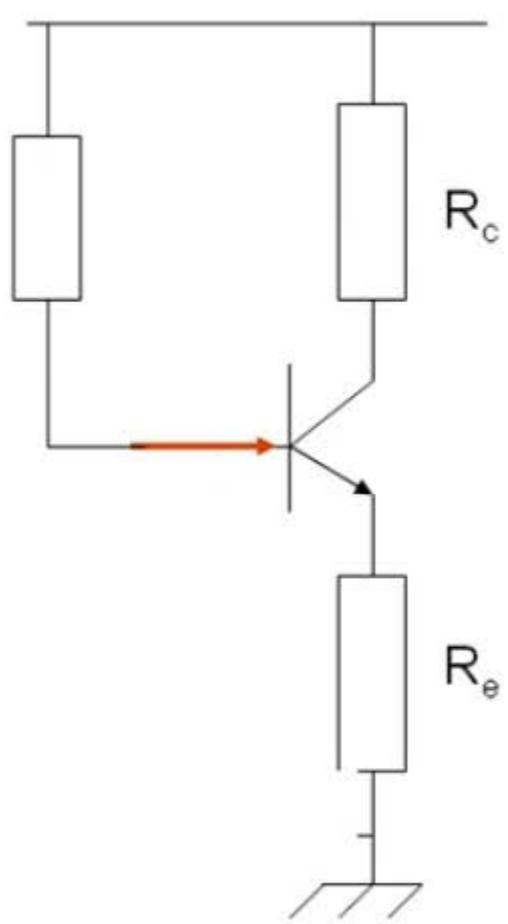


La maille d'entrée = La maille d'attaque = La maille de commande

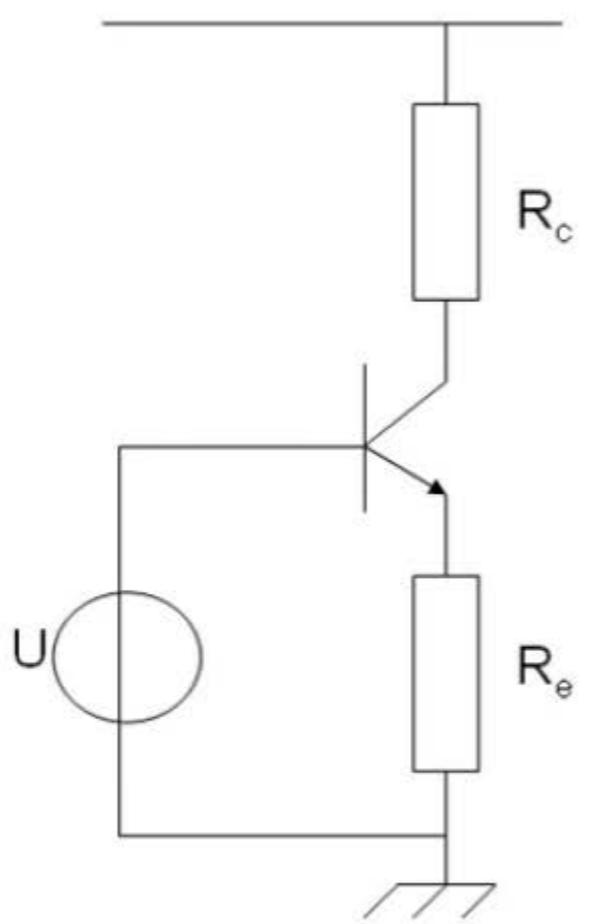


La maille de sortie = La maille de charge = La maille commandée

La polarisation d'un transistor bipolaire



V_{cc}

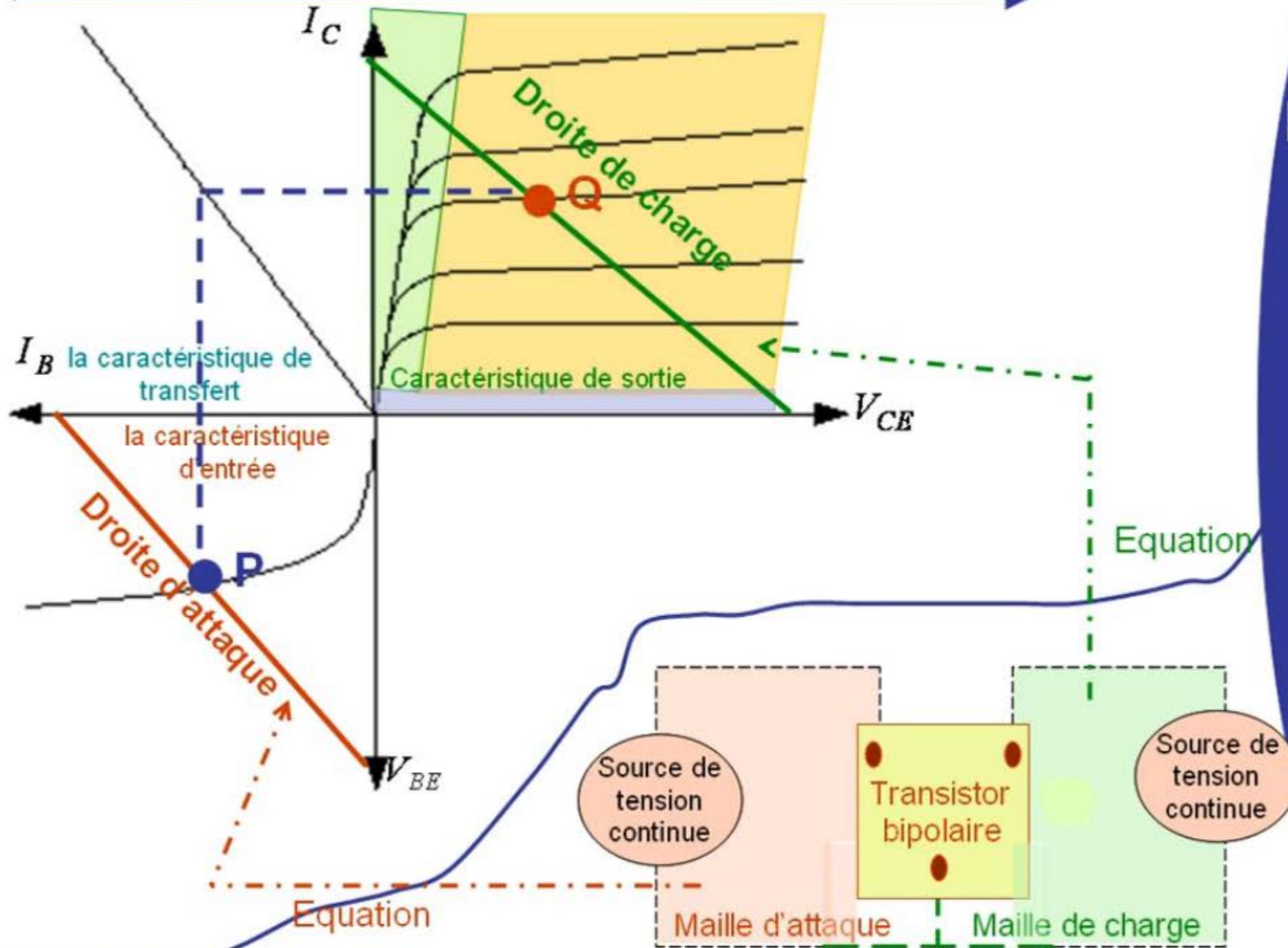


V_{cc}

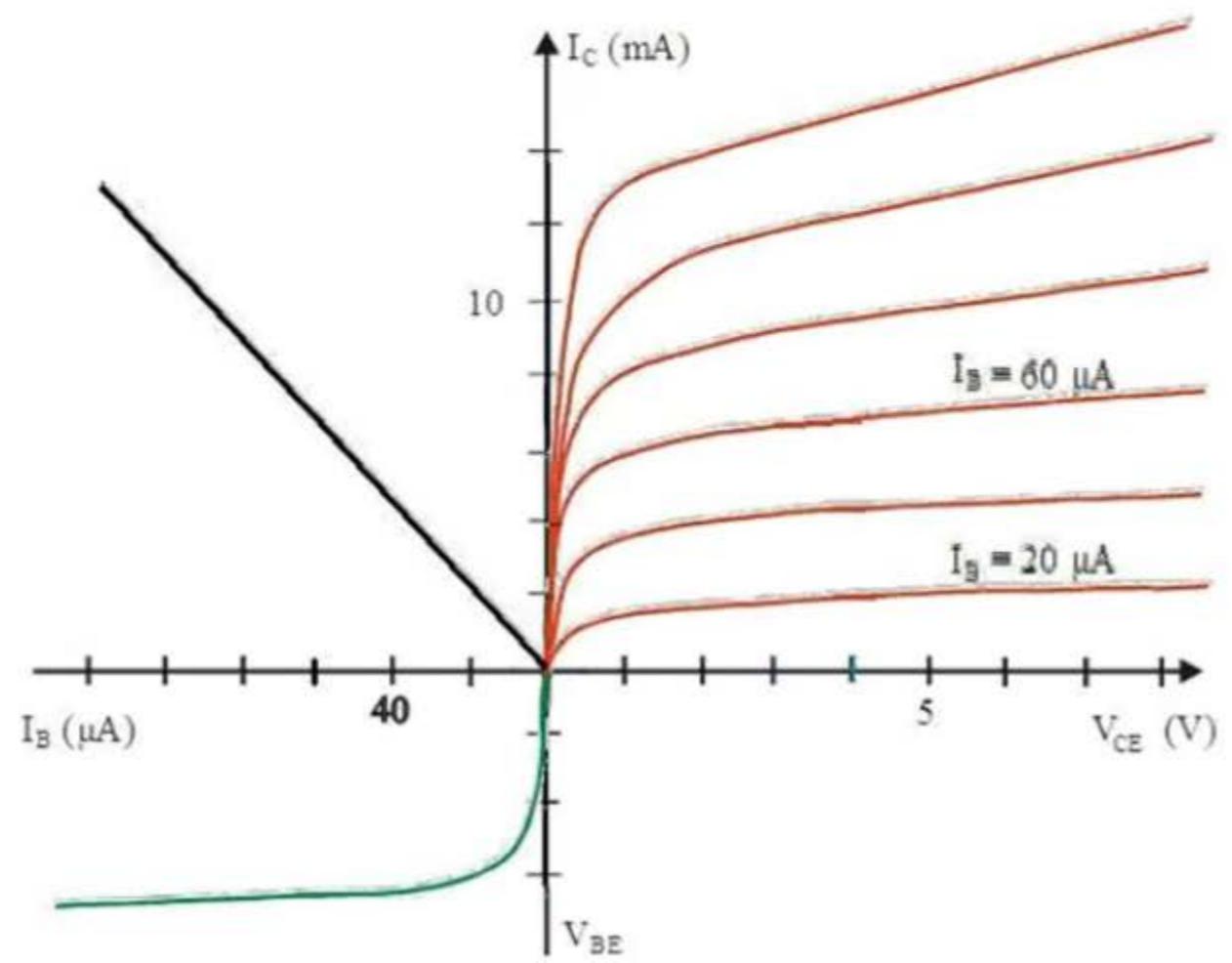
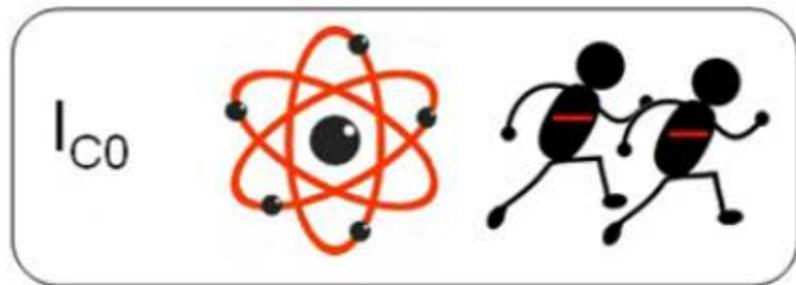
Partie

8

La polarisation d'un transistor bipolaire



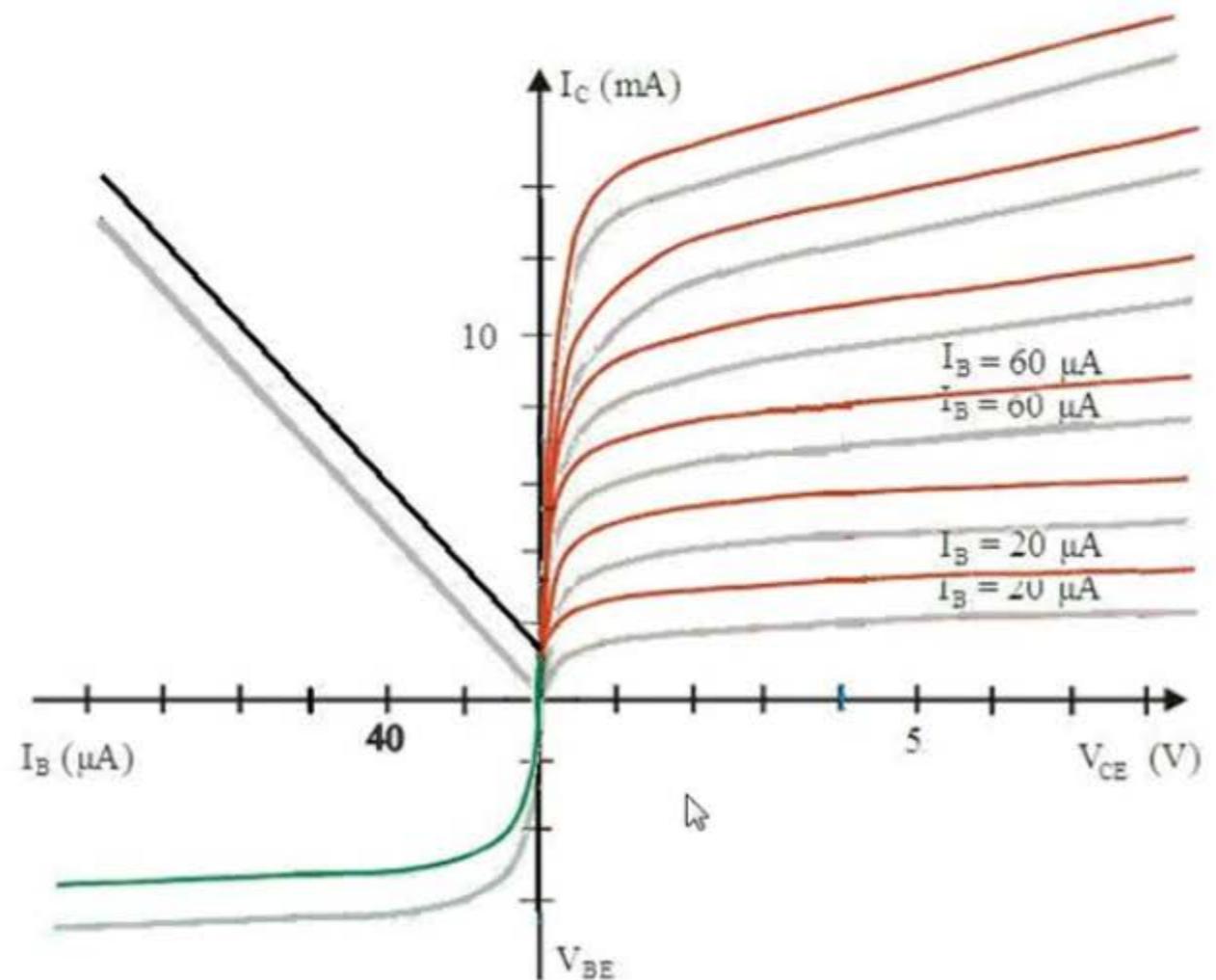
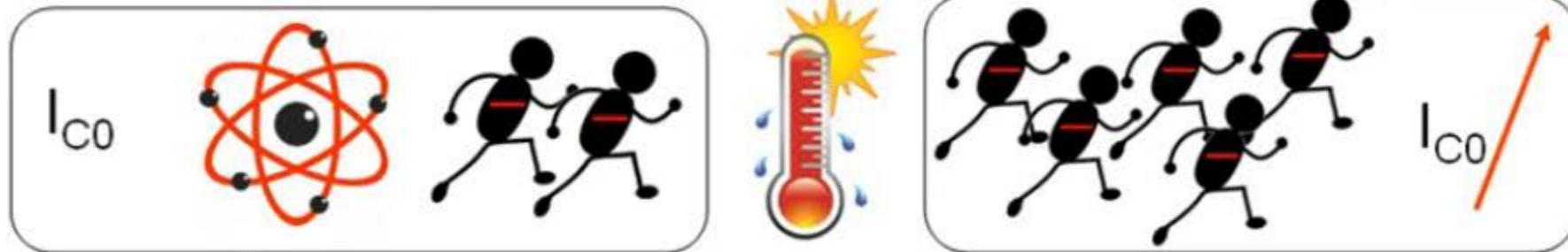
L'effet de la température sur le transistors bipolaire



Partie

10

L'effet de la température sur le transistors bipolaire

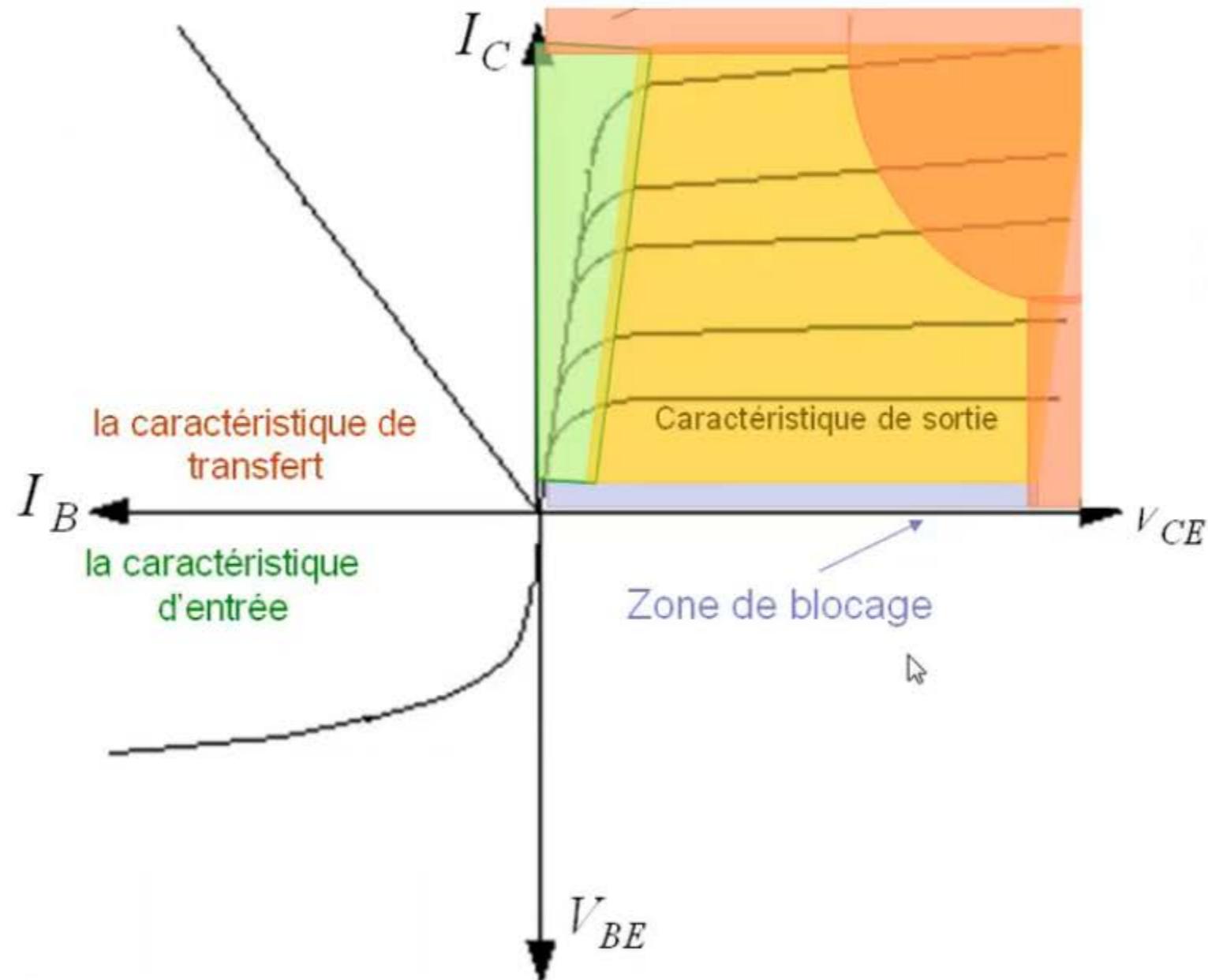


Partie
10

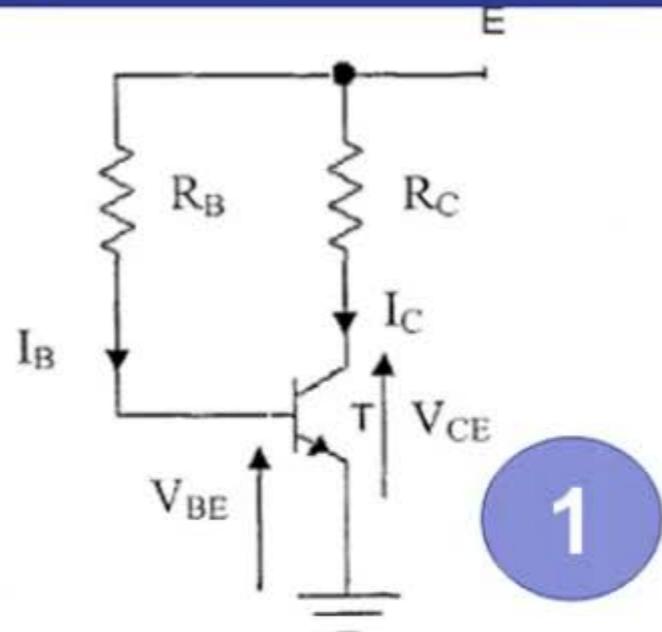
L'effet de la température sur le transistors bipolaire

Partie

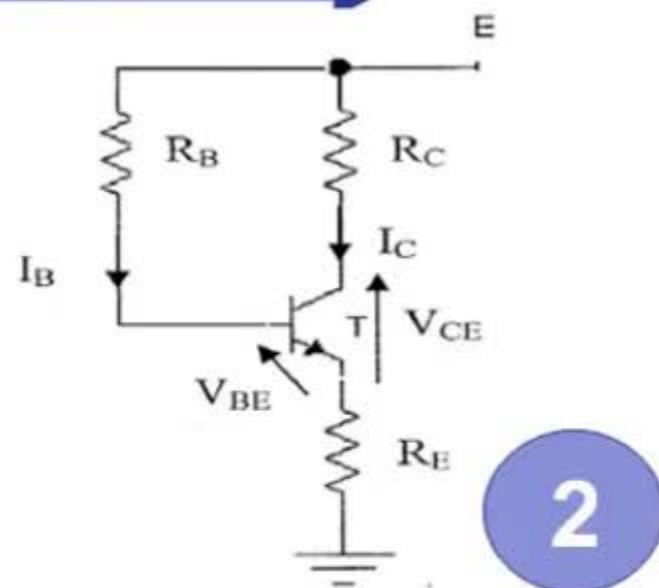
10



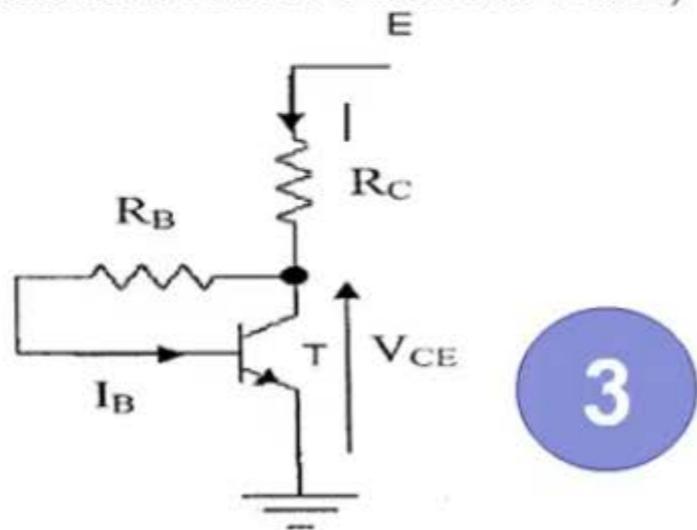
La polarisation d'un transistor bipolaire



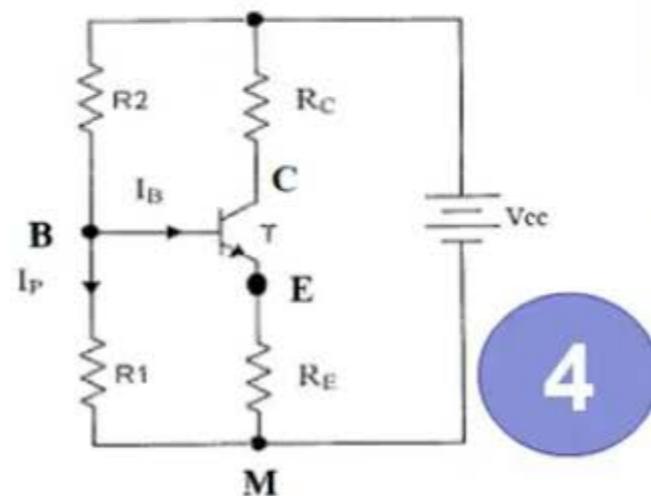
1) Polarisation par résistance de base
(polarisation de base à une seule source)



2) Polarisation par réaction d'émetteur



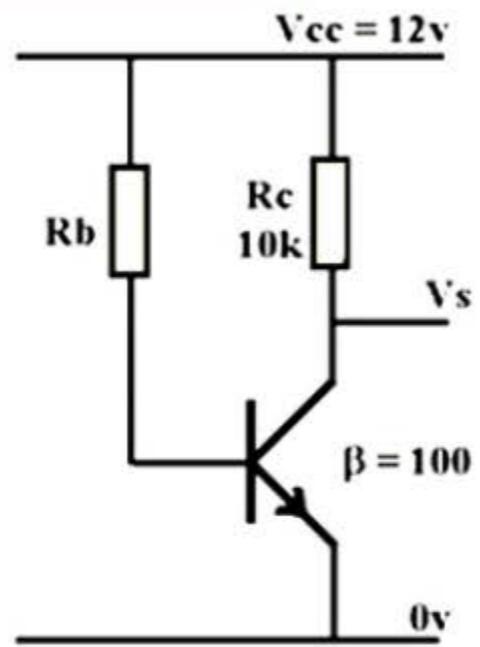
3) Polarisation par réaction de collecteur



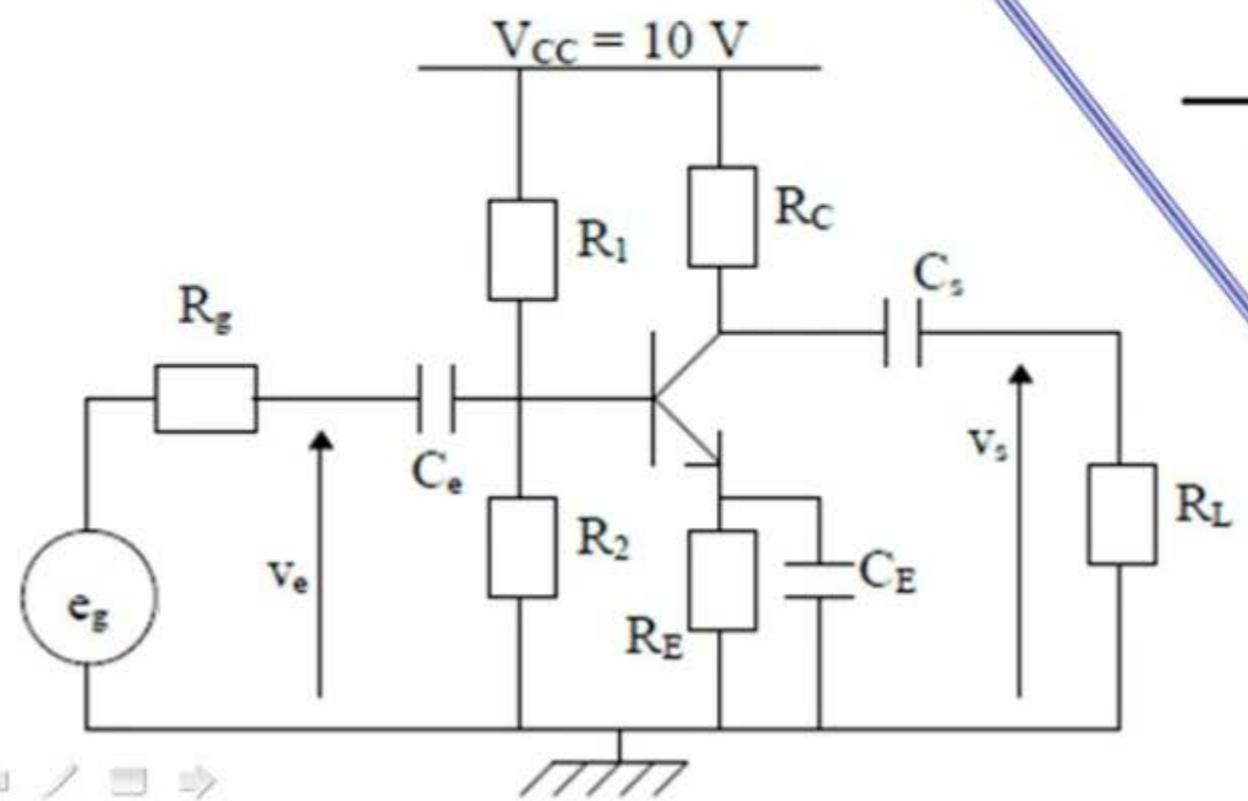
4) Polarisation par pont de base et résistance d'émetteur (par diviseur de tension)

Le transistor en régime dynamique

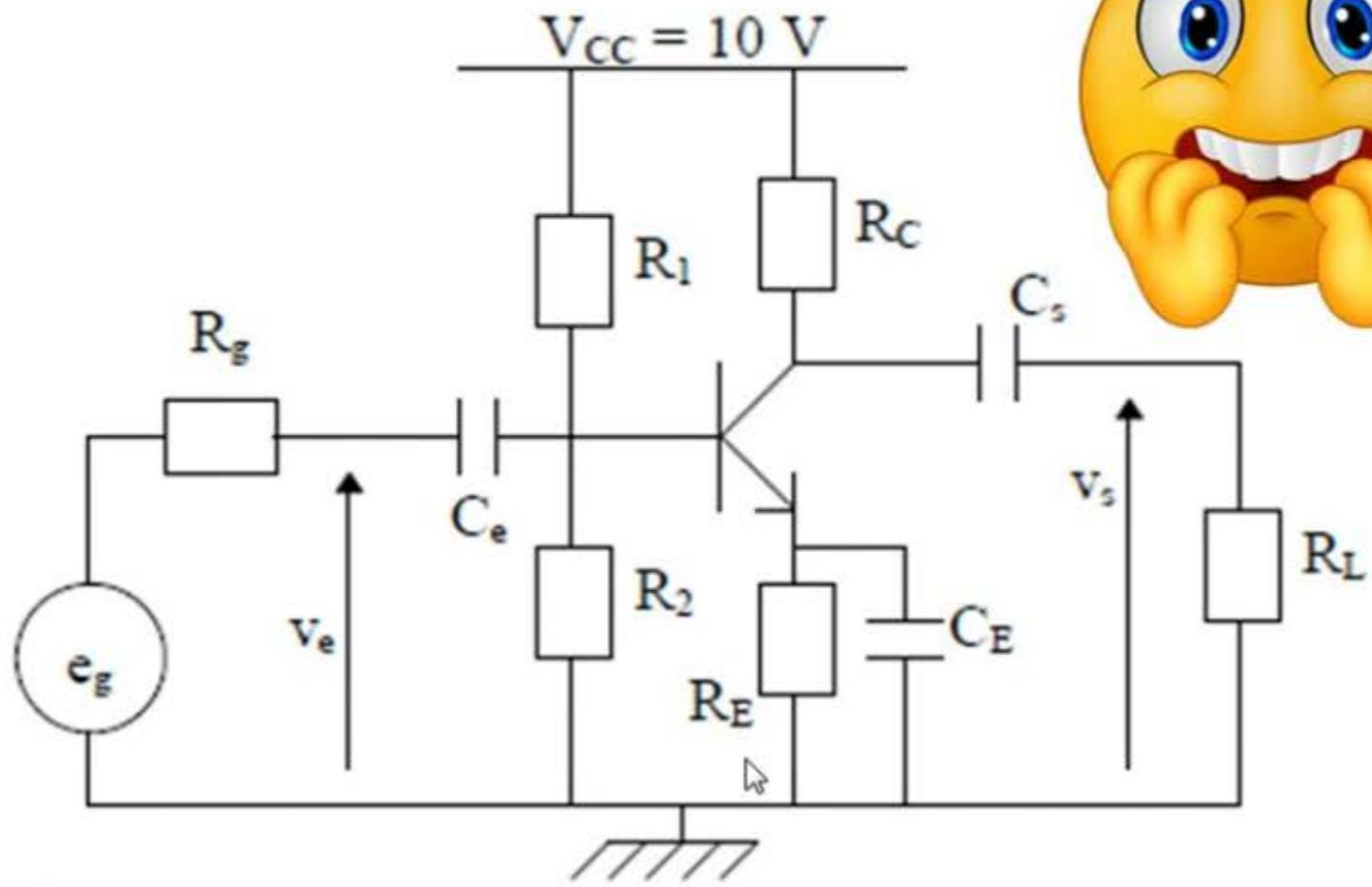
régime dynamique



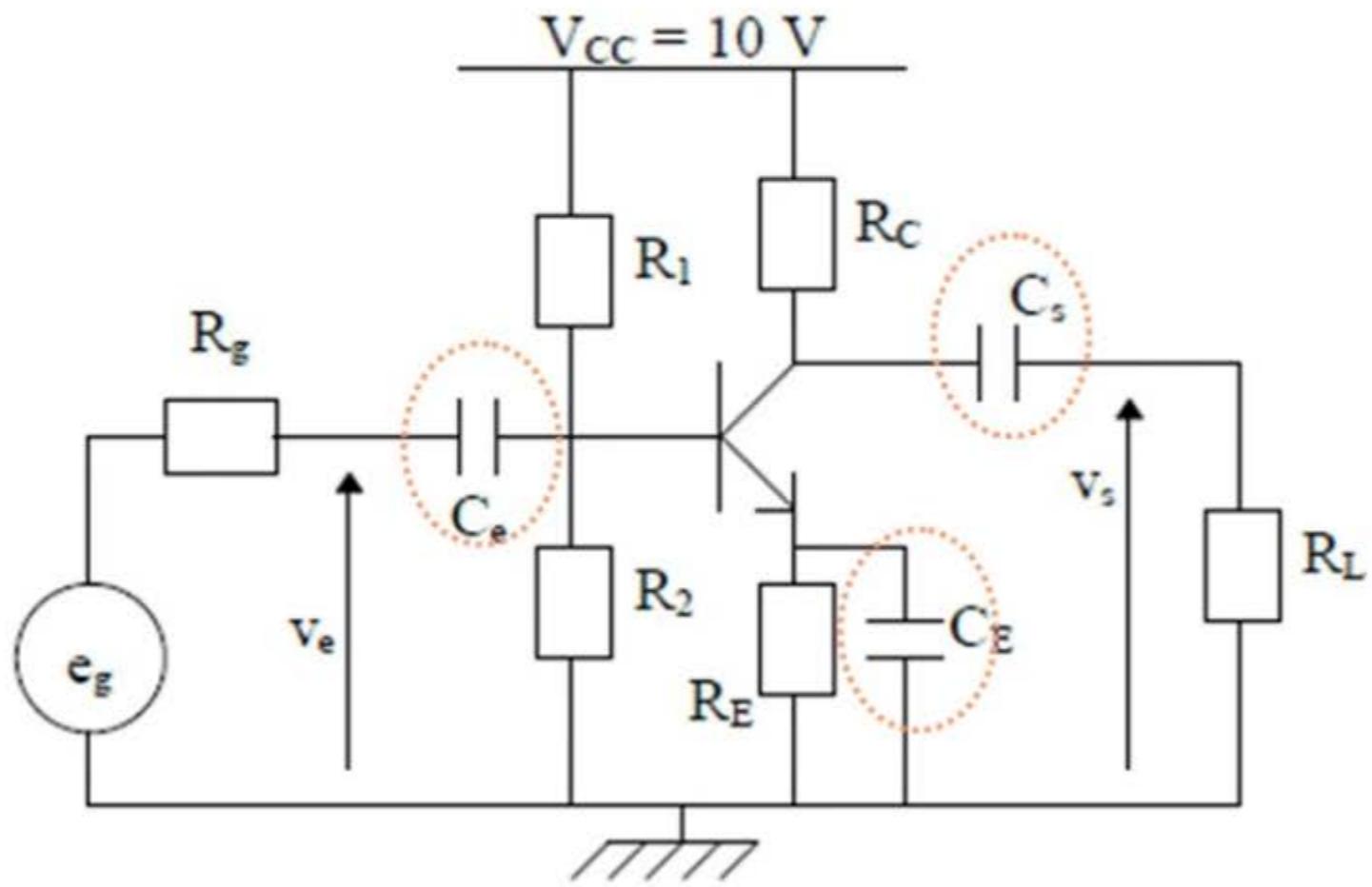
régime statique



Le transistor en régime dynamique



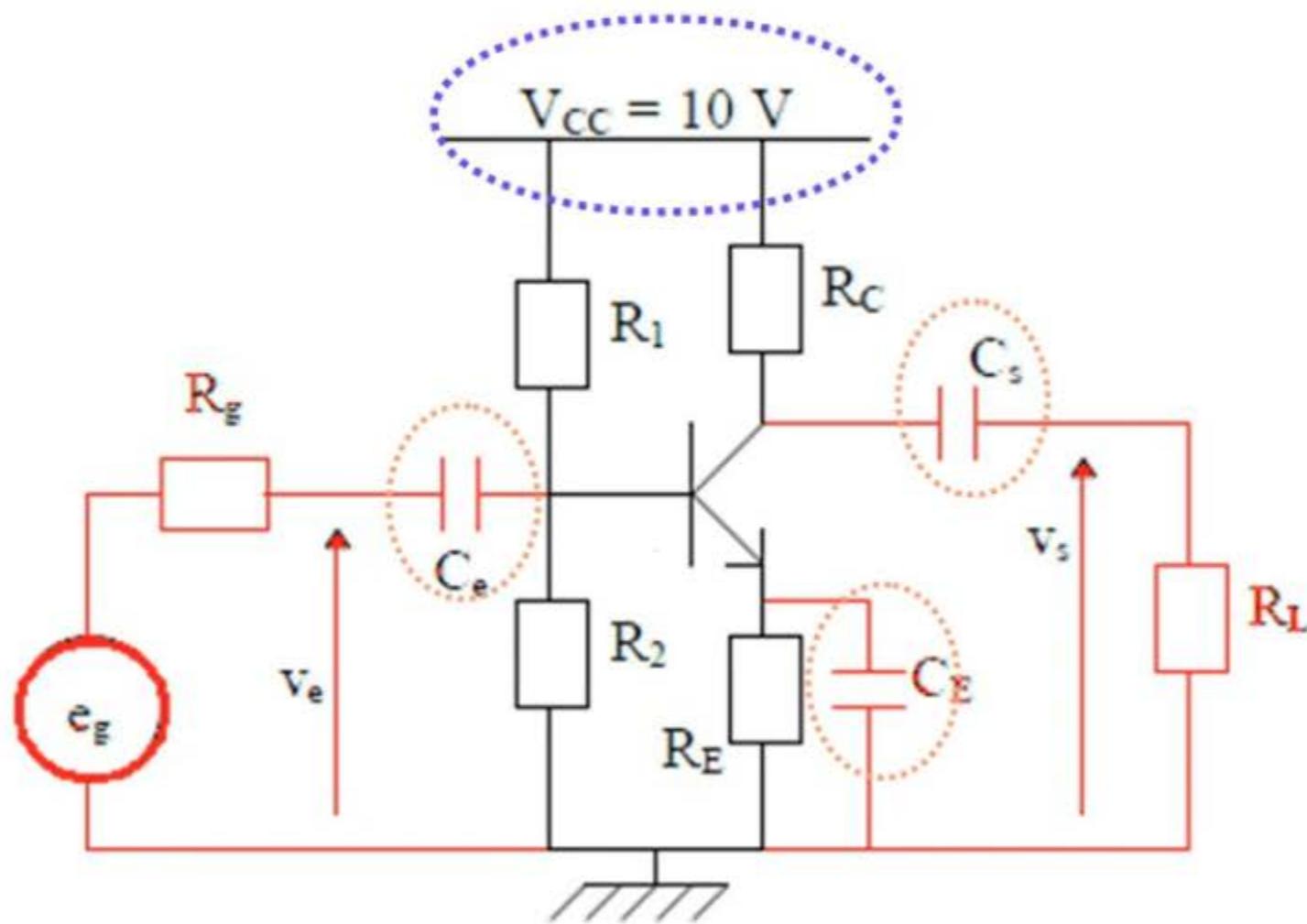
Le transistor en régime dynamique



Le transistor en régime dynamique

Partie

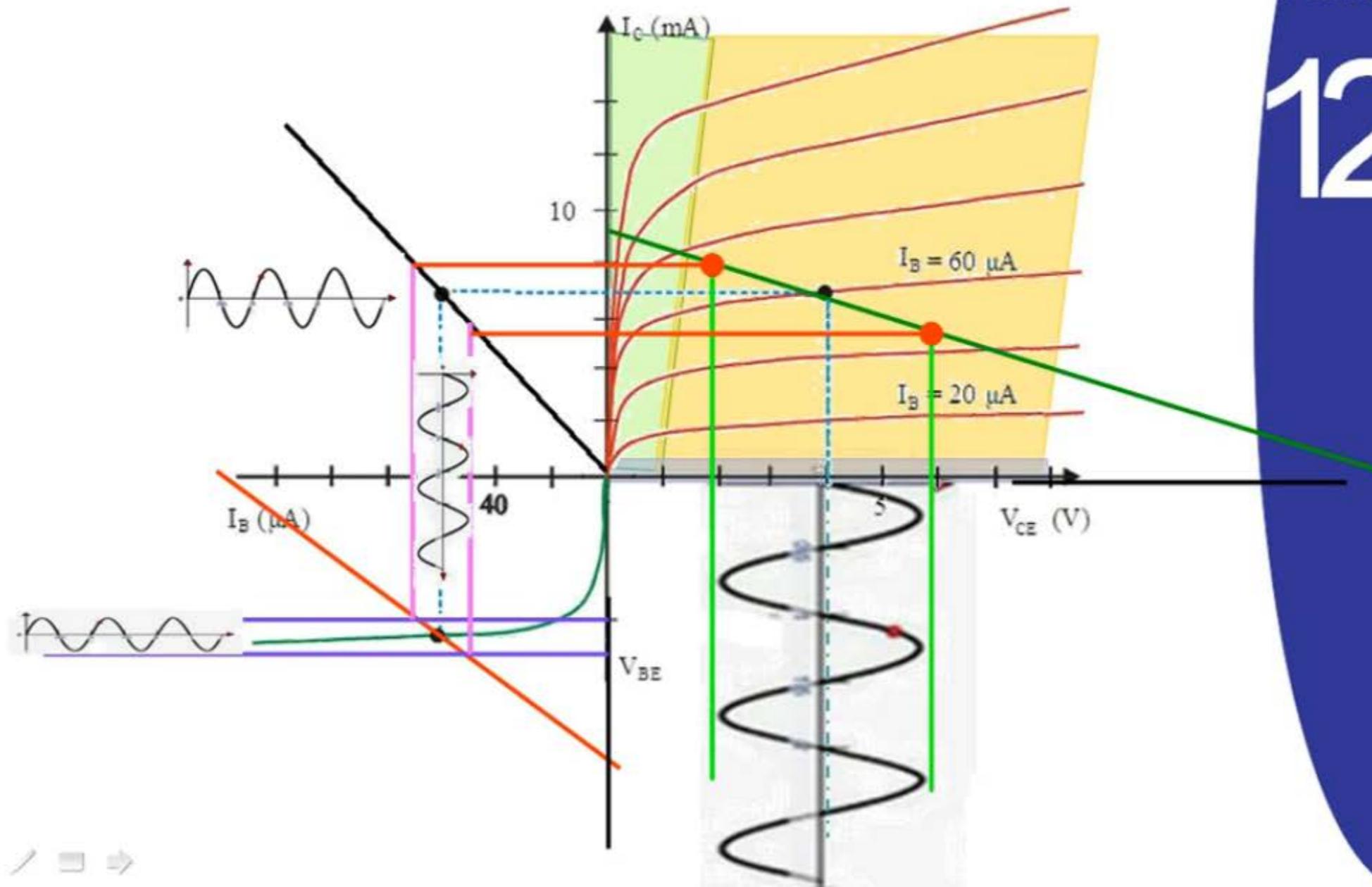
12



Le transistor en régime dynamique

Partie

12



Comment analyser un circuit en régime dynamique ?

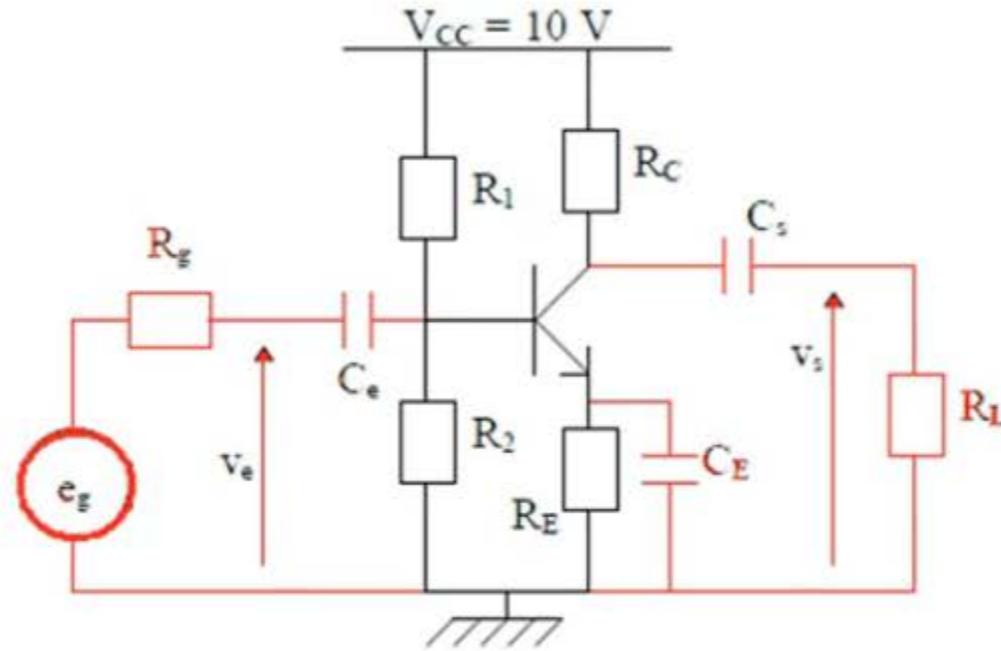
Quelques règles

$$\begin{cases} I_C = I_{C0} + i_c(t) \\ I_B = I_{B0} + i_b(t) \\ V_{CE} = V_{CE0} + v_{ce}(t) \\ V_{BE} = V_{BE0} + v_{be}(t) \end{cases}$$

Dissocier les deux régimes

Régime statique

Régime dynamique



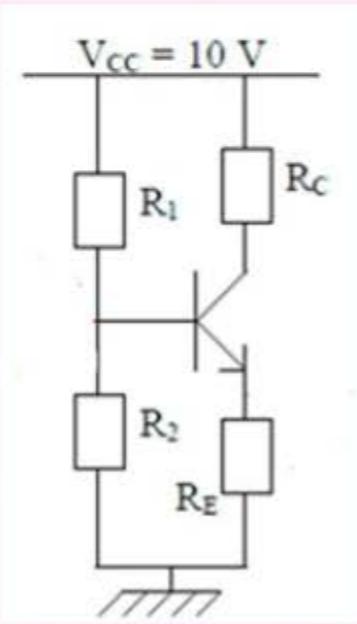
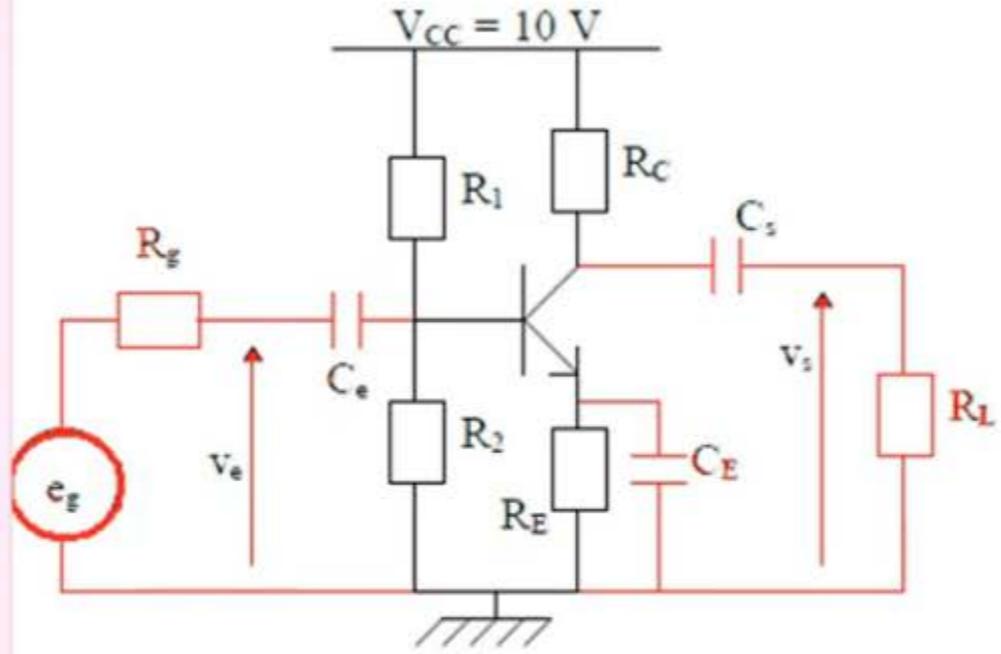
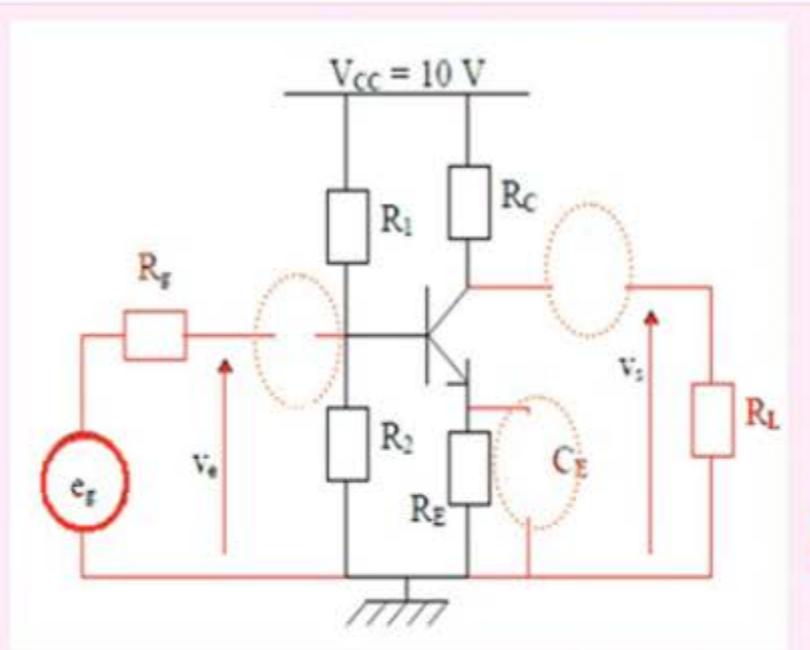
Condensateur \cong circuit ouvert (CO)

La polarisation du transistor

Les droites de charge et d'attaque

Le point de fonctionnement

Comment analyser un circuit en régime dynamique ?



Condensateur \cong circuit ouvert (CO)

La polarisation du transistor

Les droites de charge et d'attaque

Le point de fonctionnement

Comment analyser un circuit en régime dynamique ?

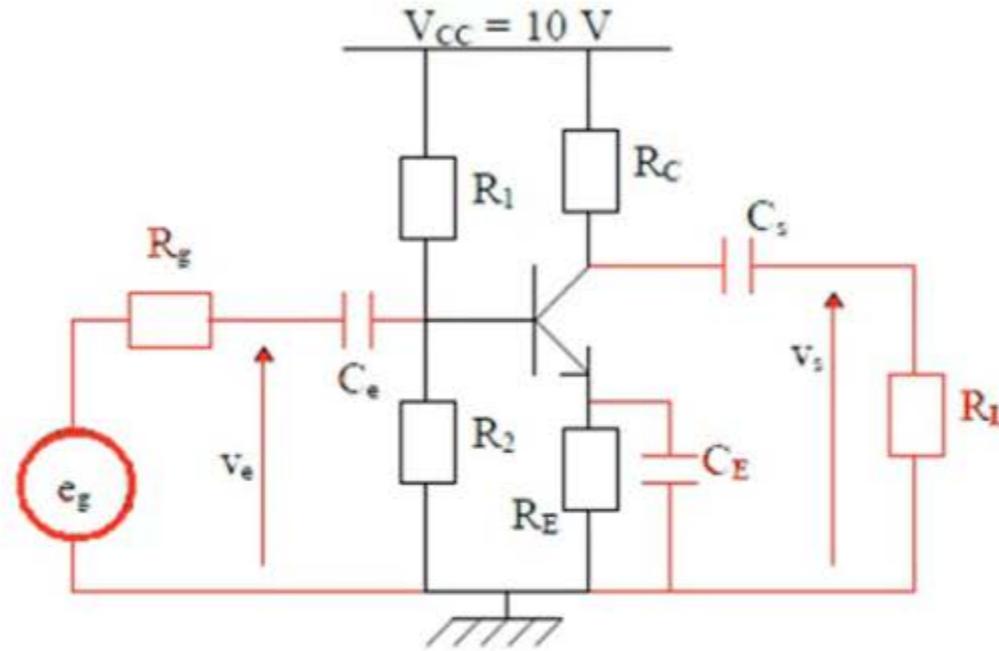
Quelques règles

$$\begin{cases} I_C = I_{C0} + i_c(t) \\ I_B = I_{B0} + i_b(t) \\ V_{CE} = V_{CE0} + v_{ce}(t) \\ V_{BE} = V_{BE0} + v_{be}(t) \end{cases}$$

Dissocier les deux régimes

Régime statique

Régime dynamique



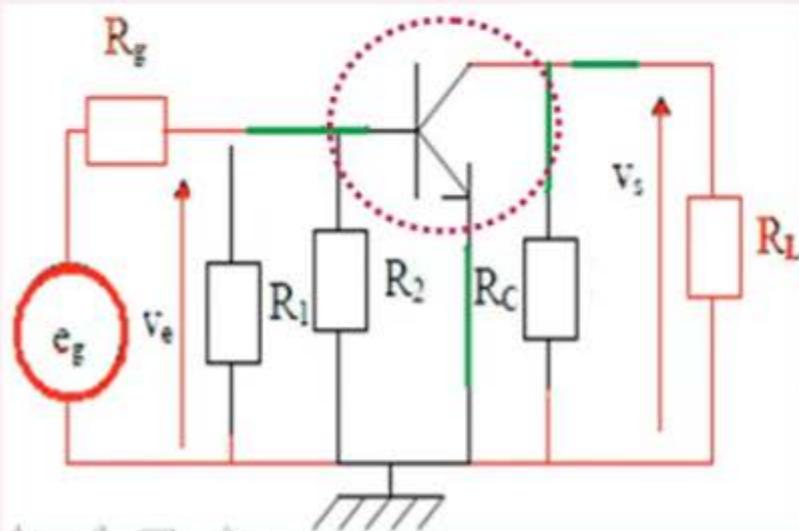
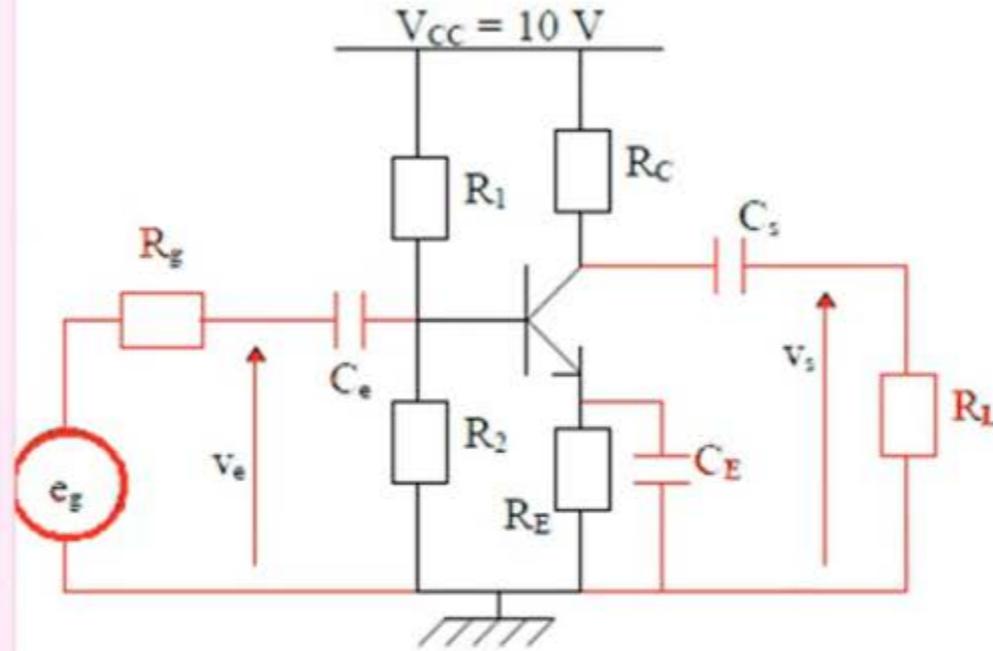
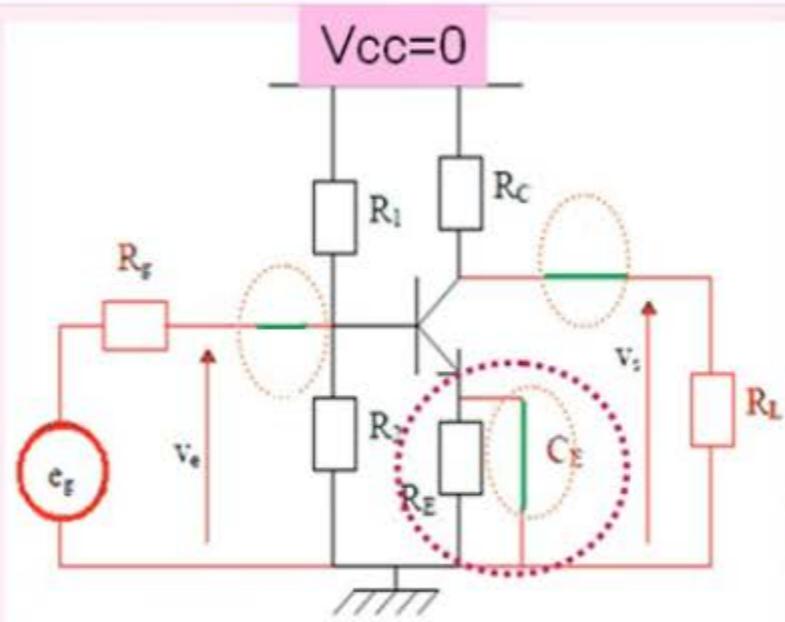
Condensateur \cong court circuit (CC)

Vcc devient nulle (La masse)

Le transistor en quadripôle

On calcul les paramètres du circuit
Gains et impédances

Comment analyser un circuit en régime dynamique ?



Condensateur \cong court circuit (CC)

V_{CC} devient nulle (La masse)

Le transistor en quadripôle

On calcul les paramètres du circuit
Gains et impédances

Partie

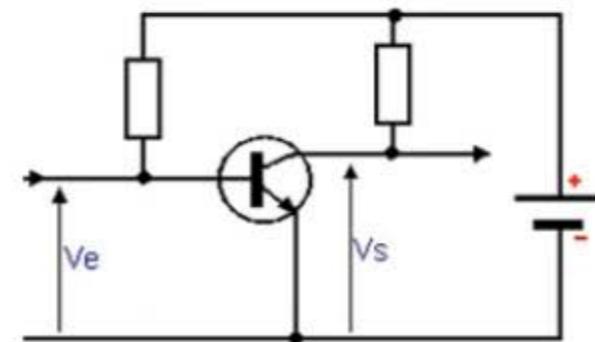
12

Transistor en quadripôle?!?!?

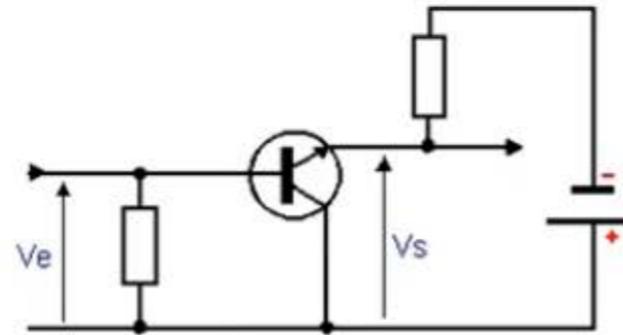
Comment?



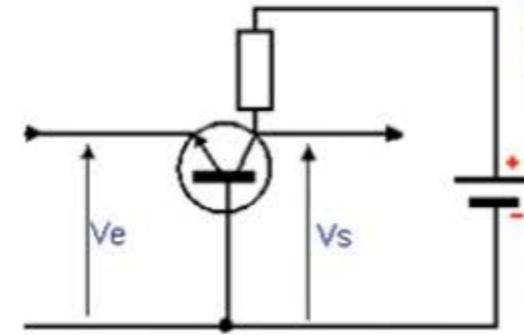
| Montage | Entrée | Sortie |
|-------------------|----------|------------|
| Emetteur commun | Base | collecteur |
| Collecteur commun | Base | Emetteur |
| Base commune | Emetteur | collecteur |



Emetteur commun (E-C)



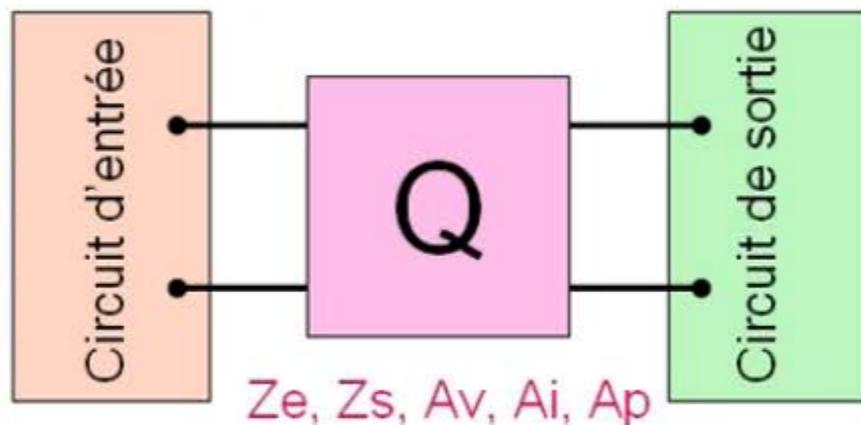
Collecteur commun (C-C)



Base commune (B-C)

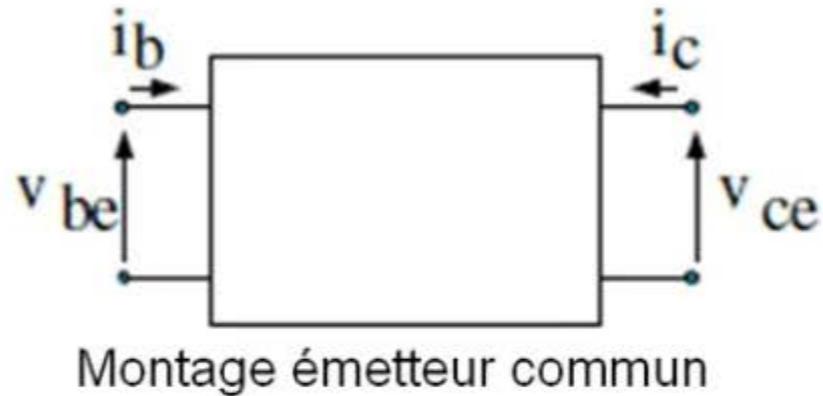
Transistor en quadripôle?!?!?

Quel montage?



| | E-C | C-C | B-C |
|------------------------------------|-------------------------------|---|--|
| Résistance d'entrée (ordre) | Moyenne ($1K\Omega$) | Grande ($100K\Omega$) | Faible (20Ω) |
| Résistance de sortie | Grande ($50K\Omega$) | Faible (100Ω) | Très Grande ($1M\Omega$) |
| Gain en courant | Grand (50) | Grand (-50) | Négatif faible |
| Gain en tension | Négatif grand (-100) | Egal à 1 | Elevé (100) |
| Caractéristique principale | Gain en puissance | Gain en courant | Gain en tension |
| Application | Amplificateur tension-courant | adaptateur d'impédance (ZE fort, ZS faible) | Amplificateur de tension à forte Z_e |

Paramètres hybrides (de transfert) du transistor NPN



$$\begin{cases} V_1 = H_{11}I_1 + H_{12}V_2 \\ I_2 = H_{21}I_1 + H_{22}V_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_{be} = H_{11}i_b + H_{12}v_{ce} \\ i_c = H_{21}i_b + H_{22}v_{ce} \end{cases}$$

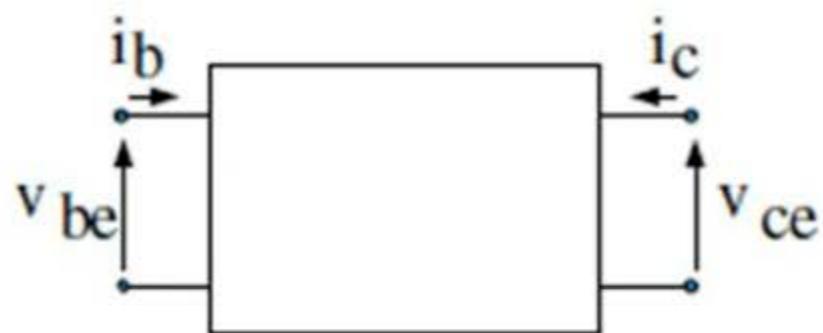
$$H_{11} = \left. \frac{v_{be}}{i_b} \right|_{v_{ce}=0}$$

$$H_{21} = \left. \frac{i_c}{i_b} \right|_{v_{ce}=0}$$

$$H_{12} = \left. \frac{v_{be}}{v_{ce}} \right|_{i_b=0}$$

$$H_{22} = \left. \frac{i_c}{v_{ce}} \right|_{i_b=0}$$

Paramètres hybrides (de transfert) du transistor NPN



Montage émetteur commun

$$\begin{cases} V_1 = H_{11}I_1 + H_{12}V_2 \\ I_2 = H_{21}I_1 + H_{22}V_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_{be} = H_{11}i_b + H_{12}v_{ce} \\ i_c = H_{21}i_b + H_{22}v_{ce} \end{cases}$$

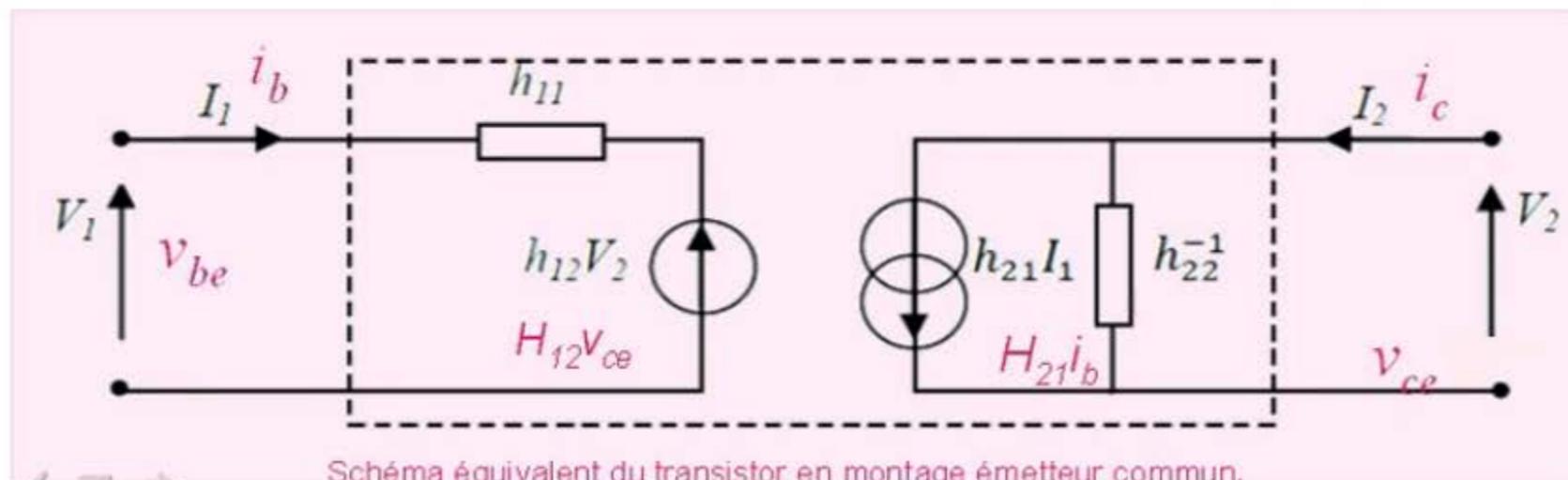
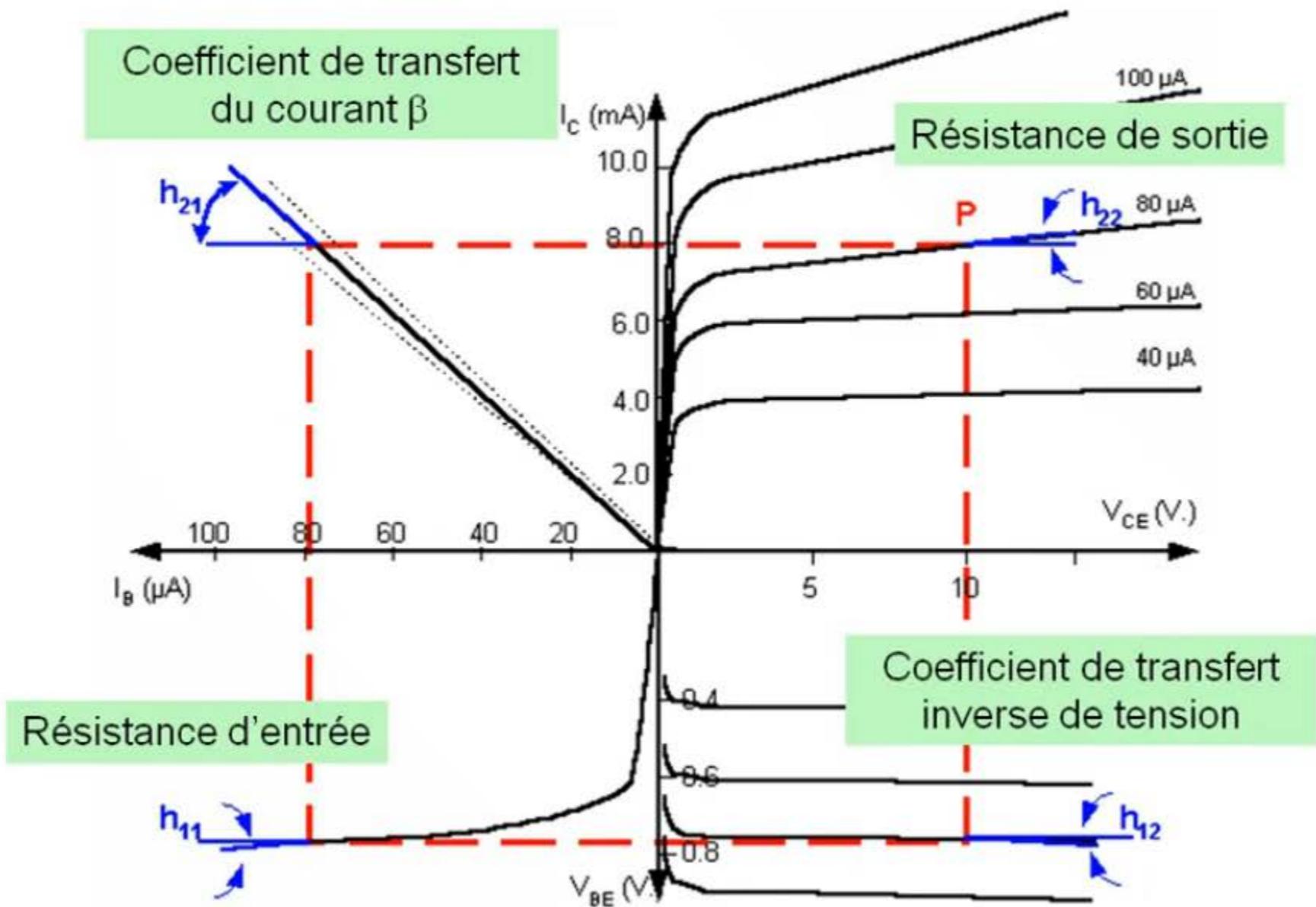


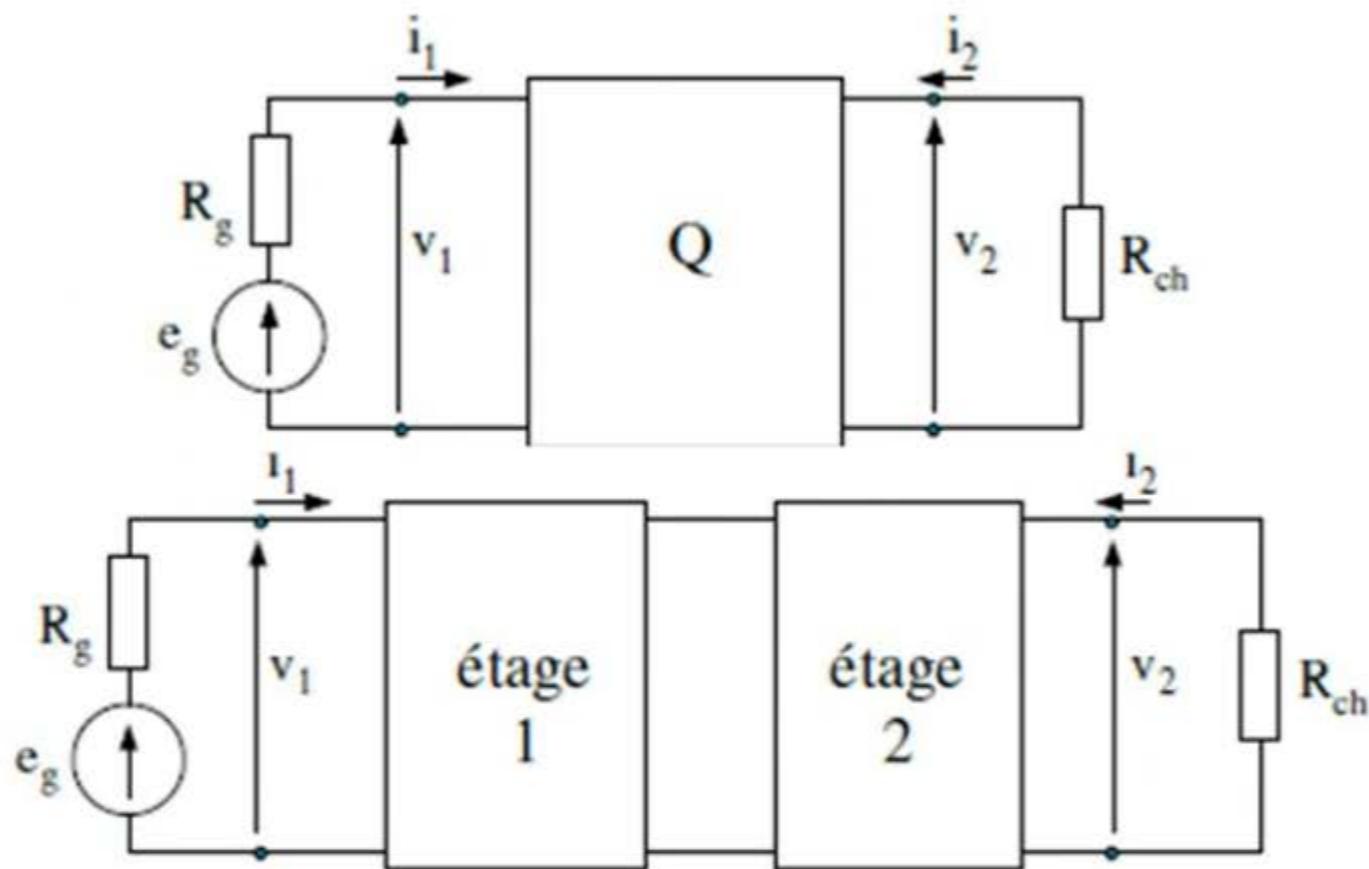
Schéma équivalent du transistor en montage émetteur commun.

Les paramètres hybrides dans le réseau des caractéristiques



Partie

13



On associe généralement :

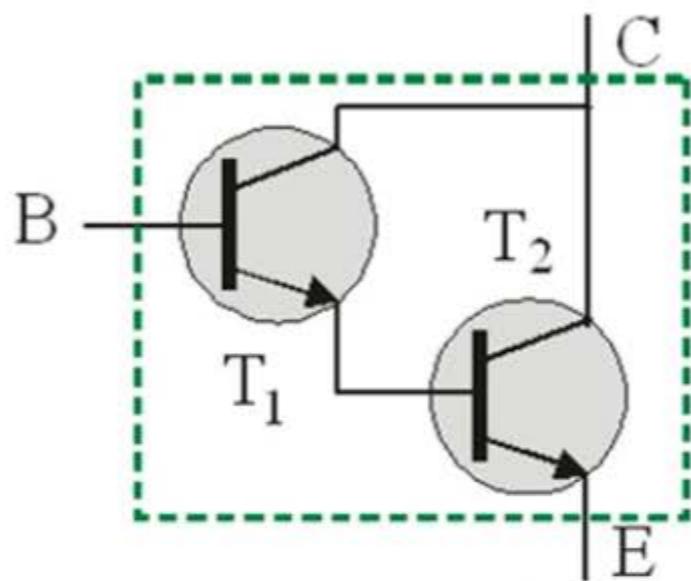
E-C + E-C : pour obtenir un gain élevé ;

C-C + E-C : si l'impédance interne du générateur d'entrée est trop élevée ;

E-C + C-C : si l'impédance de la charge est faible ;

C-C + C-C : pour obtenir un fort gain en courant.

Montage Darlington



$$\beta_{equ} = \beta^2$$

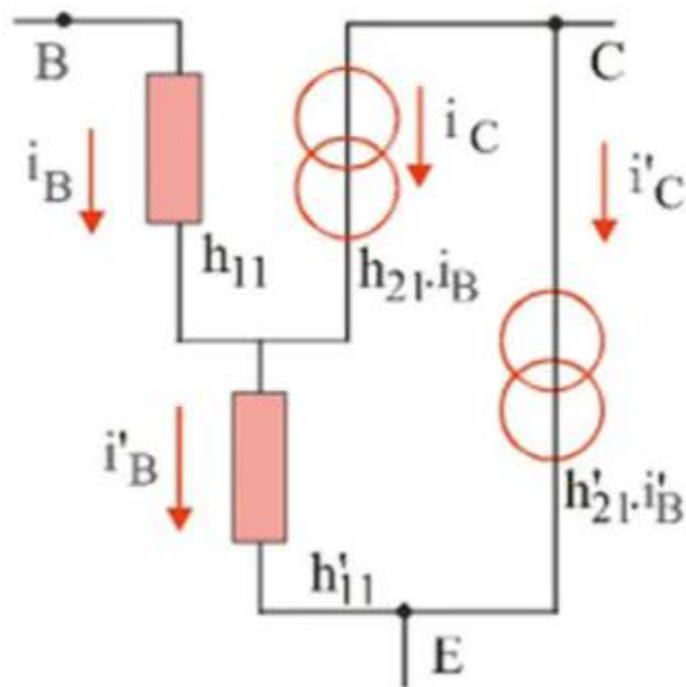


Schéma équivalent.