

# Cours d'électronique spécialisée : Le transistor bipolaire et les amplificateurs de base

A. Arciniegas  
V. Gauthier

IUT Cergy-Pontoise, Dep GEII, site de Neuville



- 1 Généralités
- 2 Polarisation
- 3 Amplificateurs de base

## Généralités

En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT3, nous allons nous intéresser à l'utilisation des **BJT** dans les circuits intégrés analogiques :

En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT3, nous allons nous intéresser à l'utilisation des **BJT** dans les circuits intégrés analogiques :

- amplificateurs de courant ou de tension

En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT3, nous allons nous intéresser à l'utilisation des **BJT** dans les circuits intégrés analogiques :

- amplificateurs de courant ou de tension
- amplificateurs différentiels

En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT3, nous allons nous intéresser à l'utilisation des **BJT** dans les circuits intégrés analogiques :

- amplificateurs de courant ou de tension
- amplificateurs différentiels
- générateur et miroir de courant



En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT3, nous allons nous intéresser à l'utilisation des **BJT** dans les circuits intégrés analogiques :

- **amplificateurs de courant ou de tension**
- amplificateurs différentiels
- générateur et miroir de courant

En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT3, nous allons nous intéresser à l'utilisation des **BJT** dans les circuits intégrés analogiques :

- **amplificateurs de courant ou de tension**
- amplificateurs différentiels
- générateur et miroir de courant

Dans le cas des amplificateurs, nous allons étudier :

En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT3, nous allons nous intéresser à l'utilisation des **BJT** dans les circuits intégrés analogiques :

- **amplificateurs de courant ou de tension**
- amplificateurs différentiels
- générateur et miroir de courant

Dans le cas des amplificateurs, nous allons étudier :

- les techniques de polarisation

En BUT1, nous avons pris connaissance des transistors bipolaires (BJT) et à effet de champ (MOSFET).

En BUT3, nous allons nous intéresser à l'utilisation des **BJT** dans les circuits intégrés analogiques :

- **amplificateurs de courant ou de tension**
- amplificateurs différentiels
- générateur et miroir de courant

Dans le cas des amplificateurs, nous allons étudier :

- les techniques de polarisation
- les topologies

## Polarisation

**Idée** → déterminer un **point de fonctionnement** ou **point de repos** du système.

**Idée** → déterminer un **point de fonctionnement** ou **point de repos** du système.

- En numérique, polarisation par la base et les montages dérivés.

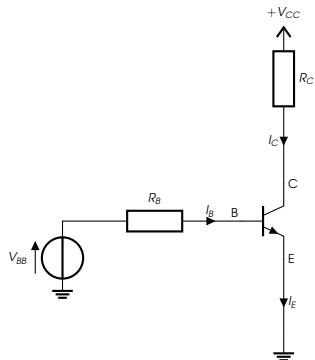
**Idée** → déterminer un **point de fonctionnement** ou **point de repos** du système.

- En numérique, polarisation par la base et les montages dérivés.
- En analogique, polarisation par l'émetteur et l'utilisation de techniques de contre-réaction.



# Polarisations

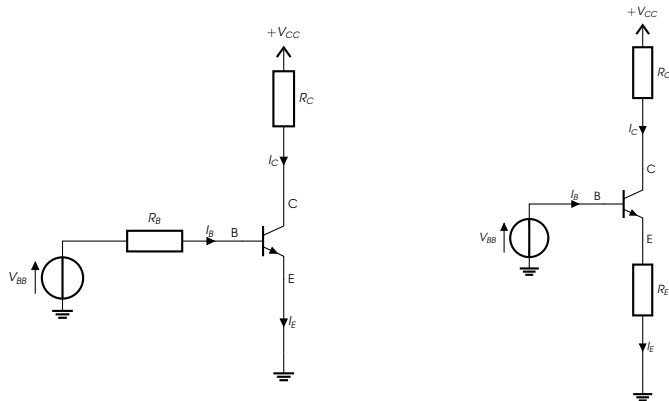
On étudie les montages suivants :



Polarisation par la base

# Polarisations

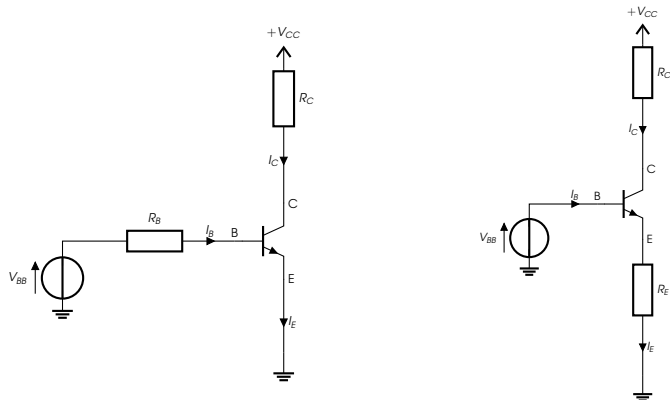
On étudie les montages suivants :



Polarisation par la base vs. polarisation par l'émetteur.

# Polarisations

On étudie les montages suivants :

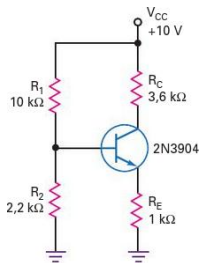


Polarisation par la base vs. polarisation par l'émetteur.

Remplir le tableau suivant :

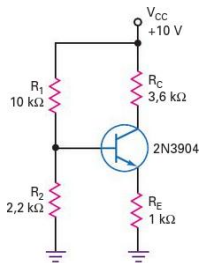
Caractéristiques	Courants fixés par la base	Courants fixés par l'émetteur
$\beta = 100$		
$\beta = 300$		
<b>Mode</b>		
<b>Applications</b>		

# Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée



Polarisation par PDT  
(d'après A. Malvino).

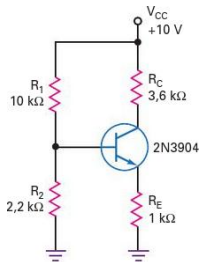
# Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée



**Règle de conception simplifiée**

Polarisation par PDT  
(d'après A. Malvino).

# Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée

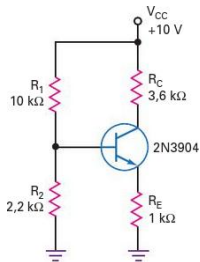


## Règle de conception simplifiée

- Fixer  $V_E = 0,1 V_{CC}$

Polarisation par PDT  
(d'après A. Malvino).

# Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée

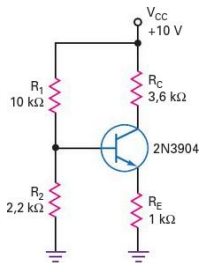


## Règle de conception simplifiée

- Fixer  $V_E = 0.1 V_{CC}$
- Alors  $R_E = \frac{V_E}{I_E}$

Polarisation par PDT  
(d'après A. Malvino).

# Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée



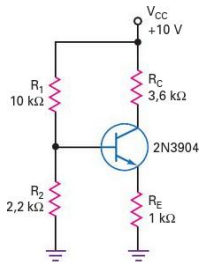
Polarisation par PDT  
(d'après A. Malvino).

## Règle de conception simplifiée

- Fixer  $V_E = 0.1 V_{CC}$
- Alors  $R_E = \frac{V_E}{I_E}$
- Si  $V_{CE} = 0.5 V_{CC}$ , alors  $R_C = 4R_E$



# Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée

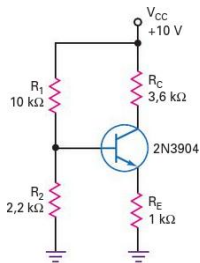


Polarisation par PDT  
(d'après A. Malvino).

## Règle de conception simplifiée

- Fixer  $V_E = 0.1 V_{CC}$
- Alors  $R_E = \frac{V_E}{I_E}$
- Si  $V_{CE} = 0.5 V_{CC}$ , alors  $R_C = 4R_E$
- Fixer  $R_2 \leq 0.1 \beta_{min} R_E$

# Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée

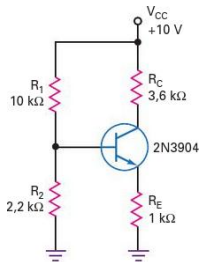


Polarisation par PDT  
(d'après A. Malvino).

## Règle de conception simplifiée

- Fixer  $V_E = 0.1 V_{CC}$
- Alors  $R_E = \frac{V_E}{I_E}$
- Si  $V_{CE} = 0.5 V_{CC}$ , alors  $R_C = 4R_E$
- Fixer  $R_2 \leq 0.1 \beta_{min} R_E$
- Calculer  $V_2 = V_{BE} + V_E$

# Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée

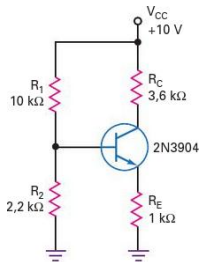


Polarisation par PDT  
(d'après A. Malvino).

## Règle de conception simplifiée

- Fixer  $V_E = 0.1 V_{CC}$
- Alors  $R_E = \frac{V_E}{I_E}$
- Si  $V_{CE} = 0.5 V_{CC}$ , alors  $R_C = 4R_E$
- Fixer  $R_2 \leq 0.1 \beta_{min} R_E$
- Calculer  $V_2 = V_{BE} + V_E$
- Calculer  $V_1 = V_{CC} - V_{R_{BB}}$

# Polarisation par pont diviseur de tension (PDT) et règle de conception simplifiée

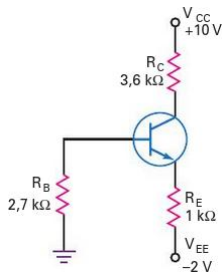


Polarisation par PDT  
(d'après A. Malvino).


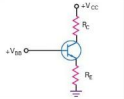
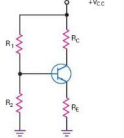
## Règle de conception simplifiée

- Fixer  $V_E = 0.1 V_{CC}$
- Alors  $R_E = \frac{V_E}{I_E}$
- Si  $V_{CE} = 0.5 V_{CC}$ , alors  $R_C = 4R_E$
- Fixer  $R_2 \leq 0.1 \beta_{min} R_E$
- Calculer  $V_2 = V_{BE} + V_E$
- Calculer  $V_1 = V_{CC} - V_{R_{BB}}$
- Calculer  $R_1 = \frac{V_1}{V_2} R_2$

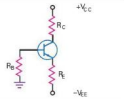
## Polarisation émetteur deux sources (PEDS)



PEDS  
(d'après A. Malvino).

À RETENIR 7.3 – Polarisation des circuits				
Type	Circuit	Calculs	Caractéristiques	Utilisation type
Polarisation par la base		$I_B = \frac{V_{BB} - 0,7 \text{ V}}{R_B}$ $I_C = \beta I_B$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$	Peu nombreuses $\beta$ -dépendante Courant de base défini	Commutateurs Circuits numériques
Polarisation par l'émetteur		$V_E = V_{BB} - 0,7 \text{ V}$ $I_E = \frac{V_E}{R_E}$ $V_C = V_C - I_E R_C$ $V_{CE} = V_{CC} - V_E$	Courant émetteur défini $\beta$ -indépendante	Commande de circuits intégrés Amplificateurs
Polarisation par diviseur de tension		$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$ $V_E = V_B - 0,7 \text{ V}$ $I_E = \frac{V_E}{R_E}$ $V_C = V_{CC} - I_C R_C$ $V_{CE} = V_{CC} - V_E$	Nécessite plus de résistances $\beta$ -indépendante N'utilise qu'une source d'alimentation	Amplificateurs

Type	Circuit	Calculs	Caractéristiques	Utilisation type
Polarisation émetteur à deux sources		$V_B = 0 \text{ V}$ $V_E = V_{BB} - 0,7 \text{ V}$ $V_{CE} = V_{CC} - 0,7 \text{ V}$ $I_E = \frac{V_E}{R_E}$ $V_C = V_{CC} - I_C R_C$ $V_{CE} = V_{CC} - V_E$	Nécessite des alimentations positive et négative $\beta$ -indépendante	Amplificateurs

Résumé circuits de polarisation  
(d'après A. Malvino).

# Amplificateurs de base

## Idée générale du fonctionnement recherché

Transmettre et amplifier un signal AC (variation par rapport au repos) sans perturber la polarisation du transistor (signal DC ou point de repos).



## Idée générale du fonctionnement recherché

Transmettre et amplifier un signal AC (variation par rapport au repos) sans perturber la polarisation du transistor (signal DC ou point de repos).

## Rappel

valeur instantanée = valeur de repos + variation par rapport au repos

## Idée générale du fonctionnement recherché

Transmettre et amplifier un signal AC (variation par rapport au repos) sans perturber la polarisation du transistor (signal DC ou point de repos).

## Rappel

valeur instantanée = valeur de repos + variation par rapport au repos

## Solution

Utiliser des condensateurs de **découplage** et de **liaison**.

## Idée générale du fonctionnement recherché

Transmettre et amplifier un signal AC (variation par rapport au repos) sans perturber la polarisation du transistor (signal DC ou point de repos).

## Rappel

valeur instantanée = valeur de repos + variation par rapport au repos

## Solution

Utiliser des condensateurs de **découplage** et de **liaison**.

### Condensateur de découplage

- $\equiv$  circuit-ouvert DC
- Rôle : isoler le générateur AC et la charge (récepteur) en DC

## Idée générale du fonctionnement recherché

Transmettre et amplifier un signal AC (variation par rapport au repos) sans perturber la polarisation du transistor (signal DC ou point de repos).

## Rappel

valeur instantanée = valeur de repos + variation par rapport au repos

## Solution

Utiliser des condensateurs de **découplage** et de **liaison**.

### Condensateur de liaison

- $\equiv$  court-circuit AC
- Rôle : transmettre le signal vers la charge en AC

## Idée générale du fonctionnement recherché

Transmettre et amplifier un signal AC (variation par rapport au repos) sans perturber la polarisation du transistor (signal DC ou point de repos).

## Rappel

valeur instantanée = valeur de repos + variation par rapport au repos

## Solution

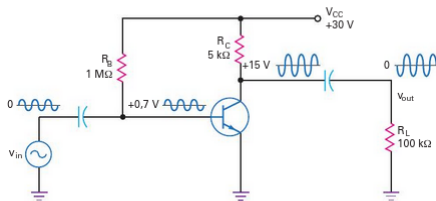
Utiliser des condensateurs de **découplage** et de **liaison**.

### Condensateur de liaison

- $\equiv$  court-circuit AC
- Rôle : transmettre le signal vers la charge en AC

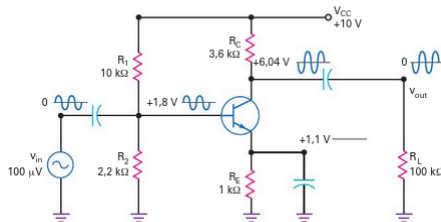
$$X_C \leq 0.1R \text{ à } f_{min} \text{ du signal AC}$$

# Exemple : Amplificateur Émetteur Commun



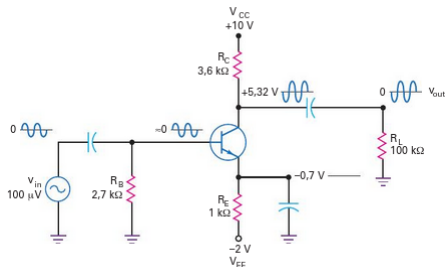
Amplificateur polarisé par la base  
(d'après A. Malvino).

# Exemple : Amplificateur Émetteur Commun



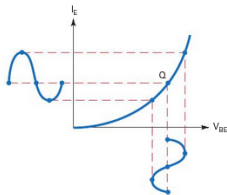
Amplificateur PDT  
(d'après A. Malvino).

# Exemple : Amplificateur Émetteur Commun



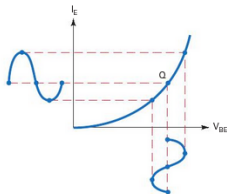
Amplificateur PEDS  
(d'après A. Malvino).



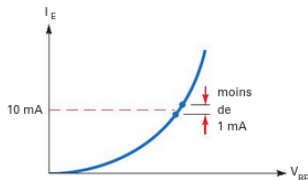


Amplification avec distorsion  
(d'après A. Malvino).

# Fonctionnement petit signal AC

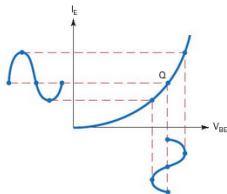


Amplification avec distorsion  
(d'après A. Malvino).

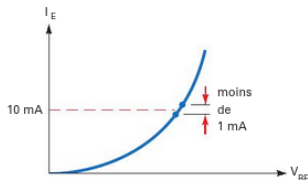


Définition d'un fonctionnement petit signal  
(d'après A. Malvino).

# Fonctionnement petit signal AC



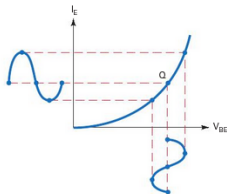
Amplification avec distorsion  
(d'après A. Malvino).



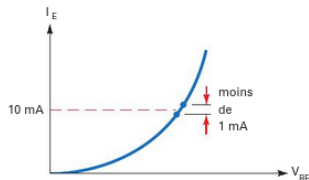
Définition d'un fonctionnement petit signal  
(d'après A. Malvino).

Lorsque on s'intéresse aux petites variations, les paramètres du transistor BJT sont :

# Fonctionnement petit signal AC

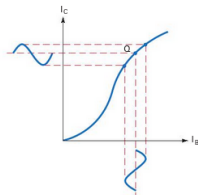


Amplification avec distorsion  
(d'après A. Malvino).



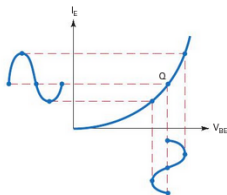
Définition d'un fonctionnement petit signal  
(d'après A. Malvino).

Lorsque on s'intéresse aux petites variations, les paramètres du transistor BJT sont :

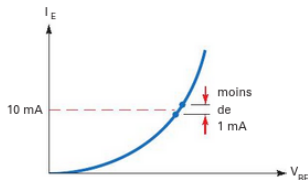


Beta :  $\beta_{AC} = \beta_{DC}$   
(d'après A. Malvino).

# Fonctionnement petit signal AC

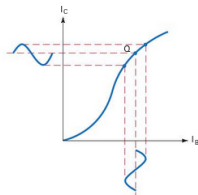


Amplification avec distorsion  
(d'après A. Malvino).

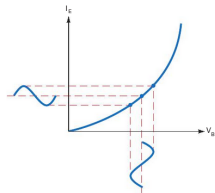


Définition d'un fonctionnement petit signal  
(d'après A. Malvino).

Lorsque on s'intéresse aux petites variations, les paramètres du transistor BJT sont :



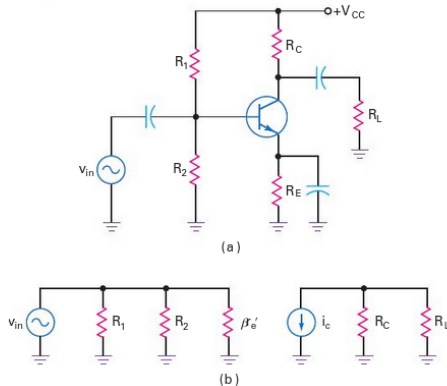
Beta :  $\beta_{AC} = \beta_{DC}$   
(d'après A. Malvino).



Résistance dynamique d'émetteur :  
 $r'_e = V_T / I_E$  (résultat de la  $\varphi_{solide}$ ).

Lorsque le transistor travaille en **régime de petits signaux**, nous pouvons utiliser le modèle en  $\pi$  (déjà vu en S1) :

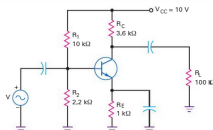
Lorsque le transistor travaille en **régime de petits signaux**, nous pouvons utiliser le modèle en  $\pi$  (déjà vu en S1) :



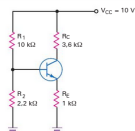
Amplificateur PDT et circuit équivalent en petit signal AC  
(d'après A. Malvino).

## À RETENIR 8.1 – Équivalents PDT, DC et AC

Circuit d'origine

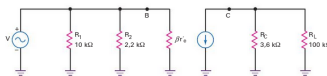


Circuit DC



- Ouvrir tous les condensateurs de liaison et de découplage
- Redessiner le circuit
- Trouver le point Q du circuit DC : équations  
 $V_B = 1,8 \text{ V}$   
 $V_E = 1,1 \text{ V}$   
 $I_E = 1,1 \text{ mA}$   
 $V_{CE} = 4,94 \text{ V}$

Modèle en AC



Synthèse PDT en DC et AC  
(d'après A. Malvino).

## Gain en tension

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = - \frac{R_C || R_L}{r'_e}$$