

MICROELECTRONIQUE 1

MIC 4120

CHAPITRE 12

AMPLIFICATEURS DE PUISSANCE

Avec permission de Pearson Prentice Hall

Définitions

Les caractéristiques les plus importantes des amplificateurs sont:

- **Amplification**
- **Linearité**
- **Gain**

D'ailleurs, les amplificateurs de puissance comportent des caractéristiques particulières, telles:

- **Efficacité**
- **Puissance maximum de sortie**
- **Adaptation de l'impédance de sortie.**

Types d'amplificateur

Classe A

Cet amplificateur conduit les 360° du cycle d'entrée. Le point de fonctionnement ou point-Q reste proche de la moitié de la droite de charge.

Classe B

Cet amplificateur conduit pendant 180° du cycle d'entrée. Le point de fonctionnement ou point-Q reste dans la zone de blocage (cutoff).

Classe AB

Ceci est un compromis entre les amplificateurs de classe A et B. L'amplificateur conduit entre 180° et 360° . Le point-Q est situé entre le point de moitié et celui de blocage de la droite de charge.

encore...

Amplifier Types

Classe C

L'amplificateur conduit moins de 180° de l'entrée. Le point de fonctionnement Q est situé par dessous le niveau de blocage (cutoff).

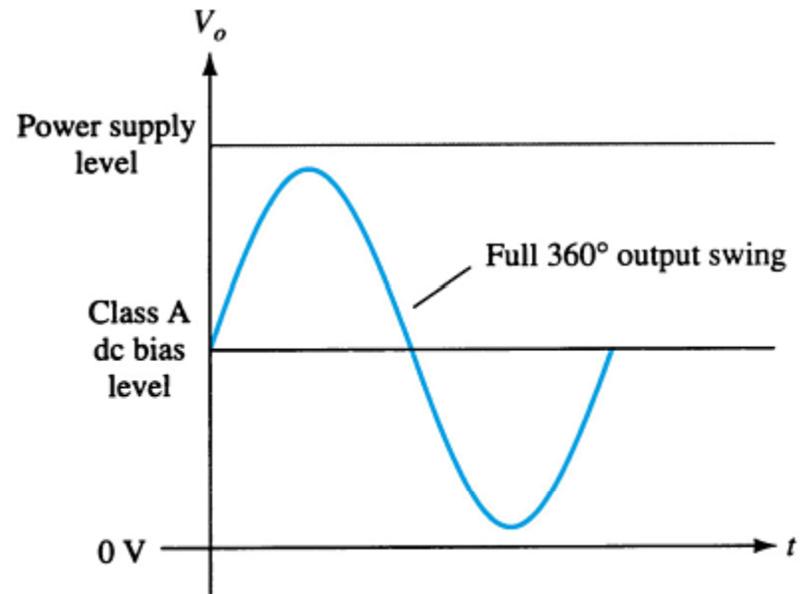
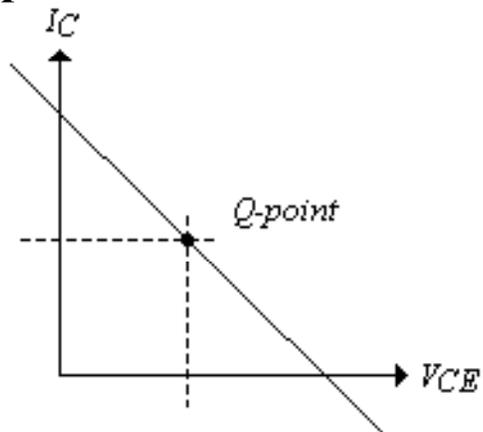
Classe D

L'amplificateur est polarisé spécifiquement pour traiter les signaux numériques.

Amplificateur Classe A

La sortie de l'amplificateur classe A conduit pendant les 360° du cycle.

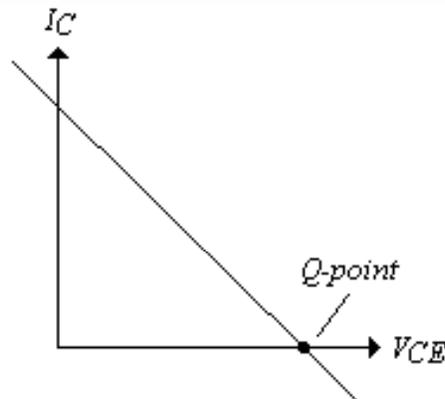
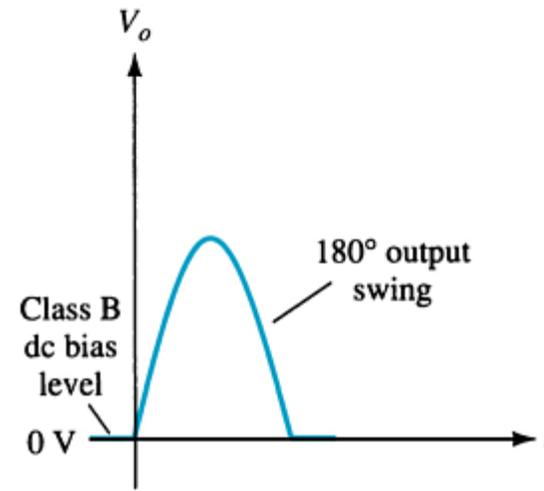
Le point Q est situé à la moitié de la droite de charge de façon que le signal peut se déplacer un cycle complet.



Se souvenir que la ligne de charge indique les niveaux maximum et minimum de la source d'alimentation AC.

Amplificateur classe B

La sortie conduit uniquement pendant 180° du signal d'entrée.

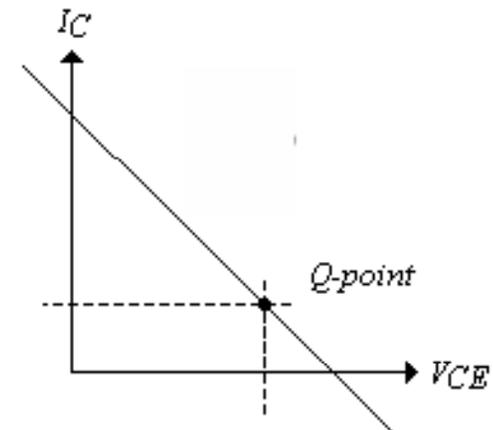


Le point Q de fonctionnement est situé à 0V sur la droite de charge, de façon que le signal de sortie peut seulement exister pendant un demi-cycle.

Amplificateur classe AB

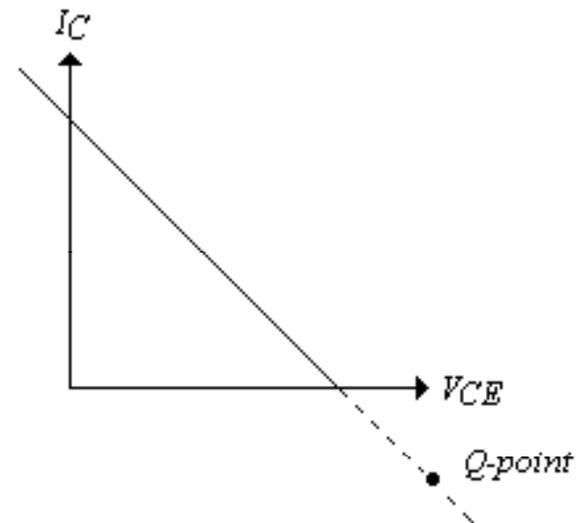
Cet amplificateur est un compromis entre les amplificateurs de classe A et B. Le point Q est par dessus celui de classe B mais par dessous celui de classe A.

La sortie conduit entre 180° et 360° du signal d'entrée en AC.



Classe C

La sortie de classe C conduit pendant moins que 180° du cycle AC. Le point Q est par dessous la zone de blocage (cutoff).



Efficacité de l'amplificateur

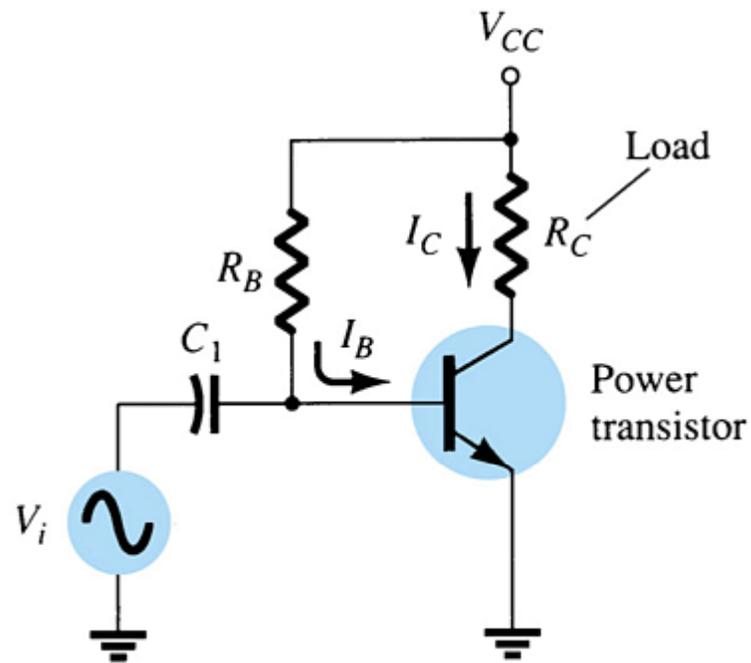
Comparison of Amplifier Classes					
	A	AB	Class B	C*	D
Operating cycle	360°	180° to 360°	180°	Less than 180°	Pulse operation
Power efficiency	25% to 50%	Between 25% (50%) and 78.5%	78.5%		Typically over 90%

**Class C is usually not used for delivering large amounts of power, thus the efficiency is not given here.*

Efficacité fait référence au rapport de la puissance de sortie vers celle de l'entrée. Le moins l'amplificateur conduit le plus efficace il devient.

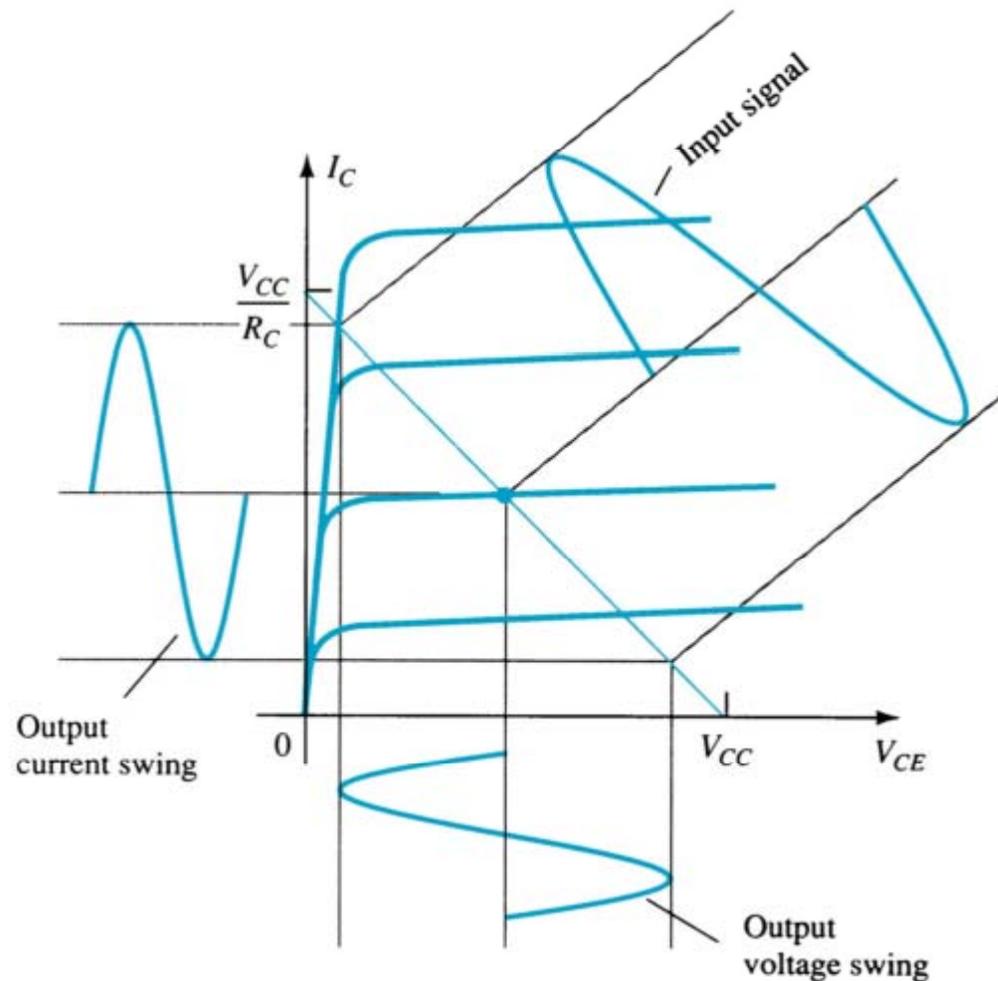
Amplificateur classe A alimenté en série

Similaire à un amplificateur petits signaux mais il peut utiliser des tensions plus hautes. Il s'agit d'un transistor de puissance.



Amplificateur classe B alimenté en série

Un petit signal d'entrée cause que le signal de sortie change entre un maximum de V_{CC} et un minimum de $0V$. Le courant peut aussi varier entre $0mA$ et I_{CSAT} (V_{CC}/R_C)



Amplificateur classe A alimenté en série

Puissance d'entrée

C'est la puissance consommée par l'amplificateur a partir de la source DC. Sans signal d'entrée le courant obtenu en collecteur est celui de la polarisation au point de fonctionnement, I_{CQ} .

$$P_{i(dc)} = V_{CC}I_{CQ}$$

Puissance de sortie

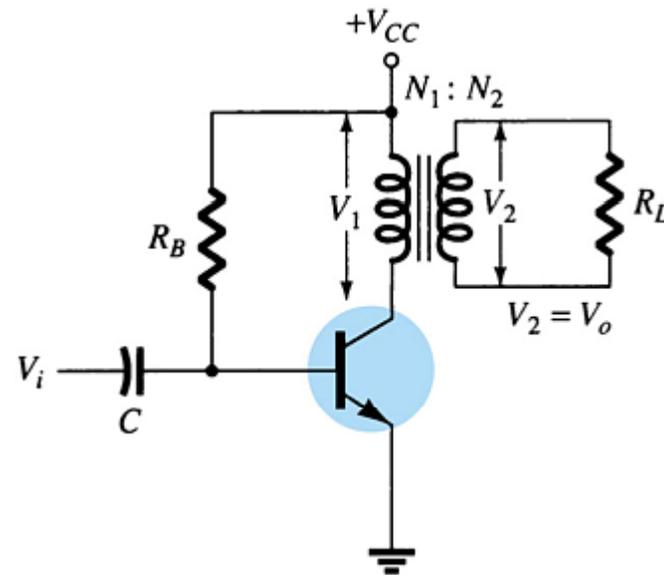
$$P_{o(ac)} = \frac{V^2_{C(rms)}}{R_C} \quad \text{or} \quad P_{o(ac)} = \frac{V^2_{CE(p-p)}}{8R_C}$$

Efficacité

$$\% \eta = \frac{P_{o(ac)}}{P_{i(ac)}} \times 100$$

Amplificateur classe A relié par transformateur

Ce circuit utilise un transformateur pour se rélier à la charge. Cette configuration améliore l'efficacité de l'amplificateur Classe A jusqu'au maximum de 50%.



Action du transformateur

Le transformateur améliore l'efficacité du fait qu'il permet de transformer la tension, le courant et l'impédance.

Rapport de Tension

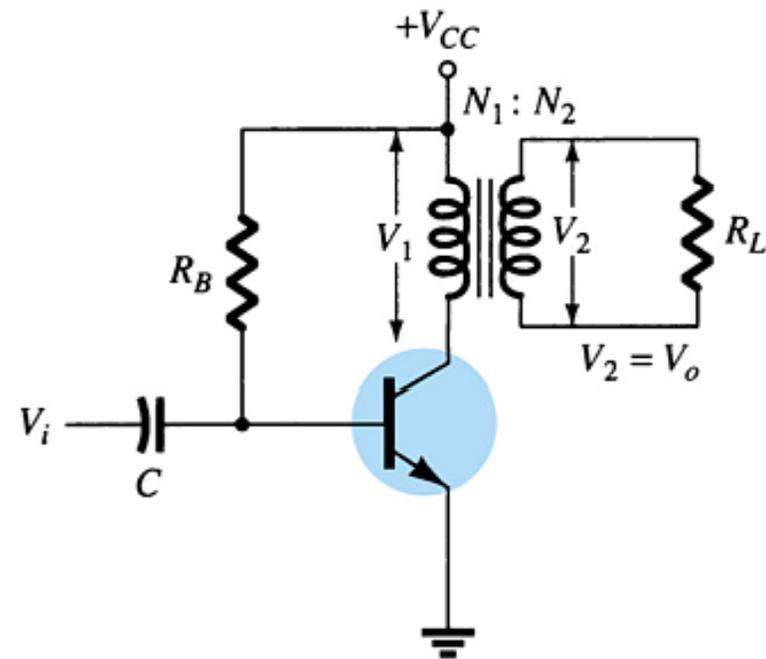
$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

Rapport de courant

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

Rapport d'impédance

$$\frac{R'_L}{R_L} = \frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = a^2$$



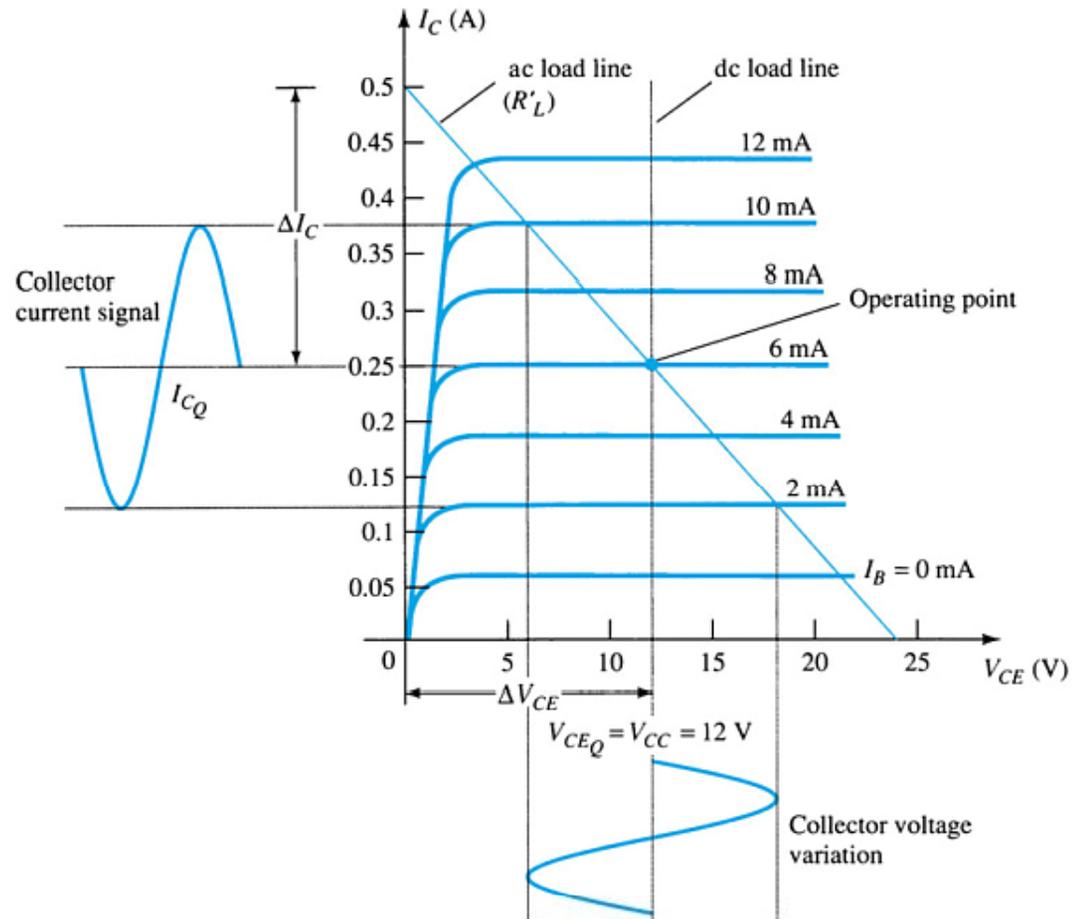
Amplificateur classe A relié par transformateur

Droite de charge DC

Elle est toujours a mi-point de la zone lineaire.

Droite de charge AC.

Le point de saturation (I_{Cmax}) est situé a V_{cc}/R'_L et le point de blocage est à V_2 (tension du secondaire du transfo). Cela produit un maximum de déplacement du signal de sortie, ente les maximums de I_C et de V_{CE} .



Amplificateur classe A relié par transformateur

Plage du signal et puissance de sortie AC.

La plage du signal:

$$V_{CE(p-p)} = V_{CE\max} - V_{CE\min}$$

La plage du courant:

$$I_{C\max} - I_{C\min}$$

Puissance AC:

$$P_{o(ac)} = \frac{(V_{CE\max} - V_{CE\min})(I_{C\max} - I_{C\min})}{8}$$

Efficacité de l'amplificateur classe A relié par transformateur

Entrée de puissance de la source DC:

$$P_{i(dc)} = V_{CC}I_{CQ}$$

Puissance consommée en chaleur aux transistors:

$$P_Q = P_{i(dc)} - P_{o(ac)}$$

Note: Le plus grand le signaux d'entrée et de sortie, le plus bas la consommation en chaleur.

Efficacité maximum:

$$\% \eta = 50 \left(\frac{V_{CEmax} - V_{CEmin}}{V_{CEmax} + V_{CEmin}} \right)^2$$

Note: Le plus grand V_{CEmax} et le plus petit V_{CEmin} , plus l'efficacité se rapproche du maximum théorique de 50%.

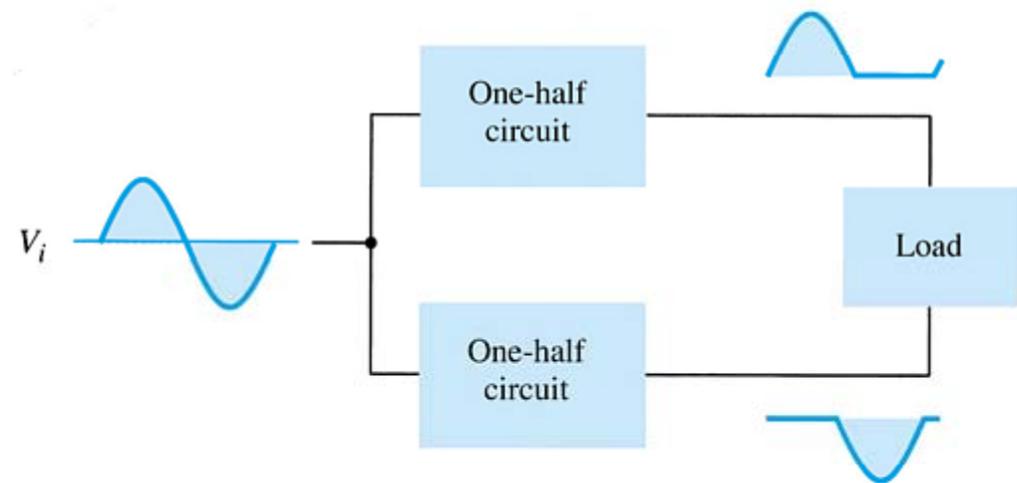
Amplificateur classe B

Dans la classe B, le transistor est polarisé OFF de justesse. Le signal AC met le transistor en ON.

Le transistor conduit uniquement quand il est mis en ON par un semi-cycle AC..

Afin d'obtenir un cycle complet de l'ampli classe B, on a besoin de deux transistors:

- Un transistor *npn* qui fournit la moitié négative du cycle AC
- Un transistor *pnp* qui fournit la moitié positive du cycle AC.



Effacité de l'amplificateur classe B

Le maximum d'efficacité de l'ampli classe B est 78.5%..

$$\% \eta = \frac{P_{o(ac)}}{P_{i(dc)}} \times 100$$

$$\text{maximum } P_{o(dc)} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L}$$

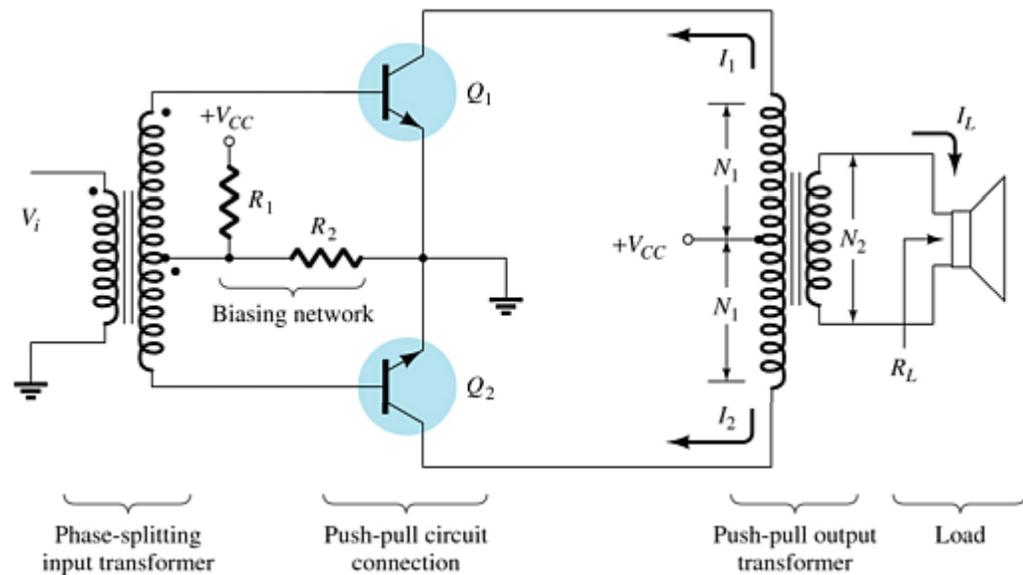
Pour un maximum de puissance, $V_L = V_{CC}$

$$\text{maximum } P_{i(dc)} = V_{CC}(\text{maximum } I_{dc}) = V_{CC} \left(\frac{2V_{CC}}{\pi R_L} \right) = \frac{2V_{CC}^2}{\pi R_L}$$

Amplificateur classe B en push-pull

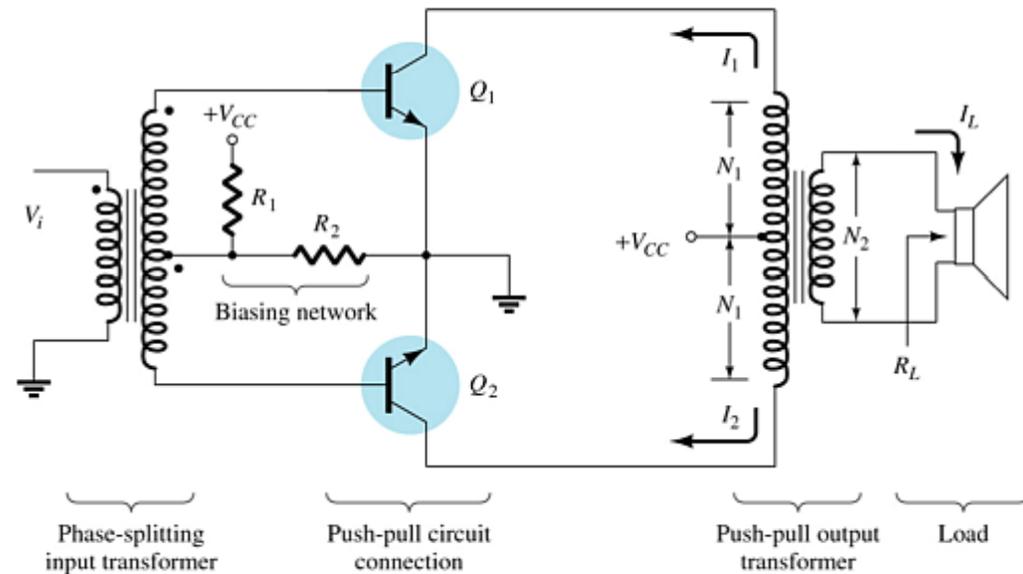
Le transformateur avec masse centrale à l'entrée produit des signaux de polarités opposées aux deux entrées des transistors.

Le transformateur avec masse centrale en sortie combine les deux moitiés du signal AC pour rendre le signal original vers l'haut-parleur.



Amplificateur classe B en mode push-pull

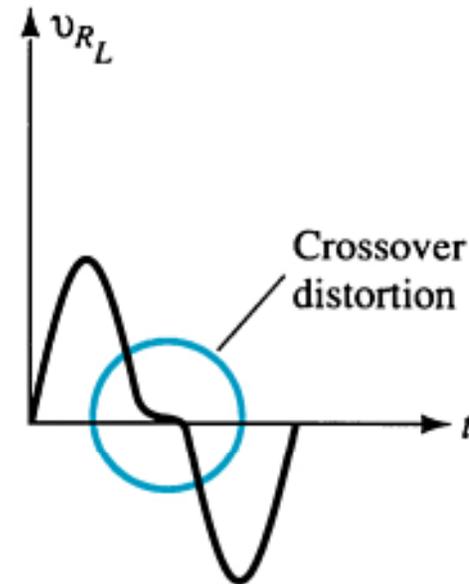
- Pendant le cycle positif le transistor Q_1 (*nnp*) conduit et le transistor Q_2 (*pnnp*) est off.
- Pendant le cycle négatif le transistor Q_2 (*pnnp*) conduit tandis que Q_1 (*nnp*) est off.



Chaque transistor produit la moitié d'un cycle. Le transformateur de sortie combine les deux signaux a la sortie.

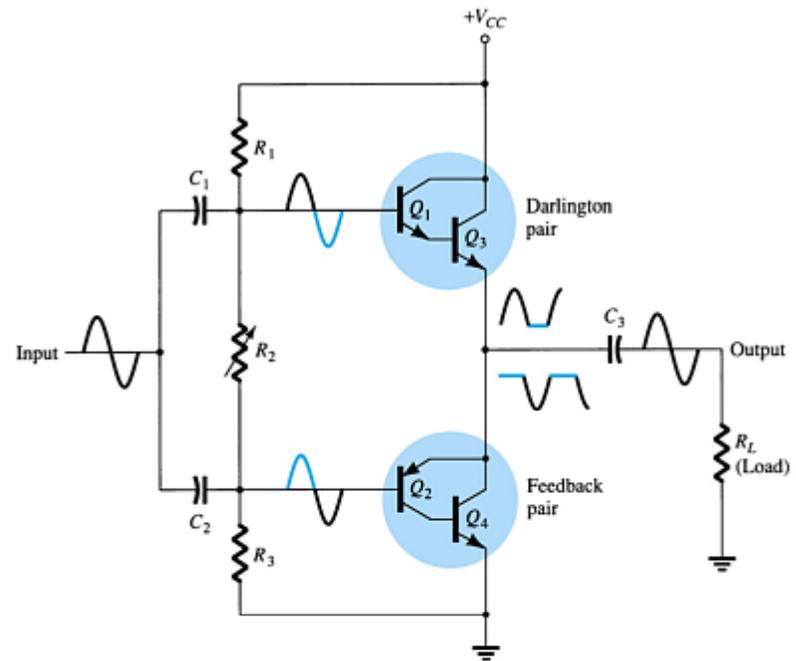
Distortion de transition

Si les transistors Q_1 et Q_2 ne commutent pas en meme temps, il y a une période de transition causant distortion au signal de sortie.



Amplificateur pus-pull quasi-complémentaire

Une pair Darlington avec de réalimentation permet un fonctionnement en push-pull qui augmente la puissance effective de sortie.



Distortion de l'amplificateur

Si la sortie de l'amplificateur n'est pas un signal AC sinusoïdale, le signal comporte une distortion. L'amplificateur n'est pas linéaire.

La distortion peut être analysée par l'analyse de Fourier. Ce dernier indique que tout signal périodique peut être reconstruit avec l'addition de plusieurs signaux de fréquences multiples de la fondamentale. Ces composantes s'appellent harmoniques de la fondamentale.

Harmoniques

Les harmoniques sont multiples de la fréquence fondamentale.

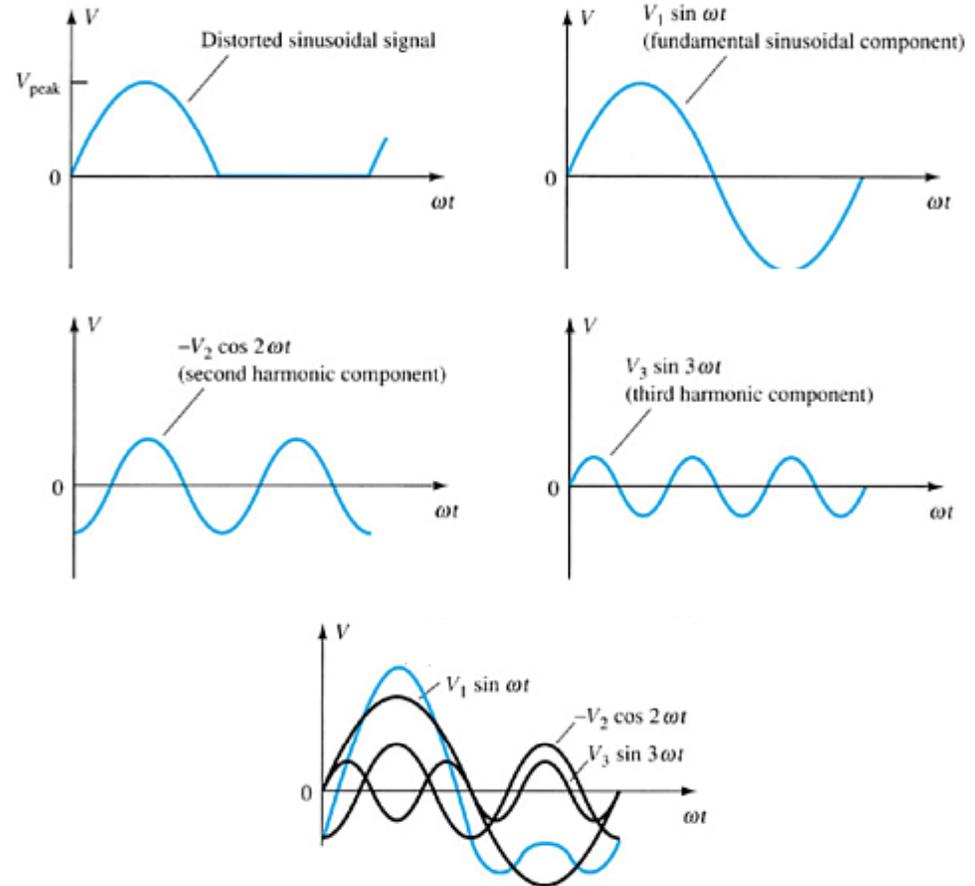
Si la fréquence fondamentale est de 5kHz:

1 ^{er} harmonique	1 x 5kHz
2 ^{eme} harmonique	2 x 5kHz
3 ^{eme} harmonique	3 x 5kHz
4 ^{eme} harmonique	4 x 5kHz
etc.	

Les harmoniques 1^{er} et 3^{eme} s'appellent **harmoniques impaires** et le 2^{eme} et 4^{eme} s'appellent **harmoniques paires**.

Distortion harmonique

Selon l'analyse de Fourier, si un signal n'est pas parfaitement sinusoïdal, il comporte des harmoniques.



Calcul des distortions harmoniques

La distortion harmonique (D) peut être calculée:

$$\% \text{ de distortion harmonique} = \% D_n = \left| \frac{A_n}{A_1} \right| \times 100$$

avec

A_n est l'amplitude de la fréquence fondamentale

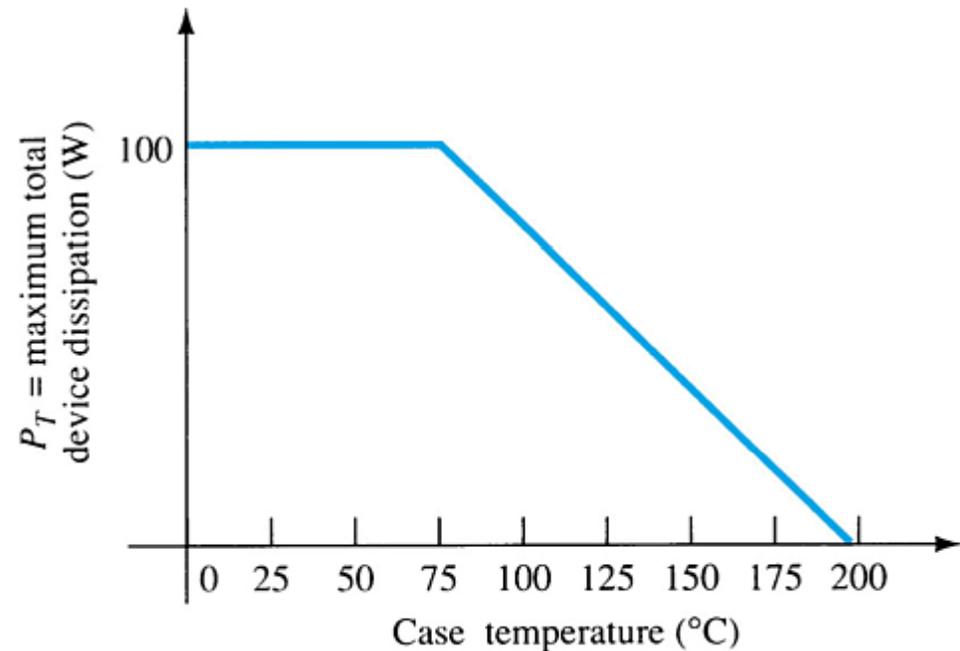
A_n est la fréquence de l'harmonique le plus haut

La distortion totale des harmoniques (THD) est:

$$\% \text{ THD} = \sqrt{D_2^2 + D_3^2 + D_3^2 + \dots} \times 100$$

Courbe de chaleur du transistor de puissance

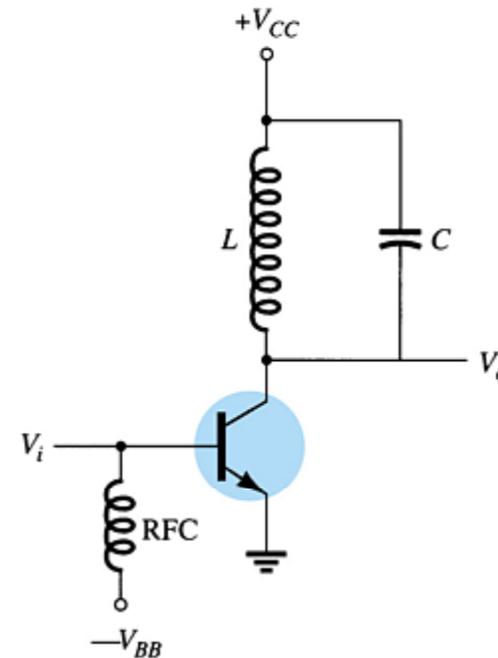
Les transistors de puissance dissipent beaucoup de chaleur. Cela peut détruire l'amplificateur ainsi que les composants connexes.



Amplificateur classe C

L'amplificateur classe C conduit moins de 180° . Pour produire un signal sinusoïdal complet à la sortie, il utilise un circuit résonant (LC tank).

Les amplificateur classe C sont utilisés beaucoup dans les circuits de communication radio.



Amplificateur classe D

L'amplificateur classe D amplifie des impulsions et a besoin des impulsions en entrée.

Il y a beaucoup de circuits qui peuvent convertir un signal sinusoïdal en des impulsions et vice-versa. Ce type de circuit a beaucoup d'applications dans les circuits numériques.

