REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE D'ORAN MOHAMED BOUDIAF

FACULTÉ DE GÉNIE ELECTRIQUE

DÉPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة العلوم والتكنولوجيا بوهران محمد بوضياف

كلية الهندســـة الكهربائيــة

قســـم الإلكترونيـــك

Manuel de Cours

Electronique Fondamentale 2

2ème année ELECTRONIQUE Licence

Chapitre 2 : Amplificateurs de puissance

Semaine1

2019-2020

2.2 Amplificateurs de puissance [1] [2] [3]

Lorsqu'un amplificateur à émetteur commun, à collecteur commun ou à base commune est polarisé de façon à ce qu'il fonctionne dans la région linéaire pour le cycle complet (360°) de l'entrée, il est appelé un amplificateur classe A. dans ce mode de fonctionnement particulier, l'amplificateur ne passe pas en blocage ou en saturation : la forme d'onde de la tension de sortie est donc une réplique amplifiée de celle de l'entrée. Un amplificateur classe A peut être avec ou sans inversion. Concernant les amplificateurs à faibles signaux, s'applique pour la classe A mais à grands signaux.

2.2.1 Les amplificateurs de puissance classe A

2.2.1.1 Définitions

Un fonctionnement d'un amplificateur classe A à grands signaux est illustré à la figure 2.45.

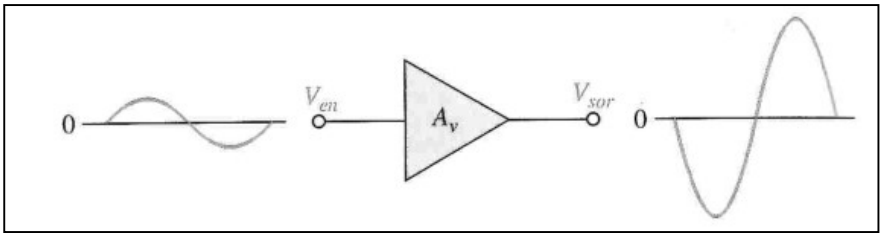

Figure 2.45 Fonctionnement en classe A. la sortie est ici déphasée de 180° (inversée) par rapport à l'entrée.

2.2.1.2 Droite de charge dynamique

Tout amplificateur voit deux charges : une charge statique (c.c.) et une charge dynamique (c.a.), donc tout amplificateur à deux droites de charges : une droite de charge statique et une droite de charge dynamique

Point Q centré pour un signal de sortie maximal

Lorsque le point Q est au centre de la droite de charge c.a. (à mi-chemin entre la saturation et le blocage), on peut obtenir un signal maximal de classe A, tel qu'illustré sur la droite de charge c.a. à la figure 2.46.a. idéalement, le courant au collecteur peut varier de sa valeur au point Q, I_{CQ}, jusqu'à sa valeur supérieure de saturation $I_{c(sat)}$ et jusqu'à sa valeur inférieure de blocage de zéro (figure 2.46.b).

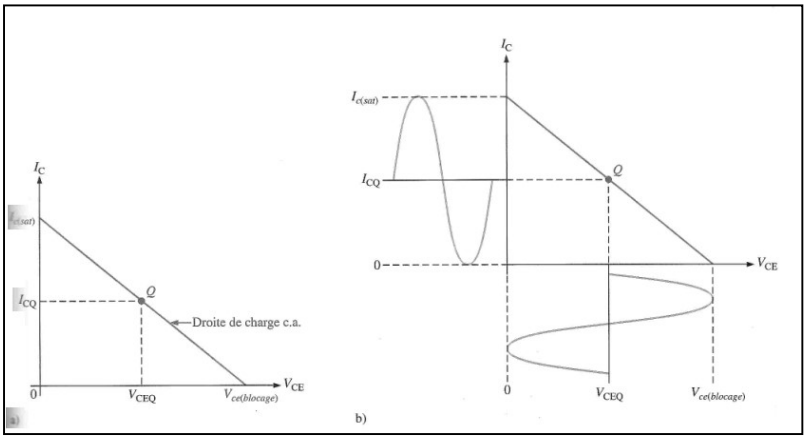

Figure 2.46 la sortie maximale rn classe A se produit lorsque le point Q est au centre de la droite de charge.

Lorsque le signal d'entré est trop grand, l'amplificateur est actionné en blocage et en saturation, causant un écrêtement du signal (figure 2.47).

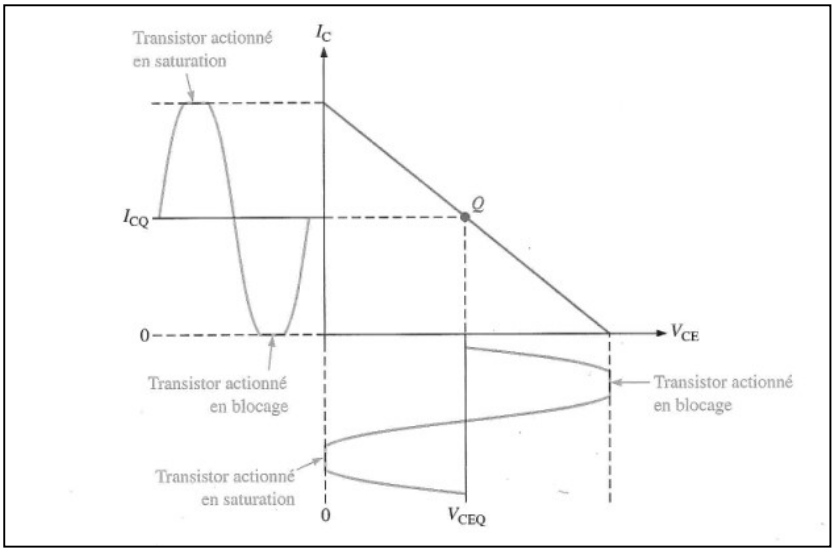

Figure 2.47 l'amplitude du signal d'entrée est très grande.

Point Q non centré limitant le signal de sortie

Point Q décentré, plus prés de la région du blocage

Lorsque le point Q n'est au centré sur la droite de charge c.a., V_{ce} est limitée à une valeur inférieure à celle de l'amplitude maximale. Figure 2.48

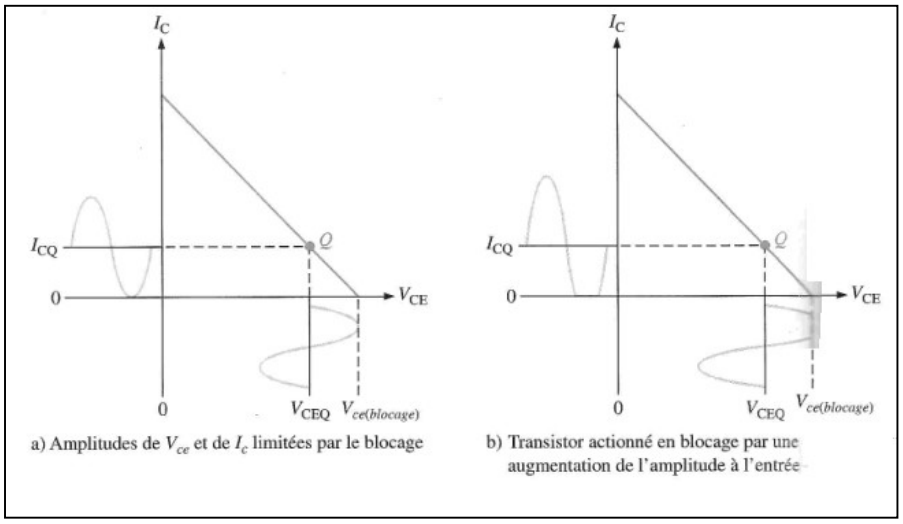

Figure 2.48 point Q décentré, plus prés du blocage

Point Q décentré, plus prés de la région de saturation

La figure 2.49 illustre une droite de charge c.a. avec un point éloigné du centre vers la région de saturation. Dans ce cas V_{ce} est limitée par la saturation.

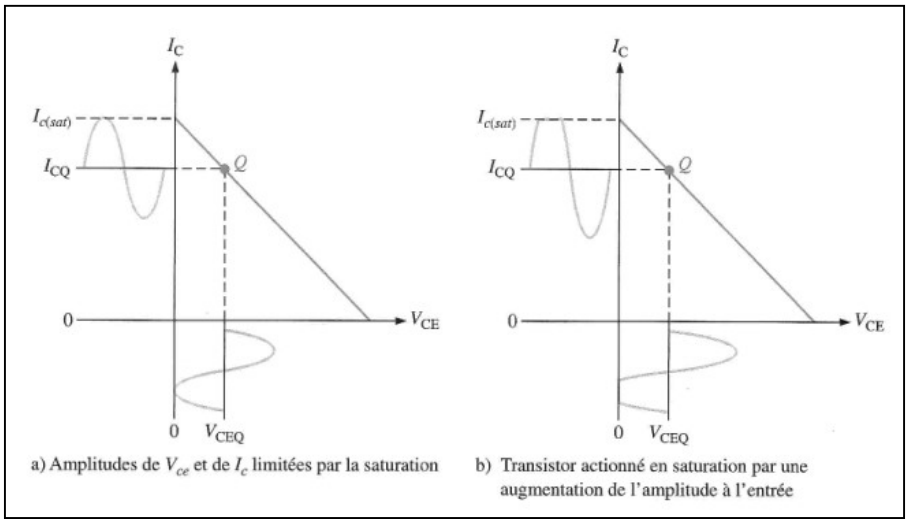

Figure 2.49 point Q décentré, plus prés de la saturation.

Fonctionnement de la droite de charge avec de grands signaux

Un amplificateur tel que celui illustré à la figure 2.50 peut être représenté par un circuit équivalent c.c. ou un circuit équivalent c.a.

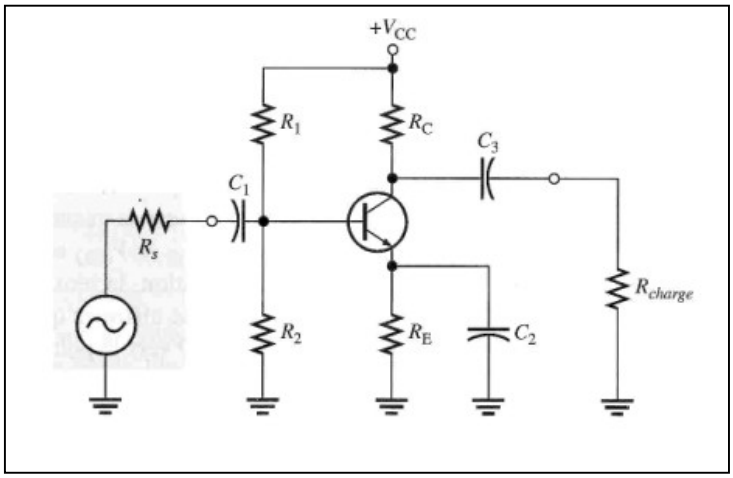

Figure 2.50 amplificateur à émetteur commun avec de source de signal

Droite de charge c.c.

En utilisant le circuit équivalent c.c. à la figure 2.51.a, on peut définir la droite de charge c.c. de la façon suivante : $I_{C(sat)}$ se produit lorsque $V_{CE} \cong 0$, donc

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} \qquad (2.99)$$

$V_{CE(blocage)}$ se produit lorsque $I_C \cong 0$, donc

$$V_{CE(sat)} = V_{CC} \qquad (2.100)$$

La droite de charge c.c. est illustrée à la figure 2.51.b.

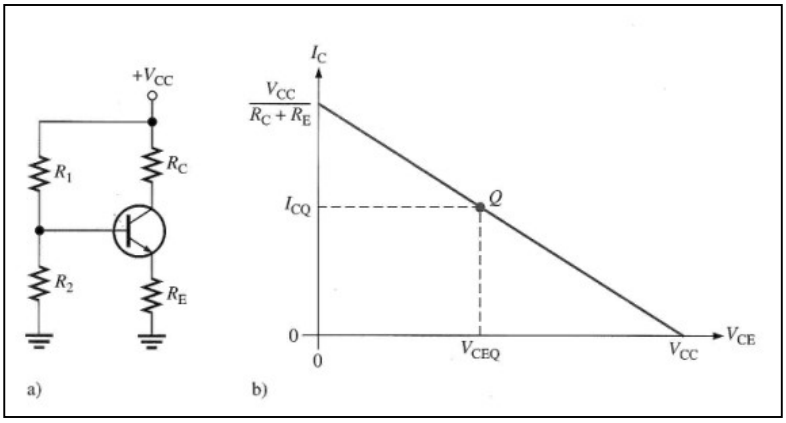

Figure 2.51 circuit équivalent c.c. et droite de charge c.c. pour l'amplificateur de la figure 2.40

Droite de charge c.a.

Au point de vue c.a., le circuit de la figure 2.50 est différent par rapport à son analyse c.c. la résistance au collecteur est différente puisque R_{charge} se présente en parallèle avec R_C à cause du condensateur de couplage C_3, tandis que la résistance à l'émetteur est nulle à cause de la présence du condensateur de dérivation C_2. Par conséquent, la droite de charge c.a. est différente de la droite de charge c.c.. I_{CQ} et V_{CEQ} sont les valeurs c.c. du point Q (figure 2.52).

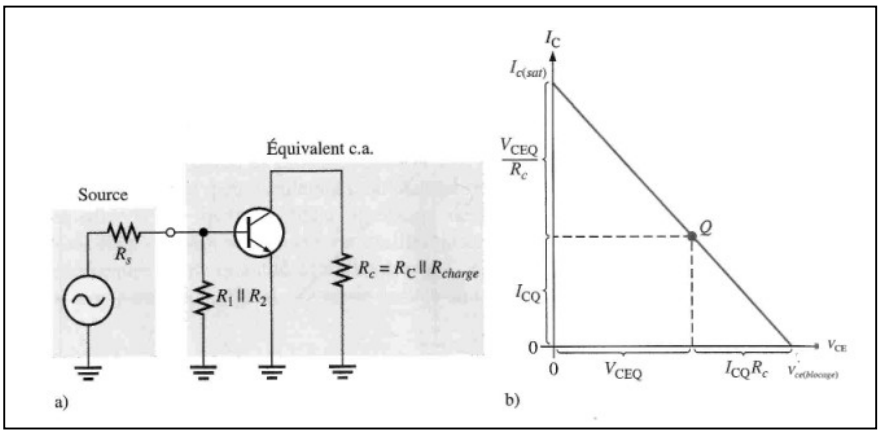

Figure 2.52 circuit équivalent c.a. et droite de charge c.a. pour l'amplificateur de la figure 2.50

En partant du point Q vers la saturation, la tension entre le collecteur et l'émetteur V_{CEQ} oscille de à 0 ; la variation en courant au collecteur en partant du point Q vers le point de saturation est

$$\Delta I_C = \frac{V_{CEQ}}{R_c} \qquad (2.101)$$

Où $R_c = R_C \parallel R_{charge}$

Le courant c.a. au collecteur lors de la saturation est

$$I_{C(sat)} = I_{CQ} + \Delta I_C \qquad (2.102)$$

Donc,

$$I_{C(sat)} = I_{CQ} + \frac{V_{CEQ}}{R_c} \qquad (2.103)$$

En partant du point Q vers le point du blocage, le courant au collecteur oscille de I_{CEQ} à prés de 0 ; la variation en tension entre le collecteur et l'émetteur en partant du point Q vers le point de blocage est donc

$$\Delta V_{CE} = (\Delta I_C)R_c = I_{CQ}R_c \qquad (2.104)$$

La valeur de la tension c.a. entre le collecteur et l'émetteur lors du blocage est

$$V_{ce(blocage)} = V_{CEQ} + I_{CQ}R_c \qquad (2.105)$$

Ces résultats sont illustrés sur la droite de charge c.a. de la figure 2.53. La droite de charge c.c. est illustrée pour faire la comparaison.

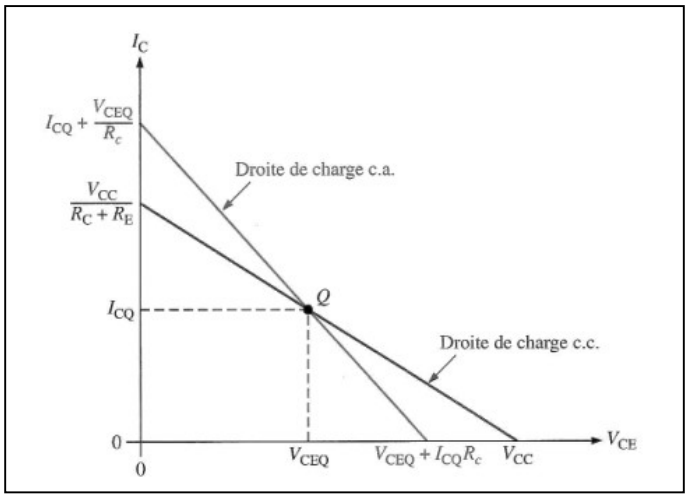

Figure 2.53 droites de charge c.c. et c.a.

2.2.1.3 Dynamique du signal alternatif de sortie [2]

Dynamique du signal alternatif de sortie est la tension alternative de crête à crête non écrêtée maximale qu'un amplificateur peut produire. Elle donne le grand signal limite.
Compte tenu des deux formules (2.103 et 2.105), l'excursion positive maximale à partir du point Q égale

$$V_{CEQ} + I_{CQ}R_c - V_{CEQ} = I_{CQ}R_c \qquad (2.106)$$

La tension de saturation dynamique étant idéalement nulle, l'excursion négative maximale à partir du point Q égale

$$0 - V_{CEQ} = -V_{CEQ} \qquad (2.107)$$

Donc Dynamique du signal alternatif de sortie d'un amplificateur à émetteur commun égale la plus petite des deux valeurs approchées suivantes

$$PP \cong 2\, I_{CQ}R_c \qquad (2.108)$$

Et

$$PP \cong 2\, V_{CEQ} \qquad (2.109)$$

Comment centrer le point Q sur la droite de charge c.a.

Pour obtenir un point Q au centre de la droite de charge c.a. à la figure 2.53, V_{CEQ} doit être à mi-chemin entre 0 et la valeur inférieure de blocage sur la droite de charge c.a., selon

$$V_{CEQ} = \frac{V_{CEQ}+I_{CQ}R_c}{2} \quad (2.110)$$

I_{CQ} doit être à mi-chemin entre 0 et la valeur supérieure de saturation sur la droite de charge c.a., selon

$$I_{CQ} = \frac{V_{CEQ}+{}^{V_{CEQ}}/_{R_c}}{2} \quad (2.111)$$

La condition permettant un point Q centré est développée en utilisant l'équation précédente pour V_{CEQ}

$$2V_{CEQ} = V_{CEQ} + I_{CQ}R_c \rightarrow V_{CEQ} = I_{CQ}R_c \quad (2.112)$$

Pour déplacer le point Q vers la région de blocage sans affecter la droite de charge c.a., I_{CQ} doit diminuer, on augmente alors R_E. Pour déplacer le point Q vers la région de saturation sur la droite de charge, I_{CQ} doit augmenter, on diminuera alors R_E.

$$V_{BQ} \cong \frac{R_2}{R_2+R_1} V_{CC} \quad (2.113)$$

$$I_{EQ} \cong \frac{V_{BQ}-V_{BE}}{R_E} V_{CC} \quad (2.114)$$

Gain en tension

Le gain en tension d'un amplificateur classe A à grands signaux est déterminé de la même façon que pour un amplificateur à faibles signaux, à l'exception que la formule $r'_e \cong 25\ mV/I_E$ n'est plus valable pour les amplificateurs à grands signaux. Puisque les oscillations du signal parcourant une grande portion sur la courbe de transconductance, r'_e varie de façon significative. Puisque $r'_e = {}^{\Delta V_{BE}}/_{\Delta I_C}$, sa valeur est beaucoup plus élevée sur la partie inférieure de la courbe de transconductance que sur la partie supérieure (figure 2.54)

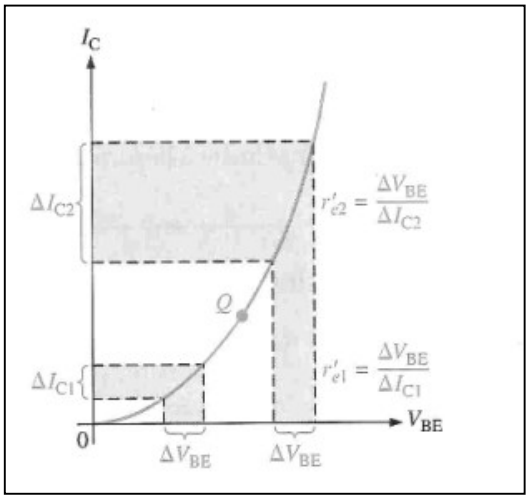

Figure 2.54 illustration de la variation r'_e sur la courbe de transconductance $r'_{e1} > r'_{e2}$.

Nous avons vu que la formule pour trouver le gain en tension d'un amplificateur à émetteur commun avec dérivation complète autour de R_E est

$$A_v = \frac{R_c}{r'_e} \qquad (2.115)$$

Distorsion

Lorsque le courant au collecteur oscille sur une large portion de la courbe de transconductance, une distorsion peut se produire pendant l'alternance négative du cycle. Cette distorsion est causés lorsqu'on traverse la portion la moins linéaire de la courbe, soit sa partie inférieure et par un gain plus faible provoqué par une valeur plus élevée en r'$_e$ (figure 2.55).

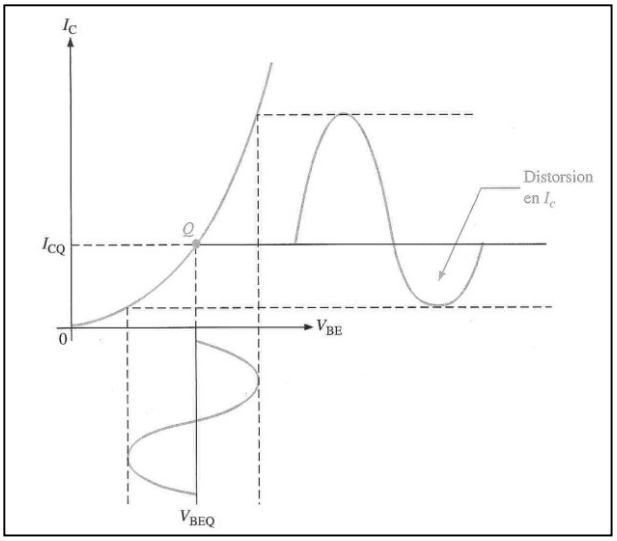

Figure 2.55 Exemple de distorsion.

Une résistance de stabilisation à l'émetteur afin de minimiser l'effet de la variation en r'$_e$.

Gain en puissance

La fonction principale d'un amplificateur à grands signaux est de fournir un gain en puissance élevée, le gain en puissance d'un amplificateur à émetteur commun est

$$A_p = A_i . A_v = \beta_{cc} \left(\frac{R_c}{r'_e} \right) \qquad (2.116)$$

Puissance dissipée de repos

La dissipation de puissance d'un transistor sans signal à l'entrée est le produit du courant et de la tension au point Q.

$$P_{DQ} = I_{CQ} . V_{CEQ} \qquad (2.117)$$

La puissance dissipée au repos est la puissance maximale que le transistor de classe A peut supporter, sa valeur nominale devrait donc excéder cette valeur.

Puissance de sortie

Puissance de sortie est le produit des valeurs efficaces du courant au collecteur et de la tension entre le collecteur et l'émetteur.

$$P_{sor} = I_c V_{ce} \qquad (2.118)$$

Point Q décentré, plus prés de la région de saturation
La puissance c.a. à la sortie est donc

$$P_{sor} = \left(\frac{0.707V_{CEQ}}{R_c}\right) 0.707V_{CEQ} = \frac{0.5V_{CEQ}^2}{R_c} \qquad (2.119)$$

Point Q décentré, plus prés de la région du blocage
La puissance c.a. à la sortie est donc

$$P_{sor} = \left(0.707I_{CQ}\right)\left(0.707I_{CQ}R_c\right) = 0.5I_{CQ}^2R_c \qquad (2.120)$$

Point Q centré
La puissance c.a. à la sortie est donc

$$P_{sor} = \left(0.707V_{CEQ}\right)\left(0.707I_{CQ}\right) = 0.5V_{CEQ}I_{CQ} \qquad (2.121)$$

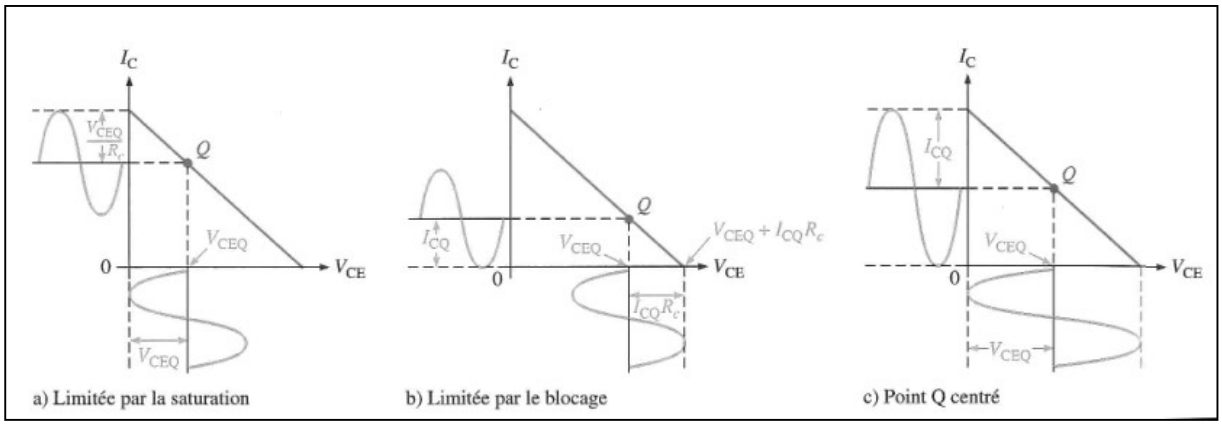

Figure 2.56 fonctionnement de la droite de charge c.a. illustrant les limites des oscillations de la tension de sortie