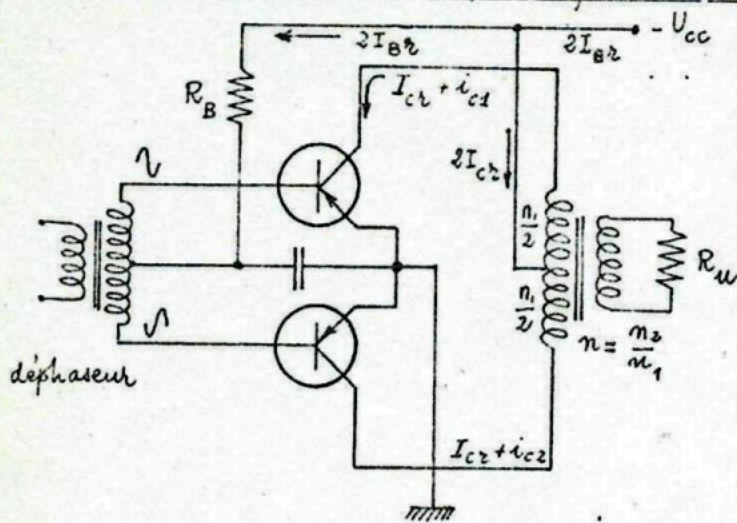


Push-pull à transistors. Classe A

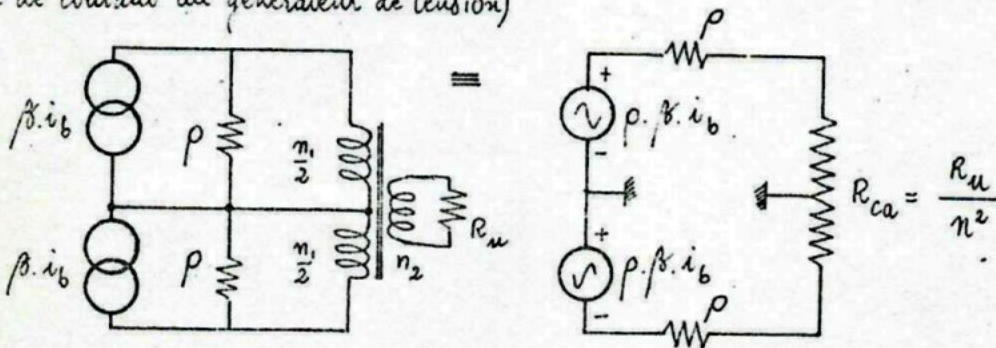
1. Schéma de base. Propriétés fondamentales



Au repos $U_{CE} = U_{CC}$

On peut introduire une stabilisation thermique par pont de résistances et résistance d'émetteur.
Les propriétés sont identiques à celles d'un push-pull à tubes.

2. Schéma équivalent (en utilisant le théorème de Thévenin pour passer du générateur de courant au générateur de tension)



le courant efficace dans le circuit équivalent est

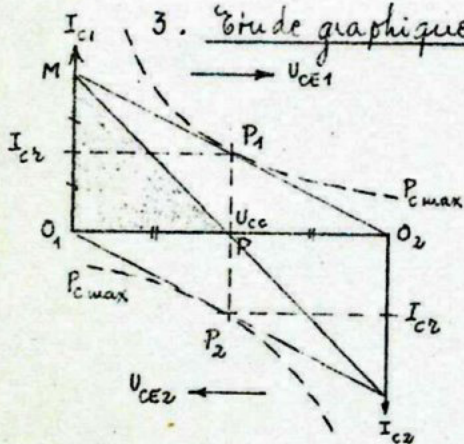
$$I = \frac{2\rho \cdot \beta \cdot I_B}{2\rho + R_{ca}}$$

R_{ca} est la charge collecteur à collecteur

la puissance modulée est $P_{mod} = R_{ca} \cdot \frac{4\rho^2 \beta^2 I_B^2}{(2\rho + R_{ca})^2}$

ou $P_{mod} = \frac{R_{ca}}{4} \cdot \frac{(\frac{\rho}{I_B})^2 \cdot (2\beta)^2 \cdot I_B^2}{(\frac{\rho}{I_B} + \frac{R_{ca}}{4})^2} \Rightarrow$ transistor équivalent au push-pull
paramètres : 2β et $\rho/2$
charge : $R_{ca}/4$

3. Étude graphique



le réseau de caractéristiques composites et la droite de charge se trace de la même manière que pour les push-pull à tube

Sans les conditions optimales sous le point de repos et la charge et dans le cas idéal (tension de déchet négligeable)

$$P_{mod\ max} = \text{aire } PO_1M = \frac{1}{2} \cdot U_{CC} \cdot \frac{2P_{C\ max}}{U_{CC}} = P_{C\ max}$$

$$P_f = 2 \cdot U_{CC} \cdot I_{C2} = 2P_{C\ max} \Rightarrow \eta_{max} = P_{mod\ max} / P_f = 0,5$$

Par rapport à un étage simple, le rendement n'est pas amélioré.

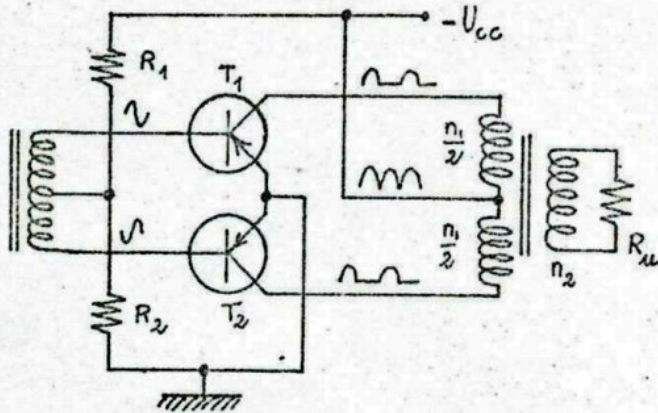
4. Exercice. (voir tirage SFT 213). $U_{CC} = -10V$ $I_{B2} = 30mA$ $R_U = 4\Omega$ $n_2/n_1 = 2/7$

$i_b = 10 \cdot \sin \omega t$ (en mA). Déterminez la puissance modulée dans le réseau composite et en utilisant le schéma équivalent (évaluer β et ρ dans le réseau d'un transistor)

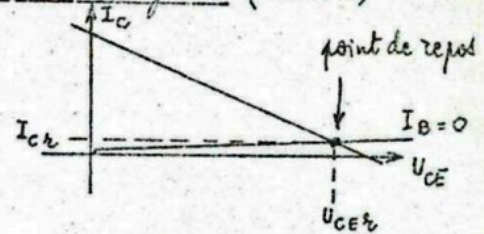
Push-pull à transistors. Classe B

Les étages symétriques en classe A ont un rendement faible (inférieur à 50%) la puissance de sortie maximum n'est que le double de celle d'un étage simple. Ils procurent une distorsion très faible si les deux transistors ont rigoureusement les mêmes caractéristiques ce qui est difficile à obtenir et revient cher. C'est pour quoi on utilise le plus souvent les push-pull à transistor en classe B. Le rendement est alors meilleur, la puissance fournie par l'alimentation est nulle lorsqu'il n'y a pas de signal à l'entrée (intéressant dans les alimentations par piles). En revanche la distorsion est plus élevée.

1. Montage de base. Propriétés

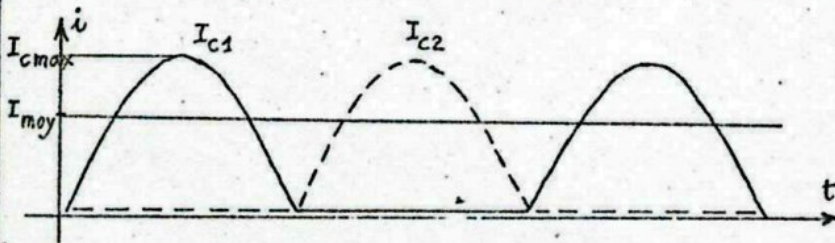


Les deux transistors sont bloqués en l'absence de signal (classe B)



(Pratiquement les transistors sont faiblement conducteurs au repos pour éviter la courbure des caractéristiques aux faibles courants) ($R_2 \ll R_1$)

En régime dynamique lorsqu'un transistor est bloqué l'autre est conducteur : les transistors conduisent alternativement pendant une demi-période. Le flux résultant dans le fer du transformateur de sortie est sensiblement sinusoïdal. La distorsion, qui serait inadmissible pour cette classe, avec un transistor seul, est admissible à partir d'une certaine puissance.

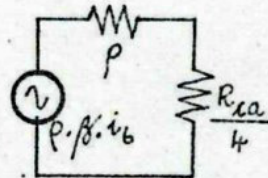
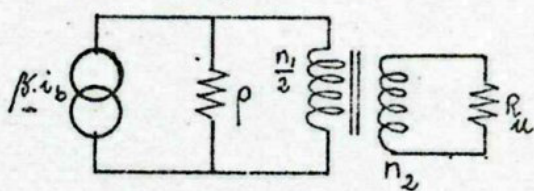


La source débite tantôt I_{c1} tantôt I_{c2} , son débit est irrégulier. Son courant moyen est

$$I_{moy} = \frac{2I_{cmax}}{\pi}$$

(beaucoup plus faible qu'en classe A)

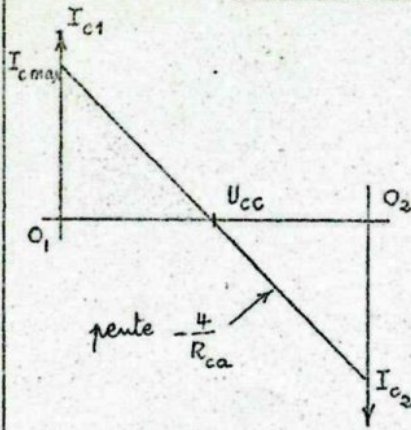
2. Schéma équivalent



$$P_{mod} = \frac{R_{ca}}{4} \times \frac{p^2 / \beta^2 \cdot I_B^2}{\left(\rho + \frac{R_{ca}}{4}\right)}$$

3. Réseau composite : alternativement le réseau de T_1 et celui de T_2 puisque, lorsqu'un transistor conduit, l'autre est bloqué. Pas de traces supplémentaires. La droite de charge se trace toujours pour le quart de la charge collecteur à collecteur.

4. Puissance modulée et rendement.



Supposons les courants de repos nuls et le domaine de fonctionnement linéaire jusqu'aux axes. Pour une charge donnée, si le courant de collecteur varie de 0 à I_{cmax} , la puissance modulée est maximum.

$$P_{mod\ max} = \frac{1}{2} \cdot U_{cc} \cdot I_{cmax} = 2 \cdot \frac{U_{cc}^2}{R_{ca}} = \frac{1}{8} \cdot R_{ca} \cdot I_{cmax}^2$$

la puissance fournie par la source aux circuits de collecteur est aussi maximum

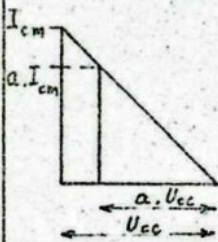
$$P_{fournie} = \frac{2}{\pi} I_{cmax} \cdot U_{cc} = \frac{8}{\pi} \cdot \frac{U_{cc}^2}{R_{ca}}$$

le rendement est alors

$$\eta = \frac{P_{mod}}{P_f} = \frac{\pi}{4} = 0,785 \text{ ou } \underline{\underline{78,5\%}}$$

le rendement est plus élevé qu'en classe A mais pratiquement il est réduit par U_{dichet} et I_{CE0} .

Remarque: puissance maximum dissipée par un transistor. Si le courant de collecteur n'atteint pas la valeur I_{cmax} son amplitude est $a \cdot I_{cm}$ ($a < 1$)



la puissance modulée est

$$P_{mod} = \frac{1}{2} \cdot a \cdot I_{cm} \cdot a \cdot U_{cc} = \frac{a^2}{2} \cdot U_{cc} \cdot I_{cm}$$

la puissance fournie est :

$$P_f = \frac{2}{\pi} \cdot a \cdot I_{cm} \cdot U_{cc}$$

la puissance dissipée par un transistor est

$$P_c = \frac{1}{2} (P_f - P_{mod}) = \frac{1}{2} \cdot U_{cc} \cdot I_{cm} \left(\frac{2a}{\pi} - \frac{a^2}{2} \right)$$

Cette puissance est fonction de a c'est à dire de l'amplitude du courant de collecteur. L'étude de la dérivée montre que cette puissance est maximum lorsque $a = \frac{2}{\pi} = 0,636$. On a alors

$$P_{cmax} = \frac{1}{2} \cdot U_{cc} \cdot I_{cm} \cdot \frac{2}{\pi^2} \text{ ou } P_{cmax} = \frac{2}{\pi^2} \cdot P_{mod\ max}$$

Cette relation permet

- de choisir un transistor connaissant la puissance à obtenir (par exemple pour obtenir 2,5W il faut choisir un transistor pouvant dissiper sur son collecteur au moins $2,5 \times 0,2 = 0,5W$ ou 500mW).

- de connaître le maximum de puissance modulée que peut fournir un push-pull de transistors donnés.

$$\underline{\underline{P_{cmax} \neq 0,2 P_{mod\ max}}}$$

5. Distorsion d'un étage push-pull Elle provient d'un certain nombre de facteurs

- non linéarité des caractéristiques
- résistances d'entrée non linéaire
- déplacement du point de fonctionnement sous l'effet de la température.
- distorsion due au raccordement des caractéristiques.

6. Exercice (voir tirage push-pull SFT 213)

Le push-pull est monté en classe B avec $U_{cc} = -10V$ $I_{c0} \neq 0$. La charge collecteur à collecteur est 25Ω. Déterminez

- le maximum de la puissance modulée
- l'amplitude de la composante alternative du courant de base correspondante
- le rendement.