

# Caractérisation en haute fréquence d'un amplificateur à transistor à effet de champ

La mise au point de montages en haute fréquence nécessite souvent une connaissance précise du schéma utilisé (en particulier son comportement fréquentiel). Elle ne peut être obtenue qu'à partir du modèle des composants actifs utilisés. Notre objectif est ici de passer des paramètres donnés par le constructeur du ou des composants à ceux du montage complet dans lequel les composants sont insérés.

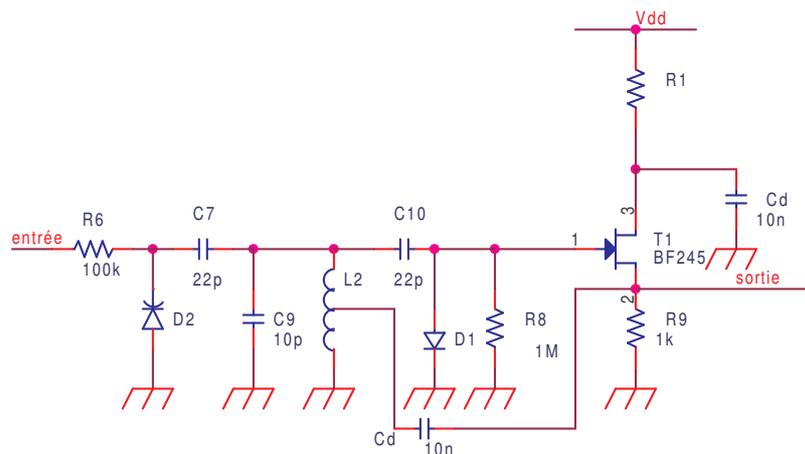
Nous prendrons comme exemple un amplificateur réalisé autour d'un transistor à effet de champ de référence BF245A dont la documentation est fournie en annexe. Cet amplificateur est destiné à être inséré dans un oscillateur contrôlé en tension (OCT ou VCO) fonctionnant autour d'une fréquence de 10 MHz.

Rappel : une admittance  $Y$  s'exprime en Siemens (ou en A/V), sa partie réelle notée généralement par la lettre  $g$  est une conductance, et sa partie imaginaire notée généralement par la lettre  $b$  est une susceptance.

$$Y = g + j.b$$

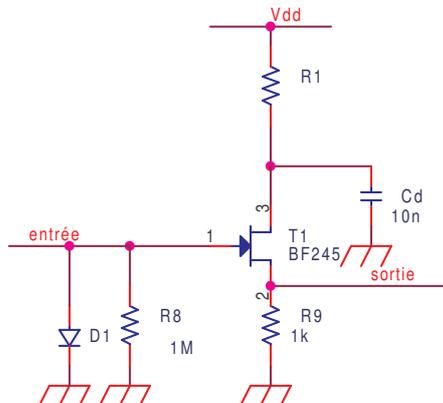
## Schéma du VCO

Il s'agit d'un classique oscillateur contrôlé en tension destiné à être inséré dans une boucle à verrouillage de phase



## Schéma de l'amplificateur

Notre étude portera uniquement sur l'amplificateur de l'OCT, isolé dans le schéma ci-après :

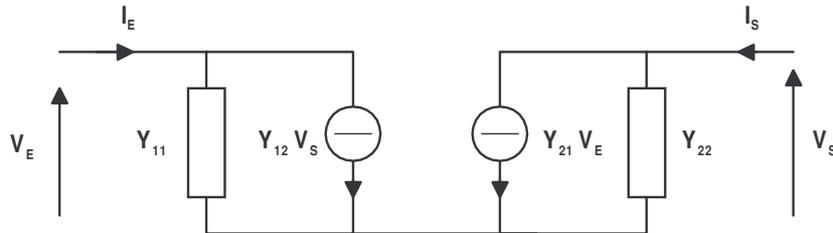


Afin de simplifier, l'influence de la diode D1 sera négligée.

## 1 Les paramètres dont nous avons besoins

Afin de déterminer les conditions de fonctionnement du VCO, nous chercherons les paramètres Y de l'amplificateur. Le circuit de contre réaction pouvant en effet être vu comme un quadripôle en parallèle sur l'amplificateur, la matrice Y de l'ensemble de l'oscillateur sera alors la somme des matrices Y de chaque quadripôle. La condition d'oscillation se traduit alors par un déterminant nul pour cette matrice.

Le schéma auquel conduit la matrice Y est le suivant :

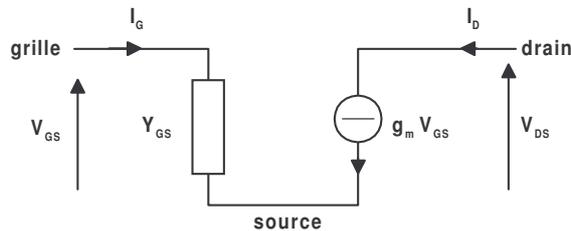


avec :

$$[I] = [Y][V] \quad \text{soit} \quad \begin{cases} I_E = Y_{11} V_E + Y_{12} V_S \\ I_S = Y_{21} V_E + Y_{22} V_S \end{cases}$$

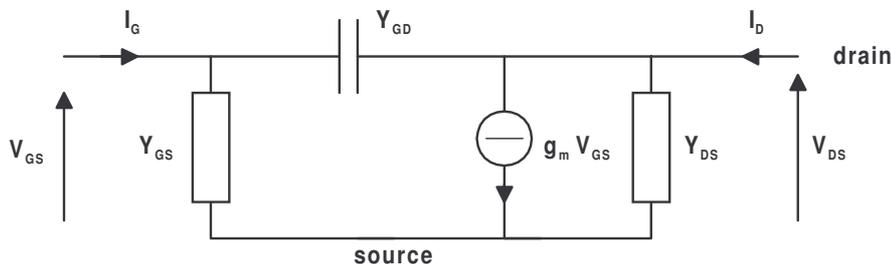
## 2 Les paramètres théoriques du transistor

Le modèle théorique du transistor, donne, en basse fréquence, le schéma petits signaux suivant :



Sur ce modèle, les différents paramètres sont réels et correspondent simplement à la pente des caractéristiques statiques du transistor autour du point de polarisation.

Pour notre application, nous avons besoin d'un modèle haute fréquence ; celui-ci doit prendre en compte l'évolution des paramètres en fonction de la fréquence, ainsi que les diverses impédances d'entrée, de sortie et de contre réaction qui ne sont plus négligeables. Le modèle devient alors :



## 3 Ce qu'il est possible de mesurer

Le constructeur va caractériser son composant en le polarisant et en effectuant des mesures en petits signaux.

Pour le BF245, le montage de mesure est un montage en source commune.

Le constructeur donne l'évolution des paramètres en fonction de la fréquence, la valeur nous intéressant étant celle à 10 MHz.

**Mesure effectuée sortie en court-circuit**

La sortie est court-circuitée (pour les petits signaux) afin d'éviter que la charge n'interfère dans la mesure. Dans cette gamme de fréquence, c'est en effet le court-circuit qui est le plus facilement réalisable, par un simple condensateur.

**Admittance d'entrée**

On peut lire sur la documentation :  $Y_{is} = g_{is} + j b_{is} = 30 \cdot 10^{-6} + 0,3 \cdot 10^{-3} j$

**Gain courant tension**

On peut lire sur la documentation :  $Y_{fs} = g_{fs} = 5 \cdot 10^{-3}$

**Mesure effectuée entrée en court-circuit**

L'entrée est court-circuitée afin d'éviter que le générateur d'attaque n'interfère dans la mesure.

**Admittance de sortie**

On peut lire sur la documentation :  $Y_{os} = g_{os} + j b_{os} = 25 \cdot 10^{-6} + 0,1 \cdot 10^{-3} j$

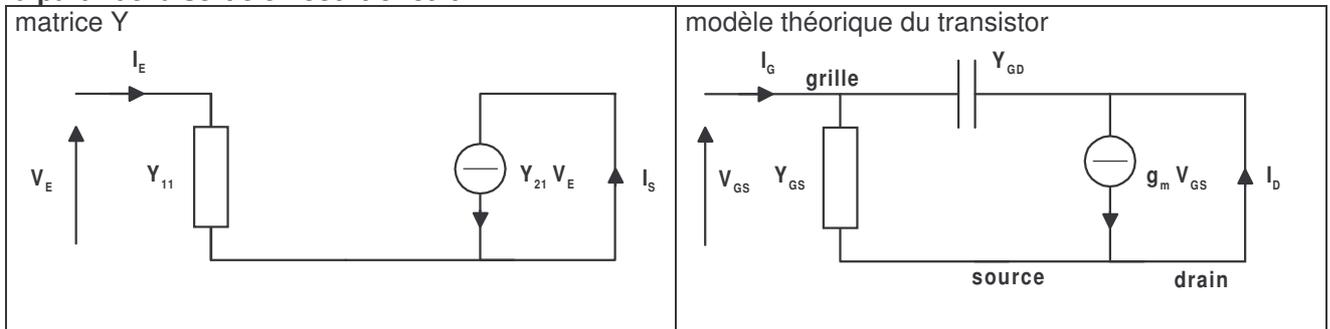
**Admittance de contre réaction**

On peut lire sur la documentation :  $Y_{rs} = j b_{rs} = 70 \cdot 10^{-6} j$

**4 Passage aux paramètres Y du transistor**

A partir de la définition générale de chaque paramètre  $Y_{ij}$ , de l'observation du schéma théorique équivalent petit signaux, et des conditions de mesure des paramètres, on déduit alors :

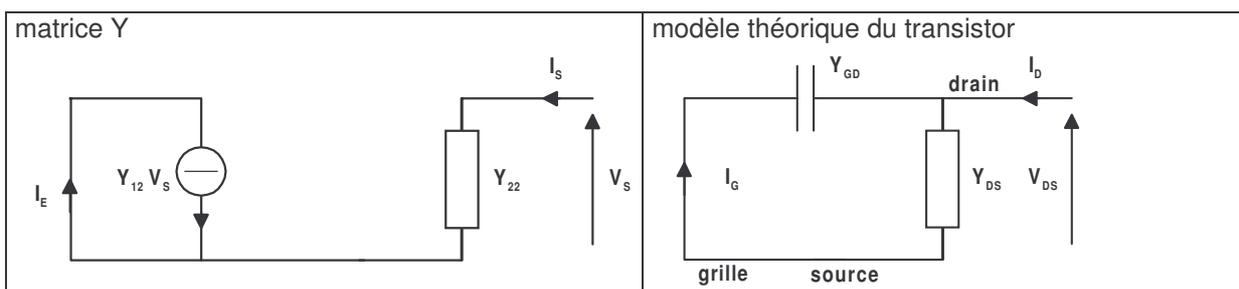
**à partir de la sortie en court-circuit :**



$$Y_{11} = \left( \frac{I_E}{V_E} \right)_{V_S=0} = Y_{GS} + Y_{GD} = Y_{is} = 3 \cdot 10^{-6} + 0,3 \cdot 10^{-3} j$$

$$Y_{21} = \left( \frac{I_S}{V_E} \right)_{V_S=0} = g_m + Y_{GD} = Y_{fs} = 5 \cdot 10^{-3}$$

**à partir de l'entrée en court-circuit :**



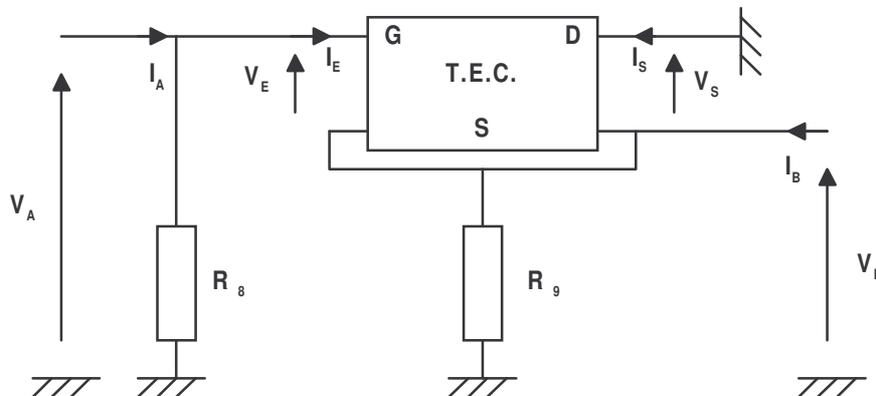
$$Y_{12} = \left( \frac{I_E}{V_S} \right)_{V_E=0} = -Y_{GD} = -Y_{rs} = 70 \cdot 10^{-6} j$$

Remarque : le paramètre  $Y_{12}$  est l'admittance, au signe près, du condensateur  $Y_{GD}$  comme on peut le voir sur le modèle théorique du transistor ; le constructeur donnant sur ses abaques la valeur de l'admittance (« common source reverse admittance »),  $Y_{12}$  est donc l'opposé de  $Y_{rs}$ .

$$Y_{22} = \left( \frac{I_S}{V_S} \right)_{V_E=0} = Y_{DS} + Y_{GD} = Y_{os} = 25 \cdot 10^{-6} + 0,11 \cdot 10^{-3} j$$

## 5 Paramètres Y de l'amplificateur complet

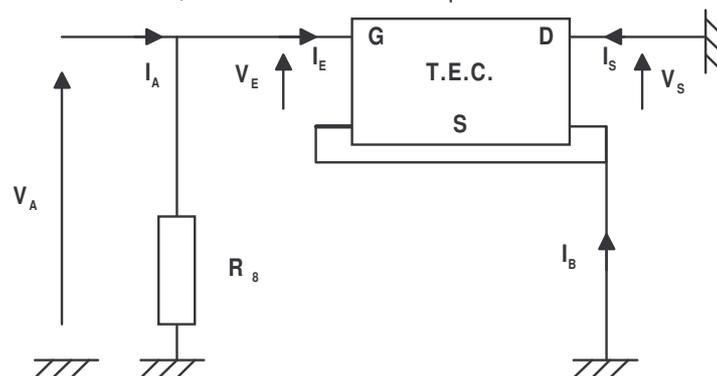
Appelons  $V_A$ ,  $I_A$ ,  $V_B$  et  $I_B$  les tensions et courants d'entrée sortie de l'amplificateur complet. On obtient alors le schéma petits signaux suivants (diode D1 négligée) :



A partir de la définition des paramètres  $Y_{ij}$  et on pose toutes les équations du circuit.

### Sortie en court-circuit :

Il s'agit d'un montage drain commun, c'est donc la source qui doit être mise en court-circuit :



On obtient les équations suivantes :

$$\begin{aligned} -I_B &= I_E + I_S \\ V_S &= 0 \\ V_B &= 0 \\ V_A &= V_E = R_8(I_A - I_E) \end{aligned}$$

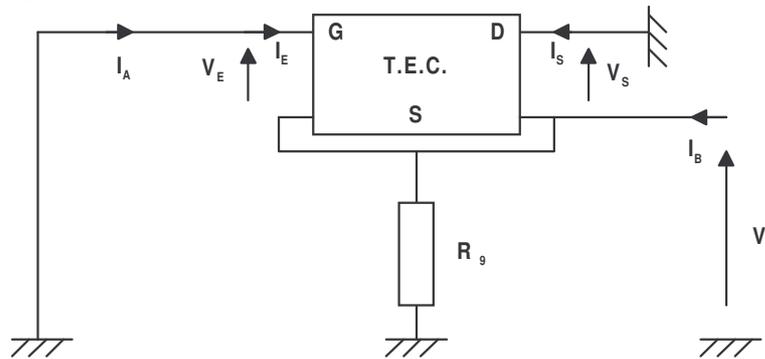
On en déduit :

$$Y_{11}' = \left( \frac{I_A}{V_A} \right)_{V_b=0} = \frac{V_E + I_E}{R_8} = \frac{1}{R_8} + Y_{11}$$

$$Y_{21}' = \left( \frac{I_B}{V_A} \right)_{V_b=0} = \left( \frac{I_E}{V_E} \right)_{V_s=0} + \left( \frac{I_S}{V_E} \right)_{V_s=0} = -Y_{11} - Y_{21}$$

**Entrée en court-circuit :**

Il s'agit d'un montage drain commun, c'est donc la grille qui doit être mise en court-circuit :



On obtient les équations suivantes :

$$I_A = I_E$$

$$V_B = -V_S = -V_E$$

$$V_B = R_9(I_E + I_S + I_8)$$

$$I_E = Y_{11}V_E + Y_{12}V_S$$

$$I_S = V_E(Y_{12} + Y_{11})$$

On en déduit :

$$Y_{12}' = \left( \frac{I_A}{V_B} \right)_{V_a=0} = -\frac{I_E}{V_E} = -(Y_{11} + Y_{12})$$

$$Y_{22}' = \left( \frac{I_B}{V_B} \right)_{V_a=0} = \frac{V_B - I_E - I_S}{R_9} = \frac{1}{R_9} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{21} + Y_{22}$$

Nous connaissons maintenant les paramètres Y du montage amplificateur, il est désormais possible de calculer avec précision ceux de notre VCO.