

## Test d'Electronique – Module complémentaire 2<sup>ème</sup> Année (S4)

Documents autorisés : Cours/TDs et TP uniquement

Durée : 2h – 30 mars 2016

### I- Modulation et démodulation d'amplitude (6,5 points : 0,5/0,5/0,5/0,5/1/0,5/0,5/0,5/1/0,5/0,5)

On considère un signal modulé en amplitude  $V(t)$  par un signal modulant sinusoïdal :

$$V(t) = V_0 (1 + m \cos(\Omega t)) \cos(\omega_0 t)$$

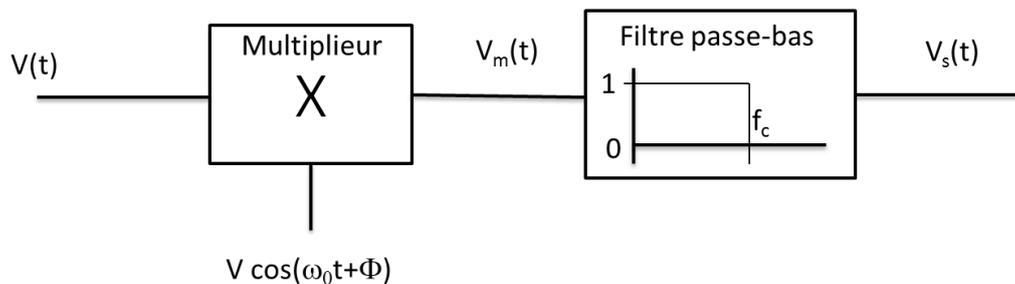
1- Représenter l'allure du signal dans le domaine temporel en cotant correctement les amplitudes et les grandeurs temporelles.

2- Développer son expression et montrer que  $V(t)$  se met sous la forme suivante :

$$V(t) = V_0 \cos(\omega_0 t) + \frac{V_0}{2} m \cos((\omega_0 + \Omega)t) + \frac{V_0}{2} m \cos((\omega_0 - \Omega)t)$$

3- Représenter le spectre théorique de  $V(t)$  en indiquant les valeurs maximales en valeur efficace.

On réalise une démodulation de ce signal à l'aide du circuit en **figure 1** :



**Figure 1** : Synoptique d'un démodulateur d'amplitude

4- On note  $k$  la constante du multiplieur. Exprimer  $V_m(t)$ .

*On rappelle que :  $2 \cos(a) \cos(b) = \cos(a+b) + \cos(a-b)$*

5- Donner son spectre (position et amplitude des raies).

6- Indiquer les conditions à vérifier par la fréquence  $f_c$  pour que la tension  $V_s(t)$  corresponde au signal démodulé. **On supposera que ces conditions sont vérifiées pour la suite.**

7- Exprimer  $V_s(t)$

8- Que vaut  $V_s(t)$  si  $\Phi = \pi/2$  ?

9- Quelle doit être la valeur de  $\Phi$  pour que  $V_s(t)$  soit maximale ?

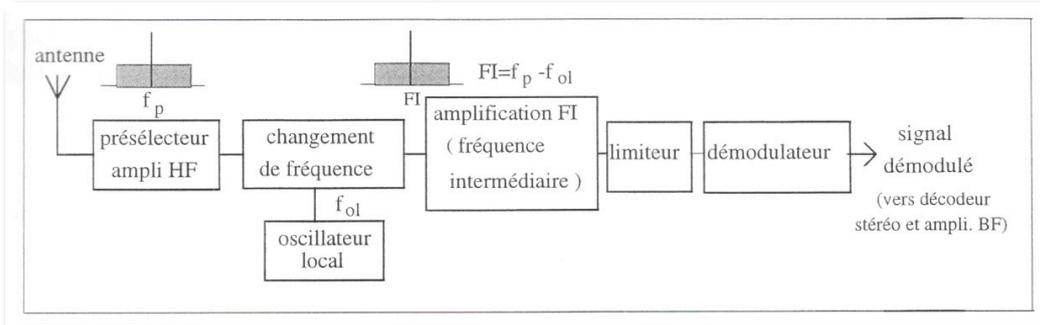
10- Que doit-on rajouter au circuit précédent pour récupérer uniquement le signal modulant ?

11- Pour que le système fonctionne, il faut disposer d'un signal de type  $V \cos(\omega_0 t + \phi)$ . Proposer un type de circuit permettant de recréer localement un signal à la même fréquence que la porteuse.

## II- Récepteur radio (4,5 points : 0,5/0,5/1/0,5/1/1)

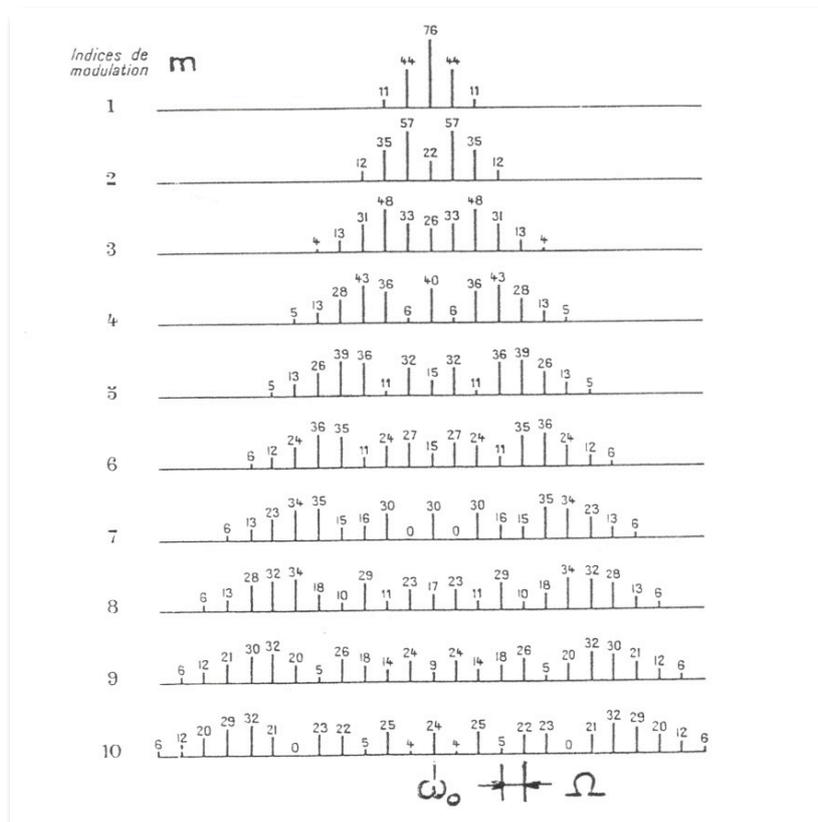
On considère un récepteur radio FM schématisé en **figure 2**.

- 1- Quel est le rôle du présélecteur ?
- 2- Quel est le rôle du changement de fréquence ?
- 3- La fréquence intermédiaire généralement utilisée est de 10,7MHz. Sachant que la bande FM s'étend de 87,5MHz à 108MHz, quelle doit être la gamme de variation fréquence de l'oscillateur local ?
- 4- Quel est le rôle du filtre à la fréquence intermédiaire ?
- 5- Si la bande passante du filtre est de 100kHz, quel est le nombre théorique de stations qui pourrait être émis dans la bande FM ?



**Figure 2 :** Synoptique d'un récepteur radio FM

- 6- On impose une bande passante de 100kHz au signal modulé en fréquence et la fréquence maximale du signal modulant est égale à 20kHz. En vous aidant de la **figure 3**, indiquer une valeur maximale admissible pour l'indice de modulation  $m$ .



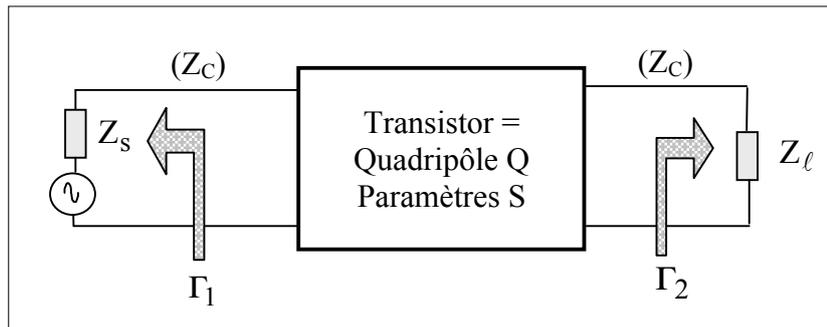
**Figure 3 :** Spectre de signaux modulés en fréquence par un signal sinusoïdal en fonction de l'indice de modulation  $m$

### III- Gain en puissance d'un transistor (4,5 points : 0,5/1/1/1/1)

A la fréquence de 550 MHz, un transistor bipolaire RF possède les paramètres  $S_{ij}$  suivants :

$$[S] = \begin{matrix} S_{11} : 0,345 / -177^\circ & S_{12} : 0,063 / +72^\circ \\ S_{21} : 5,774 / +82^\circ & S_{22} : 0,390 / -21^\circ \end{matrix}$$

En supposant le transistor unilatéral, on souhaite obtenir le gain en puissance maximal transmis de la source vers la charge. Ce quadripôle est attaqué par une source d'impédance  $Z_s$  et chargé par une impédance  $Z_l$  comme indiqué en **figure 4**.



**Figure 4 :** Quadripôle Q attaqué par une source d'impédance  $Z_s$  et chargé par une impédance  $Z_l$

- 1- Quel est l'intérêt de travailler avec un quadripôle unilatéral ?
- 2- Quelle est l'expression du gain en puissance en fonction des paramètres  $S_{ij}$ ,  $\Gamma_1$  et  $\Gamma_2$  ?
- 3- Dans le cas où  $Z_s = Z_C$  et  $Z_l = Z_C$ , calculer le gain en puissance obtenu (en linéaire puis dB). Justifier votre réponse.
- 4- A quelles conditions, le gain en puissance sera-t-il maximum ? A partir des valeurs des paramètres  $S_{ij}$ , calculer sa valeur (en dB) à la fréquence de 550 MHz.
- 5- L'utilisateur ne peut pas réaliser une adaptation complète en entrée et en sortie du quadripôle. Seule l'entrée du quadripôle est chargée par  $S_{11}^*$  (c'est-à-dire par un circuit d'adaptation placé en amont du quadripôle) alors que la sortie est chargée par  $50\Omega$ . Au final, quelle valeur de gain en puissance (en dB) pourra être obtenue ?

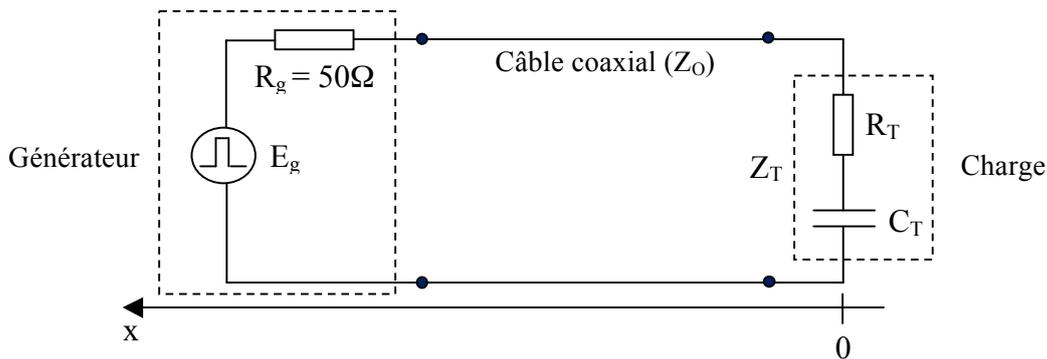
### IV- Adaptation d'impédance par composants discrets (4,5 points : 1/0,5/1/1/1)

On souhaite transmettre directement des informations binaires électriques par une diode Laser à une fréquence de 16GHz. Pour cela, la diode Laser est reliée au générateur par l'intermédiaire d'un câble spécifique d'impédance caractéristique  $Z_0 = 50\Omega$  (Cf **figure 5**). On suppose que l'impédance d'entrée

de la diode peut se mettre sous la forme :  $Z_T = R_T + \frac{1}{jC_T\omega} = 6,6 - j8,2 (\Omega)$ .

- 1- Calculer l'impédance  $Z_T$  de la charge. Placer le point d'impédance réduite  $\underline{z}_T$  sur l'abaque de Smith fournie en annexe.

On rappelle que l'impédance réduite d'une impédance  $Z$  est donnée par :  $\underline{z} = Z/Z_0$



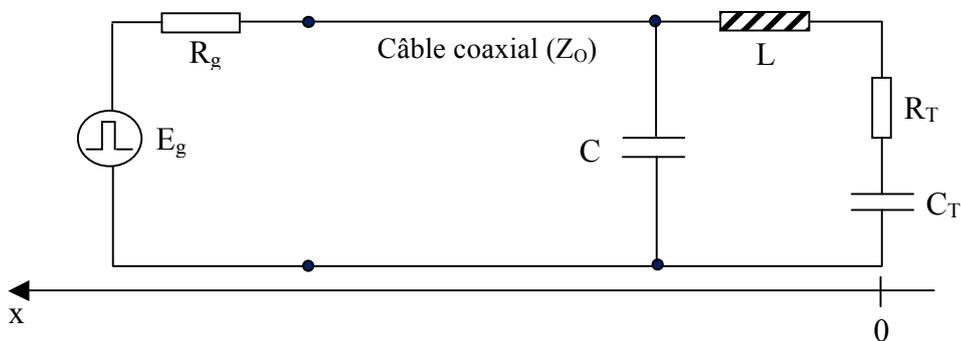
**Figure 5 :** Circuit de transmission de données à adapter

2- Déterminer le module et la phase du coefficient de réflexion de la charge  $\underline{\Gamma}(Z_T)$  en  $x=0$ .

On rappelle que le coefficient de réflexion  $\underline{\Gamma}$  est donné par :  $\underline{\Gamma} = \frac{Z_T - Z_0}{Z_T + Z_0}$

3- On veut adapter le câble coaxial et la charge. Pour cela, on utilise une structure (L,C) à composants discrets présentée en **figure 6**. On donne  $L=0,25nH$ . Calculer :

- la nouvelle impédance  $Z'_e = Z_T + Z_L$
- l'impédance réduite  $\underline{z}'_e$  et l'admittance réduite  $\underline{y}'_e$



**Figure 6 :** Circuit de transmission de données à adapter avec le circuit d'adaptation

4- L'utilisation du condensateur C permet, au final, de réaliser la complète adaptation. Dans ce cas, montrer que l'admittance réduite  $\underline{y}'_e$  se met sous la forme :  $\underline{y}'_e = 1-jK$ . Donner la valeur de K

5- Déterminer l'admittance réduite ( $\underline{y}_C$ ) du condensateur C puis l'admittance  $\underline{Y}_C$  à placer, en parallèle de l'admittance  $\underline{Y}'_e$ , pour réaliser l'adaptation à  $Z_0$ . En déduire la valeur de C nécessaire.

## V- Technologie RFID (3 points : 1/1/1)

On utilise un dispositif RFID à 13,56 MHz dont la bobine du transpondeur est mise en résonance parallèle chargée par la résistance d'entrée ( $R_E$ ) de l'électronique de traitement de l'information égale à 2 k $\Omega$ . Un courant  $I_1$  traverse la bobine du lecteur, de valeur crête égale à 180 mA.

Cette bobine possède une inductance  $L = 2,2 \mu\text{H}$  et une capacité parasite  $C_p = 10 \text{ pF}$ . On suppose que les pertes selfiques sont faibles à la résonance ( $R_L \gg R_E$ ).

1- Calculer la tension obtenue aux bornes de la charge  $R_E$  à une distance de 3 cm.

2- Comparer cette tension à celle obtenue si la bobine du transpondeur est mise en résonance série en considérant les mêmes conditions d'excitation.

*Caractéristiques des bobines du transpondeur et du lecteur :*

- Rayon des spires = 3,5 cm
- Nombre de spires = 8
- $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$

3- Un émetteur émet, à une fréquence de 2,45 GHz en espace ouvert, une puissance  $P_E$  de 18mW, avec une antenne demi-onde de gain  $G_E = 2,17 \text{ dBi}$ . Calculer la puissance  $P_R$  reçue (en W et en dBm) par l'antenne de type Yagi du récepteur, de gain  $G_R = 9,69 \text{ dBi}$ , située à une distance de 10 m de l'émetteur.

-----