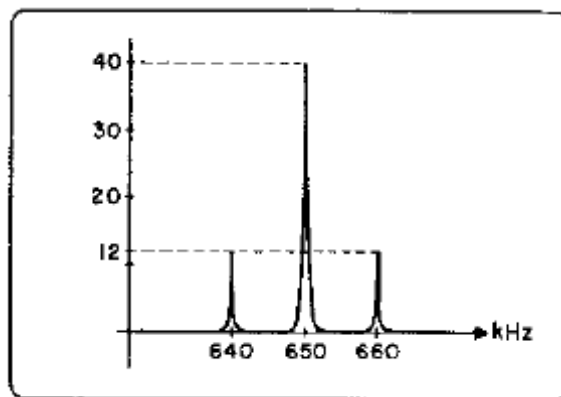


Modulations analogiques

TD n° 1 - Corrigé

Exercice 1 :

Un analyseur de spectre permet d'obtenir la représentation d'un spectre sur un écran. Un signal AM branché à un analyseur de spectre est représenté ci-dessous.



Questions :

1. Quelle est la fréquence de porteuse ?
2. Quelle est la fréquence de l'onde modulante ?
3. Quelle est la bande de fréquence occupée par le signal AM ?
4. Quel est le taux de modulation ?

Réponse :

1. La fréquence de porteuse est 650 kHz.

2. La fréquence de l'onde modulante est: $660 \times 10^3 - 650 \times 10^3 = 10$ kHz.

3. La bande de fréquence occupée par le signal AM se situe entre les fréquences latérales 640 kHz et 660 kHz, soit 20 kHz.

4. La porteuse a pour amplitude A , tandis que les bandes latérales ont pour amplitude $m \cdot A_c / 2$; le rapport de ces amplitudes est :

$$(m \cdot A_c / 2) / A_c = m / 2 = 12 / 40 = 0.3 \Rightarrow m = 0.6$$

Attention, on peut dire que $m = A - B / (A + B)$, mais on ne peut pas dire que $A = 40 + 12$ et $B = 40 - 12$ car rien ne suppose que $\sin(\omega_p t) = 1$ quand $\sin(\omega_p - \omega_f)t = 1$.

Quels sont les avantages de la modulation ?

- a) La possibilité d'émettre plusieurs messages à la fois, soit en choisissant des fréquences porteuses différentes (multiplexage de fréquence), soit en émettant des échantillons de différents messages à des intervalles réguliers (multiplexage de temps).
- b) Des meilleures possibilités de propagation d'ondes et de choix d'antennes réalisables.
- c) une certaine protection contre les bruits.

Exercice 2

Soit le signal AM: $5 \cos(106t) + 3.5 \cos(103t)\cos(106t)$.

Questions :

- a) Quelle est la fréquence de porteuse ?
- b) Quelle est la fréquence modulante ?
- c) Quel est le taux de modulation ?

Réponse :

On peut réécrire le signal sous la forme : $5 [1 + 0,7 \cos 10^3 t] \cos 10^6 t$

La fréquence de porteuse est : $\left| \frac{10^6}{2\pi} = 159,15 \text{ kHz} \right.$

La fréquence modulante est $\frac{10^3}{2\pi} = 159 \text{ Hz}$

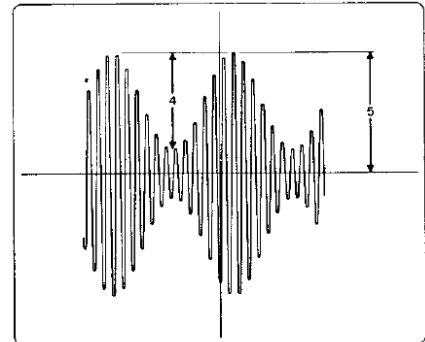
Le taux de modulation est 0.7 (Rmq si on effectue le produit, on trouve $0.35 \cos(\omega_p t + \omega_r t)$ et $0.35 \cos(\omega_p t - \omega_r t)$ comme précédemment.

Exercice 3

Un signal AM a une fréquence de porteuse de 100 kHz, une fréquence modulante de 4 kHz et une puissance d'émission de 150 kW; le signal capté au récepteur est visualisé sur oscilloscope.

Questions :

- a) Quelles sont les fréquences contenues dans l'onde modulée ?
- b) Quelle est la bande de fréquence de l'onde modulée ?
- c) Quel est le taux de modulation ?
- d) Quelle est la puissance contenue dans la porteuse ?
- e) Quelle est la puissance contenue dans chacune des bandes latérales ?



Réponse :

a) Les fréquences de l'onde AM sont $f_c - f_m$, f_c , $f_c + f_m$, soit 96 kHz, 100 kHz, 104 kHz.

b) Le signal AM est contenu dans la gamme de fréquences allant de 96 kHz à 104 kHz, soit 8 kHz.

c) L'amplitude maximale du signal AM est 5 et l'amplitude minimale est 1. $m = \frac{5-1}{5+1} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$.

Rmq : l'amplitude de l'enveloppe est $\frac{4}{2} = 2$; l'amplitude de la porteuse est donc $5 - 2 = 3$.
D'où le taux de modulation: $\frac{2}{3} = 0,66$;

d) La puissance de la porteuse P_c est, d'après la relation

$$P_c = \frac{P_t}{1 + \frac{m^2}{2}} = \frac{150 \times 10^3}{1 + \frac{(0,66)^2}{2}} = 122,7 \text{ kW}$$

e) La puissance contenue dans chaque bande latérale est, d'après la relation

$$P_{\text{USB}} = P_{\text{LSB}} = \frac{m^2}{4} \cdot P_c = \frac{(0,66)^2}{4} \times 122 \times 10^3 = 13,6 \text{ kW}$$

Exercice 4 : Détection double superhétérodyne

Le principe d'une détection double superhétérodyne est donnée Figure 9. Il est constitué d'un double changement de fréquence. On considère l'onde reçue comme à l'exercice précédent, de type cosinusoidal. La fréquence de la porteuse est de 100 MHz, et la fréquence du signal BF utile qui module cette porteuse vaut 1 kHz.

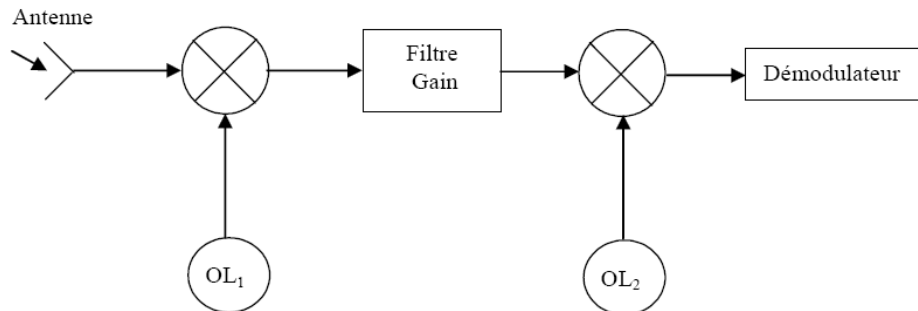


Figure 2 : Détection double hétérodyne

La fréquence du signal du premier oscillateur local est de 89,3 MHz ; la fréquence du deuxième oscillateur local vaut 10,245 MHz. Les deux oscillateurs sont de types cosinusoidaux.

Questions :

- 1 – Expliquez par des représentations spectrales les différents changements de fréquences. Calculez à chaque fois les fréquences intermédiaires et les fréquences images.
- 2 – Quel est le but/intérêt du double changement de fréquences ?

Exercice 5 : Principe de la modulation superhétérodyne

Le système de réception de la Figure 1 est utilisé

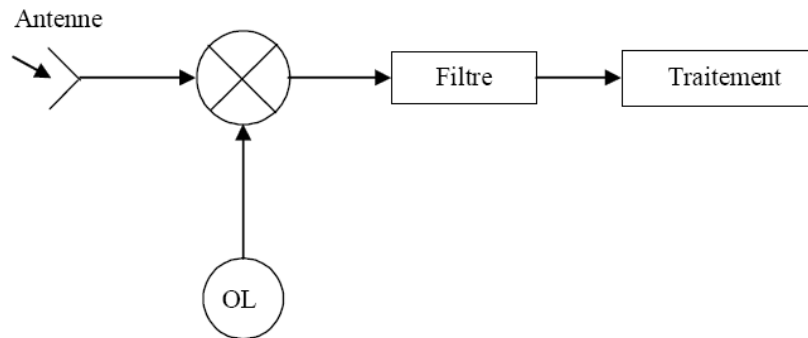


Figure 1 : Récepteur super-hétérodyne

L'onde reçue est du type $v_r(t) = A \sin(2\pi f_r t + \theta_r)$. Elle est multipliée par un signal issu d'un oscillateur local. La fréquence intermédiaire obtenue est filtrée puis envoyée vers un démodulateur.

1 – Dans un premier temps, l'oscillateur local est de type sinusoïdal $v_{OL}(t) = A \sin(2\pi f_{OL} t)$

Questions :

- Quelles sont les fréquences intermédiaires en sortie du mélangeur ?
- Représentez le spectre avant le filtre. Quelles sont les fréquences images ?
- Quels types de filtre peut-on mettre pour s'en affranchir et ne garder que l'information ?

2 – Dans un second temps, l'oscillateur local est de type carré, de fréquence f_0 et d'amplitude V_0 centré sur une valeur moyenne nulle. Mêmes questions que précédemment.

3 – Dans un troisième temps, l'oscillateur local est de type triangle, de fréquence f_0 et de pente p_0 centré sur une valeur moyenne nulle. Mêmes questions que précédemment.

4 – Conclusions sur la forme d'onde de démodulation ? Quel est l'intérêt d'une détection hétérodyne ?