

Chapitre 04 : Modulation de phase PM et de fréquence FM (suite)

4.6. Démodulation FM :

On distingue plusieurs types de démodulateurs de fréquence:

- Discriminateur de fréquence,
- Détecteur de passage par zéro,
- Boucle à verrouillage de phase.

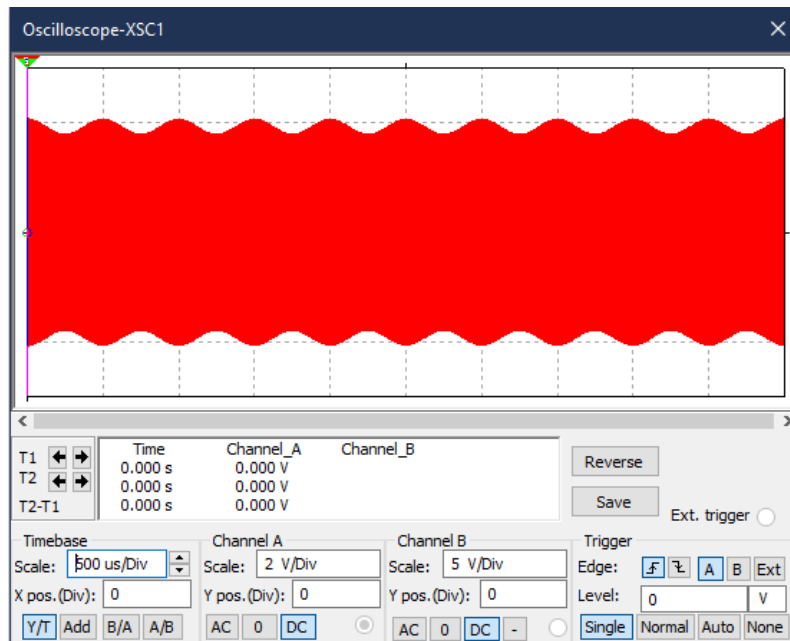
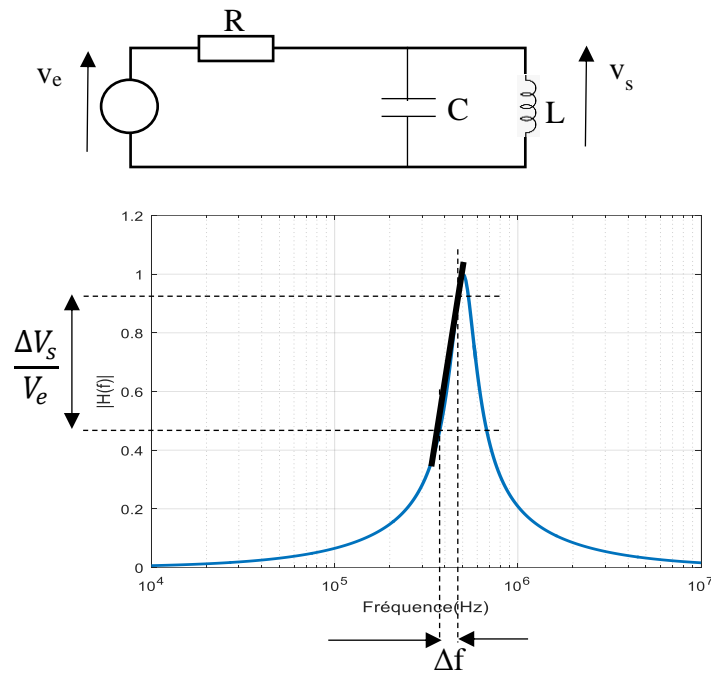
4.6.1. Discriminateur de fréquence

Le discriminateur de fréquence transforme une modulation de fréquence en modulation d'amplitude qui sera ensuite démodulée par un détecteur d'enveloppe.

Si un signal FM est appliqué à un circuit résonant LC, la variation d'amplitude du signal de sortie est proportionnelle à l'écart de fréquence mais dans un intervalle de fréquence limité.

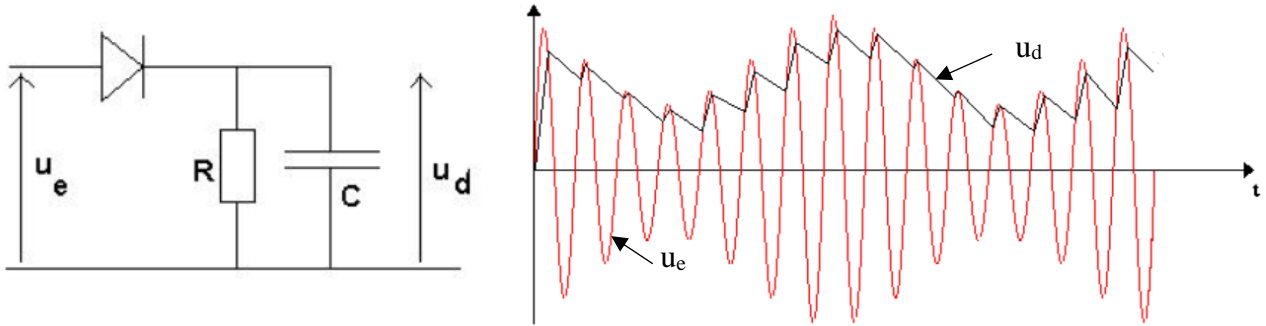
Circuit LC résonant

La tension de sortie est maximale à la fréquence de résonance $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.



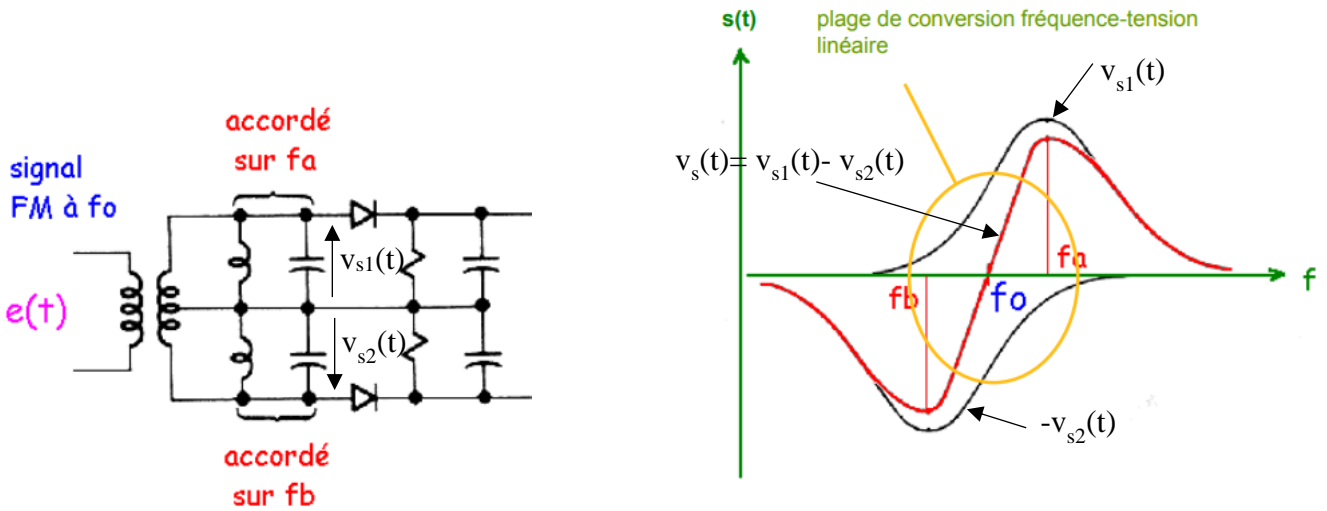
Détecteur d'enveloppe

Ce circuit permet d'extraire le signal basse fréquence u_d (l'information) d'une fréquence porteuse modulée en amplitude u_e .

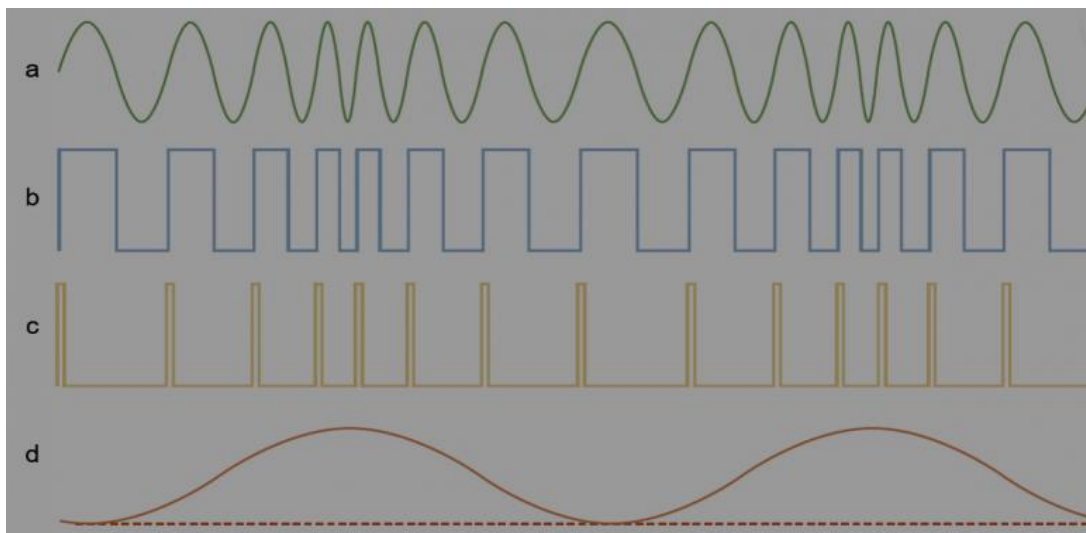
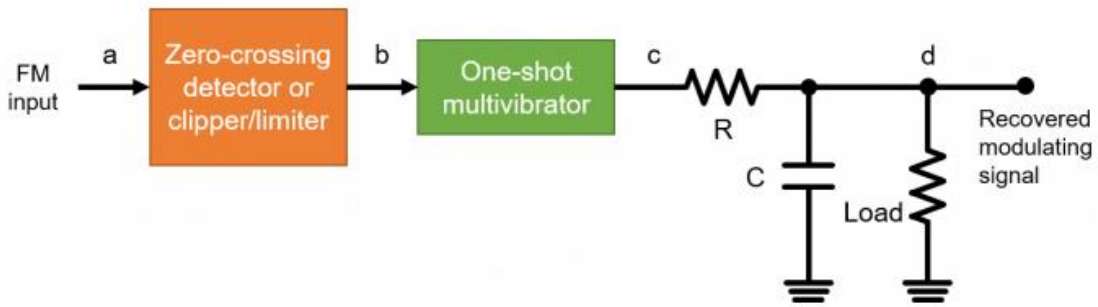


Discriminateur de Foster-Seeley

Il nécessite deux filtres à accords décalés peu pratiques dans les productions en grande série comme les récepteurs FM.

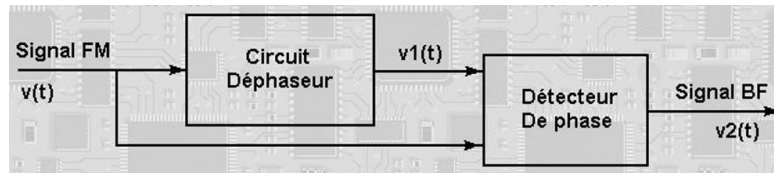
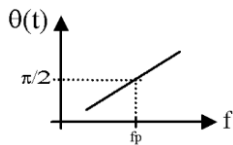


4.6.2. Détecteur de passage par zéro



4.6.3. Démodulateur FM par déphasage

Le circuit déphaseur introduit un déphasage variant linéairement avec la fréquence f :



Le détecteur de phase est constitué d'un multiplieur analogique suivi d'un filtre passe-bas.

$$v(t) = A_p \cos(\omega_p t + \varphi(t)), \quad v_1(t) = A_p \cos(\omega_p t + \varphi(t) + \theta(t)) \quad \text{et} \quad \theta(t) = \frac{\pi}{2} + a(f - f_p)$$

A la sortie du détecteur de phase on a :

$$v_s(t) = k \frac{A_p^2}{2} \cos(\theta)$$

Généralement le déphasage θ est très faible, alors:

$$v_s(t) = k \frac{A_p^2}{2} \cos(\theta) = k \frac{A_p^2}{2} \cos\left(\frac{\pi}{2} + a(f - f_p)\right)$$

$$= -k \frac{A_p^2}{2} \sin(a(f - f_p)) \cong -ka \frac{A_p^2}{2} (f - f_p)$$

Avec : $f = k_f m(t)$.

4.6.4. Boucle à verrouillage de phase (PLL)

C'est le démodulateur de fréquence le plus utilisé.

Le signal d'entrée $v(t)$ est un signal FM dont la fréquence varie linéairement avec le message.

Quand la PLL est verrouillée alors les deux fréquences d'entrée et de sortie sont égales :

$$f_{vr} = f_v = f_p + km(t)$$

Cela implique que le message $m(t)$ n'est que le message $u(t)$ à l'entrée du VCO.

