BTS Electronique : 1984	Corrigé	Démodulation cohérente	pages 1 et 2

I) Principe de la démodulation cohérente :

1.1 $\quad u(t) = K_1\, e(t)\, e_0(t) = \frac{K_1 E_0 E}{2} \sin\omega_0 t\ (1 + m\cos\Omega t)\sin\omega_0 t$

$$= \frac{K_1 E_0 E}{2}\left(1 + m\cos\Omega t - \cos 2\omega_0 t - \frac{m}{2}\cos(2\omega_0+\Omega)t - \frac{m}{2}\cos(2\omega_0-\Omega)t\right)$$

1.2 à l'aide d'un passe-bas coupant au delà de Ω, on ne garde que 2 termes :

* la BF $\frac{K_1 E_0 E}{2} m\cos\Omega t$
* une composante continue $\frac{K_1 E_0 E}{2}$ proportionnelle à l'amplitude du signal reçu

1.3. Cette composante continue pourra servir pour un contrôle automatique de gain ds la chaîne de réception

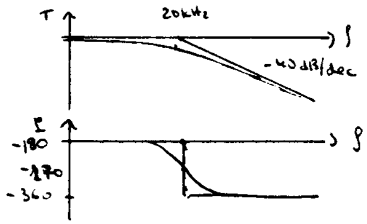
II) Filtre passe-bas :

2.1 Les 3 raies à éliminer se trouvent au voisinage de 2 MHz → choix de 80 dB d'atténuation à cette fréquence

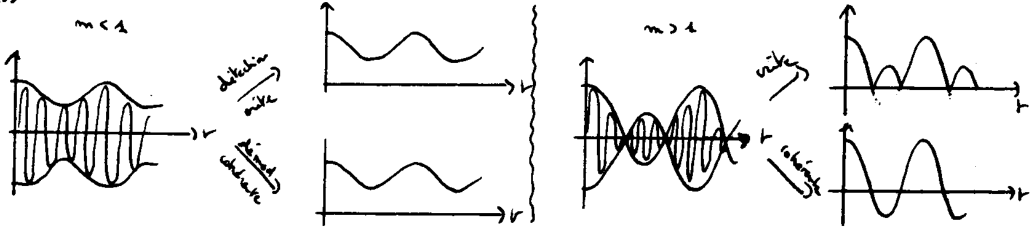
On aura alors $\quad k = \frac{1}{\sqrt 2} \Rightarrow m = 4{,}5$

$f_0 = 20\,kHz$ et $R = 3{,}8\,k\Omega$

2.2



2.3



III) 3.1. A la sortie du multiplieur, on a un signal $v_3(t)$:

$$v_d(t) = K_1\, v_c(t)\, v_0(t) = \frac{K_1 E E_0}{2}\Big[\sin(\varphi_e - \varphi_0) + \sin\big(\underbrace{2\omega_0 t + \varphi_e + \varphi_0}_{\varphi(t)}\big)\Big]$$

le 2ème terme a une pulsation instantanée $\omega(t) = \frac{d\varphi(t)}{dt} = 2\omega_0 + \frac{d\varphi_e}{dt} + \frac{d\varphi_0}{dt}$

or $\left|\frac{d\varphi_e}{dt}\right| \ll \omega_0$ et $\left|\frac{d\varphi_0}{dt}\right| \ll \omega_0 \Rightarrow \omega(t) \ll \omega_0 \Rightarrow$ ce terme est filtré

Il reste donc $\quad v_d(t) = \frac{K_1 E E_0}{2}\sin(\varphi_e - \varphi_0) = K_d \sin(\varphi_e - \varphi_0)$ avec $K_d = \frac{K_1 E E_0}{2}$

Lorsque la boucle est verrouillée, on a $\omega_0 = \omega_0$. Puisque $\omega_0 = \omega_0 + K_0 v_c$, cela implique $v_c = 0$, donc $\varphi_e - \varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_e = \varphi_0$

Lorsqu'on est proche du verrouillage $\quad \varphi_e \approx \varphi_0 \Rightarrow \boxed{v_c(t) \approx K_d(\varphi_e - \varphi_0)}$

3.2. Montrons que la boucle n'accroche sur un signal dont l'amplitude varie

le calcul précédent reste valable, sauf que E est maintenant remplacé par l'amplitude variable $E(1 + m\cos\Omega t)$, d'où :

$v_c(t) = \frac{K_1 E E_0}{2}(1 + m\cos\Omega t)(\varphi_e - \varphi_0)$ et, puisque $\varphi_e = 0$

$v_c(t) = -K_d(1 + m\cos\Omega t)\,\varphi_0$

On, on a aussi $\quad v_c(t) = \frac{1}{K_0}\frac{d\varphi_0}{dt}$, d'où $\boxed{\frac{d\varphi_0}{dt} + K_0 K_d(1 + m\cos\Omega t)\varphi_0 = 0}$

Cette équation diff. se résout :

$\frac{d\varphi_0}{\varphi_0} = -K_0 K_d(1 + m\cos\Omega t) \Rightarrow \ln\frac{\varphi_0}{\varphi_0} = -K_0 K_d\left(t + m\frac{\sin\Omega t}{\Omega}\right)$

$\Rightarrow \boxed{\varphi_0 = \varphi_0\, e^{-K_0 K_d\left(t + m\frac{\sin\Omega t}{\Omega}\right)}}$ $\quad$ si $t \to \infty \quad \varphi_0 \to 0 \Rightarrow v_c \to 0$

$\Rightarrow$ la boucle se verrouille et $\omega_0 \to \omega_0 \quad (\omega_0 = \omega_0 + K_0 v_c)$

Conclusion : on peut accrocher une PLL sur un signal AM pour récupérer la porteuse

3.3. On a $\quad v_0(t) = E_0\cos\omega_0 t$ et il faut $E\sin\omega_0 t$, il faudra donc introduire un déphasage de $\pi/2$. L'atténuation n'a pas d'importance si elle n'est pas excessive.

Si $\varphi \neq \pi/2$, le signal est multiplié par $\sin\varphi \Rightarrow$ perte de signal