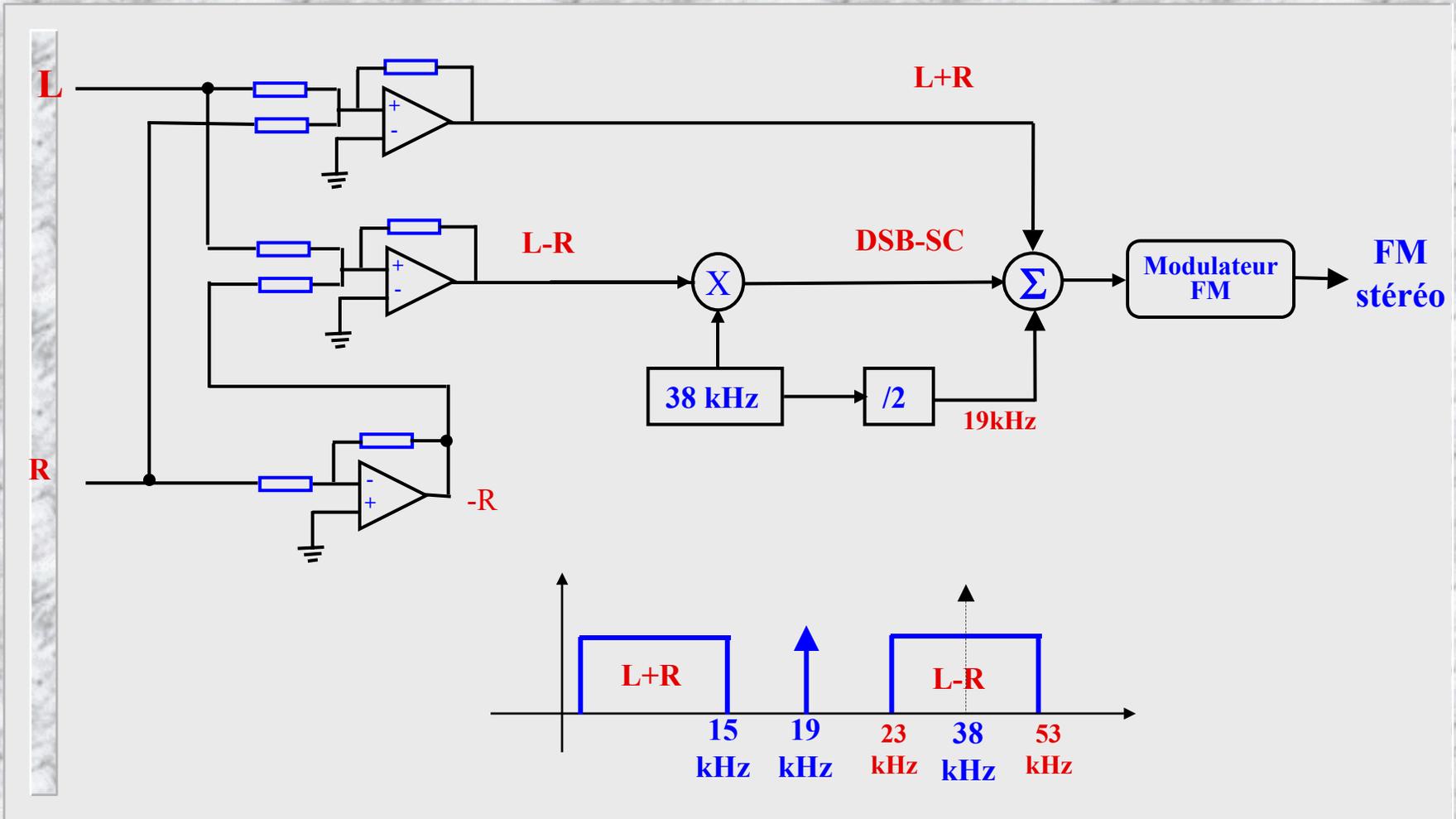


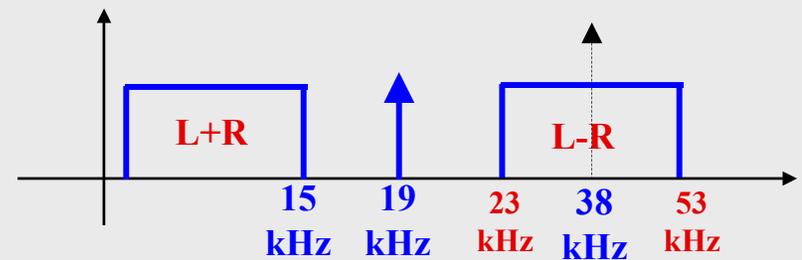
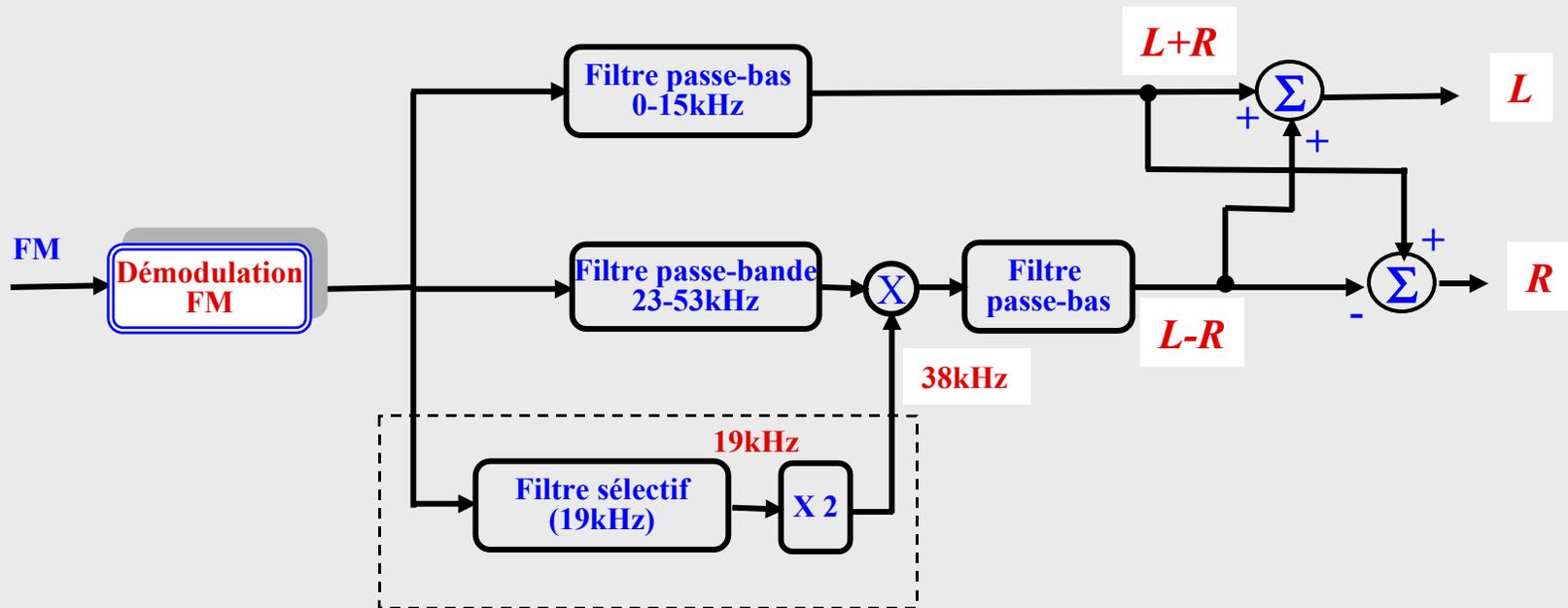
Modulation FM :

FM Stéréo



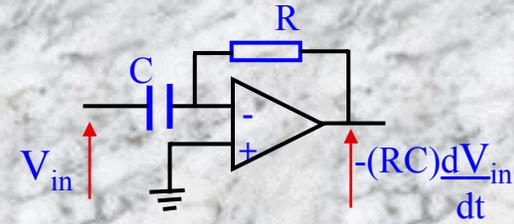
Modulation FM :

Détection de la FM Stéréo



↪ *Démodulation FM :*

Conversion FM en AM



Différentiateur

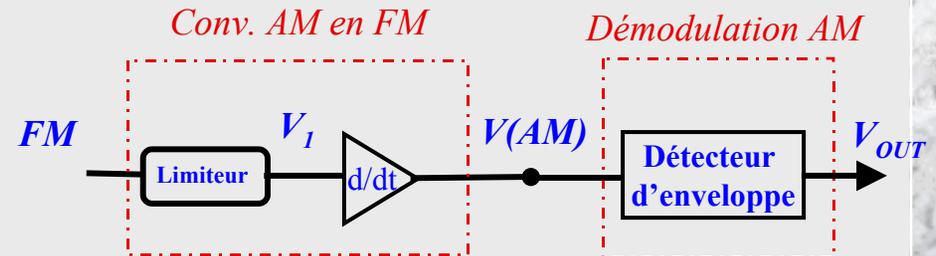
Le limiteur permet d'éliminer les bruits.

$$s_{FM} = A(t) \cos(2\pi f_c t + \theta(t))$$

$$V_1 = V_0 \cos(2\pi f_c t + \theta(t))$$

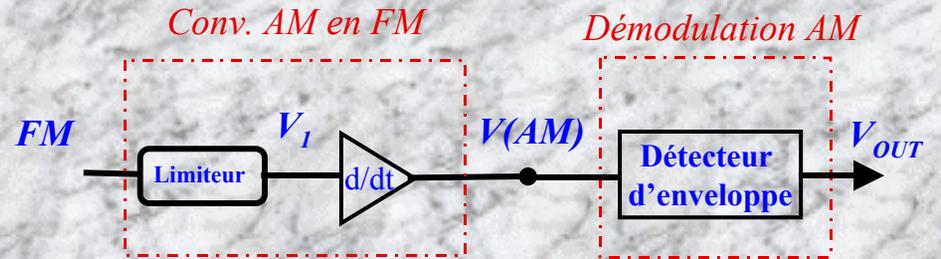
$$V = -V_0 [2\pi f_c + \underbrace{d\theta(t)/dt}_{D_{fm}(t)}] \sin(2\pi f_c t + \theta(t))$$

$$V_{OUT} = V_0 [2\pi f_c + d\theta(t)/dt]$$



Démodulation FM :

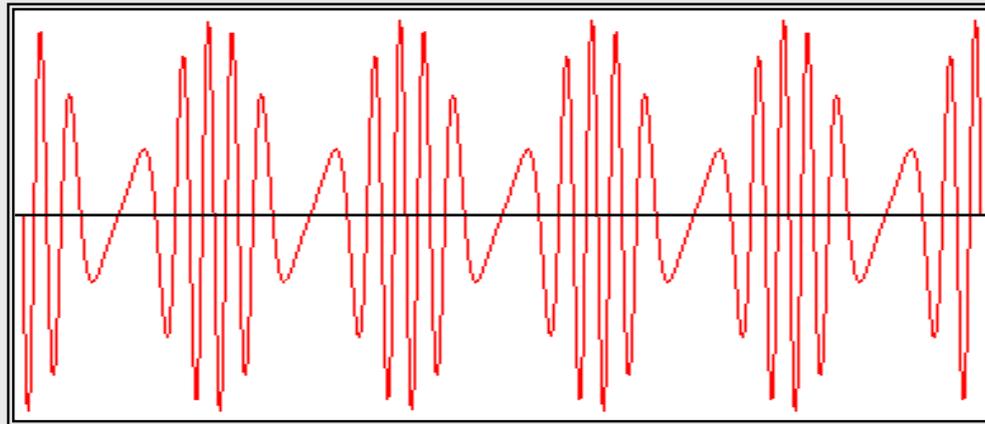
Conversion FM en AM



FM



FM2AM

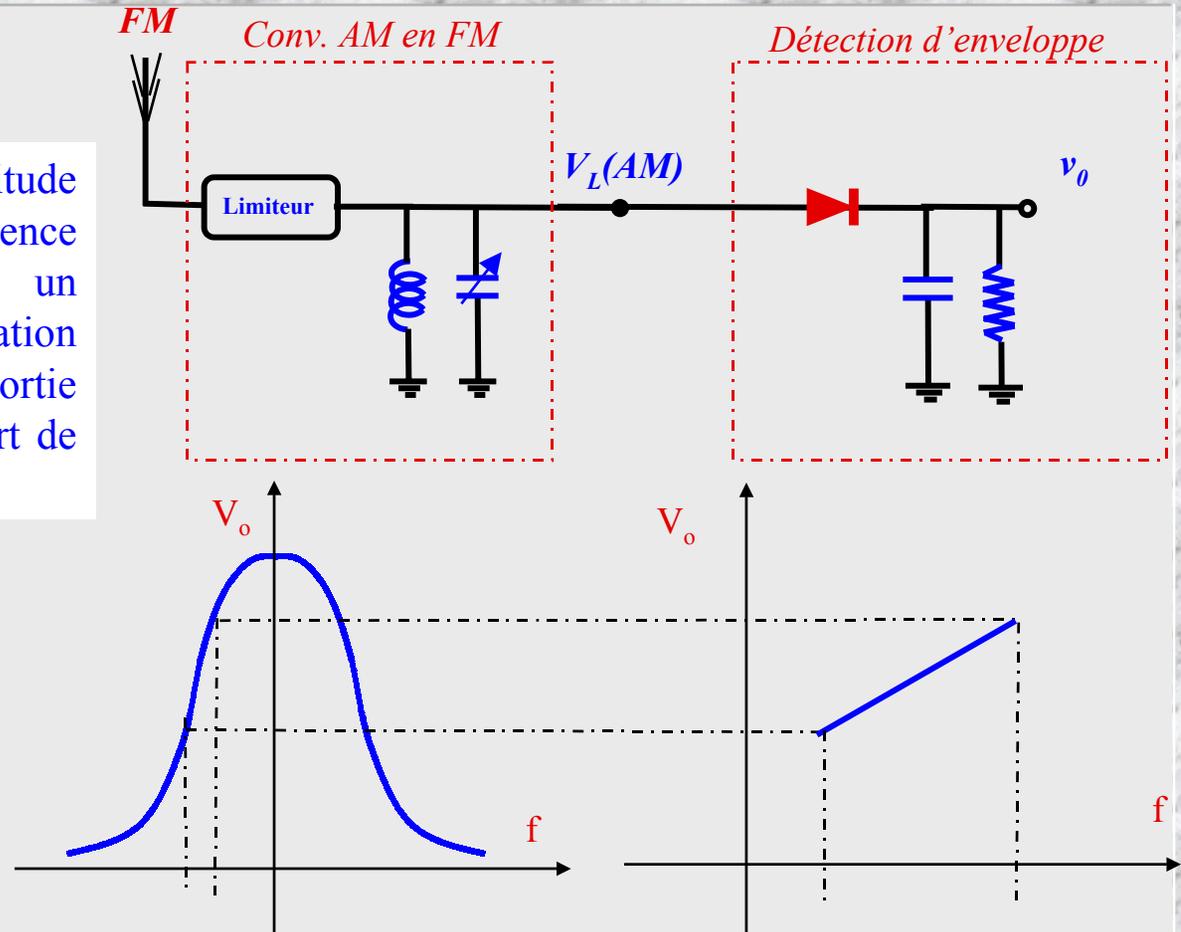


↳ *Démodulation FM :*

Conversion FM en AM

Filtre direct

Si un signal d'amplitude constante mais de fréquence variable est appliqué à un circuit résonant, la variation d'amplitude du signal de sortie est proportionnelle à l'écart de fréquence.



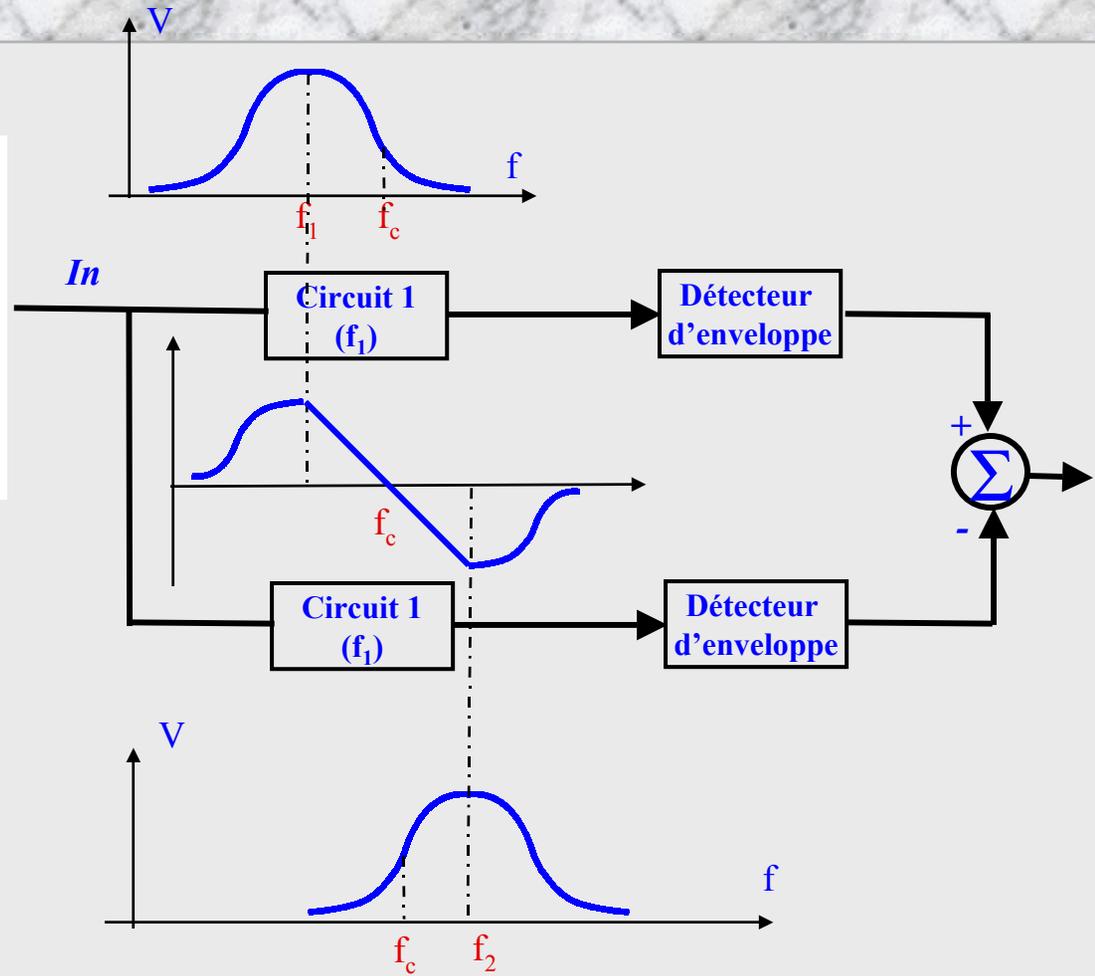
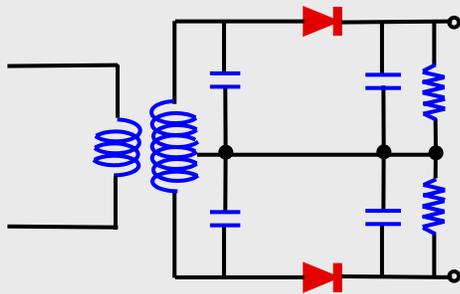


Démodulation FM :

Conversion FM en AM

Discriminateur balancé :

Pour obtenir plus de linéarité (zone plus large) entre tension et fréquence, on utilise deux circuits résonants accordés sur deux fréquences différentes.

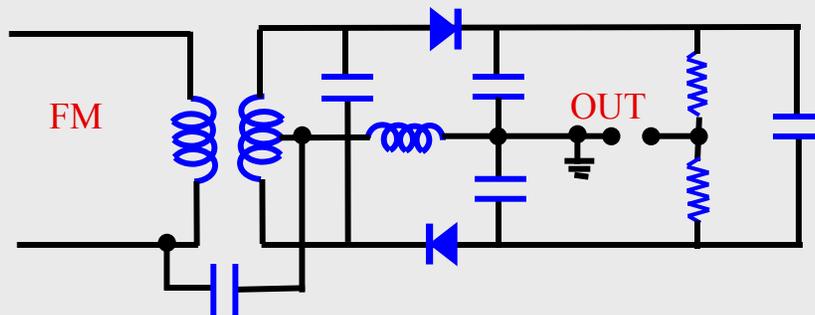


↪ *Démodulation FM :*

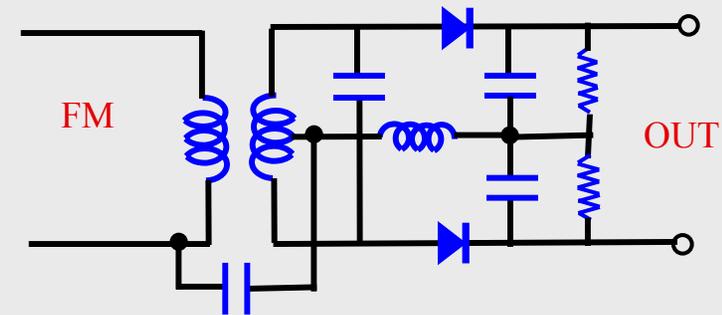
Méthodes directes

Discriminateurs balancés :

En pratique, d'autres circuits sont utilisés.



Ratio detector (Phase discriminator)



Foster-Seeley discriminator

Le principe de fonctionnement est le même pour les deux montage :

Le transformateur produit deux tension deux signaux identique et déphasé de 180° .

Pour une fréquence égale à la fréquence nominale (de résonance des deux circuits LC), les deux tensions au secondaire sont en quadrature avec la tension d'entrée et donc la tension de sortie est nulle.

Pour une fréquence différente de celle de résonance, les deux tension ne sont plus en quadrature avec la tension d'entrée et leur différence n'est plus nulle .

Le signal de sortie est donc proportionnel à l'écart de fréquence (qui est le signal modulant).

↪ *Démodulation FM :*

Méthodes directes

Détection en quadrature :

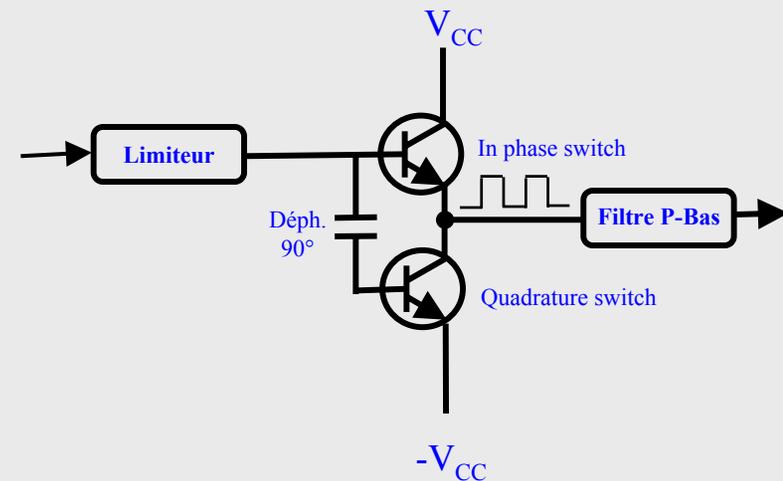
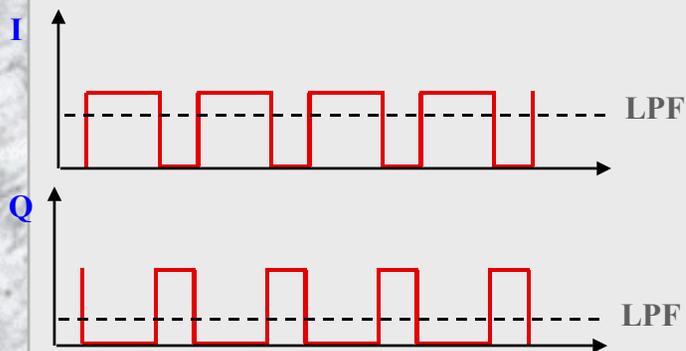


Pas de transformateur,

Comparer le signal modulé avec sa version déphasée,

Le déphasage est 90° seulement pour la fréquence de résonance, et le rapport On/off est 1:1 (la valeur moyenne est 50% de la valeur maximale)

Si la fréquence est différente de la fréquence de résonance, alors le déphasage est inférieur ou supérieur à 90° et donc le rapport on/off est différent de 1:1.



↪ Démodulation FM :

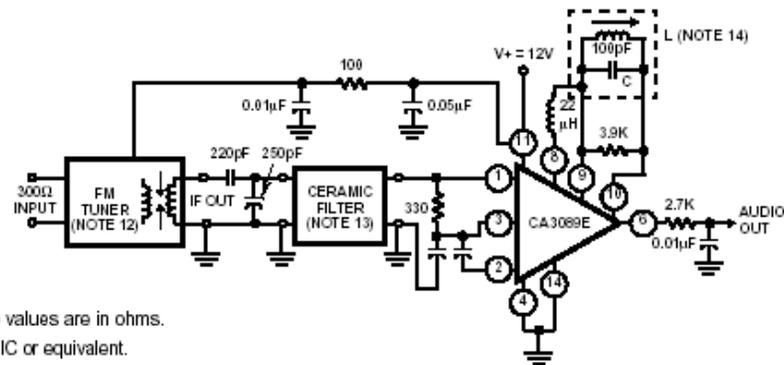
Méthodes directes

C.I. :

Le circuit I le plus populaire utilisé dans les récepteurs FM est le **CA3089**

Il y a aussi **MC3367** qui peut être utilisé pour la réception de la NBFM

Typical Applications



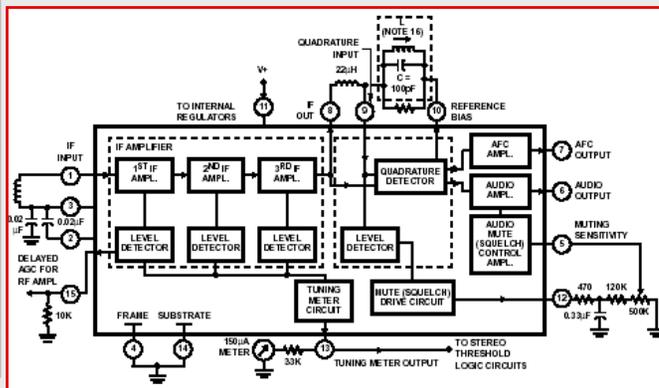
NOTES:

11. All resistance values are in ohms.
12. Waller 4SN3FIC or equivalent.
13. Murata SFG 10.7mA or equivalent.
14. L tunes with 100pF (C) at 10.7MHz Q_0 unloaded \cong 75 (G.I. EX22741 or equivalent).

Performance Data at $f_0 = 98\text{MHz}$, $f_{\text{MOD}} = 400\text{Hz}$, Deviation = $\pm 75\text{kHz}$:

-3dB Limiting Sensitivity	2 μV (Antenna Level)
20dB Quieting Sensitivity	1 μV (Antenna Level)
30dB Quieting Sensitivity	1.5 μV (Antenna Level)

FIGURE 5. TYPICAL FM TUNER USING THE CA3089E WITH A SINGLE TUNED DETECTOR COIL



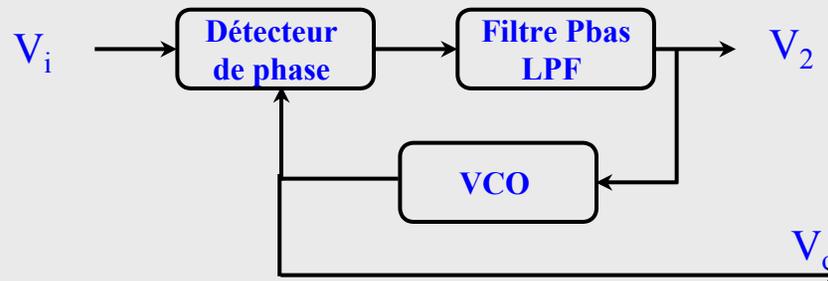
↪ *Démodulation FM :*

Méthodes indirectes : PLL

APLL
analogue

DPLL
Digitale

Phase-locked loop : boucle à verrouillage de phase



Une PLL est constituée principalement de trois composants : un détecteur de phase, un filtre passe-bas et un oscillateur contrôlé par tension.

Le VCO produit un signal avec une fréquence bien déterminée dont la valeur peut changer suivant la tension appliquée à son entrée.

Le détecteur de phase produit un signal dont l'amplitude dépend du déphasage entre le signal d'entrée et celui produit par le VCO.

Le rôle du filtre passe-bas est de garder les variations de phase (BF) et de filtrer les HF et de produire ainsi une tension proportionnelle aux déviations de fréquences.

↳ *Démodulation FM :*

Méthodes indirectes : utilisation de PLL

Phase-locked loop :
boucle à verrouillage de phase

On suppose que :

$$V_i = A_i \sin(2\pi f_c t + \theta_i(t))$$

$$V_o = A_o \cos(2\pi f_c t + \theta_o(t)) \quad \text{Avec : } \frac{d\theta_o}{dt} = K V_2$$

Alors,

$$V_x = A_i A_o \sin(2\pi f_c t + \theta_i(t)) \cos(2\pi f_c t + \theta_o(t))$$

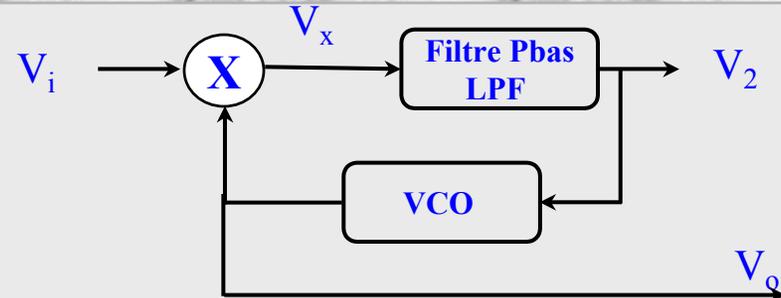
$$V_x = \frac{1}{2} A_i A_o \sin[\theta_i(t) - \theta_o(t)] + \frac{1}{2} A_i A_o \sin[4\pi f_c t + \theta_i(t) - \theta_o(t)]$$

$$V_2 = K_m \sin[\theta_e(t)] * f(t)$$

$f(t)$: est la réponse impulsionnelle du LPF

$$K_m = \frac{1}{2} A_i A_o$$

$$\theta_e = \theta_i(t) - \theta_o(t)$$



↳ *Démodulation FM :*

Méthodes indirectes : utilisation de PLL

$$V_2 = K_m \sin[\theta_e(t)] * f(t)$$

$$\frac{d\theta_o}{dt} = K V_2$$

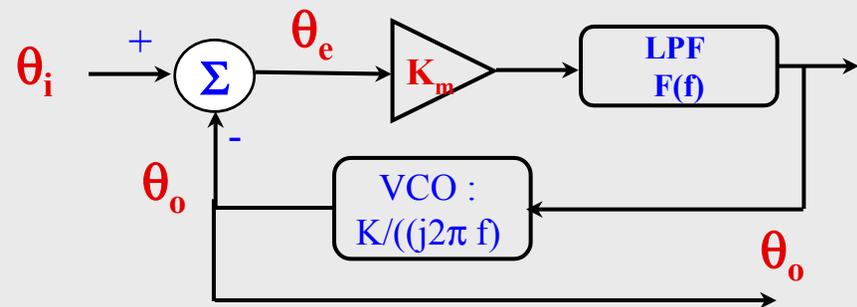
$$\theta_e = \theta_i(t) - \theta_o(t)$$

$$\frac{d\theta_o}{dt} = \frac{d\theta_e}{dt} - \frac{d\theta_i}{dt} = K V_2 = K K_m \sin[\theta_e(t)] * f(t) = K K_m \theta_e(t) * f(t)$$

$$\frac{d\theta_e}{dt} = \frac{d\theta_i}{dt} - K K_m \theta_e(t) * f(t)$$

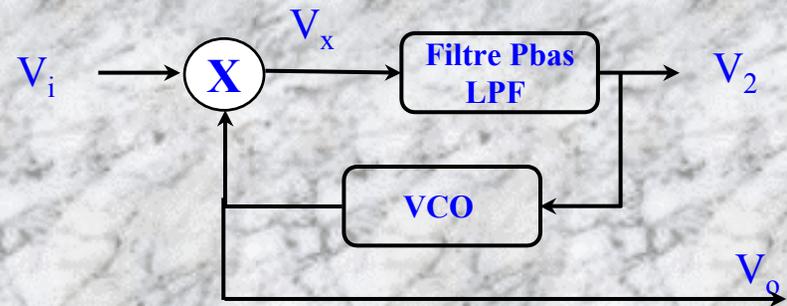
Model linéaire d'une PLL :

$$\frac{\theta_o(f)}{\theta_i(f)} = \frac{K K_m F(f)}{j2\pi f + K K_m F(f)}$$



↪ *Démodulation FM :*

Méthodes indirectes : utilisation de PLL



$$\frac{\theta_o(f)}{\theta_i(f)} = \frac{K K_m F(f)}{j2\pi f + K K_m F(f)}$$

On a : $\theta_i(f) = \frac{1}{j2\pi f} \cdot D_f M(f)$ et : $\theta_o(f) = \frac{K}{j2\pi f} V_2(f)$

$$V_2(f) = \frac{(D_f/K) F(f)}{F(f) + j2\pi f / (K K_m)} \cdot M(f)$$

PLL 1er ordre :

$F(f) = 1$ pour $f < B$ (filtre passe bas)

On suppose que : $K K_m / 2\pi \gg B$

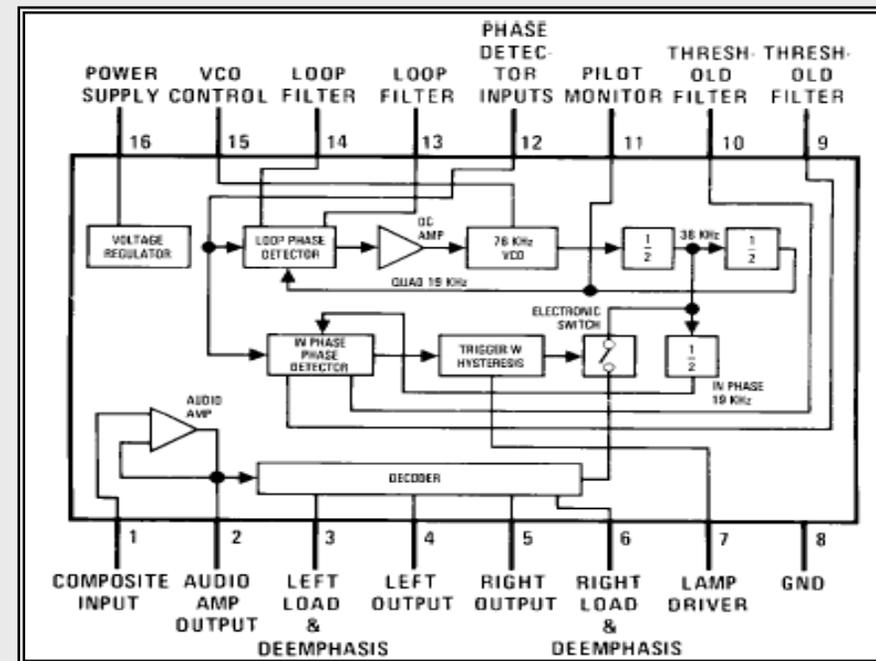
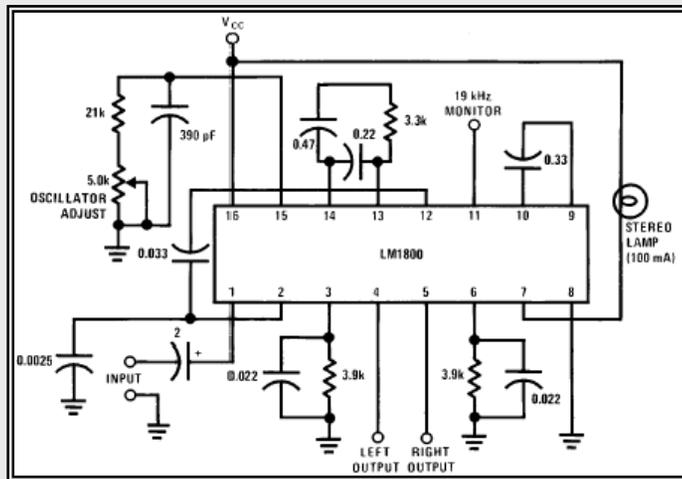
$$V_2(f) = (D_f/K) M(f)$$

$$v_2(t) = C m(t)$$

↳ *Démodulation FM :*

Méthodes indirectes : utilisation de PLL

C.I. : LM1800 : FM Stereo Demodulator



Modulation FM :

Standards FM de la radiodiffusion

La bande FM est de 20 MHz :	88 ~ 108 MHz
Il y a 100 canaux dont la largeur de bande est :	200 KHz,
Stations Commerciales :	91MHz ~ 107.9MHz
Stations Non-Commerciales :	88.1MHz ~ 91.9MHz
Stabilité de la porteuse :	$\pm 2\text{KHz}$
Déviaton de fréquence maximal :	$\Delta f = \pm 75 \text{ KHz}$
Fréquence du signal audio :	50Hz ~ 15 KHz
Indice de Modulation $\beta = \Delta f / f_m$:	5 ($\Delta f = 75\text{KHz}, f_m = 15\text{KHz}$)



Modulation FM :

Attribution des bandes de fréquences canadiennes, tableau et graphique – 2000 : <http://strategis.ic.gc.ca/SSGF/sf01608f.html>

Gestion du spectre et télécommunications:

http://strategis.ic.gc.ca/sc_mrksv/spectrum/frndoc/spectrf1.html

Radio mobile :

Déviation de fréquence maximal :	$\Delta f = \pm 5 \text{ KHz}$
Indice de Modulation $\beta = \Delta f / f_m$:	1 ($\Delta f = 5 \text{ KHz}, f_m = 5 \text{ KHz}$)
Low VHF band :	32 ~ 50 MHz
Bande amateur 2m :	144 ~ 148 MHz
High VHF band :	148 ~ 174 MHz
Bande amateur 3/4m :	420 ~ 450 MHz
Bande UHF :	450 ~ 470 MHz
Bande UHF, T :	470 ~ 512 MHz
Bande 900 MHz :	806 ~ 928 MHz

Audio - TV (signal FM) :

Déviation de fréquence maximal :	$\Delta f = 25 \text{ KHz}$
Indice de Modulation $\beta = \Delta f / f_m$:	1.67 ($\Delta f = 25 \text{ KHz}, f_m = 15 \text{ KHz}$)

