

# Transmission FM stéréophonique

par Jacques ESQUIEU  
Lycée Cabanis - 19100 Brive

## RÉSUMÉ

Dans les transmissions stéréophoniques, deux signaux provenant de deux micros indépendants sont transmis de l'émetteur vers le récepteur. A la réception, ces deux signaux sont aiguillés vers deux haut-parleurs différents. Le son reconstitué est ainsi plus proche du son naturel, dans la mesure où chaque oreille reçoit un son différent.

## 1. A L'ÉMISSION

Soient  $R(t)$  et  $L(t)$  les deux signaux à transmettre. Ces deux signaux sont au préalable filtrés de façon à limiter leur encombrement spectral à 15 kHz, puis ils sont appliqués au système de la figure 1 pour produire le signal composite  $m(t)$ . Le signal  $m(t)$  appliqué au modulateur FM [1] résulte de l'addition des signaux suivants :

– un signal sinusoïdal de fréquence :

$$f_{CP} = 19 \text{ kHz}$$

provenant d'un oscillateur pilote ;

– le signal somme  $L(t) + R(t)$  ;

– le signal différence  $L(t) - R(t)$  multiplié par un signal sinusoïdal de fréquence :

$$2f_{CP} = 38 \text{ kHz}$$

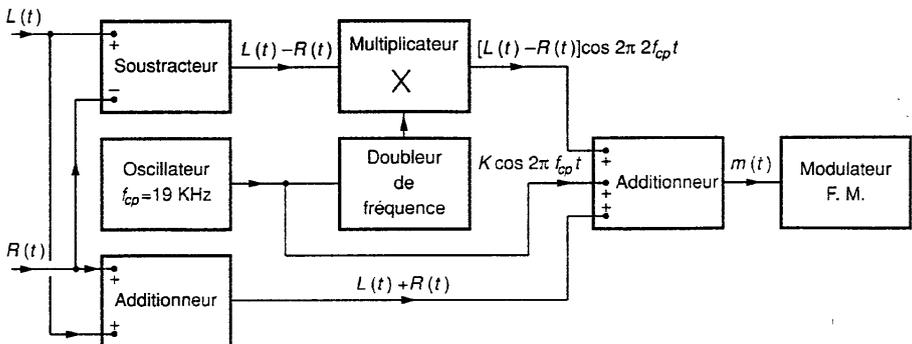


Figure 1

Le signal  $m(t)$  peut ainsi être mis sous la forme :

$$m(t) = [L(t) + R(t)]$$

$$+ [L(t) - R(t)] \cos 2\pi 2f_{CP} t$$

$$+ K \cos 2\pi f_{CP} t$$

Sachant que les signaux  $L(t)$  et  $R(t)$  ont été au préalable limités à 15 kHz, l'encombrement spectral du signal  $m(t)$  est conforme à la représentation de la figure 2.

Conformément à la formule :

$$\cos 2\pi f_o t \cos 2\pi 2 f_{cp} t = \frac{1}{2} \left[ \cos 2\pi (2 f_{cp} - f_o) t + \cos 2\pi (2 f_{cp} + f_o) t \right]$$

chaque composante spectrale de  $L(t) - R(t)$  est à l'origine de deux composantes spectrales de fréquences  $2 f_{cp} + f_o$  et  $2 f_{cp} - f_o$ . Le signal  $L(t) - R(t)$  occupant une bande fréquentielle s'étendant de 0 à 15 kHz, le signal  $[L(t) - R(t)] \cos 2\pi 2 f_{cp} t$  occupe une bande fréquentielle s'étendant de  $2 f_{cp} - 15 \text{ kHz} = 23 \text{ kHz}$  à  $2 f_{cp} + 15 \text{ kHz} = 53 \text{ kHz}$ .

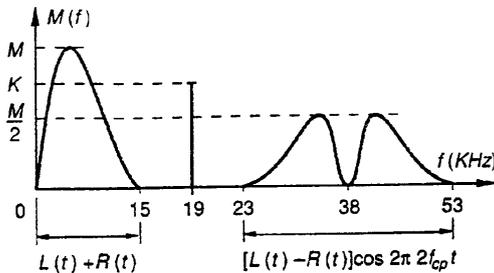


Figure 2

## 2. A LA RÉCEPTION

Le signal  $m(t)$  reconstitué par le démodulateur F.M. est appliqué au système décrit par la figure 3.

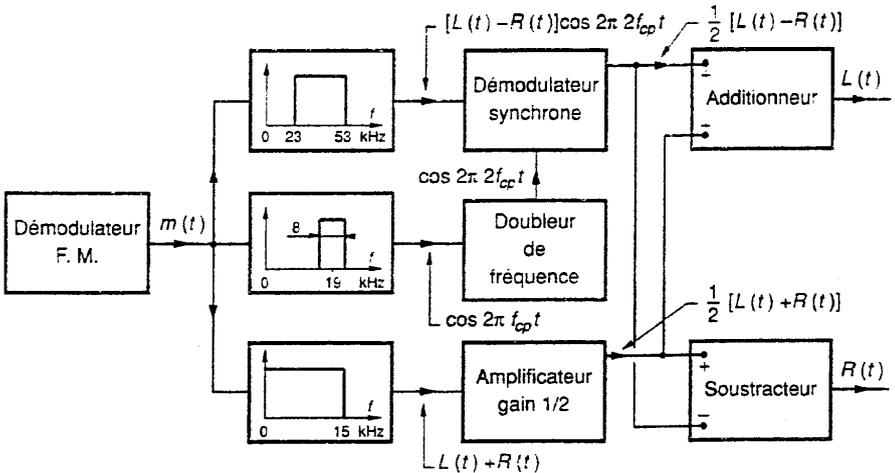


Figure 3

Les composantes du signal  $m(t)$  sont séparées par filtrage :

- la sous porteuse de fréquence  $f_{CP} = 19$  kHz est détectée par un filtre passe-bande puis appliquée à un multiplicateur de fréquence par deux pour reconstituer le signal  $\cos 2\pi 2f_{CP} t$  ;
- le signal  $L(t) + R(t)$  est isolé par un filtre passe-bas limité à 15 kHz ;
- le signal  $[L(t) - R(t)] \cos 2\pi 2f_{CP} t$  est isolé par un filtre passe-bande calé entre 23 et 53 kHz. Le signal  $L(t) - R(t)$  est alors reconstitué par un démodulateur synchrone [2].

A partir des signaux  $L(t) - R(t)$  et  $L(t) + R(t)$ , le dispositif isole les signaux  $L(t)$  et  $R(t)$  par addition et soustraction.

### 3. ENCOMBREMENT FRÉQUENTIEL

*I* - Le signal  $m(t)$  occupe la bande de fréquence 0 - 53 kHz (figure 2). En appliquant la règle de Carson [3], la bande de fréquence nécessaire à la transmission est donc :

$$B = 2 (\Delta f + 53 \text{ kHz})$$

La déviation maximale de fréquence étant statutairement limitée déviation à 75 kHz, l'encombrement est d'au plus 250 kHz. En monophonie, la bande nécessaire est plus réduite (environ  $2 \times (75 + 15) \approx 180$  kHz).

Ces encombrements fréquentiels sont compatibles avec l'écart entre station qui est d'au moins 200 kHz.

2 - En pratique [3], la partie variable de la fréquence instantanée est très petite devant la fréquence de la porteuse.

Par exemple, si le signal modulé est :

$$s(t) = A_p \cos \left( 2\pi f_p t + \beta \sin 2\pi f_m t \right)$$

la fréquence instantanée est :

$$f(t) = f_p + \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dt} (\beta \sin 2\pi f_m t) = f_p + \beta f_m \cos 2\pi f_m t$$

La déviation maximale de fréquence  $\Delta f = \beta f_m$  (limitée à 75 kHz ici) est donc très petite devant  $f_p$ .

En pratique  $f_p \in [88 \text{ MHz}, 108 \text{ MHz}]$  et  $\frac{\Delta f}{f_p} \approx 10^{-4}$ .

3 - Enfin rappelons que le nombre de place n'est pas illimité sur la «bande FM» et que l'attribution des fréquences est strictement réglementée par le CSA. Outre la plage de fréquence, il est attribuée une puissance à ne pas dépasser (!) sous peine d'empiéter sur le voisin [3] et [4].

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] J. ESQUIEU : *Électronique BTS*, tome 2, chapitre 5, exemple de schéma de modulateur FM par la méthode d'Armstrong, Éditions Dunod.
- [2] J.-C. FROMONT : *Démodulation synchrone*, voir l'article sur la modulation AM dans le B.U.P. n° 771, février 1995, p. 349.
- [3] B. VELAY : *Introduction à la modulation*, dans le B.U.P. n° 771, février 1995, p. 229.
- [4] A. NOËL : *Quelle fréquence avez-vous dit ?*, dans le B.U.P. n° 771, février 1995, p. 249.