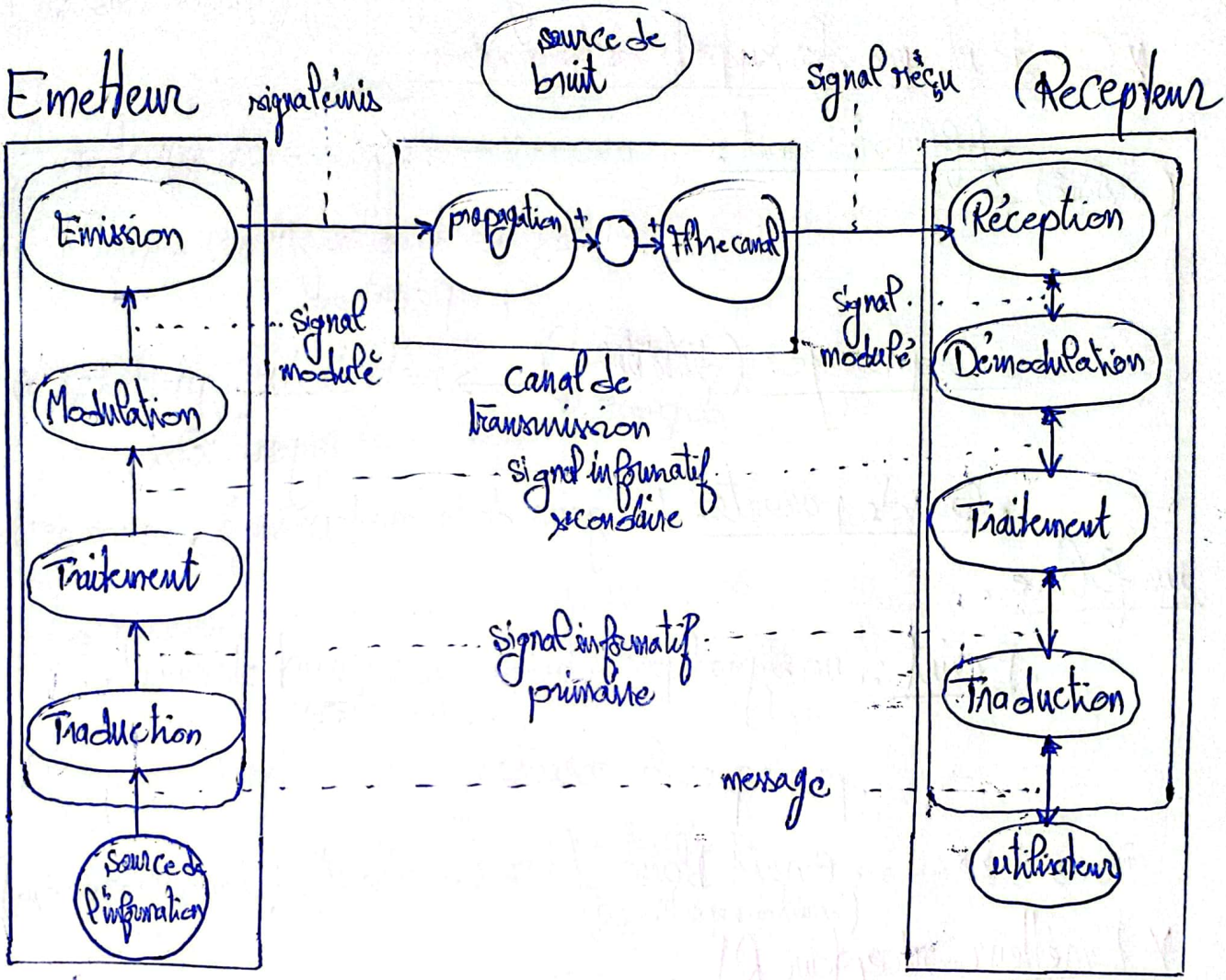
Structure d'un système de communication



* Traduction : . convertit du signal (exp : la voie) en un signal électrique via microphone (exp)
. Inversement : convertit un signal électrique en un son via haut-parleurs (exp)

* Traitement : . Amplification linéaire
. En numérique, il peut s'agir du codage de l'information pour avoir (détection des erreurs) → une sécurité. (ou compression)

* Modulation : . Transposer l'information sur une porteuse
. Elle consiste à faire varier l'un des paramètres de la porteuse fp, soit l'amplitude, soit la fréquence soit la phase d'un signal informatif (appelé)

* Canal : est le milieu dans lequel se propage le signal.

* Démodulation : opération, qui à partir du signal modulé reçu du canal de transmission, permet de reconstituer le signal informatif (après traitement).

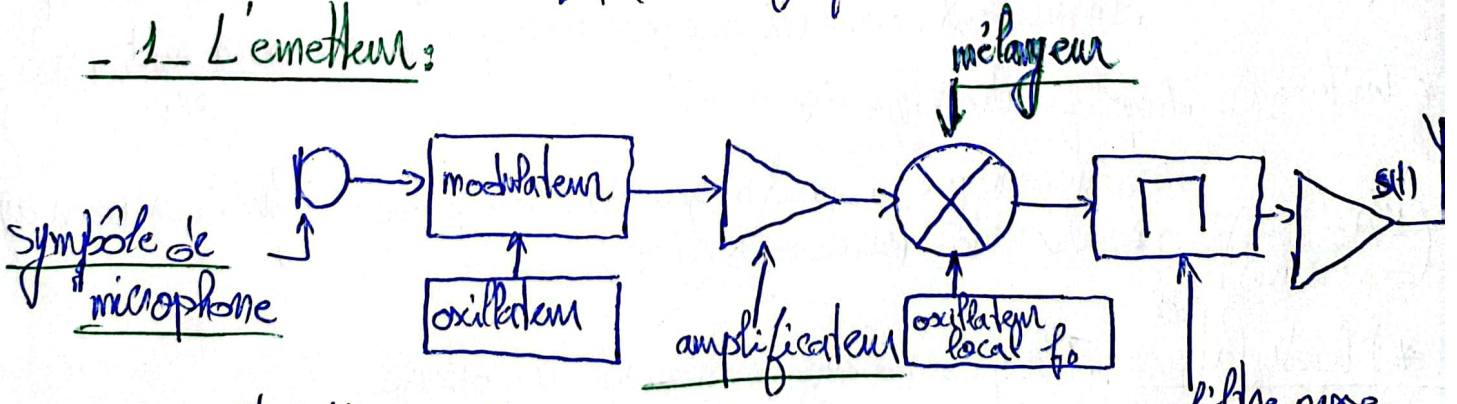
* Caractéristique des supports de transmission :

- Affaiblissement : (atténué) → atténuation l'amplitude du signal qui le traverse.
  ↳ perte d'énergie du signal pendant sa propagation.
- Déphasage : (distorsion de phase) → retard du signal reçu / au signal émis
- Bande passante : Largeur de la bande passante, se comporte comme un filtre.
- Bruit : un signal perturbateur provenant du canal.
  . provoquer les erreurs
  → . Bruit blanc (bruit des spectres cst) / bruit impulsif.

* Emetteur-récepteur RF

radiofréq (Haute fréq)

_1_ L'emetteur :



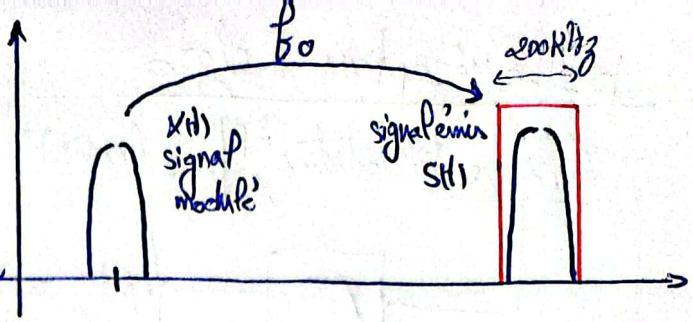
Dans l'emetteur, il y a un changeur de fréquence

changeur : déplacer le signal modulé à la fréq d'émission

• La porteuse : modulée en amp ou fréq à fréq très basse

signal modulé

• x(t) : transposé à la fréq d'émission à l'aide d'un étage changeur de fréq.



• f0 : fréq de l'oscillateur local détermine la fréq d'émission f+f0

• ces signaux occupent une bande de largeur B = 850 kHz

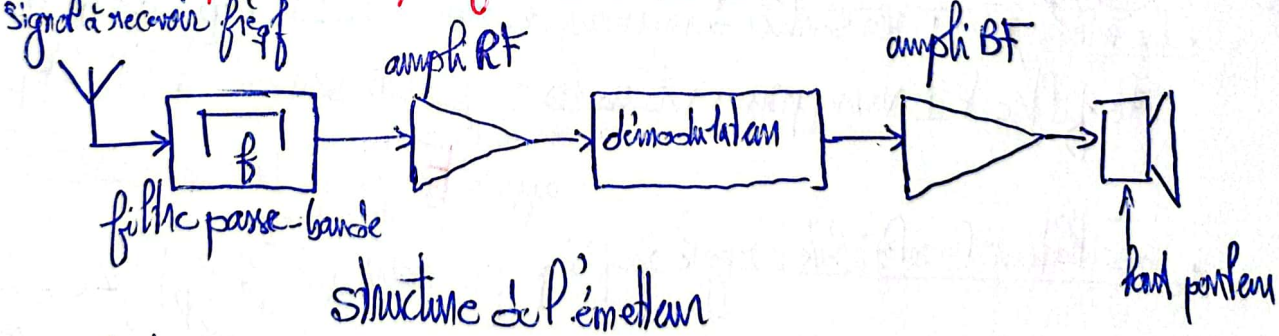
• le filtre : sélectionne l'émission souhaitée.

- 2 - Le récepteur :

↳ recevoir un signal AM, FM, TV, GSM ... ; il faut :

- Isoler la porteuse modulée
- Amplifier le signal reçu
- Démoduler la porteuse modulée.

- a - Le récepteur à amplification directe :



structure de l'émetteur

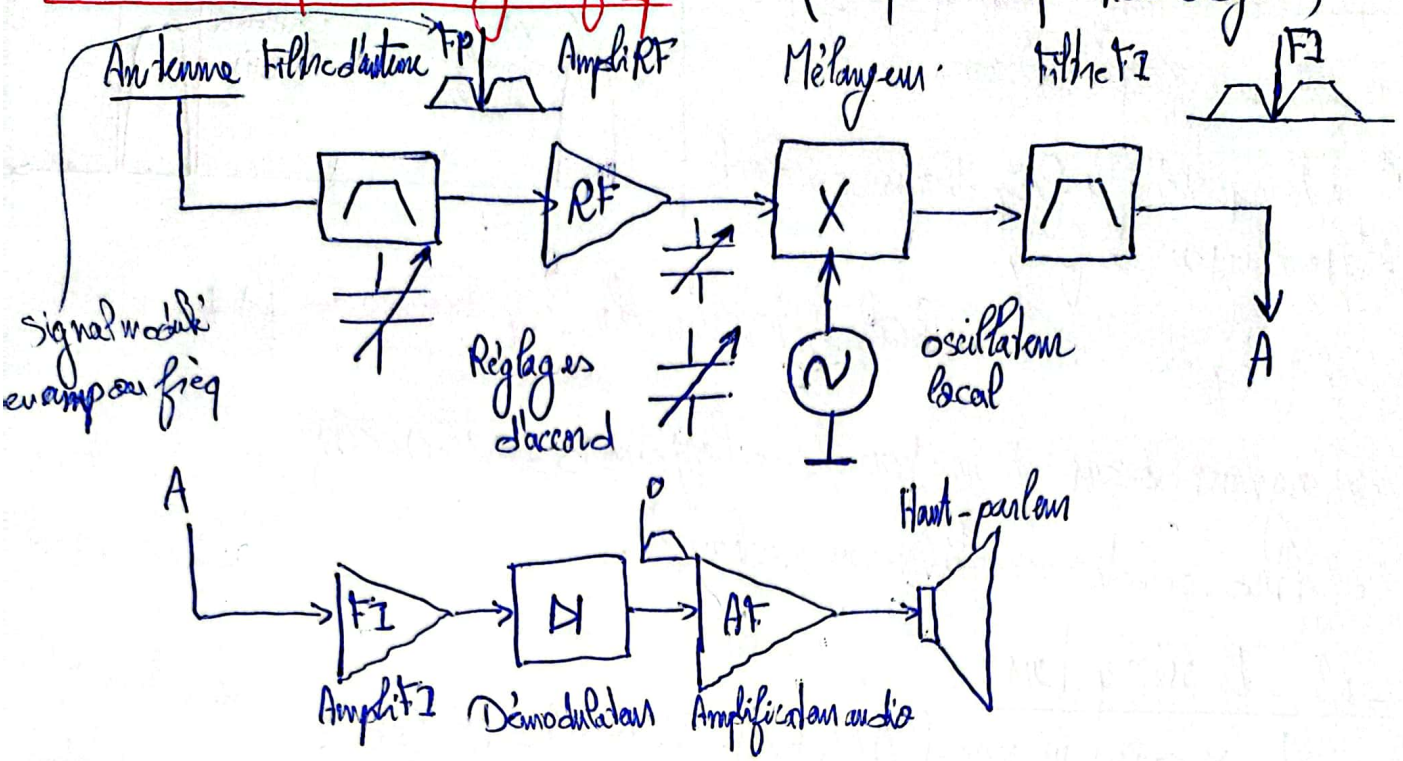
* pour sélectionner une émission :

- Régler la fréq centrale f des filtres passe-bande sur la fréq du signal à recevoir.
- B doit être égale à la Largeur spectrale d'une émission

bande passante de ces filtres

- compromis rapidité + atténuation hors bande importante

- b - Le récepteur à changement de fréq: (récepteur superhétérodyne)



plus utilisé, tant en radio qu'en télévision ou en hyperfréq (radar, GSM, GPS, ...)

* Structure d'un récepteur superhétérodyne:

- Filtre d'antenne: élimine les signaux indésirables (rôle identique à celui du filtre avant ampli RF)
- L'amplificateur RF: assure une première amplification.
- Le mélangeur: En sortie des signaux on retrouve: F_0, F_p, F_0+F_p et $|F_0-F_p|$
  le filtre FI va supprimer tous les composants seulement $|F_0-F_p|$ se laisse.
  appelé Fréquence Intermédiaire
- L'oscillateur local pilote: règle sa fréq f_0 pour $|f_0-f_p|_{FI}$ fixe.
- Le démodulateur: récupère l'information transportée par le signal modulé.

L'antenne: (antenne réceptrice) convertit les ondes EM provenant de l'émetteur en signal électrique.

Les amplificateurs: amplifier le signal.

Rq:

④ Filtre:	passe bande	passe bas	passe haut	coupant

Modulation analogique

I- Types de transmission

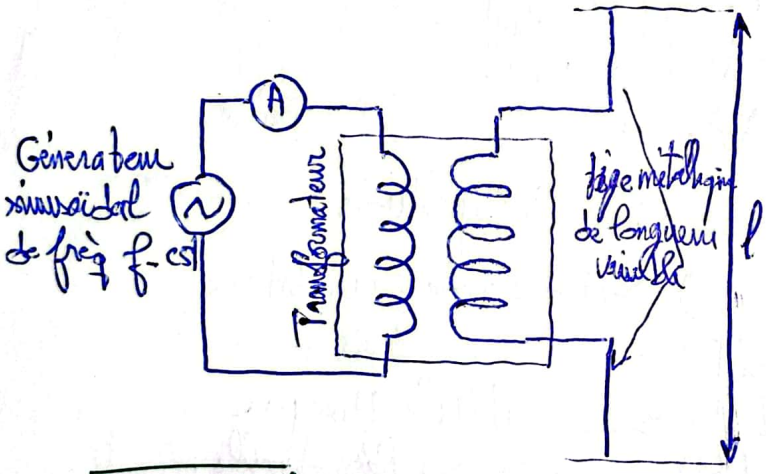
• **Transmission en bande de base :** Les signaux sont transmis de la source (c-à-d dans leur bande de fréq) (exp: utilisé sur LAN)

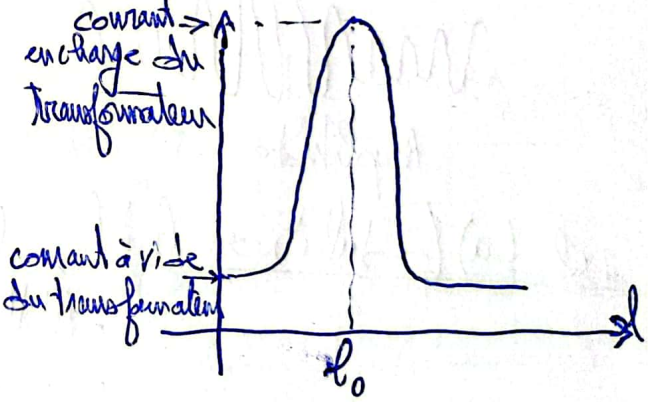
• **transmission par modulation :** transposer un signal sur un autre signal contenant la même information, mais avec une modification en fréq du signal.

↳ Avantages

(+) Le multiplexage fréquentiel : même support de transmission

(+) Adaptation aux cond° particulières d'un milieu de transmission.





$$l_0 = \frac{\lambda}{2}$$

$\lambda = c/f$ ← longueur d'onde du signal

$l = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow l = \frac{c}{2f}$ ← La longueur de l'antenne

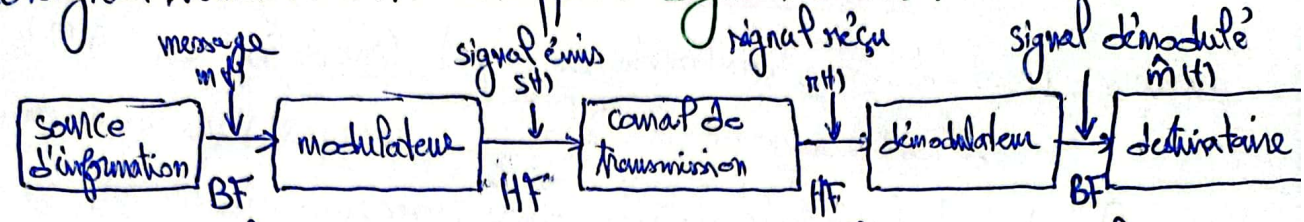
$\Rightarrow l \uparrow$ pour $f \downarrow$ et inversement

Pour $\downarrow l$, on doit $\uparrow$ la fréq du signal à transmettre : on effectue un décalage spectral vers les hautes fréq du signal : C'est la modulation

* À la réception, le signal HF doit être ramené vers les BF : décalage spectrale vers les basses fréquences du signal : c'est la démodulation

* Fréquence porteuse : c'est la fréq à laquelle se fait l'émission en HF (car elle transporte l'information BF)

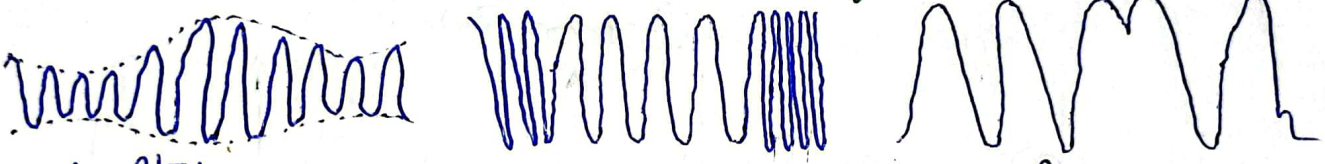
Le signal transmis en HF est appelé signal modulé.



signal en bande de base — signal à bande étroite — signal à bande étroite — signal en bande de base

$\frac{\Delta f}{f} \ll$ $\frac{\Delta f}{f} \gg$

Modulation



Amplitude — Fréquence — phase

- La Modulation AM (modulation d'amplitude)

- AM (DBSP) Double Bande sans Porteuse
- — (DBAP) ——— Avec ———
- — (BLU) Bande Latérale Unique
- — (BLR) ——— Résiduelle.

a* AMDBSP :

Porté l'information à destination

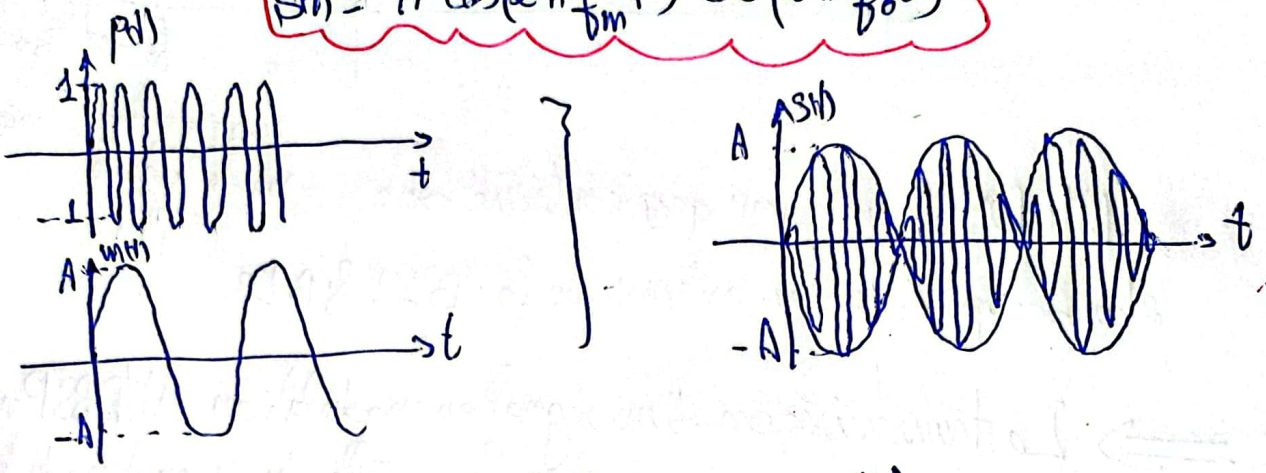
Principe :
- $p(t) = \cos(2\pi f_0 t)$: porteuse (signal sinusoïdal HF)
- message à transmettre $m(t)$: signal modulant
- Le signal modulé AMDBSP :

$$s(t) = m(t) \cdot p(t)$$

* 1er Cas : $m(t) = A\cos(2\pi f_m t)$ avec f_m ← fréq d'un signal modulant ; f_0 ← fréq d'un signal de porteuse

↳ signal modulant sinusoïdal

$$s(t) = A\cos(2\pi f_m t)\cos(2\pi f_0 t)$$

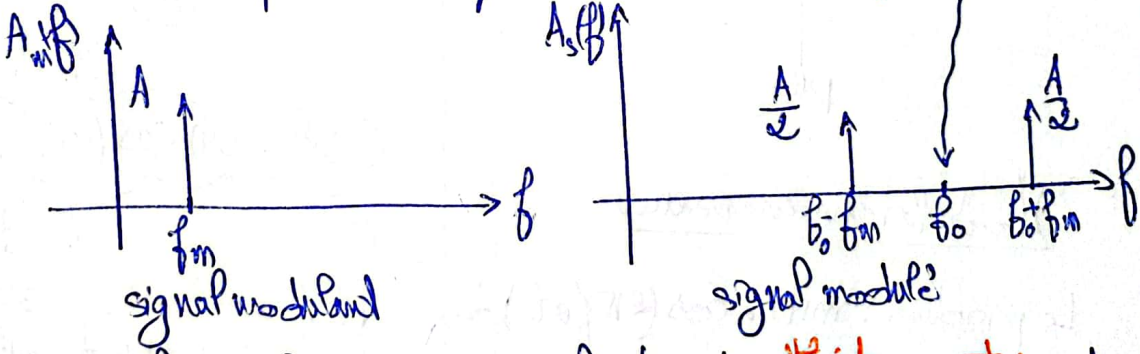


Représentation spectrale (Décompose s(t)) :

$$s(t) = \frac{A}{2}\left[\cos 2\pi(f_0+f_m)t\right] + \frac{A}{2}\left[\cos 2\pi(f_0-f_m)t\right]$$

↳ • constitué de 2 raies symétrique situés aux fréq : $f_0 - f_m$ et $f_0 + f_m$.

• pas de composante spectrale en la f_0.

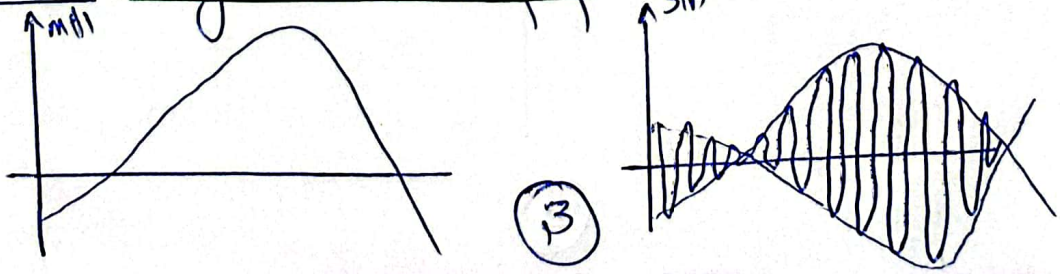


• ↳ Le signal modulé : est un signal à bande de limité, centré autour de la fréq f_0 de la porteuse.

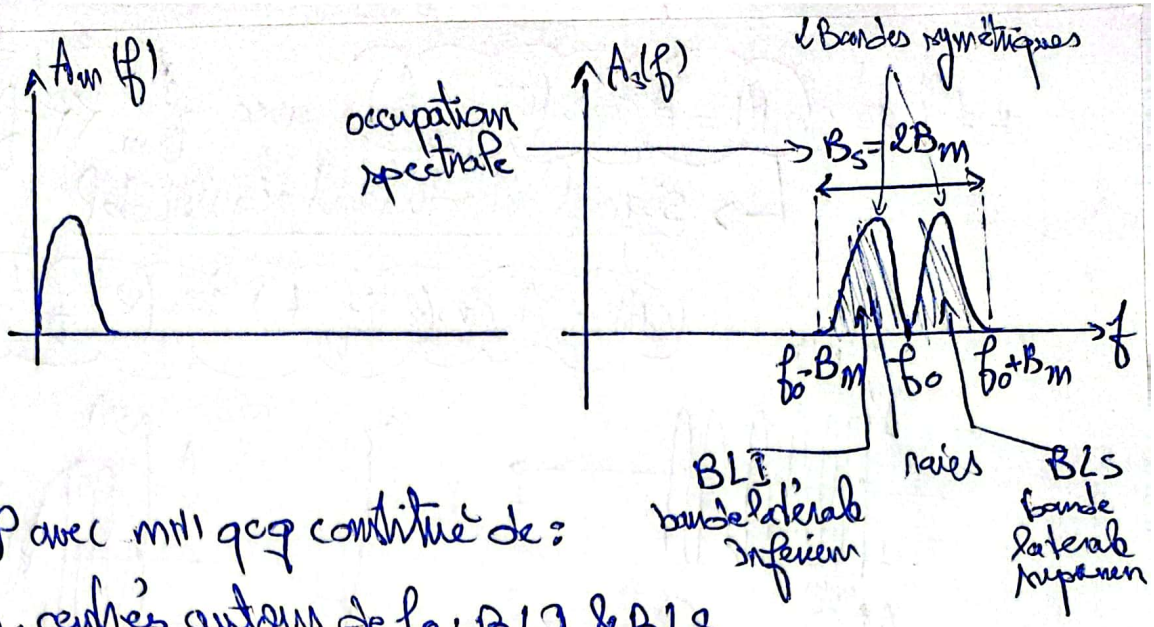
• But de modulation (atteint) : Le signal BF est transformé en un signal HF

2ème cas : signal modulant qcq

Rappel :



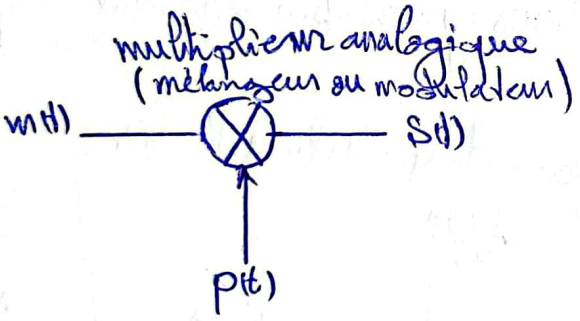
Rappel :



AM DBSP avec m(t) qcq constitué de :
2 bandes sym, centrées autour de f_0 : BLI & BLS

$\Longrightarrow$ La transmission d'un signal en modulation AM DBSP nécessite une largeur de bande 2 fois double de celle du signal modulant

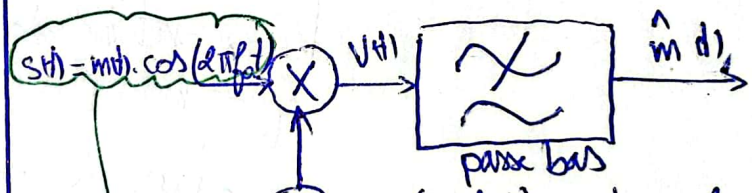
Génération du signal AM DBSP : (Modulation)



Modulateur en anneau

Le produit : $m(t) \cdot \cos(2\pi f_0 t)$ obtenu en multipliant $m(t)$ et $c(t)$ de fréq f_0
↑ signal carré bipolaire
par un filtrage passe-bande centré sur f_0.

Démodulation des signaux AM DBSP :



$$v(t) = s(t)\cos(2\pi f_0 t)$$

$$\cos^2(At) = \frac{1}{2}(1 + \cos 2At)$$

$$v(t) = \frac{1}{2}m(t) + \frac{1}{2}m(t)\cos(4\pi f_0 t)$$

Après le filtrage passe bas de $v(t)$ on obtient le signal modulé $\hat{m}(t) = \frac{1}{2}m(t)$

b* AM DBAP:

signal modulant ↓ m(t) à transmettre

$p(t) = A\cos(2\pi f_0 t)$ et
porteuse (signal) + information (message)

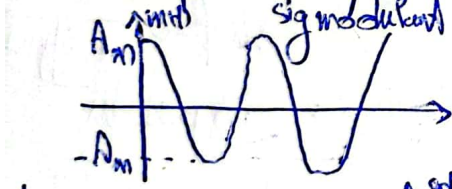
$s(t) = (A + m(t))\cos(2\pi f_0 t)$
$m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$
$\Rightarrow s(t) = A(1 + k\cos(2\pi f_m t))\cos(2\pi f_0 t)$

avec $k = \frac{A_m}{A}$
↳ taux de modulation (rapport entre l'amplitude du signal modulant et celle du porteur)
amp amp

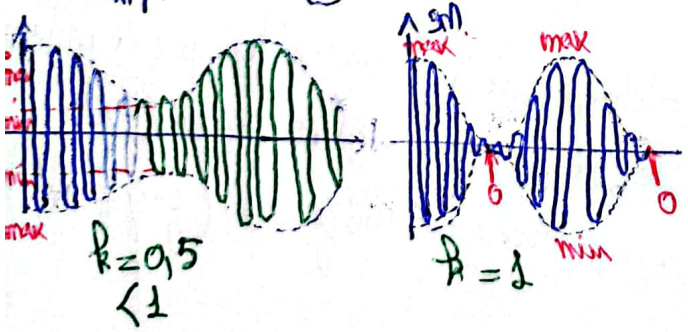
3 Cas : $k > 1$, $k = 1$, $k < 1$

pour un signal qcq :
$k = \frac{|m(t)|_{max}}{A}$

Repres. temps :



$S_{max} = A(1+k)$
$S_{min} = A(1-k)$

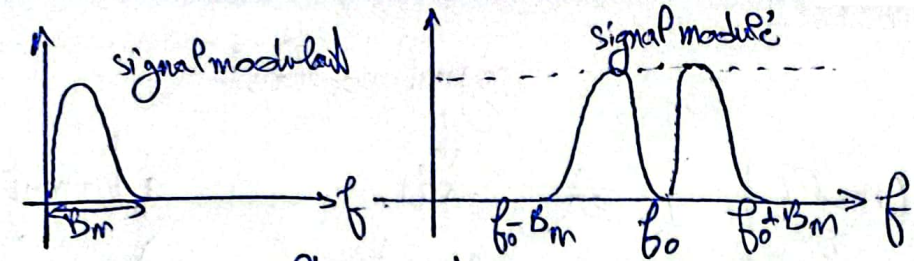


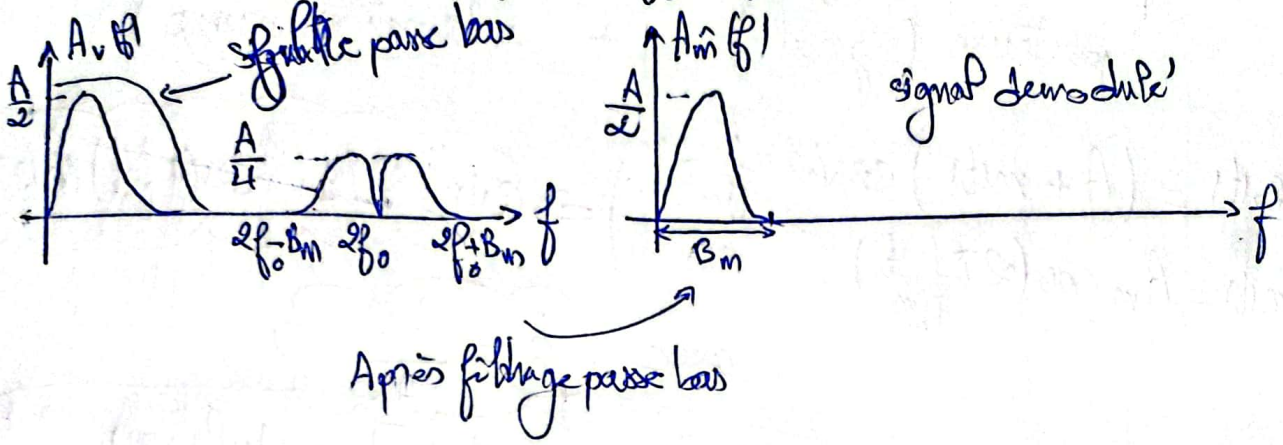
$k = 0,5 < 1$ $\quad k = 1$

Repres. spectrale

$k > 1$

- $k \leq 1$: l'enveloppe du s(t) possède exactement la forme du signal modulant
- $k > 1$: l'enveloppe du s(t) ne correspond plus au signal modulant : le signal AM est surmodulé





Après filtrage passe bas

Plan de démodulation AM DBSP:

si la porteuse affecté ϕ déphasage donc :

locale

$$v(t) = \frac{1}{2} m(t) \cos\phi + \frac{1}{2} m(t) \cos(4\pi f_0 t + \phi)$$

avec $s(t) = s(t)\cos(2\pi f_0 t + \phi)$

$\cos(a).\cos(a+b)$

Après filtrage → $\hat{m}(t) = \frac{1}{2} m(t) \cos(\phi)$

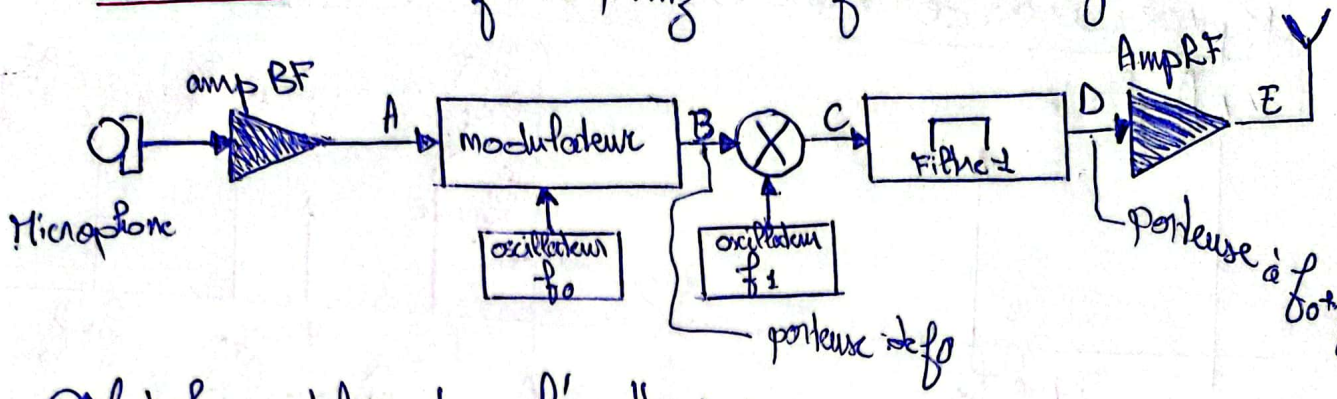
si $\phi = 0$ le signal est perdu

$\Rightarrow$ Il y a atténuation du signal démodulé, il nécessite que la porteuse locale soit en phase avec la porteuse reçue : Démodulation cohérente ;

Sol°: . Transmission séparée d'une porteuse de référence (fréq pilote).

. Boucle d'asservissement

Emetteur: $f_0 = 10{,}7\,MHz$ $f_1 = 88{,}2\,MHz$



*Rôle de chaque bloc dans l'emetteur:

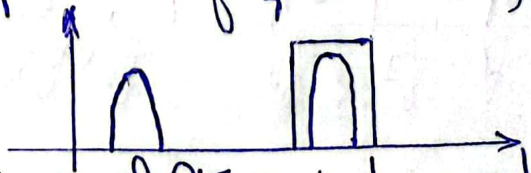
Microphone: convertion de parole en un signal électrique.

Ampli BF: amplification de signal électrique de micro.

Modulateur: Le signal provenant de l'amplificateur sera le modulant de la porteuse de fréquence f_0 et par suite l'information est porté par une modification de la fréq. de porteuse.

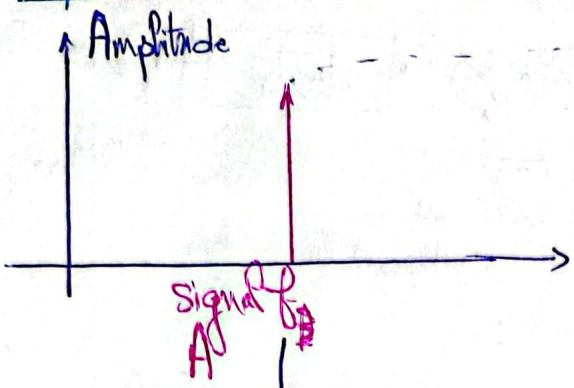
oscillateur: l'oscillateur f_1 permet de changement de fréq de signal modulé et conserve la modulation c-à-d le spectre de signal modulé est simplement translaté sur l'axe de fréq donc (up convertor) pour avoir la fréq d'émission.

Filtre 1: Le filtre va supprimer les fréq. indesirable, il va selection seulement la fréq $f_{RF} = f_1 + f_0$

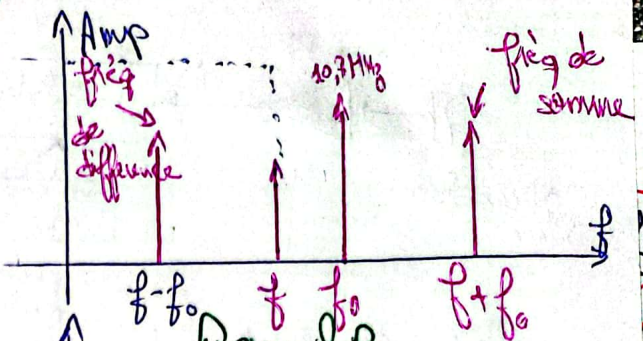


Ampli RF: Amplification de signal RF c-à-d augmente la puissance de signal et par suite envoyé par l'antenne.

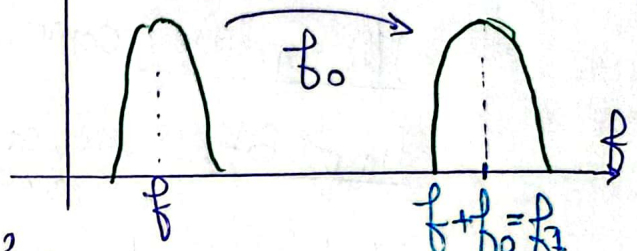
Représentation de l'allure des signaux A, B, C, D et E à un instant :

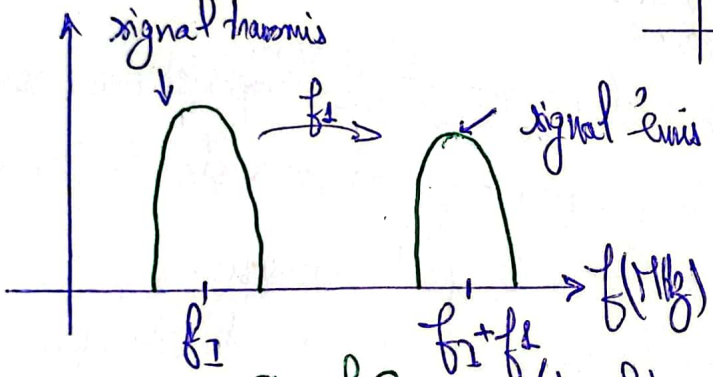


où f_p est la fréq de parole

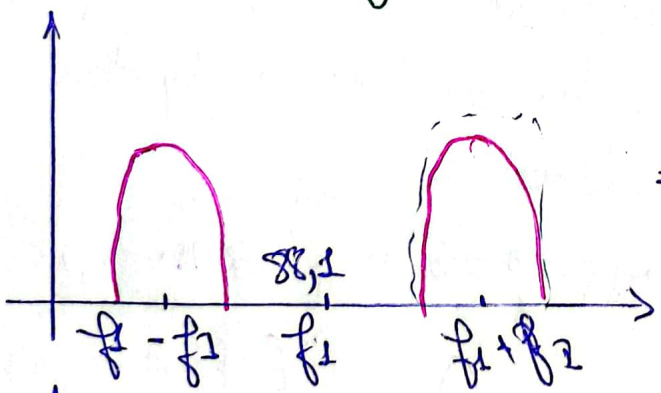


(ii) signal B

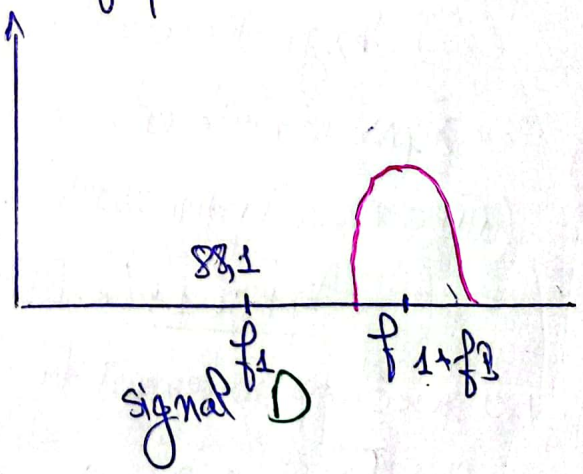




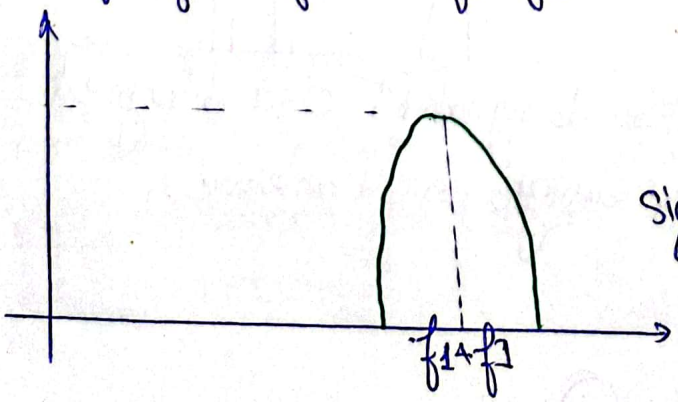
signal C (translation de fréq)



⇒



signal D



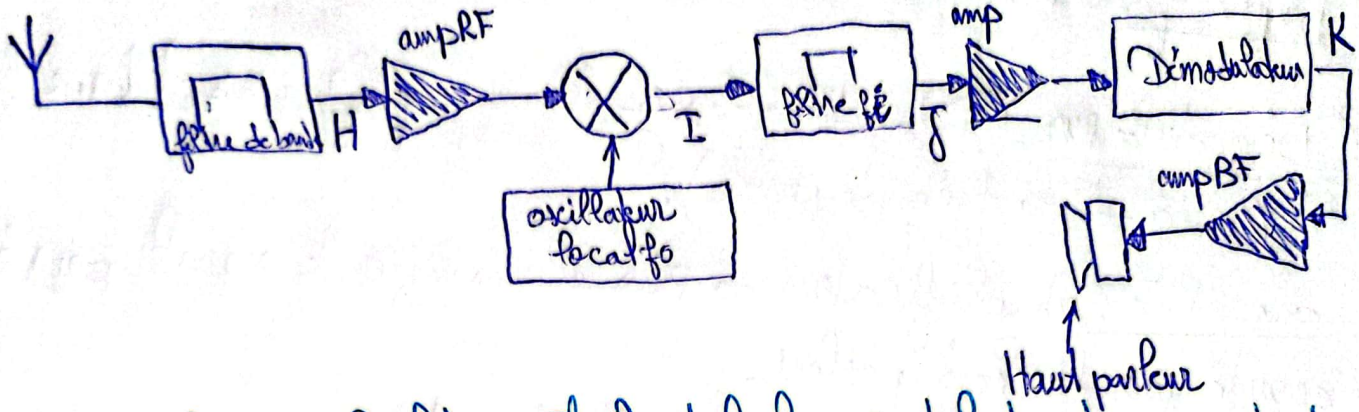
signal E amplifié (en amplitude)

(3)

(e)

La largeur spectrale max normalisé

Récepteur :



La valeur de la fréq centrale et la largeur de la bande passante de filtre f_i

$f_i \rightarrow 88,1 + 10,7 = 98,8$

f_0

- La valeur de la fréq central doit être 98MHz pour capte les chaines entre [88MHz - 108MHz].
- La largeur de la bande passante de filtre f_i est 10,7 MHz

le Rôle de chaque bloc dans le Recepteur :

Antenne :
Capte les information

Filtre de Bande : Va selectionner toute les emissions de la bande FM et supprimer les autres bande.

AmpliRF : C'est un amplification selectif il amplifie toutes les signaux de la bande selectionnée.

oscillateur fo : Diminuer la fréq de l'emetteur d'une valeur $f_{RF} = f_0 + f_1$ vers la fréq $(f_{RF} + f_0)$ et $(f_{RF} - f_0)$

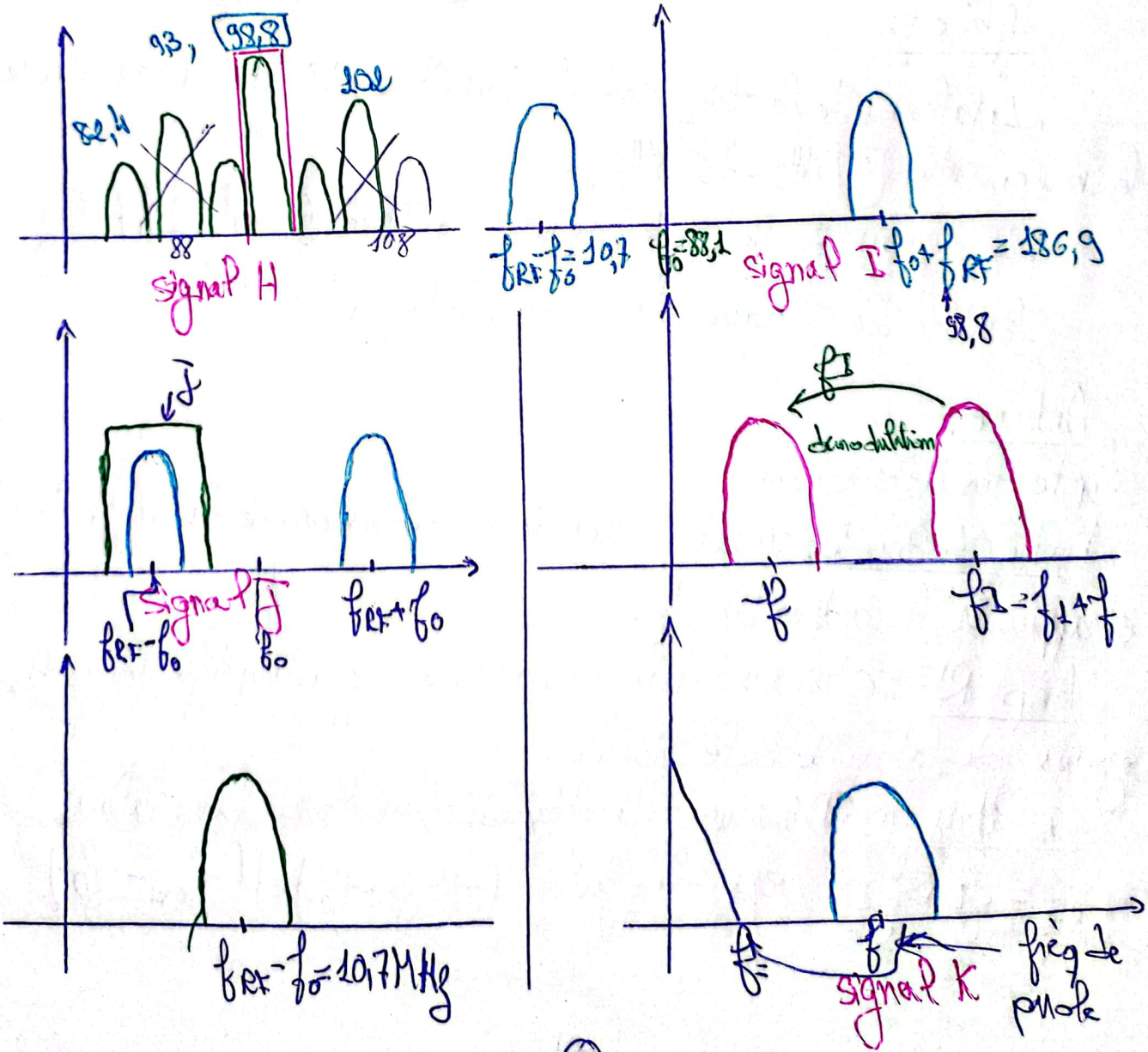
Filtre FI : il va sélectionner la fréq de différence ($f_{RF} - f_0 = f_1 + f_0 - f_0 = f_1$) et élimine la fréq de somme produite par le mélangeur donc seulement l'émetteur qu'on veut écouter passe dans le filtre.

Ampli f : amplification.

Démodulateur : Démoduler le signal de fréq f_1 vers la basse fréq (c-à-d la fréq de parole).

ampliBF : Amplificateur de puis il amplifie le signal pour être écouté par le haut parleur.

L'allure de spectre des signaux H, I, J et K :



(1) Le signal AM est redressé par la diode pour l'alternance positive.

(2) (+) Alternance positive : le cond. C se charge.

(+) Alternance négative : lorsque la diode se bloque, le condensateur se décharge pendant cst de temps $\tau = RC$

(3) si τ (l'ordre de la période) $T_m = \frac{1}{f_m}$ du sign. modulant, le Cond. se décharge trop lentement

si τ (ordre du période) $T_0 = \frac{1}{f_0}$ du porteuse, le cond. se décharge trop rapidement.

$\Rightarrow$ il faut que la charge ni perde ni rapide.

pour une démodulation correcte : $T_0 \ll \tau \ll T_m$

c-à-d $f_m \ll \frac{1}{RC} \ll f_0$

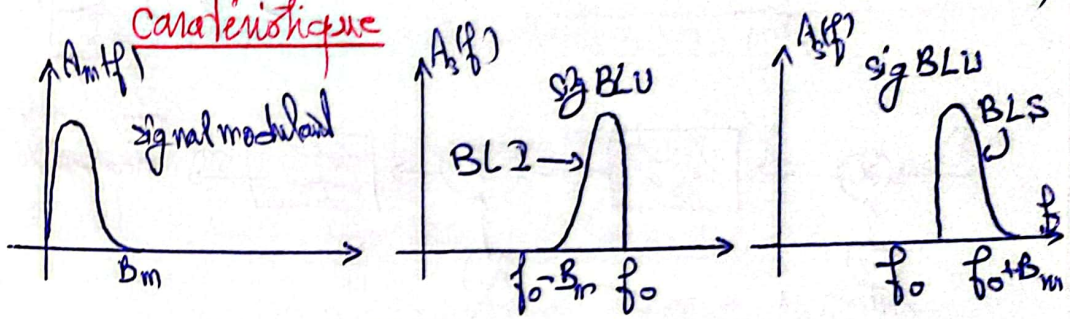
Avantage du AM DBAP $\Rightarrow$. La simplicité de la réalisation du démodulation

. La modulation est très utilisé pour la radiodiffusion.

III - AM BLU

(ce cas : on élimine une de 2 bandes) (utilisé en radiotéléphonie militaire) ...

Caractéristique

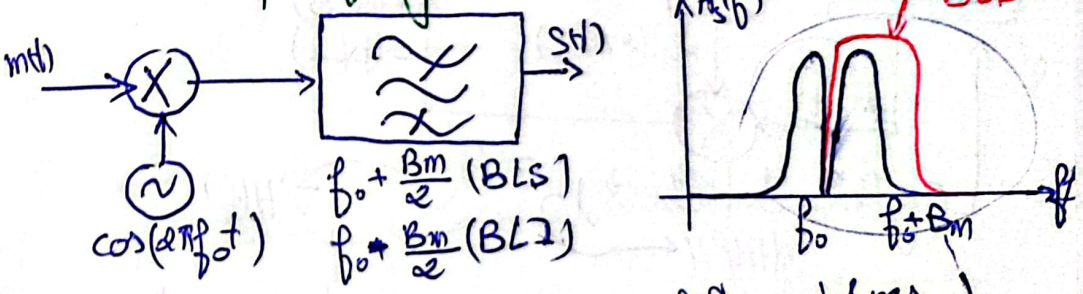


occupation spectrale du sig BLU : $B_s = B_m$

principe : supprimer l'une des deux bandes latérales du signal transmis pour une meilleure exploitation de la puissance et de la bande passante.

Génération :

par filtrage passe-bande :

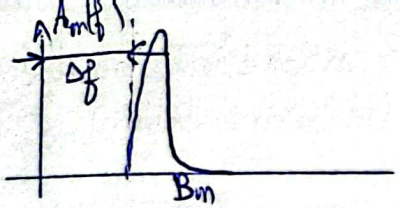


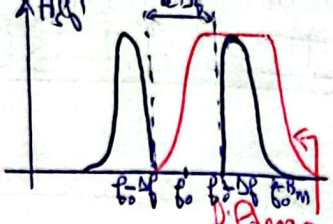
* Pb : il faut que le filtre est sélectif.

. filtrage n'est pas sélectif

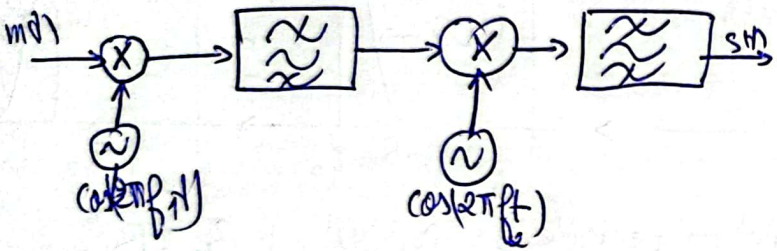
. Information BF.

(3) $\Rightarrow$ on supprime les fréq du sig. modulant comprises dans $[0, \Delta f]$ à l'aide d'un filtre passbande.

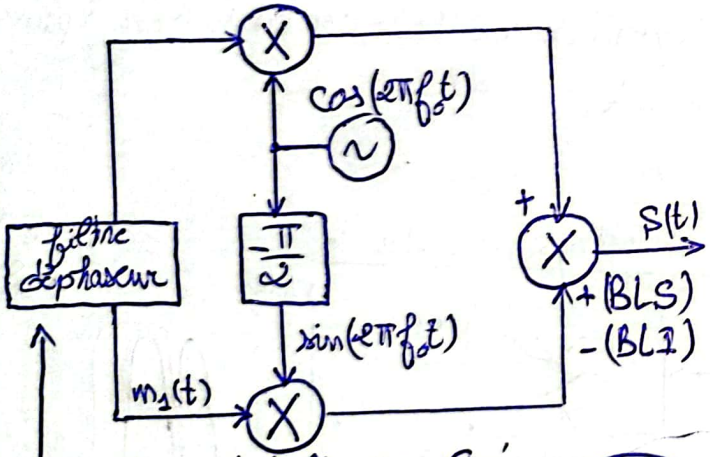




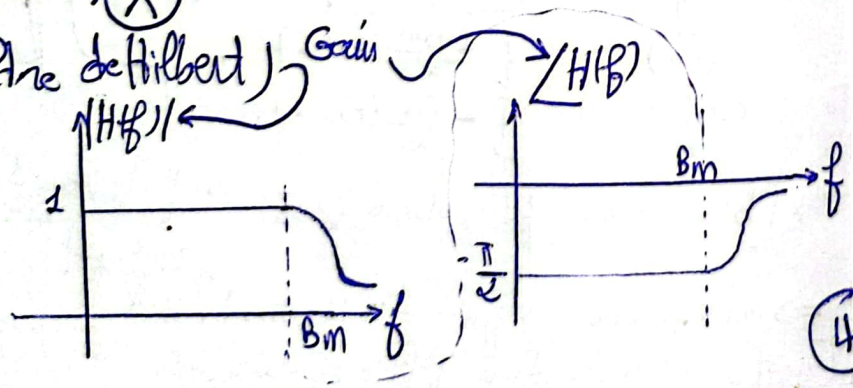
filtrage passe-bande réalisable



par la méthode du déphasage :



(filtre de Hilbert) Gain



pour $m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$:

$$S(t) = m(t)\cos(2\pi f_0 t) \pm m_1(t)\sin(2\pi f_0 t)$$

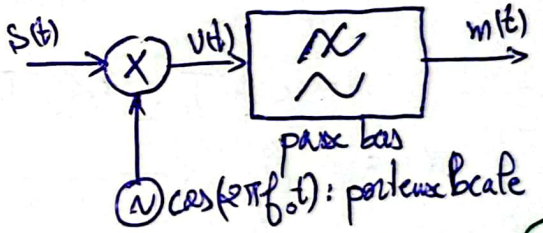
$$\sin(a)\sin(b) = \frac{1}{2}[\cos(a+b) - \cos(a-b)]$$

$$\cos(a)\cos(b) = \frac{1}{2}[\cos(a+b) + \cos(a-b)]$$

$A_m \sin(2\pi f_m t)$

$$S(t) = \begin{cases} A_m \cos(2\pi(f_0+f_m)t) & (+ : \text{BLS}) \\ A_m \cos(2\pi(f_0-f_m)t) & (- : \text{BLS}) \end{cases}$$

Démodulation (cohérente)



$S(t) = A_m \cos(2\pi(f_0+f_m)t$

$V(t) = S(t)\cos(2\pi f_0 t) \Rightarrow$ $V(t) = \frac{A_m}{2}\cos(2\pi f_m t) +$ $\frac{A_m}{2}\cos(2\pi(2f_0+f_m)t$

Après filtrage passe-bas

$$m'(t) = \frac{A_m}{2}\cos(2\pi f_m t) = \frac{1}{2}m(t)$$

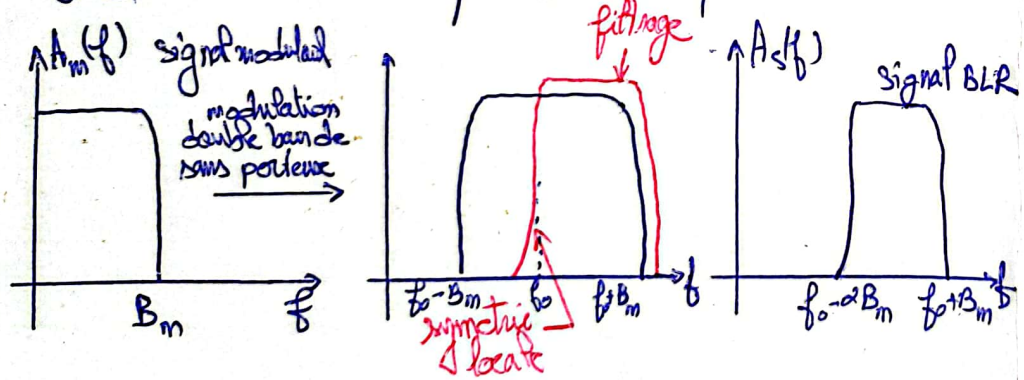
* AM BLR (VSB)

Utilisé lorsque les signaux à transmettre présentent des composantes spectrales importantes aux très basses fréq qui ne peuvent donc pas être éliminées comme dans le cas de la modulation BLU.

C'est une technique intermédiaire entre les modulations double bande et BLU.

• La modulation d'Amp. à BLR

obtenue à partir d'un signal de modulation filtré afin d'éliminer partiellement l'une des bandes latérales et de diminuer l'amp. de l'onde porteuse.



Transmission de la BLS, d'une partie de la porteuse et d'une partie de la BLI.

occupation spectrale du BLR :

$$B_s = (1+\alpha) B_m$$

$0 < \alpha < 1$ ($\alpha = 0{,}15$ en général)

↳ La démodulation d'un signal BLR, peut se faire par détection d'enveloppe.

II AM DBAP

sans porteuse — avec porteuse

$p(t) = A\cos(2\pi f_0 t)$
$m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$
$\Rightarrow S(t) = (A + m(t))\cos(2\pi f_0 t)$

$S(t) = A\left[1 + k\cos(2\pi f_m t)\right]\cos(2\pi f_0 t)$

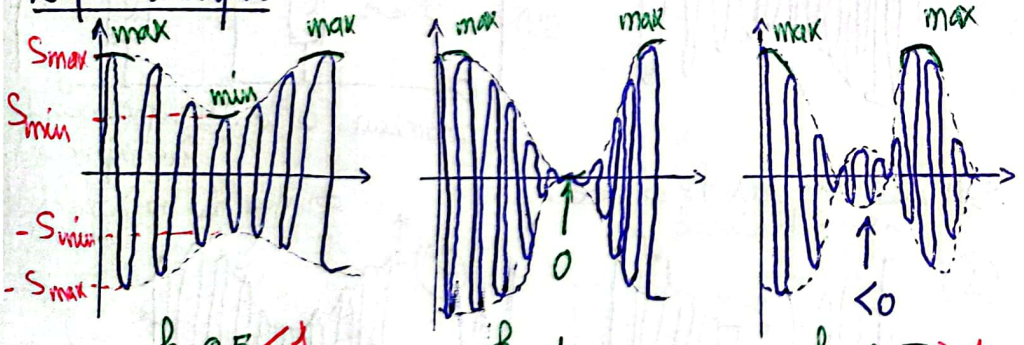
avec $k = \frac{A_m}{A}$

rapport entre l'amp. du sig. modulant et l'amp. du sig. ~~modulant~~ de porteuse (taux de modulation)

* Sig. modulant qcq. :

$k = \frac{|m(t)|_{max}}{A}$

Repres. temp. :



$k = 0{,}5 < 1$ — $k = 1$ — $k = 1{,}5 > 1$

L'enveloppe de s(t) possède exactement la forme du signal modulant.

La signal AM est surmodulé.

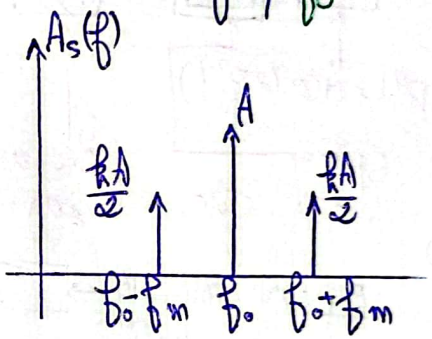
$S_{max} = A(1+k)$

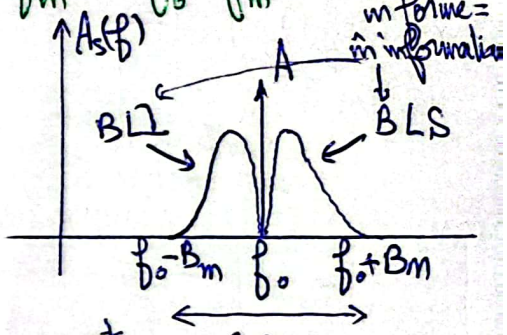
$S_{min} = A(1-k)$

Repres. Spectrale :
(Décomposer s(t))

$s(t) = A\cos(2\pi f_0 t) + \frac{Ak}{2}\cos(2\pi t(f_0 - f_m)) + \frac{Ak}{2}\cos(2\pi(f_0 + f_m)t)$

- raie d'amp. A à la fréq f_0
- 2 raies d'amp $\frac{Ak}{2}$ aux fréq : $f_0 - f_m$ et $f_0 + f_m$





occupation spectrale du signal

inconvenients (l'information s'envoie deux fois)

Puissance (inconvenients)

$P_S = P_{porteuse} + P_{BLI} + P_{BLS}$

sont égaux

$P_S = P_{porteuse} + 2 \times P_{BL}$

$P_S = \left(1 + \frac{k^2}{2}\right) P_{porteuse}$

$P_{porteuse} = \frac{A^2}{2}$

$P_{BL} = \frac{(kA/2)^2}{2}$

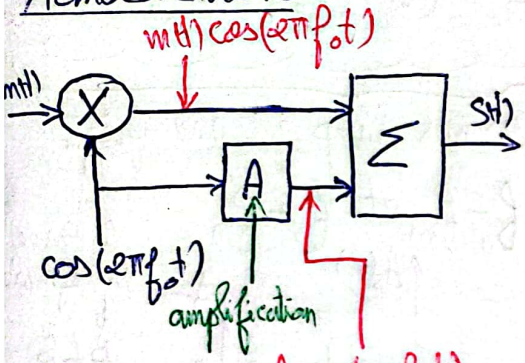
* Meilleur valeur pour $k = 1$:
(Val. max de k.)

(1) Rien du pb AM ⇐ gaspillage de

$P_{porteuse} = \frac{2}{3} P_S$

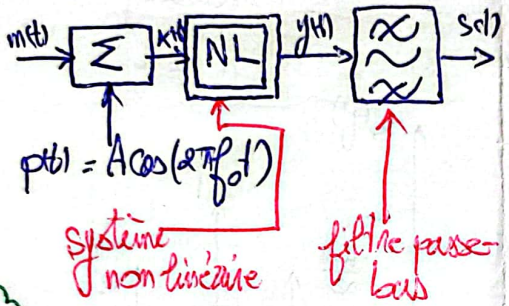
Génération (Modulation)

Méthode directe



$$S(t) = m(t)\cos(2\pi f_0 t) + A\cos(2\pi f_0 t)$$

Non Linéarité



Exp: $x(t) = m(t) + p(t)$ → ▭ →

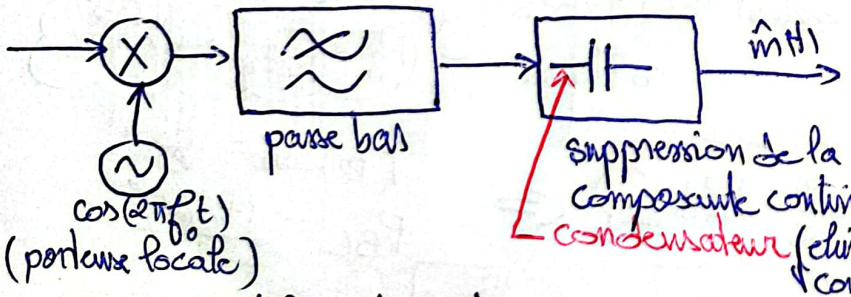
Linéaire: $y = ax + b$

Non Linéaire: $y = ax^2 + bx + c$

Démodulation

Démodulation cohérente:

⇒ l'Emetteur et le Récepteur sont synchrone



* pour $m(t)$ telque $|m(t)|_{max} = 1$:

$$v(t) = S(t)\cos(2\pi f_0 t) \quad D(t) = A(1 + k\,m(t))\cos^2(2\pi f_0 t) \quad (2)$$

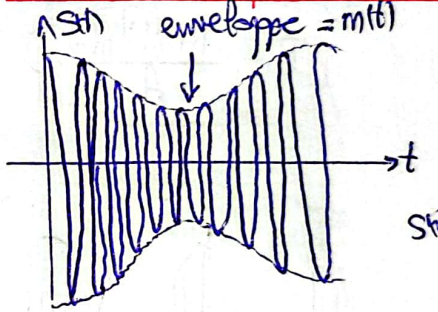
$$\Rightarrow D(t) = \frac{A}{2} + \frac{Ak}{2}m(t) + \frac{A}{2}\cos(4\pi f_0 t) + \frac{Ak}{2}m(t)\cos(4\pi f_0 t$$

↳ Après filtrage passe-bas & suppression de la compo continue :

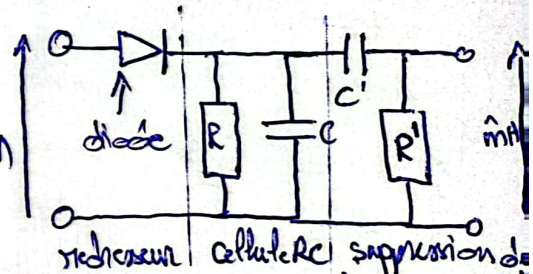
$$\hat{m}(t) = \frac{Ak}{2}m(t)$$

Pbm : synchronisation de la porteuse locale avec la porteuse à l'émission.

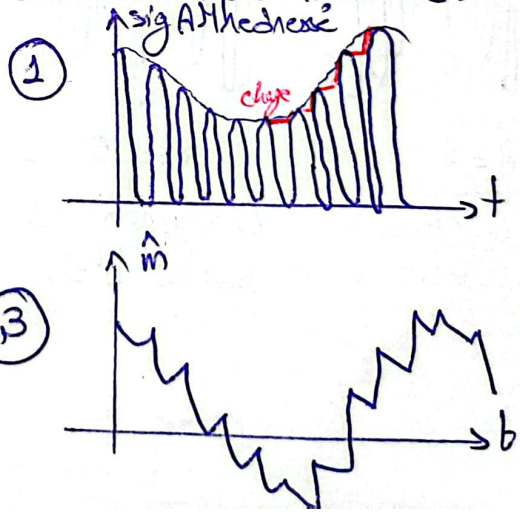
Démod. AM par détection d'enveloppe



Détecteur d'enveloppe :



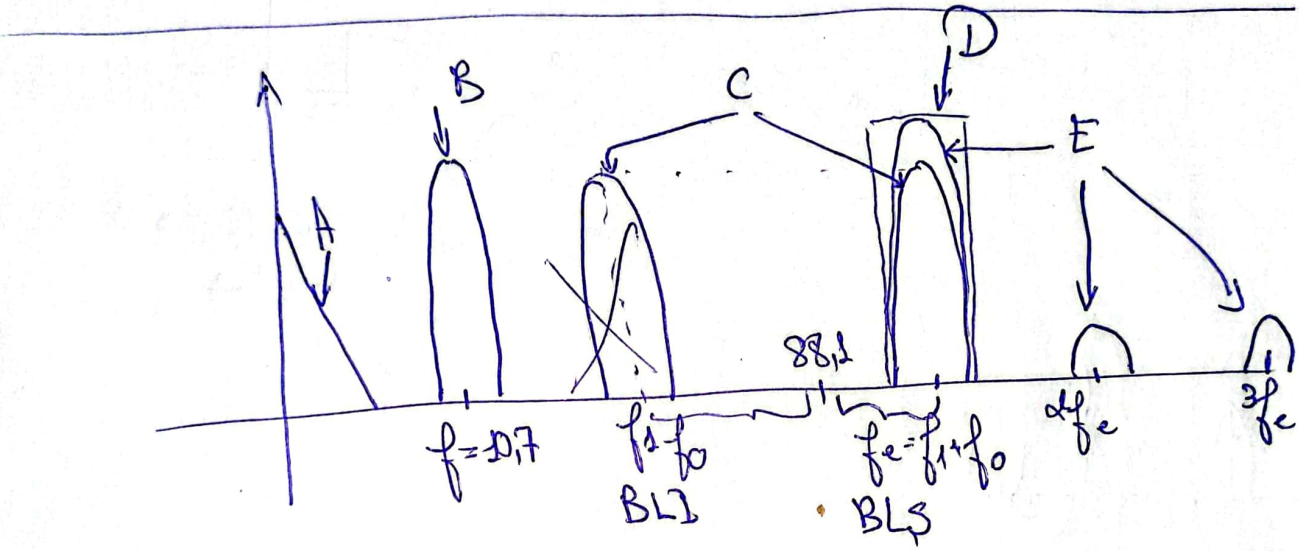
S(t) redressé par la diode.

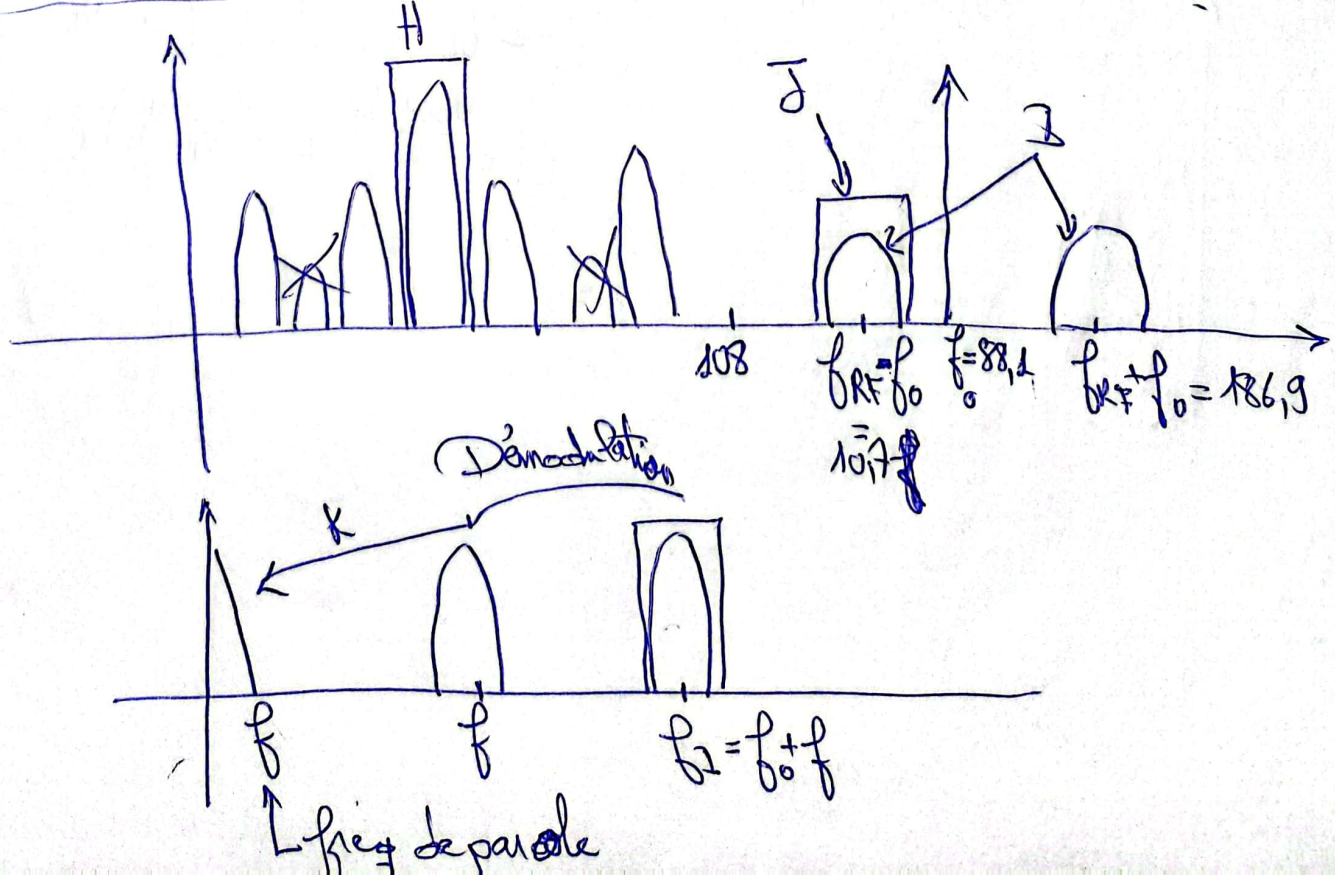


* L'emetteur écouté Ce qui a la frequence

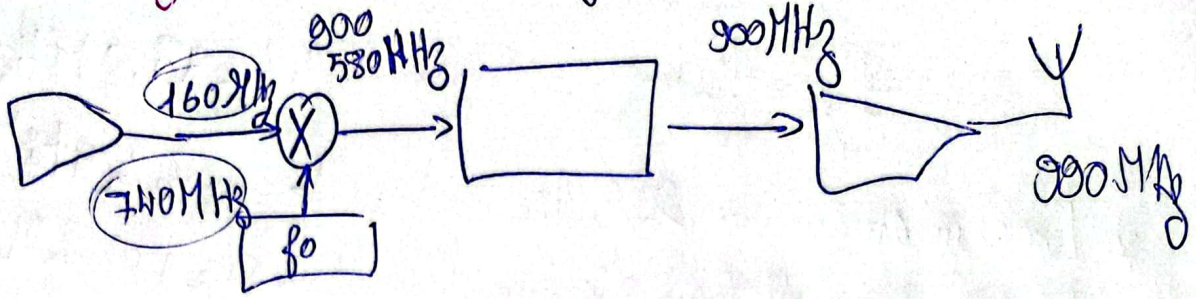
$$f_H = f_0 + f_1 = 88,1 + 10,7 = 98,8\ MHz$$

* Lorsqu'on élimine le filtre de bande on va écouté l'image de choisie donc il faut éliminé tout les image par filtre (on écoute les freq images)

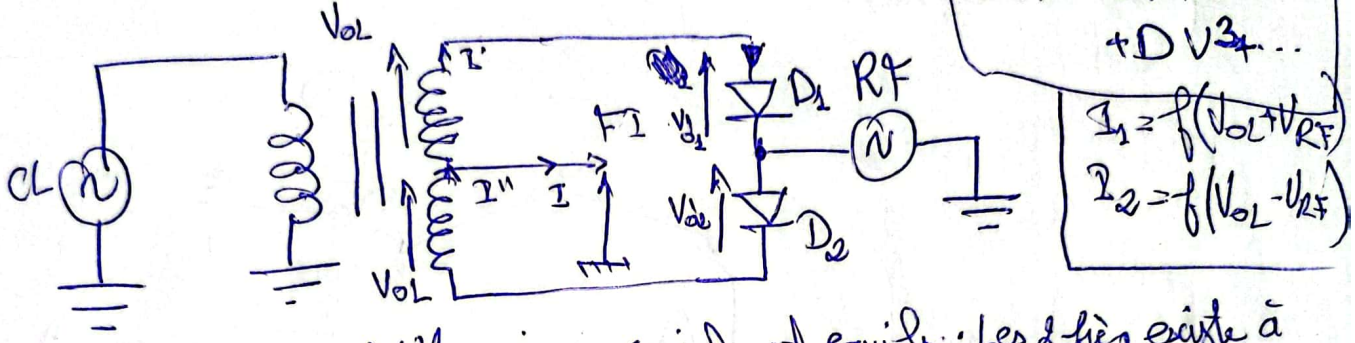




Rôle de mélangeur : adapter le signal aux supports de transmission



$B(V) = BV + CV^2 + DV^3 + \dots$



$I_1 = f(V_{oL} + V_{RF})$

$I_2 = f(V_{oL} - V_{RF})$

Mélangeurs simplement équilibrés : Les 2 fréq existe à la sortie

- $V_{FI} = f(V_{oL}, V_{RF})$
- $I_d = I_S\left(e^{\frac{V_d}{V_T}} - 1\right)$

$V_{d1} = V_{oL} - V_{RF}$

$V_{d2} = V_{RF} - (-V_{oL}) = V_{RF} + V_{oL} \Rightarrow I' = I_S\left(e^{\frac{V_{oL} - V_{RF}}{V_T}} - 1\right)$

$I = I'' - I' \Rightarrow I = I_S\left(e^{\frac{V_{oL} + V_{RF}}{V_T}} + e^{\frac{V_{oL} - V_{RF}}{V_T}}\right)$

CamScanner