

Biblio: « Duffart Electronique
« Quanta IV

Intro:

Nous avons vu dans la leçon sur la propagation guidée, un certain nombre de raisons qui nous amèneraient à vouloir guider les ondes EM (pertes, dispersion, absorption, ...). Or on voit que suivant la fréquence du signal, on opterait pour différents dispositifs:

- ligne élec: 0 - 100 MHz
- Hertzien : coax: 1 kHz - 10 GHz
- guide d'ondes: 1 GHz - 100 GHz
- fibre optique: $\sim$ THz.

Pour des raisons de dispersion et de distorsion du signal, ou d'incompatibilité de canal de transmission, le signal contenant l'information à transmettre ne correspond pas forcément au canal de transmission. On va donc plutôt utiliser le support de transmission adapté à 1 canal et le signal informatif à transmettre. Ce montage va être l'occasion de découvrir comment mettre en forme l'information, pour la transmettre dans le canal le + adapté, et comment lire l'information qu'on a mise en forme.

On va donc utiliser 1 signal porteur adapté de la transmission, que l'on va déformer (en amplitude, ou en phase) pour coder l'information $\rightarrow$ modulation. On s'intéressera aussi au transport du 1 canal, et pas en verre comment récupérer l'info de la signal transmise $\rightarrow$ démodulation.

But: // créer 1 signal à bande étroite autour d'1 freq élue, pour limiter la dispersion, et pour coder 1 max d'info, de manière redondante et sécurisée, de 1 signal.

I = Mise en forme de l'information : Modulation.

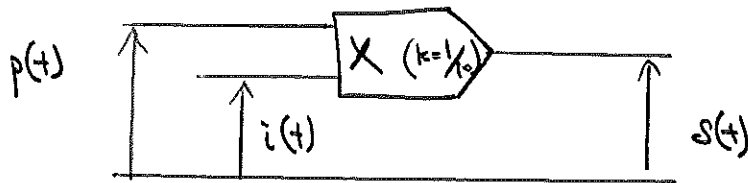
On peut jouer sur 2 grandeurs du signal : Amplitude et phase (fréquence).

1) Modulation d'amplitude

Le signal informatif est contenu dans l'amplitude du signal porteur.

Utilisation d'un multiplieur analogique :

Montage :



valeurs des paramètres :

$$A_p =$$

$$f_p =$$

$$A_m =$$

$$f_m =$$

$$A_0 =$$

Où : signal informatif (modulante)

$$i(t) = A_m \cos 2\pi f_m t + A_0$$

signal porteur :

$$p(t) = A_p \cos (2\pi f_p t + \varphi_p)$$

signal modulé :

$$s(t) = k p(t) \times i(t).$$

$$= k A_p \cos (2\pi f_p t + \varphi_p) (A_0 + A_m \cos 2\pi f_m t)$$

$$= k A_p A_0 \left[1 + \frac{A_m}{A_0} \cos (2\pi f_m t) \right] \cos (2\pi f_p t + \varphi_p)$$

$$\text{donc : } s(t) = K A \left[\cos (2\pi f_p t + \varphi_p) + \frac{m}{2} \cos (2\pi (f_p - f_m) t + \varphi_p) + \frac{m}{2} \cos (2\pi (f_p + f_m) t + \varphi_p) \right]$$

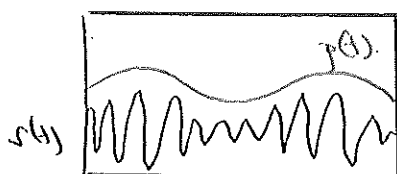
avec $m = \frac{A_m}{A_0}$, $K = k A_p A_0$.

m = indice de modulation.

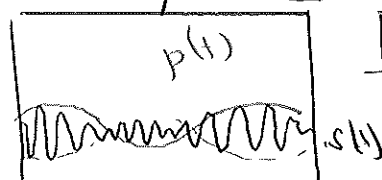
Manipulations autour de l'indice de modulation :

Exp^a 1 : Observation de la modulaⁿ : commencer avec du continu : voir un décalage de l'amplitude la porteur

pour p(t) & l'oscilla.



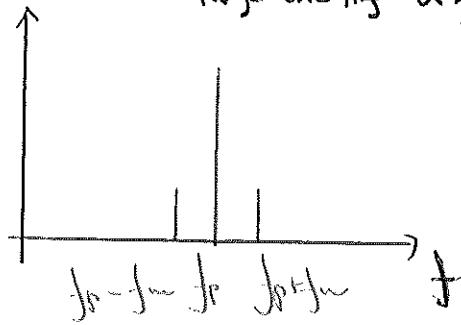
m < 1



m > 1

surmodulation

Exp^a 2 : Observation du spectre. prendre un grand nombre de périodes (FFT à l'ovillo) $\rightarrow$ mettre sur la translation du signal informatif en fréquence autour de la porteuse.



Relation: $f_m \ll f_c$:

OG: Radio $f_p > 1 \text{ MHz}$

télé $f_p > 10 \text{ MHz}$

max de puissance porteuse.

$$f_p =$$

$$f_m =$$

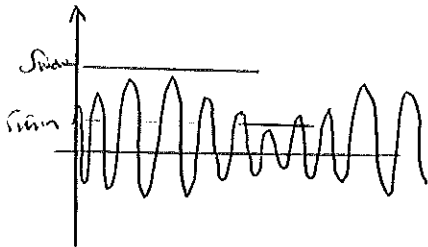
$$\Delta f$$

$f_m \leq 99.1 \text{ kHz}$
 $\rightarrow$ signal vocal
 $f_m \leq 6 \text{ MHz}$

Exp^a 3 : mesure de l'indice de modulation m :

valeur théorique: $m = \frac{A_m}{A_0} =$

Soient S_{max} , S_{min} , la amp max et min du signal modulé



$$\begin{aligned} S_{max} &= I(1+m) \\ S_{min} &= I(1-m) \end{aligned}$$

$$\Rightarrow m = \frac{S_{max} - S_{min}}{S_{max} + S_{min}}$$

(contraint!)

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{\Delta A}{A}$$

$\Rightarrow$

$$m = \pm$$

Rq | on peut remonter au k du multiplexe au cas où se vérifie.

à l'oral faire un couplet sur la linéarité de l'opérateur de modulation d'amplitude.

On peut aussi avoir une bande spectrale non ljs linéarité de la modulation d'Amp.



Report SNR: signal noise ratio

$$SNR \approx \frac{m^2}{2+m^2} \frac{1}{f_m} \rightarrow m \gg 1$$

2.) Modulation de fréquence.

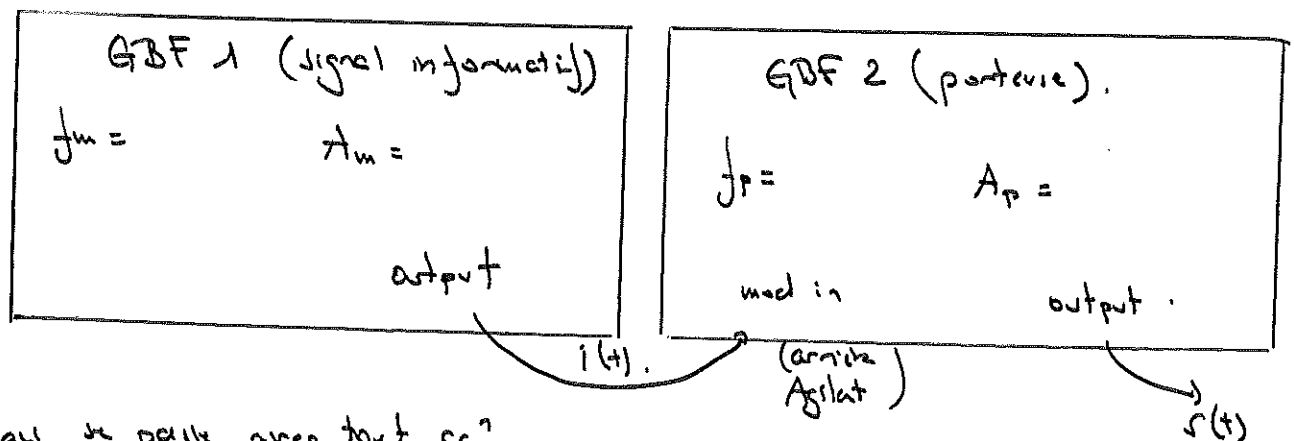
On va maintenant agir sur le 2nd paramètre du signal: la fréquence.
Reven: dans certain cas, le bruit est trop pénalisant le long du canal de transmission, et l'amplitude est particulièrement affectée. Du coup, si on a codé l'info en amplitude, on est un peu cuit car le bruit et le signal informatif se sont mélangés.

La détection synchrone permet d'améliorer le rapport signal / bruit mais on peut aussi choisir une autre façon de moduler.

Utilisation du GBF en OCT : $f_s = f(V)$: freq commandée en tension.
 au choix modules HAMEG ou Agilent.

Avec les Agilent c'est plus précis tout est réglable, mais on voit pas tjrs ce qu'il fait !

Montage :



Qu'est ce qui se passe avec tout ça?

On module la freq comme suit

signal info: $i(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$

porteuse: $p(t) = A_p \cos(2\pi f_p t + \varphi_p)$

$\Rightarrow s(t)$ de fréquence $f(t)$ vs:

$$f(t) = f_p + k_f i(t).$$

$\hookrightarrow$ gain: avec HAMEG on a 1 petit bouton qui règle
 avec Agilent, c'est - enclut, c'est inclus
 dans la commande d'exécution la fréquence Δf

La phase instantanée du signal modulé est le suivant:

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d\psi}{dt} \rightarrow \psi(t) = 2\pi f_p t + \frac{k_f A_m}{f_m} \sin(2\pi f_m t)$$

de

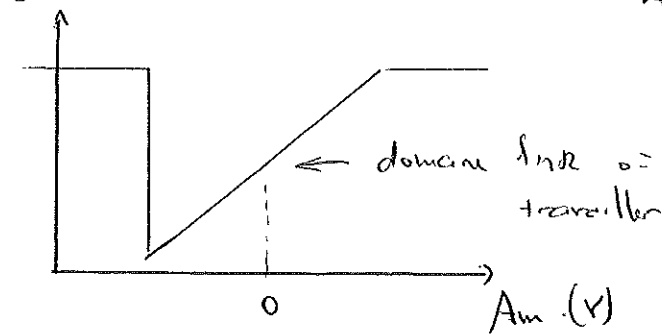
du coup $s(t) = A_p \cos(2\pi f_p t + \frac{k A_m}{f_m} \sin(2\pi f_m t))$

$= A_p \cos(2\pi f_p t + m \sin(2\pi f_m t))$ où $m = \frac{k A_m}{f_m}$
 indice de modulation

Exp 1 Caractériser l'OCT, donc tracer $f = f(A_m)$ commande.

Pour ça on envoie du continu en signal modulant, et de ce cas :

$f(t) = f_p + k A_m$, on dit même d'écarter en freq:
 on a aussi à k $\Delta f = k A_m$.



donc: $m = \frac{\Delta f}{f_m}$

On fait varier A_m entre -8V et 8V

$k = \pm \text{Hz} \cdot \text{V}^{-1}$

avec $\Delta A_m =$
 $\Delta f_{th} =$

⚠ L'Agilent est fourbe!! Le Δf affiché sur l'écran n'est valable que si on injecte un signal de $\pm 5V$ au cul du GBF 2. Dans ce cas,
 $\Delta f_{aff} = k \times 5V \rightarrow$ on donne directement le seuil de d'écartage (En faire un, par détermination de k et après)
 prendre la valeur affichée
 en espérant que tout se comporte bien en f de la freq.

sinon $\Delta f_{rel} = k \times V_m$.

Exp 2: On injecte maintenant un signal sinusoïdal $i(t) = A_m \cos 2\pi f_m t$.
 Cette fois on a un joli signal modulé en fréquence, dont on peut caractériser l'indice de modulation.

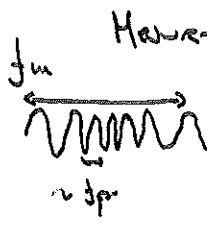
mesure à l'oscilla: $A_m = \pm V$ $f_m = \pm \text{Hz}$

$m = \pm$ avec $\frac{\Delta m}{m} = \frac{\Delta k}{k} + \frac{\Delta A_m}{A_m} + \frac{\Delta f_m}{f_m}$

On peut voir en s'étant placé à $\pm 5V$ par Am,
 que $\Delta f = m f_m = k A_m = \Delta f_{\text{affiché}}$.

Exp 3 : Encombrement spectral:

Have $f_m, \Delta f$ sur signal modulé et FFT



$\Delta f \rightarrow \begin{matrix} f_{\max} = & \pm \\ f_{\min} = & \pm \end{matrix}$

on fait Règle de Carson: $B = 2f_m(1+m) = 2(f_m + \Delta f) =$

encombrement spectral rassemblant 98% de la puissance.

(La modulation de freq, puissance se répartit dans B, et pas uniquement de la porteuse, à la σ de AM).

* Observer le spectre pour $m = 1, 2, 4, 3.5, 5$.

$\frac{\Delta f}{f_m}$! et voir les évolutions
 de fonction de Bessel

* Si: $m \ll 1 \quad B \approx 2f_m$
 $m \gg 1 \quad B \approx 2\Delta f$

maximiser Rapport signal-bruit: $SNR \sim \frac{\Delta f^2}{f_m^3}$

en augmentant Δf .
 on améliore (ratio $\frac{\text{signal}}{\text{bruit}} / \text{AM}$)

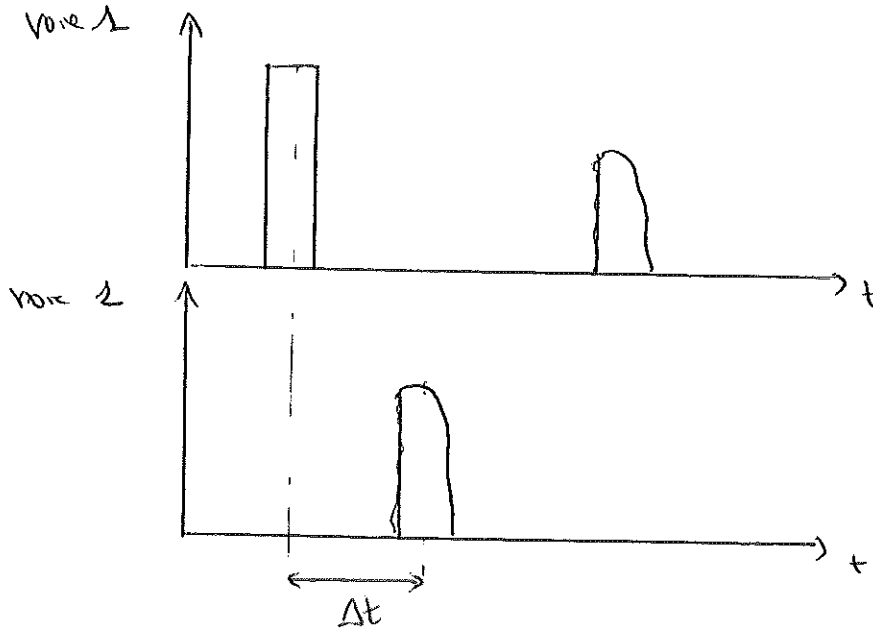
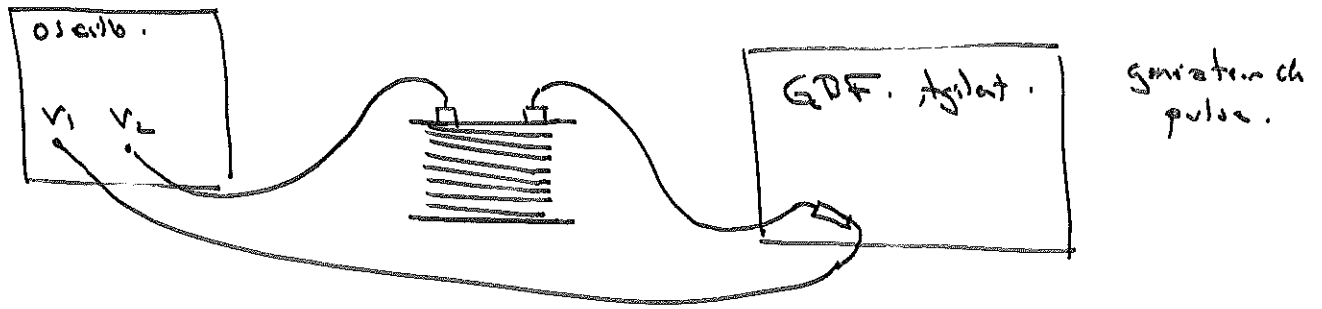
d'où: ordre de grandeur FM 88-108 MHz
 max écart de fréquence $\Delta f = 75 \text{ kHz}$ et $f_m^{\max} = 15 \text{ kHz}$
 $\Rightarrow m = 5$ et $B \approx 180 \text{ kHz}$
 séparation portuses stations $\approx 20 \text{ kHz}$ pour éviter recouvrement
 $\Rightarrow$ spectre étroit

Rq: La FM n'est pas linéaire:

$A_{m1} \cos 2\pi f_{m1} t + A_{m2} \cos 2\pi f_{m2} t$
 $\downarrow \quad \quad \quad \downarrow$
 $f_1 \pm n_1 f_{m1} \quad \quad f_2 \pm n_2 f_{m2}$

en plus $\rightarrow f_1 \pm n_1 f_{m1} \pm n_2 f_{m2}$

II - Transport de l'information: envoi d'un pulse dans un coax.



Qualitative:

- atténuation
- déformation (mjs?)
- vitesse de propagation.
si le tps le permet.

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

$$d = \Delta t =$$

$$v = \frac{1}{\Delta t} \quad \text{m.s}^{-1}$$

III -) Détection de l'information: Demodulation d'un signal.

On a codé le signal informatif dans l'amplitude, ou la phase (fréquence) d'une porteuse haute fréquence, pr réaliser des signaux à spectre étroit.

Étudions maintenant comment récupérer le signal info à partir du signal modulé.

1) Demodulation d'amplitude: détection synchrone.

La modulation d'amplitude permet une demodulation assez facile.

⇒ But détecter l'enveloppe du signal modulé et la récupérer.

↳ 1^{ère} possibilité: détecter les crêtes du signal modulé → détecter les crêtes: diode + RC avec 1 condition sur f_{re} .

$f_m < f_{re} < f_p$ pr ne pas avoir la variaⁿ rapide du p
mais la variation lente.

⇒ limite à la modulation avec $m < 1$.

↳ 2^{ème} possibilité: détection synchrone: on multiplie le signal modulé par la porteuse, et par filtrage on récupère le signal info.

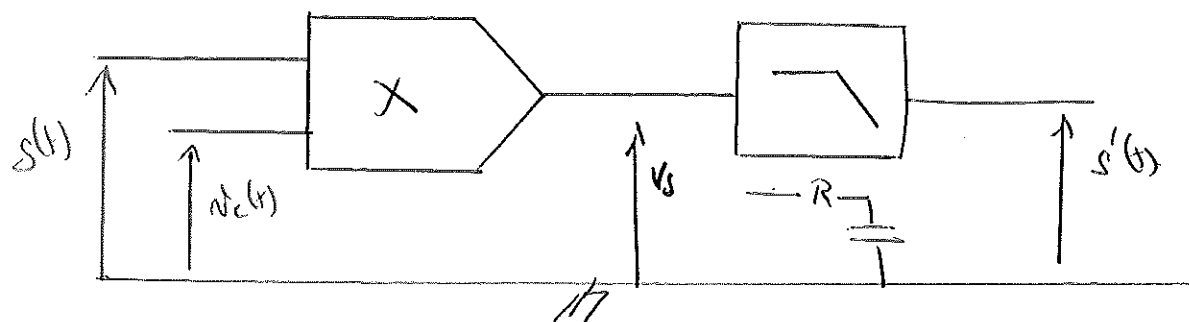
Dans le détail:
$$S(t) = \mathcal{R}(1 + m \cos(2\pi f_m t + \varphi_m)) \cos(2\pi f_p t)$$
$$p_c(t) = A' \cos(2\pi f_p t)$$

$$S'(t) = k p_c S$$

$$= B \left[\underbrace{1 + m \cos(2\pi f_m t + \varphi_m)}_{BF} + \cos(2\pi f_p t) + \underbrace{\frac{m}{2} \cos(2\pi(2f_p - f_m)t + \varphi_m) + \frac{m}{2} \cos(2\pi(2f_p + f_m)t + \varphi_m)}_{HF} \right]$$

et là on grand coup de filtre passe-bas: $f_c > f_m$, et c'est bon. ($f_c \ll 2f_p$)

Montage complet de démodulation synchrone



$$A_p = A_c =$$

$$, A_o =$$

$$f_p =$$

$$A_m =$$

$$f_m =$$

$$f_c \approx$$

variable.

$$\rightarrow R =$$

$$C =$$

ou $f_c \approx 15 \text{ kHz}$ FTB de gain Oran
et Diff. t.

Expⁿ 1

Observer $N_c(t) \rightarrow$ spectre : $f_m, f_p, 2f_o - f_m, 2f_o + f_m$.

Puis superposer $s'(t)$ et $i(t)$.

Expⁿ 2

Jouer sur la fréquence de coupe et montrer la condition pour
filter.

Expⁿ 3

Faire varier un variable même pour 1 modulation.

Rq : déphasage possible de $N_c(t)$ / portuse $\rightarrow s'(t) \times \cos \phi$.
 $\rightarrow$ il faut q'il soit proche de 0.

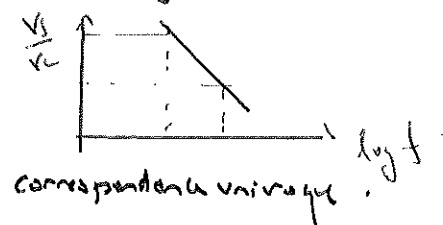
• En vrai on ne dispose pas de $N_c(t) = p(t)$, il faut faire
un essai sur la portuse à la réception $\rightarrow$ boucle à verrouillage de
phase.

2.) Démodulation de fréquence : Utilisation de la démodulation
synchrone.

Attention juste

Pour démoduler en fréquence, on pourrait convertir le signal en modulation
d'amplitude, et ensuite démoduler en amplitude (détecteur synchrone)

$\downarrow$
Utiliser un filtre passe-bande



Q1: Dans ce montage illustrant les notions de propagation/transmission d'info, et de mise en forme de l'info, on a présenté les outils de modulation/démodulation. On a mis en évidence que l'on pourrait agir sur l'amp / fréq (phase) d'un signal porteur adapté à l' canal de transmission pour transmettre l'info.

Ces techniques ont montré qu'un des buts était de pouvoir juxtaposer des signaux vers le récepteur $\rightarrow$ spectra étroit, pour augmenter l'info, et diminuer la sensibilité aux déformations.

Un autre moyen pour limiter le bruit et les déformations serait d'opter pour la transmission numérique.