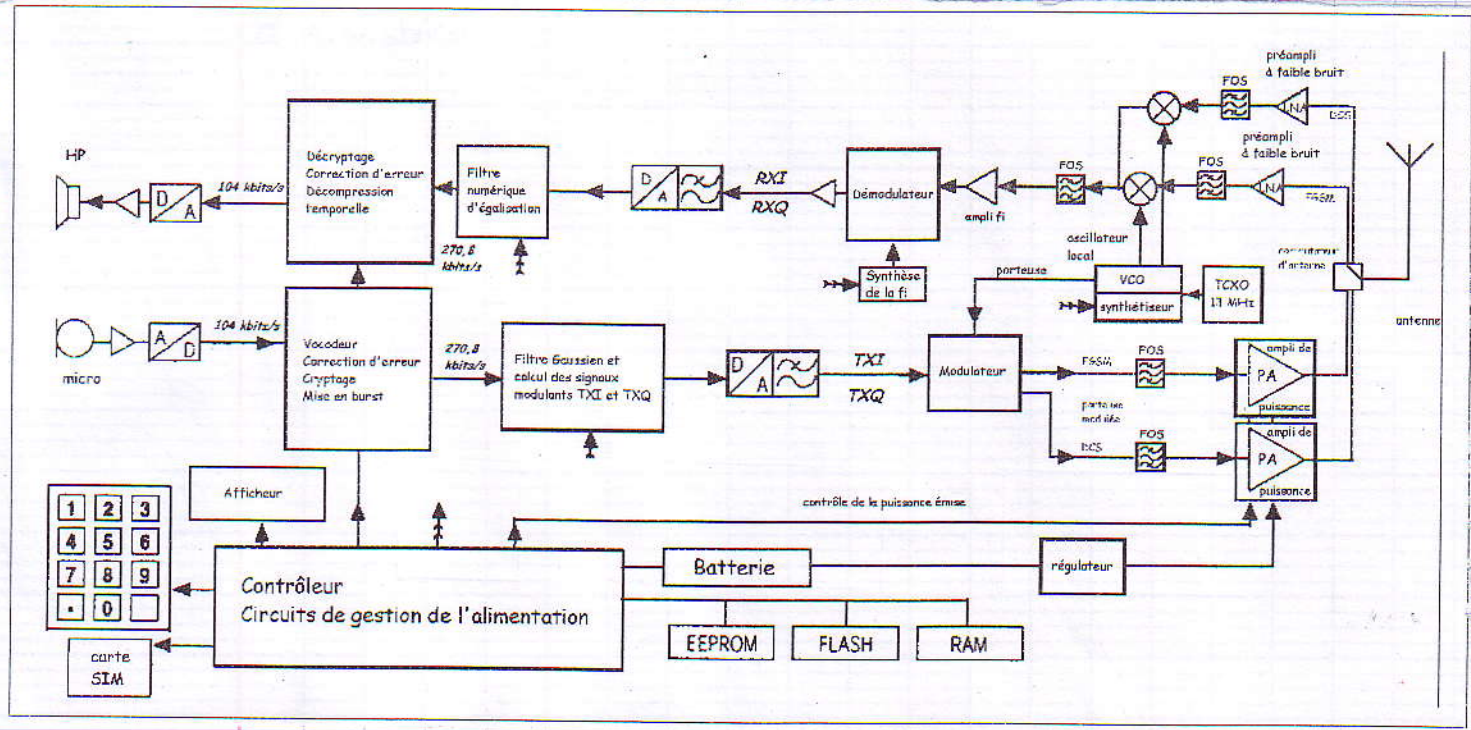


Le Mobile GSM

I Schéma fonctionnel

Il se compose en 4 parties:

- Codage / decodage de la voix
- Circuit de modulation et d'émission
- Circuit de réception et de demodulation
- Circuit de contrôle (émetteur, récepteur, porteuse, puissance etc...)



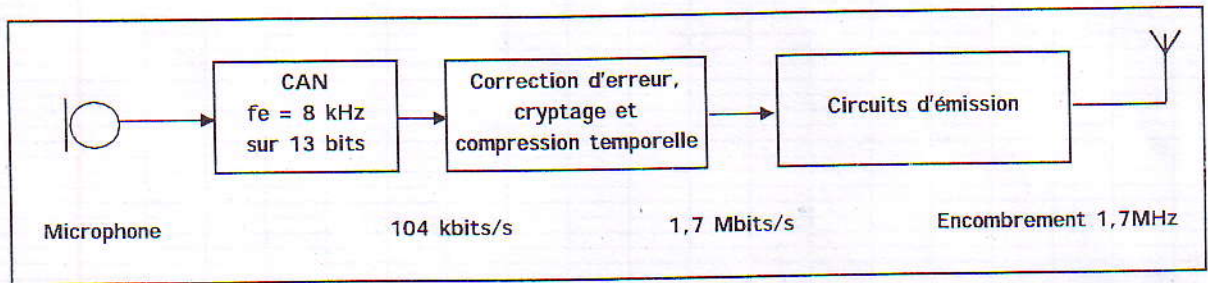
II Traitement numérique du signal à l'émission

1) On échantillonne le signal vocal à 10kHz et on code sur 13 bits : Soit un debit de 104 kbits

2) On introduit des codes correcteurs d'erreurs (réparation des erreurs suite aux aléas de propagation ou pertes).
Ainsi que des algo. de cryptage pour la protection de la confidentialité des communication.

=> le débit est alors doublé soit : 208 kbits

3) Le mobile doit partager son canal avec 7 autres mobiles, il doit donc émettre 8 fois plus vite son info pour une même durée de temps => Débit $8 \times 208 = 1,66 \text{ Mbits}$

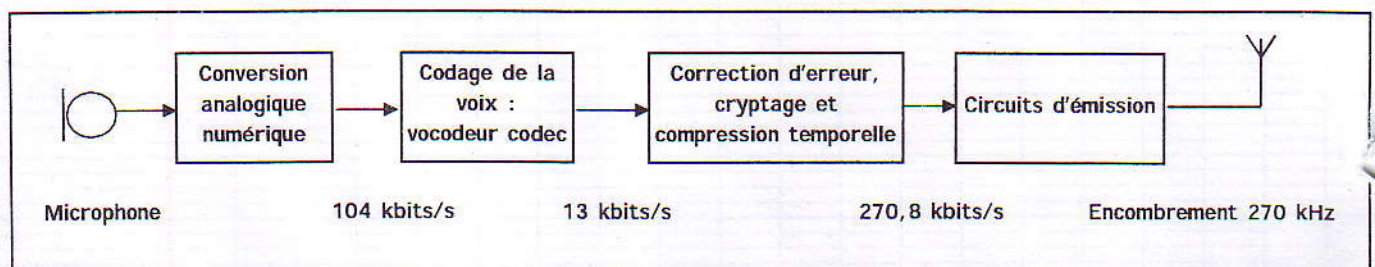


Une porteur modulé par un signal numérique de débit D occupe une largeur de bande D. Dans notre cas le signal occuperait une largeur de bande de 1,7 MHz, on ne lui permet que 200 kHz !!

=> Il faut compresser le signal, ceci est le rôle du Vocodeur ou Codec qui permettra de compresser, réduire le débit de 104 Kbit/s à 13 Kbit/s.

III Le Vocodeur : Principe de Base

Il divise par 8 le débit tout en gardant une qualité satisfaisante.

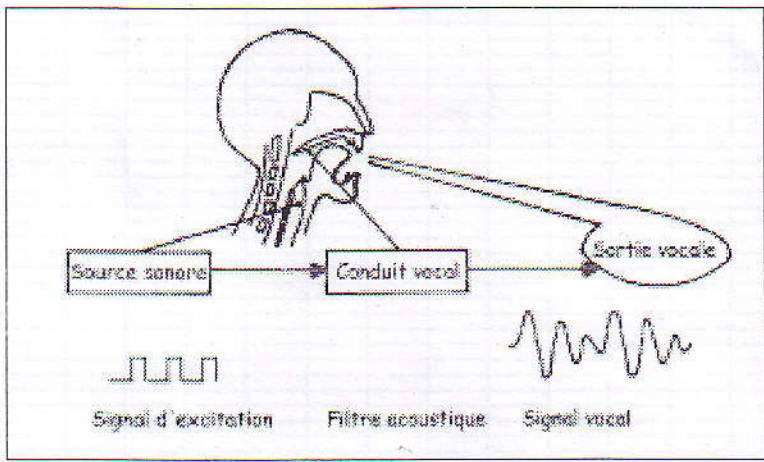


Réduction de débit apportée par le vocodeur

Le principe du vocodeur est copie son notre appareil phonatoire. Lorsque nous parlons, nous modulons le signal venant des cordes vocales en modifiant notre conduit vocal (la bouche, la gorge)



L'appareil phonatoire humain.

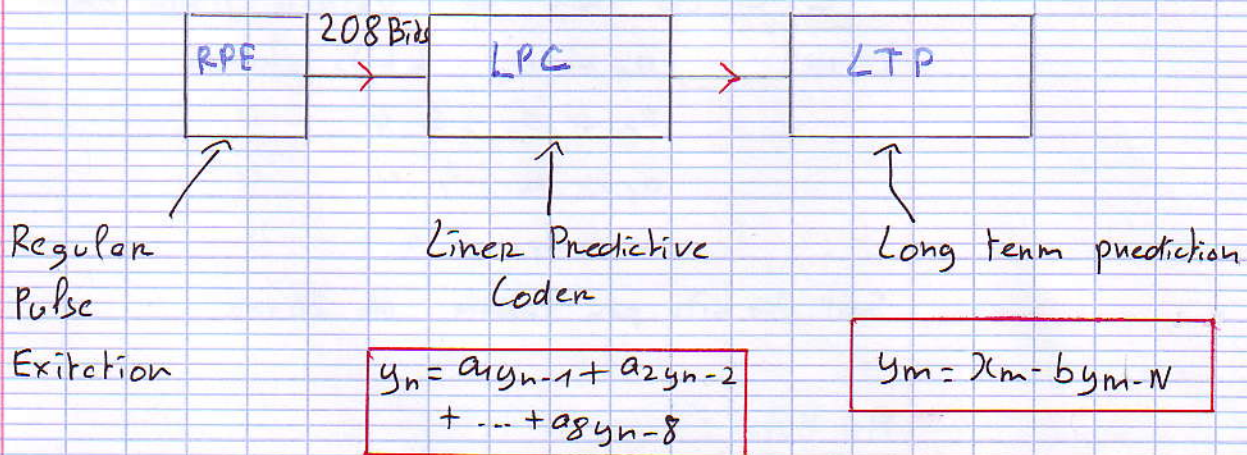


Les mots sont donc modifiés par des phénomènes de nos conduits vocal, le vocodeur utilise ce principe :

- Il découpe la voix numérisée en tranches de 20ms soit 160 échantillons de 13 bits : $13 \times 160 = 2080$ bits.

Pour chacune de ses tranches le vocodeur :

- Modélise le conduit vocal par deux filtres numériques en cascade



- Détermine le signal d'excitation RPE.

RPE: Définir par son amplitude et sa fréquence, il faut mettre à l'entrée de ses 2 filtres pour reconstituer le signal de la parole.

Le Vocodeur ne transmettra donc plus le signal échantillonné mais les paramètres des RPE, LPC, LTP.

A la réception, le signal d'excitation des filtres LPC, LTP sera reconstitué grâce aux paramètres reçus.

Les filtres seront configurés eux aussi par les paramètres le concernant.

IV Fonctionnement du Vocodeur

RPE: Le signal d'excitation est décrit par x et M .
Il est actualisé 4 fois dans une tranche de 20 ms, soit 188 bits par tranche de 20 ms.

LTP: Il est défini par les coef. b et N , actualisé 4 fois par tranche de 20 ms, b codé sur 2 bits et N codé sur 7 bits soit 36 bits par tranche de 20 ms.

LPC: Ces coef. sont valables pour toute la tranche de 20 ms.

a_1 et a_2 : 6 bits chacun.

a_3 et a_4 : 5 " "

a_5 et a_6 : 5 " "

a_7 et a_8 : 3 " "

Soit 36 bits par tranche de 20 ms

Au total:

RPE: 188

LTP: 36

LPC: 36

260 bits / 20 ms

soit 13 kbits

En Résumé :

On peut dire que le GSM, ne transmet pas un signal de qualité mais un signal grossier plus les paramètres d'un filtre numérique (LPC, LTP), il constituera le signal vocal de qualité à partir de ces constituants.

Nb: C'est dans la manière de réaliser cette analyse et selon les différents algo. possible que diffère la qualité d'écoute. Les derniers algo étant plus performants, la qualité sont meilleurs.

V Sécurisation de la transmission

a) Pon Codage

Le signal ainsi compressé doit être protégé contre les erreurs de transmissions, les 260 bits de chaque tranches sont regroupés en 3 classes:

- 50 bits très importants
- 132 bits importants
- 78 bits peu importants.

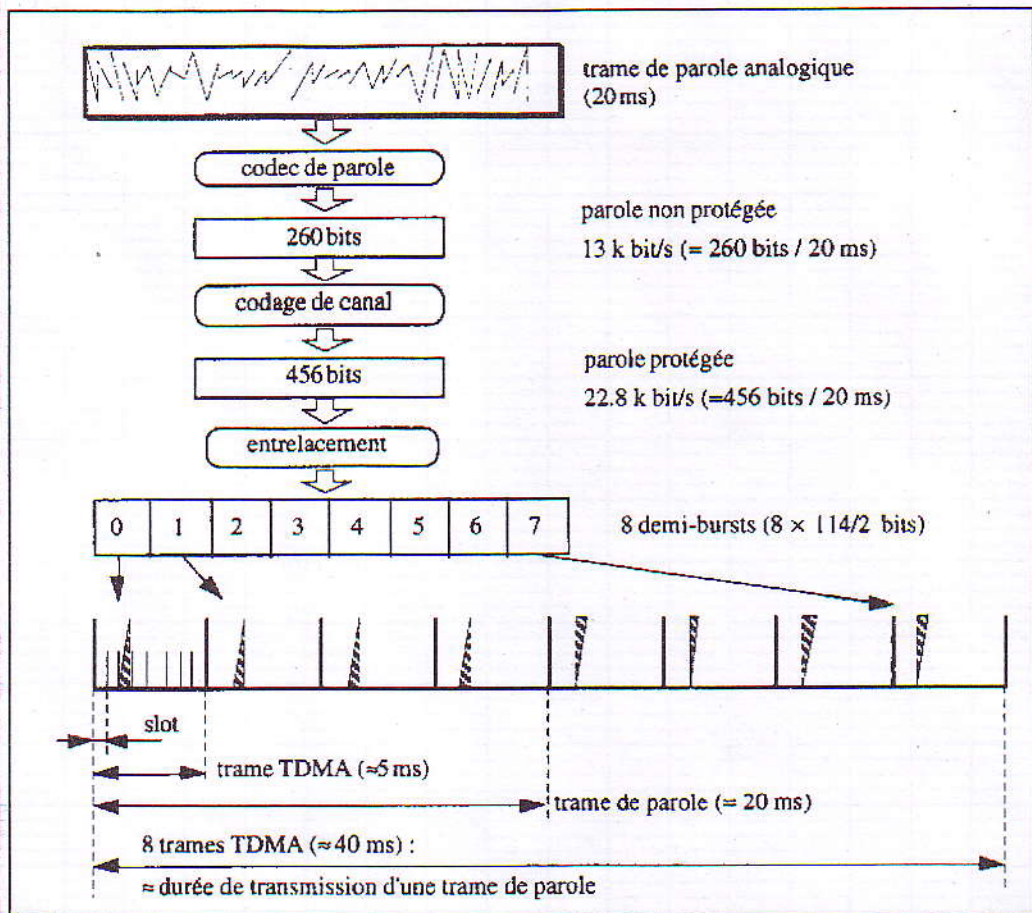
Les 50 premiers bits (1^{er} Cor.) sont très bien protégés en utilisant un codage particulier, de la redondance et des bits de vérification peuvent détecter des erreurs et redemander une retransmission.

Les autres bits sont moins bien ou pas du tout protégés, cette protection augmente donc le débit qui passe de 13 Kbits à 22,8 Kbits.

b) Pan entrelacement

Les données sont répartis dans 8 time slot, mélangées aux données de la tranche précédente et de la tranche suivantes.

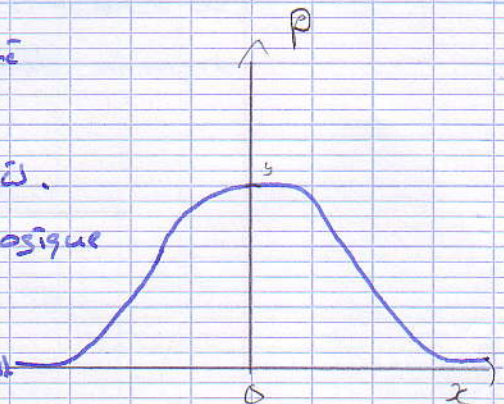
Les données sont envoyées par demi-burst, les bursts représentent le signal numérisé en ayant été les blancs



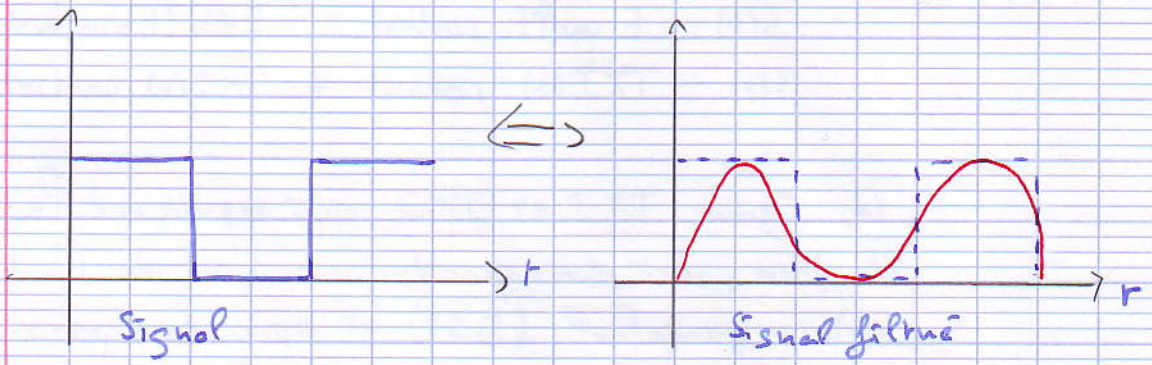
VI Filtrage Gaussien

Comme l'établir la Transformée de Fourier, un signal binaire génère des fréquences très élevées. La modulation d'un signal analogique par un signal binaire provoque un encombrement spectral important.

conséquence de bande occupée \approx débit signal binaire
 $10 \text{ kHz} = 10 \text{ kbit/s}$



Afin de limiter cet encombrement, on désigne volontairement l'allure du signal binaire grâce à un filtre passe-bas Gaussien. Les angles carrés du signal binaire sont donc arrondis en forme de cloches.



$$H(f) = e^{-8f^2/158}$$

en kHz

En pratique cette allure gaussienne n'est pas obtenue par filtrage, mais par concaténation de forme gaussienne

VII Modulation MSK (Minimum Shift Keying)

Soit une porteuse $S(t) = E \cos(\omega t + \varphi(t))$

$\varphi(t)$ représente la modulation de phase

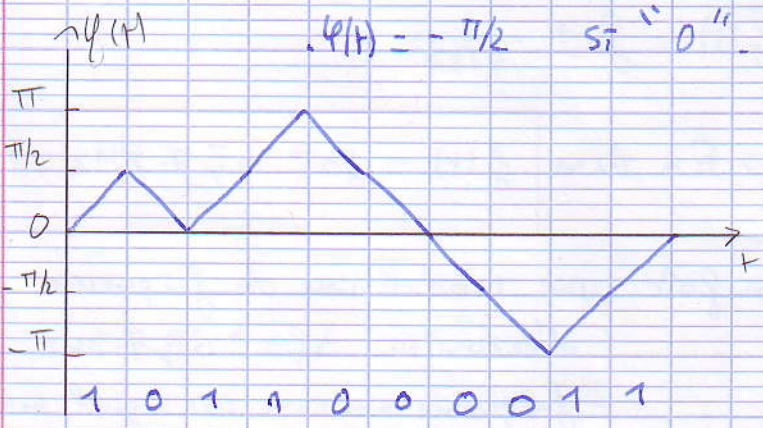
- $\varphi(t) = \frac{\pi t}{2T_{bit}}$ si on transmet un 1.

- $\varphi(t) = -\frac{\pi t}{2T_{bit}}$ " " " 0.

Ainsi à l'issue de la transmission d'un bit :

- $\varphi(t) = +\pi/2$ si "1"

- $\varphi(t) = -\pi/2$ si "0"



$S(t)$ peut aussi s'écrire :

$$S(t) = E \cos(\omega_0 t + \varphi(t))$$

$$S(t) = E \cos \omega_0 t \cos \varphi(t) - E \sin \omega_0 t \sin \varphi(t)$$

$$S(t) = E \cos \varphi(t) \cos \omega_0 t - E \sin \varphi(t) \sin \omega_0 t$$

$$S(t) = TXI(t) \cos \omega_0 t + TXQ(t) \cos(\omega_0 t + \pi/2)$$

Les signaux TXI et TXQ qui représentent la modulation de phase, sont en quadrature l'un de l'autre, ils sont obtenus par calcul (DSP) et après conversion (CNA) modulent la porteuse de fréquence fixe $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$. Grâce à ce principe f_0 peut être fixé par un quartz, ce qui permet d'acquiescer la stabilité et la précision du signal. (en GSM, on prend un quartz à 13 MHz).

Remarque: Si on calcule la fréquence instantanée de $f(t)$.

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{d\omega_0 + \varphi(t)}{dt} \right) = \frac{1}{2\pi} \left(\omega_0 + \frac{d\varphi(t)}{dt} \right)$$

$$f(t) = f_0 + \frac{1}{2\pi} \frac{d\varphi(t)}{dt}$$

$$\text{on } \varphi(t) = \pm \frac{\pi k}{2T_{bit}} \Rightarrow f(t) = f_0 \pm \frac{1}{2\pi} \frac{\pi}{2.T_{bit}}$$

$$f(t) = f_0 \pm \frac{1}{4T_{bit}}$$

$$\Rightarrow \text{En GSM } f(t) = f_0 \pm 67,7 \text{ KHz}$$

Soit en fait une modulation de fréquence :

- d'excursion $\Delta f = \pm 67,7 \text{ KHz}$

- fréquence moyenne du signal modulant :

$$F = \frac{1}{2T_{bit}} = 135,4 \text{ KHz (séquence 0101010101...)}$$

Indice de modulation :

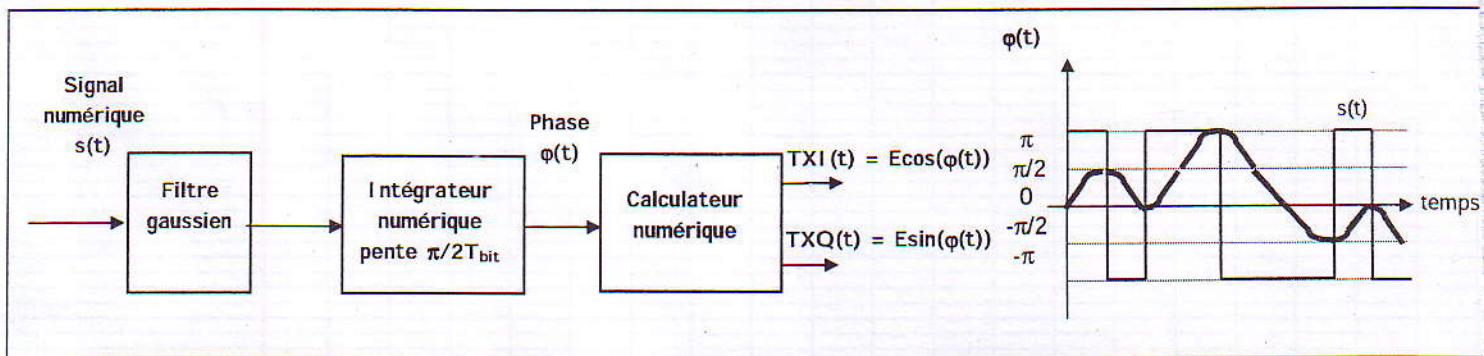
$$m = \frac{\Delta f}{F} = \frac{67,7}{135,4} = 0,5$$

$$m = 0,5$$

d'où l'appellation MSK.

VIII Le Modulateur GMSK

On a vu précédemment que dans le but de limiter la largeur de bande occupée par le signal modulé, il faut éliminer les "point" anguleux du signal modulé, on utilise alors un filtre Gaussien, l'intégration dans la chaîne de traitement du signal d'un filtre numérique de type Gaussien transforme l'appellation de type MSK en GMSK

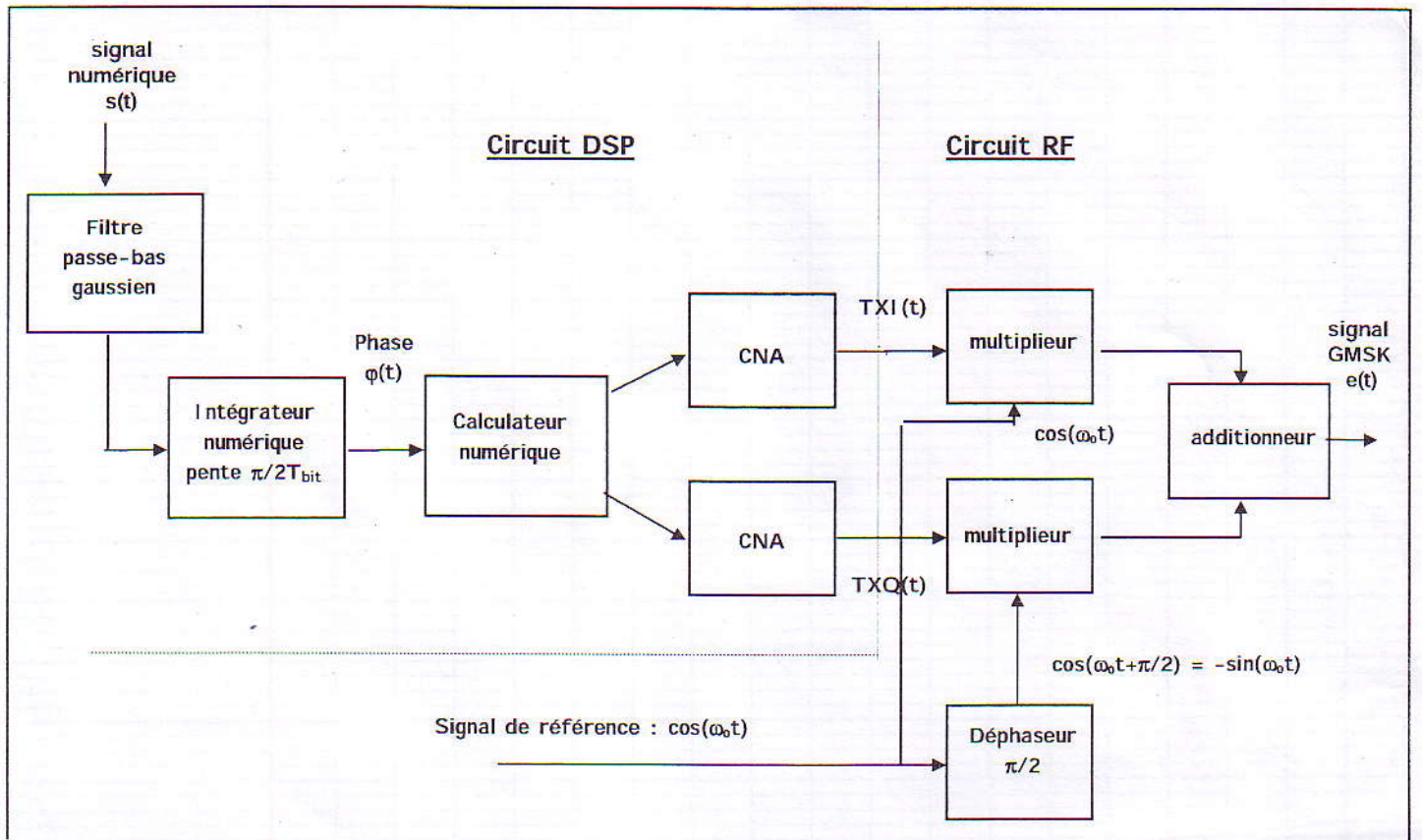


Influence du filtre Gaussien sur la courbe de phase

On peut remarquer que le modulateur GMSK se trouve physique

- pour mobile dans le BSP
- pour mobile dans le circuit RF qui produit une porteur

DSS et GSM.



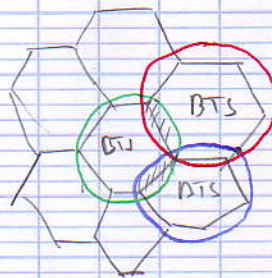
Le Réseau GSM

I Structure

Afin de limiter la puissance d'émission des mobiles, on découpe le territoire en petite zone appelée cellule. Chaque cellule est équipée d'une station de base (BS)

II Les cellules

a) Allure



Théoriquement hexagonal mais peuvent être différente selon la configuration du terrain ou la densité démographique.

b) Taille des cellules

Selon la fréquence du GSM le mobile peut être situé à plusieurs distance de sa base :

- 35 km GSM 900 MHz (Macro cellule)

- 2 km DCS 1800 MHz (Mini cellule), puissance plus

faible, atténuation plus importante.

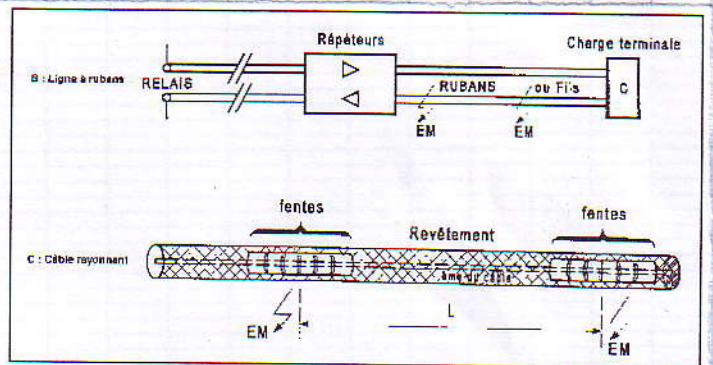
Pour les petits déplacements lent, on cherche dans les zones denses de sous-stations de faible dimension et son site peu élevés.

c) Les antennes

Elles peuvent prendre différentes formes :

- Sur piliers
- Sur clocher
- Sur chateaux d'eau.
- boucle radio enterrée ou couverte sur les murs
- fil ou ruban de cuivre rayonnant au niveau du sol.
- câble rayonnant : câble dont l'isolant est usiné de sorte que le champ électrique généré par l'onde puisse être émis par ses fentes.

Exemples de boucles radio pour l'environnement urbain.



Installation d'une cellule en ville.

