

|                                             |
|---------------------------------------------|
| <b>TD6 : réseaux cellulaires (partie 1)</b> |
|---------------------------------------------|

Conception de la radio d'un système de communication radio

*Rem : Dans un but de simplification, le système étudié n'est pas un système réel. Il intègre des caractéristiques du GSM et du DECT.*

### 1. Conception du système : C/I, modulation et débit.

Le système de transmission de données numériques à mettre en place est de type « voix ».

On utilise pour cela un codeur ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation), ou MICDA (Modulation par Impulsions Codées Différentiel Adaptatif). Le débit en sortie du codeur utilisé est de 32kb/sec.

*Rem : c'est le cas du DECT (Digital Enhanced Cordless Telephony).*

On pense envoyer les données par blocs de 5ms de signal voix (compromis entre le nombre de paquets et le délai).

On met en place un système F/TDMA, avec des trames de 4 slots, chaque slot étant affecté pour 1 communication. Dans une multitrame 26, on souhaite réserver 24 trames pour les données, et 2 trames pour la mesure et l'analyse de la qualité signal.

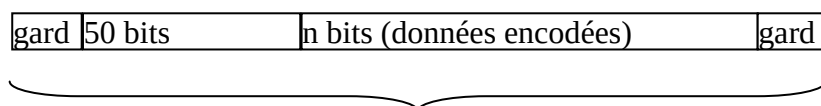
Dans chaque slot, on prévoit une séquence d'apprentissage de 50bits, pour initialiser l'égaliseur utilisé par le récepteur.

Pour se protéger des erreurs de transmission, on utilise un codage de canal qui génère une redondance de 2 (2 bits transmis pour 1 bit d'information).

Enfin, on prévoit d'utiliser des cellules de 1km de rayon maximum. Le modèle d'affaiblissement mesuré sur le terrain est :

$$P_r = P_0 \cdot \left( \frac{d}{d_0} \right)^n \quad \text{avec } n=4.$$

- 1) Représentez le format d'une trame, contenant 4 canaux voix. Représenter le format d'une multitrame 26.
- 2) Calculez le nombre de bits dans chaque slot, et leur affectation, en tenant compte de l'intervalle de garde.



*1 slot contenant 5ms de parole, durée ? nombre de bits ?*

- 3) Calculez le débit binaire utile et la rapidité de modulation requise.
- 4) On propose d'utiliser 1 modulation GMSK (illustration Fig.1). Estimez, pour des canaux espacés de 250kHz, et à partir des informations ci-dessous, le niveau d'interférence pour des canaux adjacents et pour des canaux séparés par 1 canal commun.

*note : Le spectre GMSK à la figure 1, est donné pour une rapidité de modulation de 271 kbits/s en GSM.*

- 5) On veut garantir un taux d'erreur inférieur à  $10^{-4}$ . Le canal, perturbé par l'environnement, est assimilé à un canal AWGN. A partir de la courbe de la figure 2, donnez le SINR (Signal To Interference and Noise Ratio) nécessaire.
- 6) On met en place une technique de diversité en polarisation, et un codage canal performant traitant simultanément les 2 signaux reçus. Cette technique permet d'obtenir une même qualité de transmission avec 3dB de C/I en moins par voie. Quel est l'intérêt ?
- 7) Le système mis en place n'effectue pas de contrôle de puissance. Peut-on négliger les interférences co-canal ? Peut-on affecter 2 fréquences adjacentes à la même cellule ? à 2 cellules voisines ?

---

Notes sur la modulation GMSK,

Bien que la modulation GMSK soit une modulation de phase non-linéaire, son spectre peut être approché par le spectre d'impulsions gaussiennes.

Le filtre de mise en forme équivalent en bande de base, à l'émission comme à la réception est un passe-bas gaussien défini par :

$$H_G(f) = \exp(-\alpha^2 f^2)$$

Le paramètre  $\alpha$  est lié à B, la largeur de bande à -3dB, par :

$$\alpha = \frac{\sqrt{2 \ln 2}}{B}$$

Un bon compromis 'occupation spectrale/robustesse' est obtenu pour  $B.T_s=0.5$ .

La réponse impulsionnelle dans le domaine temporel est obtenue par transformée de Fourier inverse :

$$h_G(t) = \frac{\sqrt{\pi}}{\alpha} \exp\left(-\frac{\pi^2}{\alpha^2} t^2\right)$$

rappel mathématique :

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-(ax^2+2bx+c)} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{a} e^{\frac{b^2-ac}{a}} ; a > 0$$

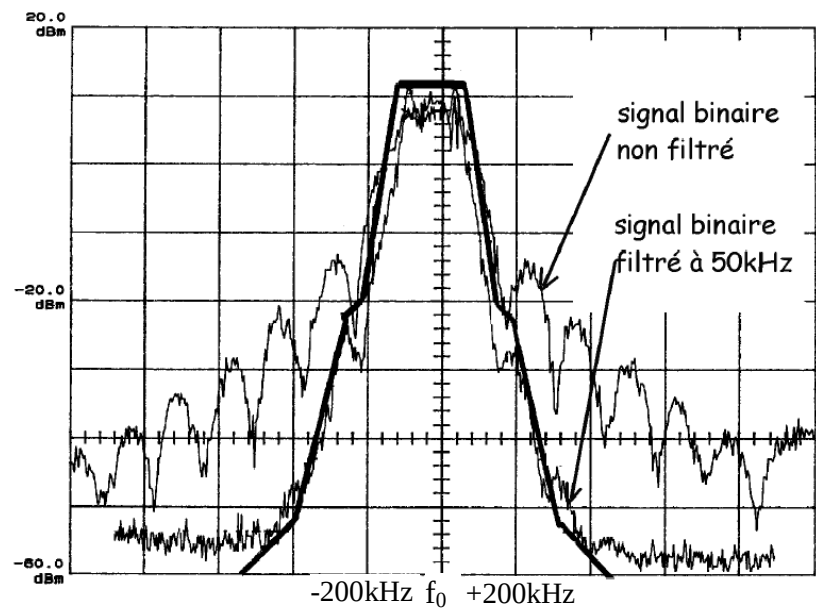


Figure 1 : Représentation du spectre GMSK, tel que normalisé pour le GSM.

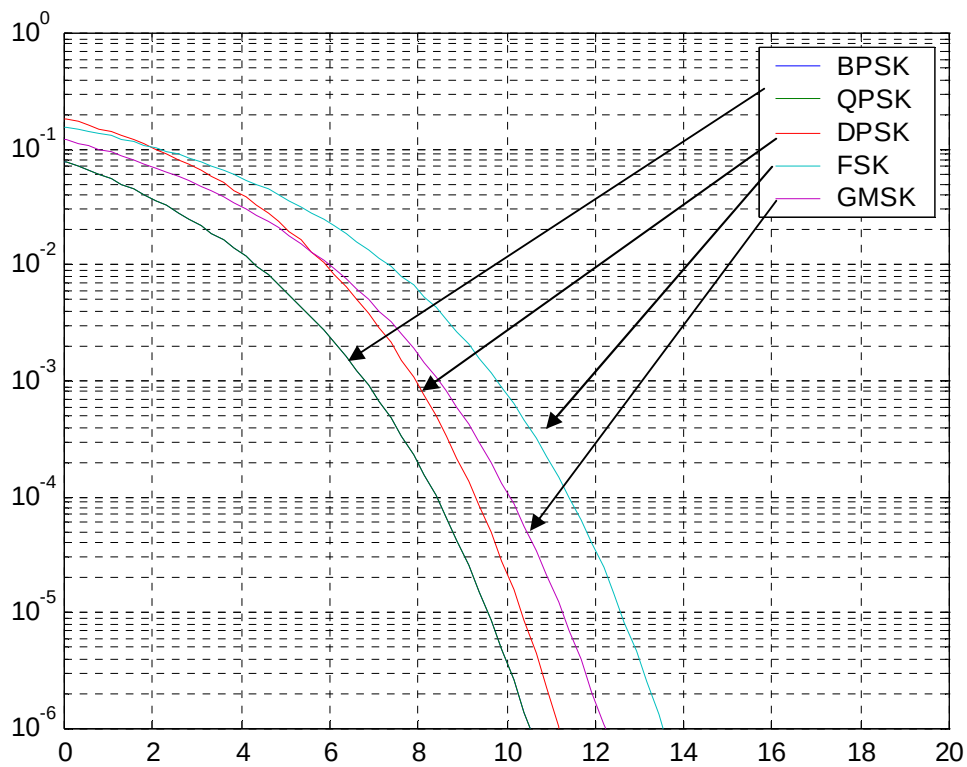


Figure 2 : taux d'erreur pour différentes modulations, en fonction du rapport signal à bruit.