

# Comment ça marche ?

## Les transmissions radio-numériques

### 12 – Les modes et les protocoles

Par le radio-club F6KRRK

*Après avoir vu le canal de transmission et le formatage des données, nous allons aborder succinctement différents modes et protocoles de transmission.*

#### Modes de transmission

Il faut considérer deux grands systèmes de transmission :

- Le plus simple est le mode "broadcast" (radio-télédiffusion). D'un côté l'émetteur émet en continu et de l'autre côté les récepteurs se calent sur le canal, recherchent un préambule, puis décodent le signal "à la volée".
- L'autre système est le mode "connecté" que nous allons voir.

#### Modes connectés

Dans tous les modes connectés, il faut considérer deux phases : celle de la prise de connexion et celle des échanges. Nous n'aborderons ici que les principes de base. Il peut y avoir une infinité de variantes.

##### *1 - Deux correspondants*

Dans ce cas, l'appelant est appelé "Maître" et l'appelé "Esclave".

Il faut considérer deux modes, soit "Half-duplex" (alternat), soit "Full duplex" (simultané).

Half-duplex :

La prise de connexion par l'Esclave se fait lorsque le Maître transmet une invitation (appel général, ou particulier). Nous rencontrons un problème lié au fait que lors d'un appel général, plusieurs Esclaves peuvent vouloir se connecter au Maître et provoquer des collisions. Pour contrer cela, on utilise le protocole suivant :

- A la fin d'un appel, l'Esclave potentiel "tire" un délai aléatoire avant de répondre,
- Et il ne le fait que si le canal n'est pas occupé, ce qui signifierait qu'un autre correspondant a tiré un délai plus court.

Une fois la connexion établie, les échanges se font à l'alternat jusqu'à la survenue d'une fin de transmission envoyée par le Maître.

Full-duplex :

Dans ce cas, un canal est utilisé par le Maître et un autre est attribué à l'Esclave par le Maître <sup>(1)</sup>. Le mode Full-duplex n'est pratiquement employé que dans les réseaux.

##### *2 - Réseaux*

Half-duplex :

Dans le cas où l'on utilise un seul canal à l'alternat, une seule station, maître ou esclave l'occupe à un instant donné. C'est le maître qui décide de l'attribution momentanée du canal à un esclave donné. Il peut aussi organiser un tour particulier pour les esclaves. La prise de communication se fait par demande d'un nouvel esclave dans les blancs spéciaux signalés par le Maître. Ce protocole existe déjà pour les liaisons phonie analogiques et dans la télémétrie pour des liaisons numériques.

Full duplex :

Si avec l'analogique le full duplex n'existe que pour deux correspondants, il est très utilisé par les réseaux radiotéléphoniques numériques. Dans ce cas, tous les correspondants (esclaves) sont en liaisons simultanées avec le Maître et doivent se partager, soit les canaux, soit le temps. Le maître dispose d'un canal descendant appelé "voie balise" (peut être décodée par tout le monde), et d'un canal montant servant au mobile de voie d'appel ou de signalisation ("je suis là"). Lorsqu'un mobile veut obtenir une voie pour sa transmission, celui-ci lui attribue un N° de canal (fréquences montantes et descendantes) et un créneau de temps si celui-ci est partagé par plusieurs mobiles. Voyons les différentes manières de partager le temps et la fréquence.

*Transmission FDMA (Frequency Division Multiple Access).*

C'est le mode le plus simple. Exemple : Si une bande de 12,5 kHz est nécessaire pour la transmission numérique de la parole, on pourra avoir 8 canaux dans une portion de bande de 200 kHz. Pourquoi 8 et pas 16 ? Tout simplement parce que pour des raisons techniques pratiques, le mobile ne peut pas émettre et recevoir en même temps <sup>(2)</sup>. Alors on utilisera une compression temporelle de deux fois, ce qui doublera la largeur de canal qui sera ainsi de 25 kHz. Le réseau étant synchronisé, on ne gaspillera pas le temps perdu en attribuant en alternance le même canal à deux mobiles différents, comme montré sur la figure 1.

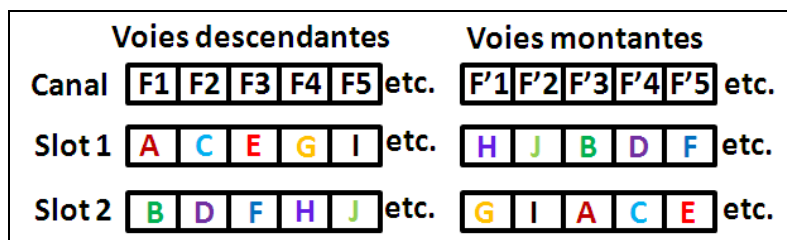


Figure 1 : Système FDMA optimisé

Noter un exemple de panachage des voies qui est fait pour que deux mobiles proches n'utilisent pas des canaux adjacents à un instant donné <sup>(3)</sup>.

*Transmission TDMA (Time Division Multiple Access).*

C'est le mode utilisé par le GSM (2G). Dans ce cas, ce n'est plus deux correspondants qui se partagent le canal, mais huit. Nous avons ainsi des canaux de 200 kHz découpés en huit créneaux de temps (time-slot). Ce système a deux avantages : Ayant plus de possibilités pour le choix des canaux à la réception comme à l'émission, on peut faire cohabiter au même instant deux mobiles utilisant le même canal sans qu'ils se brouillent l'un l'autre. Par ailleurs, dans des cas particuliers, on peut attribuer plusieurs slots au même mobile pour accroître le débit lors de transmissions de données ou accroître la redondance dans des cas de liaisons difficiles. Voir le chronogramme sur la figure 2.

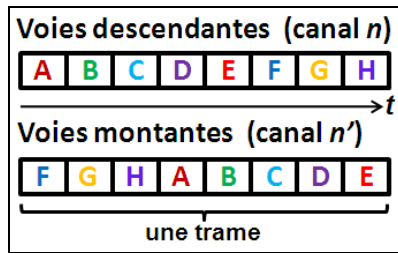


Figure 2 : Une trame TDMA

Noter un décalage de 3 slots entre la réception et l'émission d'un mobile pour lui permettre de préparer l'alternat.

### *Transmission CDMA (Code Division Multiple Access).*

C'est le mode utilisé par la radiotéléphonie U-S de deuxième génération et universellement pour la troisième génération (UMTS).

Nous avons vu que l'étalement de spectre du type "DSSS" était le résultat de la convolution des données par une séquence binaire  $n$  de grande longueur, par exemple  $n = 1024$ . Alors on peut faire cohabiter dans le même canal  $m$  émissions de codes suffisamment orthogonaux pour que l'on puisse les séparer par corrélation à la réception. Bien sûr,  $m \ll n$ , mais pour une largeur de bande donnée,  $m$  peut être beaucoup plus grand que le nombre de voies en FDMA ou en TDMA. Il y a simplement une dégradation générale du rapport S/B <sup>(4)</sup>.

### *Transmission OFDM (Orthogonal Frequency Data Multiplexing)*

L'OFDM est du FDMA optimisé, c'est-à-dire que le nombre de bits par Hz de bande est maximum pour un rapport S/B donné. Il demande également moins de puissance de calcul.

Nous ne nous étendrons pas sur le sujet car les stations radioamateur n'utilisent que des réseaux informels Half-Duplex fonctionnant à l'alternat. Dans le prochain "Comment ça marche", nous verrons le traitement des erreurs et les moyens mis en œuvre pour les minimiser.

**La Rubrique "Comment ça marche" est une activité collective du radio-club F6KRK (<http://www.f6krk.org>). Pour une correspondance technique concernant cette rubrique : "f5nb@orange.fr".**

Notes :

- 1) *Système utilisé par les expéditions DX, mais pour l'appel uniquement, la transmission se faisant ensuite en alternat sur le canal de l'appelant.*
- 2) *Essayer d'imaginer un filtre duplexeur de 4 dm<sup>3</sup> dans son portable !*
- 3) *Le Maître qui est appelé "Station de Base" (BS, ou BTS) dans les réseaux de téléphonie mobile utilise une sorte d'intelligence artificielle basée sur les niveaux reçus et les taux d'erreurs pour décider de modifier l'attribution des Time-Slots.*
- 4) *A la Station de Base tout le monde se partage la puissance d'émission et à la réception les autres mobiles augmentent le brouillage, ce qui diminue le rapport S/B (pas de miracle, tout se paie).*