

Comment ça marche ?

Les modes numériques radioamateurs

4 – AMTOR, PACKET, PACTOR

Par le radio-club F6KRK

Après avoir vu les modes CW et RTTY qui sont des modes conviviaux, nous allons aborder des modes dérivés du RTTY permettant aussi bien des liaisons de clavier à clavier que des transmissions de fichiers numériques sans erreurs. Ces modes ne peuvent être générés et décodés que par des automates.

Le reproche que l'on peut faire au RTTY, c'est de "faire des erreurs" dès que le signal est perturbé. Cela n'a pas d'importance quand le message transmis comporte des mots "attendus". Alors pour les autres, il suffit de les doubler (redondance). Mais il y a des cas où l'on ne peut pas se permettre une erreur.

La manière la plus simple de procéder consiste à découper le message en blocs de données de longueur constante (paquets de données) suivis d'un contrôle d'intégrité "CS" (Check-Sum). A la réception du paquet, le destinataire contrôle le check-sum et envoie, soit un acquittement (ACK), soit une demande de répétition (NACK). Alors l'expéditeur renvoie le paquet ou le suivant. Le procédé est appelé "TOR-ARQ" (Telex **O**ver **R**adio (avec) **A**utomatic **R**e**Q**uest). Une version a été normalisée sous le nom de "SITOR-1" (SImplex **T**OR). Ces procédés fonctionnent en mode synchrone connecté avec habillage des données (synchro bit + synchro trame + datas + CS). Pour un mode "broadcast" (non connecté), le SITOR-2 (Navtex) ajoute un code correcteur d'erreur (FEC) avec entrelacement et redondance.

L'AMTOR

L'ARQ-AMTOR est la version amateur du SITOR-1 et le FEC-AMTOR, la version amateur du SITOR-2 en mode connecté. Seuls les protocoles changent. Caractéristiques de l'ARQ-AMTOR :

- Modulation 2FSK avec un shift de 170 Hz
- Débit de 100 Bauds (100 bits/s)
- Encombrement spectral \approx 800 Hz
- Protocole synchrone
- Démodulation standard
- Pas de code correcteur d'erreur
- Entrelacement des données par diversité temporelle (redondance dans le temps)
- CODE sur 5 bits (jeu de caractères CCIR476-4)
- $E_b/N_0 \approx -5$ dB dans une bande de 2500 Hz (idem RTTY)
- Puissance constante (FM). Pas besoin d'émetteur linéaire.

Matériellement, les modems AMTOR sont identiques à ceux utilisés pour le RTTY. Seul le logiciel d'exploitation change.

Le PACKET

Le PACKET est la version "transmission radio" du réseau filaire Transpac qui utilisait le protocole X25. Ce protocole a été adapté pour les radioamateurs en devenant "AX25".

Il existe deux versions, l'une pour la HF et l'autre pour les VHF et les UHF.

Caractéristiques du PACKET HF :

- Modulation 2FSK avec shift de 200 Hz
- Débit de 300 Bauds (300 bits/s)

Le principal mérite du PACKET HF est de ne pas nécessiter un modem spécial. En HF son intérêt a été rapidement supplanté par le PACTOR.

Caractéristiques du PACKET V/UHF standard :

- Modulation **2AFSK** avec shift de 1000 Hz (1200 – 2200 Hz)
- Débit de 1200 Bauds (1200 bits/s)

Augmentation du débit

Le débit standard du PACKET est pratiquement un maximum pour une modulation FSK dans une bande audio de 3 kHz. On peut obtenir des débits supérieurs à 1200 bit/s avec une modulation de phase à plusieurs états (*n*PSK) employée par les modems fax V27 et V29 de l'ITU en mode half-duplex (voir figure 1).

ITU	Bits/s	Bauds	Mode	F _{BF} (Hz)
V.29	9600	2400	2QAM	1700
V.29	7200	2400	8PSK	1700
V.29	4800	2400	QPSK	1700
V.27	4800	1600	8PSK	1800
V.27	2400	1200	QPSK	1800

Figure 1 : Les standards modems de l'ITU employés par les radioamateurs pour le Packet

Ces modems utilisent la modulation de phase, mais dans une bande de 3 kHz, on ne peut guère dépasser les 4800 bits/s à cause des distorsions de phase dues au filtre de canal et au discriminateur. Aussi pour un débit de 9600 bits/s, on ajoute une modulation d'amplitude à deux états pour obtenir du 2QAM ⁽¹⁾. Ces systèmes ont été adaptés au trafic radioamateur par Simon Taylor (G1NTX) et Jerry Sandys (G8DXZ) dans les années 1980. D'autres systèmes qui nécessitent une légère modification de la radio ont été développés par James Miller (G3RUH) et fonctionnent également à 9 600 bit/s. Ils sont encore employés dans les liaisons satellites R-A.

Le PACKET a été utilisé surtout en réseaux V/UHF. Le trafic s'effectuait rarement de station à station, mais plus souvent avec une station relais situé dans le radio-club du coin. Cette station effectuait un travail de "routage" pour des liaisons qui pouvaient être relayées plusieurs fois. Elle avait aussi une fonction de "Mail-Box" pour les abonnés et de "BBS" (**B**ulletin **B**oard **S**ervice) pour la diffusion d'informations. Avec la montée en puissance du réseau Internet, le réseau Packet est tombé un peu en désuétude. Seule une extension, l'APRS subsiste encore.

L'APRS

L'APRS (Automatic Packet Reporting System) était à l'origine prévu pour un partage d'informations d'intérêt local entre stations Radio. Mais l'utilisation la plus connue de l'APRS est la transmission de la position géographique des stations et/ou d'autres éléments liés à

l'activité des radioamateurs. Ainsi on donne souvent une traduction différente du sigle APRS : "Automatic Position Reporting System" (système de suivi automatique des positions). L'APRS utilise le même modem et le même protocole que le Packet Radio AX25. L'APRS permet à un grand nombre de stations d'échanger des données de même que des personnes le feraient dans une réunion. Toute station ayant une information à apporter l'envoie simplement, et tous les utilisateurs la recevront. L'APRS permet aussi lors d'évènements spéciaux ou d'urgence la localisation en temps réel des principaux intervenants. Il peut être utilisé avec n'importe quel système radio bilatéral incluant les radioamateurs, les bandes marine et les téléphones portables ⁽²⁾.

Le PACTOR

Le PACTOR créé en 1990 par DF4KV et DL6MAA est une combinaison de l'AMTOR et du PACKET, sans la fonction réseau. Il est prévu pour la HF où le PACKET est peu adapté. Caractéristiques du PACTOR standard ⁽³⁾ :

- Modulation 2FSK avec shift de 200 Hz
- Débit de 100 et 200 Bauds (100 et 200 bits/s)
- Encombrement spectral \approx 600 Hz
- Protocole synchrone
- Démodulation standard
- Pas de code correcteur d'erreur
- Compression des données
- Données formées d'octets, ce qui permet la transmission de caractères ASCII étendu.
- $E_b/N_0 \approx -4$ dB dans une bande de 2500 Hz (un peu meilleur que le RTTY)
- Puissance constante (FM). Pas besoin d'émetteur linéaire.

La connexion s'effectue toujours avec un débit de 100 Bauds. Puis on commute sur 200 Bauds. Si la mauvaise qualité de la liaison amène un trop grand nombre de répétitions, le système revient sur 100 Bauds. Le seuil de commutation est paramétrable. Comme pour le PACKET, il est possible avec le PACTOR d'envoyer des fichiers de données en plus du mode "clavier à clavier". La réception peut être traitée en mode connexion automatique avec enregistrement des données reçues dans une "mail-box" (mais l'émission ne peut se faire qu'en présence de l'opérateur).

Le RTTY, l'AMTOR et le PACTOR sont surtout utilisés en HF dans les bandes réservées au RTTY.

Dans le prochain "Comment ça marche" nous aborderons les modes numériques à bas débit.

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) *Pour les détails techniques sur le nPSK et nQAM, se référer aux "Comment ça marche" sur les transmissions numériques (3) et (4) (09-10/ 2018). Se souvenir qu'avec la modulation de phase, comme avec la modulation d'amplitude, si l'on n'augmente pas la largeur du spectre en gardant un débit constant en bauds, plus le nombre d'états augmente et plus le rapport S/B se dégrade, diminuant ainsi la portée.*

- 2) *Plusieurs transceivers V/UHF amateurs cumulent les fonctions Radio et APRS, ce qui permet de suivre en temps réel le déplacement d'un E/R mobile par exemple, à condition que le mobile dispose d'un récepteur GPS couplé au module APRS (connexion NMEA183).*
- 3) *Ou PACTOR I. Il existe d'autres versions très peu employées : le PACTOR II (1500 Bauds) et le PACTOR III (2500 Bauds).*