

# Comment ça marche ?

## Les modes numériques radioamateurs

### 3 – Le radio-télétype (RTTY)

Par le radio-club F6KRK

*Après avoir vu le mode radiotélégraphique, nous allons aborder le second mode numérique parmi les plus anciens employés par les radioamateurs : le Radio-télétype. Il est en théorie plus rapide que la CW mais il ne peut plus se décoder "à l'oreille".*

Numériquement le RTTY utilise une modulation du type "2FSK". C'est donc une modulation de fréquence à deux états. L'un code un "0" et l'autre un "1". Physiquement on obtient le même résultat en modulant "OOK" deux fréquences en alternat synchronisé (F1 <OU> F2). Le RTTY est la version "radio" du télétype filaire inventé à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle par Emile Baudot. Celui-ci utilisait un code particulier : le code Baudot.

#### Le code Baudot

C'est un code orienté caractère à cinq "moments" (cinq bits en série). Comme cela ne permet que 32 caractères, on en réserve deux pour commuter entre deux jeux de caractères (lettres et chiffres". Au début le codage se faisait à l'aide d'un clavier à cinq touches, donc comme le morse, il nécessitait un apprentissage de l'opérateur. Le décodage se faisait à l'aide d'un automate mécanique produisant un ruban perforé qui nécessitait un opérateur pour le traduire en clair. Par la suite on a fabriqué des machines qui permettaient de travailler avec un clavier alphanumérique et une imprimante. C'est le cas pour l'OM quand il utilise un PC, l'imprimante étant remplacée par un écran. Voir sur la figure 1 le code utilisé par les radioamateurs.

Code Baudot Radioamateur							
Code		Caractères		Code		Caractères	
binaire	hexadécimal	mode lettres	mode chiffres	binaire	hexadécimal	mode lettres	mode chiffres
00000	00	Rien (NUL)		10000	10	E	3
00001	01	T	5	10001	11	Z	"
00010	02	Retour chariot (CR)		10010	12	D	\$
00011	03	O	9	10011	13	B	?
00100	04	SP	=	10100	14	S	Sonnerie (BEL)
00101	05	H	£	10101	15	Y	6
00110	06	N	,	10110	16	F	!
00111	07	M	.	10111	17	X	/
01000	08	Saut de ligne (LF)		11000	18	A	-
01001	09	L	)	11001	19	W	2
01010	0A	R	4	11010	1A	J	'
01011	0B	G	&	11011	1B	Active le mode chiffres	
01100	0C	I	8	11100	1C	U	7
01101	0D	P	0	11101	1D	Q	1
01110	0E	C	:	11110	1E	K	(
01111	0F	V	;	11111	1F	Active le mode lettres	

Figure 1 : Code Baudot Radioamateur (d'après F6CEI)

Pour la transmission, les cinq données du code sont précédées d'un bit de "start" (space = 1) et suivies par 1, 1,5 ou 2 bits de "stop" (mark = 0). Ce principe a été repris pour la transmission RS232, avec 7 ou 8 bits de données. Il n'y a aucune correction ou détection d'erreurs pour le TTY alors qu'un bit de parité est souvent ajouté à la RS232.

## La transmission par Radio

En émission, la modulation 2FSK peut se faire de deux manières. La meilleure consiste à produire le "shift" de fréquence dans l'un des OL fixes du poste (genre VCXO). Avec un poste BLU, on utilise deux fréquences en **bande de base** audio. Ce faisant, on risque d'y ajouter des résidus de porteuse et de bande image, plus des raies harmoniques des tons audio. Ceci oblige à utiliser un choix judicieux des fréquences audio, compte tenu du shift imposé par la norme.

Avec un émetteur FM, on peut aussi le **moduler** en mode 2AFSK.

En réception, nous avons deux possibilités également. Avec un récepteur compatible FM, il suffit d'utiliser un discriminateur de fréquence qui passe le continu (2FSK) ou démoduler à la sortie du discriminateur (2AFSK). Avec un récepteur BLU et en 2AFSK, on utilise en bande de base un discriminateur de fréquence audio, ou deux détections d'amplitude derrière deux filtres audio, puisque le  $n$ FSK est compatible  $n$ OOK. On a ainsi une sortie sur 2 bits au lieu de 1 bit, ce qui permet éventuellement de faire un traitement de la donnée pour une correction d'erreur, à condition de disposer d'une puissance de calcul suffisante.

Alors que la CW se contente d'un transceiver BLU standard, le RTTY nécessite l'adjonction d'un modem à l'entrée et à la sortie audio (bande de base) du transceiver. Ce modem peut être entièrement inclu dans un PC en connectant les entrées/sorties audio à la carte son.

Noter que le modem utilisé est le même pour traiter du 2FSK avec un transceiver BLU et pour traiter du 2AFSK avec un transceiver FM <sup>(1)</sup>.

Par ailleurs, en RTTY, la réception au niveau du bruit occasionne des "starts" intempestifs et nécessite la mise en œuvre d'un squelch manuel, pas toujours évident à régler.

### *Amélioration*

La modulation peut aussi se faire sans rupture de phase dans les transitions entre les tons. Nous obtenons une modulation 2CPFSK (**C**ontinue **P**hase-**F**requency **S**hift **K**eying). En émission ce procédé rend la modulation plus "propre" pour les canaux adjacents (moins de brouillage) et affecte peu la sensibilité en réception.

## Caractéristiques et performances

Modes rencontrés chez les radioamateurs :

Ecart entre les tons : 85, **170**, 425 et 850 Hz

Vitesse : **45,45**, 50, 100, 150 et 300 Bauds

En gras le mode standard, largement utilisé. Des expérimentations ont été faites en ITA-5 (ASCII 7 bits) à 110 Bauds.

Fréquences audio standardisées (bande de base ou modulation) :

US : 2125 Hz (Mark) et 2295 Hz (Space)

Europe : 1955 Hz (Mark) et 2125 Hz (Space)

Largeur du spectre en émission (2FSK) : environ 600 Hz pour 45,45 Bauds et shift 170 Hz.

Sensibilité (2FSK) :

$E_b/N_0$  pour un taux d'erreur de  $10^{-2}$  :

Selon les décodeurs, de -6 à -4 dB dans une bande BLU de 2500 Hz, ce qui suppose une bande passante des filtres audio de 125 à 200 Hz <sup>(2)</sup>.

Avec le RTTY **radioamateur**, nous restons dans un mode de trafic "convivial", comme avec la phonie et la CW "manuelle". C'est-à-dire que les échanges se font directement (en temps réel) entre les correspondants. Le mois prochain, nous verrons des extensions du RTTY avec l'AMTOR et le PACTOR pour lesquels, en plus d'un trafic convivial, ces modes permettent des échanges de "machine à machine", indépendamment des opérateurs.

## **Annexe**

Fréquences amateurs conseillées pour les modes RTTY et dérivés :

- 160 m : 1838 – 1840 kHz
- 80 m : 3580 – 3600 kHz
- 40 m : 7040 – 7050 kHz
- 30 m : 10130 – 10140 kHz
- 20 m : 14070 – 14095 kHz
- 17 m : 18100 – 18105 kHz
- 15 m : 21070 – 21100 kHz
- 12 m : 24920 – 24925 kHz
- 10 m : 28070 – 28150 kHz

**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) *Contrairement à ce que l'on pourrait penser, avec le même modem en bande de base, un transceiver BLU génère bien du 2FSK, alors que le transceiver FM génère du 2AFSK, incompatible avec le 2FSK (car la BLU n'est pas une modulation, mais une transposition).*
- (2)  *$E_b/N_0$  nécessaire pour un taux d'erreur de  $10^{-2} = +7$  dB avec le 2FSK.*