



# Nouvelles classes d'émission des Services d'Amateur

## “Modes Numériques”

Associations participant à cette présentation :

**ANTA** Association Nationale de Télévision Amateur  
**ATEPRA** Association Technique pour l'Expérimentation  
du Packet Radio Amateur  
**DR@F** - Digital Radioamateur France  
**REF UNION** Réseau des Émetteurs Français  
**URC** Union des Radio Clubs





## Préface

### **Groupe de travail sur les Modes Numériques pour les radioamateurs en France, présenté à l'ARCEP par l'ANTA, l'ATEPRA, le DR@F, le REF-UNION, et l'URC.**

Depuis déjà de nombreuses années, les radioamateurs du monde entier mettent au point par expérimentation de nouveaux modes de communication numériques adaptés aux caractéristiques de propagations des ondes les plus variés. Bien souvent créés par des radioamateurs français, ils donnent des résultats exceptionnels. Ils apportent ainsi un souffle nouveau à cette activité par l'expérimentation et l'instruction individuelle, fondements mêmes des Services d'Amateur qui prennent ici tout leur sens.

Les associations réunies dans un groupe de travail sur ces nouveaux modes numériques (ANTA, ATEPRA, DR@F, REF-UNION, URC,) présentent ici un dossier complet et actualisé sur la situation de ces expérimentations en France et y expriment une demande commune de généralisation de certaines classes d'émission ainsi que l'ajustement de certains points de la réglementation actuelle, pour en éclaircir l'interprétation.

Notre groupe s'est constitué en juin 2010. La demande d'adaptation de la réglementation étant maintenant de plus en plus forte, nous pensons qu'une adaptation serait bénéfique dans un intérêt général. Nos associations ont besoin de susciter l'intérêt chez les jeunes pour faire naître les vocations professionnelles pour les techniques modernes de radiocommunications. Il serait ainsi possible ainsi d'ouvrir la route vers de nouveaux champs d'expérimentation et de formation. Ce pourrait être alors le moyen d'enrichir un programme éducatif pratique en partenariat avec l'Education Nationale (Collèges, Universités).

Ces nouveaux modes numériques ne représentent pas seulement une nouvelle activité pour les radioamateurs, mais une formidable opportunité de développement des connaissances et de valeur économique pour la Nation.

D'autres pays Européens profitent actuellement de ces nouvelles possibilités, comme, par exemple, le projet de satellite CUBESAT de l'Université de Liège. L'intérêt des jeunes y est exceptionnel et le projet permet à la Belgique de proposer un cursus universitaire de pointe enrichi par ce projet.

A l'heure où notre jeunesse trop souvent se cherche, grâce à ces nouvelles perspectives, nos jeunes seront les premiers à en profiter. Nous sommes convaincu qu'une grande partie d'entre eux rêvera d'un métier lié aux hautes technologies de l'industrie, de l'espace, ou même de créer une entreprise.

En créant ce nouvel espace de découvertes par l'expérience du terrain, la France participera à la création de valeurs économiques et d'emploi pour l'avenir. C'est l'espoir de tous les radioamateurs français aujourd'hui.

#### Pour les associations

ANTA  
ATEPRA  
DR@F  
REF-UNION  
URC

Yvan CAPO  
Rémy JENTGES  
Pierre BERNARD  
Joël BELLENEY  
Vincent HABCHI





## Table des matières générale

1.	Introduction.....	9
2.	Le rôle des radioamateurs .....	11
3.	L'objectif des expérimentations.....	13
4.	Modulations des signaux radio .....	15
5.	Modulations actuellement homologuées en France.....	17
6.	Modulations agréées en international par l'IARU .....	19
7.	Modes agréés IARU et modes autorisés en France.....	21
8.	Le cas particulier de la télévision numérique .....	23
9.	Les techniques de modulation .....	25
9.1	PROCEDES DE MODULATION DIRECTE.....	25
9.2	PROCEDES DE MODULATION INDIRECTE .....	26
10.	Situation des annexes réglementaires définissant les modulations .....	27
11.	Les protocoles .....	29
12.	Evolution technologique des transmissions d'amateur .....	31
13.	Le traitement des données brutes .....	33
14.	Les applications en réseau.....	35
15.	La transparence des protocoles .....	37
16.	L'adaptation réglementaire.....	39
17.	Etat des lieux des expérimentations numériques.....	41
18.	Adaptation aux classes de modulation .....	43
19.	Classification des protocoles.....	45
19.1	LES PROTOCOLES POUR LIAISONS DIRECTES .....	45
19.2	LES PROTOCOLES POUR LIAISONS SPORADIQUES .....	45
19.3	LES PROTOCOLES POUR LIAISONS PAR REFLEXION SUR LA LUNE (EME) .....	46
19.4	LES PROTOCOLES POUR LIAISONS EN RESEAUX TERRESTRES ET SATELLITAIRES .....	46
19.5	LE PROTOCOLE DE DIFFUSION : .....	48
20.	Identification automatique des protocoles.....	49
21.	Homologation des protocoles .....	51
22.	Les actions administratives requises à court terme .....	53
22.1	MISE A JOUR DE L'ARTICLE 4 DE LA REGLEMENTATION .....	53
22.2	MISE A JOUR DE L'ANNEXE 2 DE LA REGLEMENTATION .....	53
22.3	MISE A JOUR DE L'ANNEXE 3 DE LA REGLEMENTATION .....	54
23.	Conclusion .....	55
24.	Annexe 1.....	57
24.1	LISTE DES PROTOCOLES EXPERIMENTES ET EN EXPLOITATION .....	57
24.1.1	Protocoles pour liaisons directes .....	57
24.1.2	Protocoles pour transmissions d'images fixes ou animées : .....	83
25.	Annexe 2 DOCUMENTS ITU EXTRAITS .....	105
1.1	GENERAL.....	106
1.2	TECHNICAL.....	106
1.3	OPERATIONAL .....	106
1.4	METHODS OF RADIOCOMMUNICATION .....	107
1.4.1	Morse code .....	107
1.4.2	Narrow-band direct-printing.....	107



1.4.3	Telephony .....	107
1.4.4	Facsimile .....	107
1.4.5	Data transmission .....	107
1.4.6	Television.....	107
1.4.7	New transmission modes.....	107
<b>2</b>	<b>Technical characteristics.....</b>	<b>107</b>
<b>4</b>	<b>Frequency band considerations .....</b>	<b>107</b>
4.1	SPECTRUM REQUIREMENTS.....	107
4.2	SPECTRUM UTILIZATION.....	107
<b>1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>108</b>
<b>2</b>	<b>Operational characteristics .....</b>	<b>108</b>
<b>3</b>	<b>Technical characteristics.....</b>	<b>109</b>
<b>26.</b>	<b>Annexes 3 COURRIER REF-UNION.....</b>	<b>123</b>
	DEMANDE DE MODIFICATION DU TABLEAU DES CLASSES D'EMISSIONS AUTORISEES POUR LE SERVICE AMATEUR EN FRANCE .....	123
<b>27.</b>	<b>Glossaire .....</b>	<b>127</b>
<b>28.</b>	<b>Index .....</b>	<b>129</b>
<b>29.</b>	<b>Contributions .....</b>	<b>129</b>



## 1. Introduction

L'aspect expérimental du radioamateurisme, tel que défini dans le règlement des radiocommunications de l'UIT est en pleine effervescence tant sur le plan mondial ou européen qu'en France. Cette activité est particulièrement notable à partir des développements de modulations numériques dont les performances ont été considérablement améliorées depuis quelques années. Il devient courant d'obtenir des performances de communication égales ou supérieures à celles qu'on rencontre couramment en grande distance ou dans le bruit radioélectrique à l'aide d'équipements dont la puissance rayonnée reste bien inférieure aux limites actuellement autorisées.

L'association des technologies numériques avec des émetteurs récepteurs traditionnels, à partir de l'exploitation de nombreux logiciels disponibles et libre d'accès, est en pleine évolution et fait l'objet d'échanges d'informations efficaces par Internet pour en permettre un développement rapide. Par ailleurs, l'exploitation des techniques de traitement numérique du signal est actuellement largement utilisée pour mettre au point des équipements miniaturisés associés à des ordinateurs traditionnels afin d'effectuer les modulations et démodulations directement sur les fréquences exploitées. Ces procédés déjà utilisés sur les terminaux de radiotéléphonie mobile ont pu être adaptés à l'émission d'amateur afin d'en étendre efficacement les performances.

Ce contexte d'intense évolution technologique pose de sérieux problèmes de respect de la réglementation du service amateur en France qui nécessite d'importantes mises au point tant de procédure pour l'expérimentation que de rédaction de texte pour s'y adapter. L'objectif du présent rapport est de faire l'état des lieux le plus exhaustif possible des pratiques de radiocommunications actuellement utilisées par le service amateur et amateur par satellite sur le plan international afin d'analyser quelles seraient les adaptations réglementaires à apporter en France et en établir le calendrier.

Les associations de radioamateurs soutenant ce rapport sont soucieuses de pouvoir suivre le développement technologique actuel tout en y participant activement, comme elles l'ont toujours fait, en apportant les arguments nécessaires à l'adaptation de la réglementation actuellement en vigueur.





## 2. Le rôle des radioamateurs

Le développement des radiocommunications numériques professionnelles à usage du public comme le GSM, l'UMTS, la TNT ou le RDS a donné l'occasion de mettre au point des procédés de modulation efficaces ayant fait l'objet d'importants travaux de recherche au cours des dernières décennies. Si les radioamateurs n'ont pas eu les moyens d'y être pleinement associés, ils ne s'en sont pas écartés et continuent à développer de nombreuses applications pratiques sur les gammes de fréquences qui leurs sont allouées. La grande variété de champs d'expérimentation ainsi disponible a mis en évidence des performances de liaison inattendues en alliant une grande expérience d'exploitation des phénomènes de propagation des ondes radioélectriques à des techniques de traitement de signal simples et compatibles avec les équipements informatiques disponibles. Par cet accès à des moyens de communication performants, disponibles et ouverts à tous, il a été possible d'impliquer une très grande variété d'opérateurs radio aux expérimentations concrètes dans ce nouveau domaine. Leur importante participation répartie autour du globe contribue ainsi à une mise au point efficace de divers procédés de communication aux applications multiples en transmission de données, d'images et en phonie.

La coordination des mesures de performances est assurée par des groupes de travail auxquels les radioamateurs participent librement en communiquant tant par radio que par les réseaux appropriés sur Internet. Les associations regroupées au sein de l'IARU gèrent les plans de fréquences facilitant le trafic international et participent également de façon active à cette coordination.





### 3. L'objectif des expérimentations

On doit distinguer deux aspects complémentaires de cet objectif de recherche des meilleures performances sur une grande variété de gamme de fréquences tant en HF, qu'en VHF, SHF ou hyperfréquences :

- Un aspect de sensibilité dans un bruit radioélectrique connu par adaptation des modulations utilisant au mieux des canaux de transmission dont la bande passante est fixée par convention et avec une protection spectrale suffisante des canaux voisins
- Un aspect protocolaire du traitement de signal optimisant les modulations aux conditions spécifiques de propagation de chaque gamme de fréquences et fixant les limites des débits de transmission de données différents en fonction des besoins

Il s'agit ainsi de travaux de mise au point d'une part sur des équipements de radiocommunication (émetteurs récepteurs) en optimisant les procédés de modulation et d'autre part sur des logiciels informatiques compatibles avec les ordinateurs utilisant des systèmes d'exploitations normalisés et disponibles sur le marché sans exiger d'adaptations inaccessibles aux radioamateurs.

Depuis l'apparition de ces technologies numériques des progrès considérables ont été déjà obtenus en laissant apparaître encore de nombreuses possibilités d'évolution. Citons par exemple les communications inaudibles à très basse vitesse en HF et VHF, l'exploitation des liaisons par réflexion sur la lune des VHF aux hyperfréquences ou par diffusion sur des météorites, les transmissions d'images fixes ou animées dans toutes les gammes de fréquences et bien d'autres applications en cours de développement. Toutes font appel à une coordination optimisée des deux aspects de ces expérimentations.





## 4. Modulations des signaux radio

Les méthodes de modulations pratiquées sur les émissions des Services d'Amateur répondent aux exigences administratives et aux recommandations de l'IARU associant à des portions de bandes de fréquences des caractéristiques spectrales similaires aux signaux radio qui s'y trouvent. Cette méthode de rangement est indispensable pour minimiser les interférences et assurer une bonne efficacité de trafic.

Le signal porteur HF (plus couramment appelé porteuse) peut être constamment présent à sa puissance nominale dans le cas des modulations angulaires (fréquence et phase) dites à enveloppe constante. Il peut aussi varier en puissance au rythme de la modulation en suivant un procédé dit à enveloppe variable. La combinaison des 2 méthodes est également possible.

L'UIT a défini des catégories ou classes de modulation, initialement prévues pour ne transmettre que l'information analogique utile, sous forme de 3 symboles. On en retrouve les définitions dans le tableau en annexe 1 extrait du règlement des communications (RR4-2).

L'apparition des transmissions numériques a recommandé l'apport de précisions supplémentaires de 4 symboles ajoutés aux 3 initiaux pour définir la bande passante utile en réception et assurer une démodulation avec le minimum de distorsion. Cette bande passante est calculée à l'aide de formules prenant en compte un grand nombre d'informations techniques dont le débit binaire de transmission.

L'objectif de l'émission d'amateur n'étant pas de transmettre de la haute fidélité ou des débits excessivement élevés, comme l'exigent les applications commerciales, il est possible de se contenter de la classification simplifiée en considérant que les recommandations IARU prennent suffisamment en compte les bandes passantes sans qu'il soit nécessaire de les réglementer. Il suffit pour cela de s'assurer qu'il ne peut y avoir aucun débordement à l'extérieur des bandes de fréquences allouées.

Le choix des modulations numériques est basé sur l'obtention de la plus grande sensibilité de réception possible pour des débits bruts de transmissions fixés par un taux minimum d'erreurs (TEB ou Taux d'Erreur Brut). Compte tenu des évolutions technologiques particulièrement en hyperfréquence les modulations sont exploitées aux limites de leurs possibilités pour un bon compromis entre la stabilité de fréquence et la bande passante. L'optimisation des performances globales (TET ou Taux d'Erreur Trame) en fonction des fréquences porteuses, de la mobilité éventuelle de l'équipement radio et des paramètres de propagation



qui leur sont propres n'est effectuée qu'avec application des protocoles de traitement après démodulation les plus appropriés.

Les expérimentations effectuées par les radioamateurs portent sur l'ensemble des performances de modulation et des protocoles de traitement associés.



## 5. Modulations actuellement homologuées en France

Les procédés de modulation homologués par le règlement des radiocommunications du service amateur et amateur par satellite ont fait l'objet d'une mise à jour en 2008 à l'occasion d'une révision globale et en réponse à une demande du REF-Union en mai 2008 (voir document en annexe..). Ils apparaissent dans le tableau des classes d'émission à l'annexe 2 de la réglementation en vigueur en intégrant partiellement les procédés présentés dans cette demande.

.

La dernière mise à jour de mai 2010 conserve la liste des classes d'émission établie en 2008 :

- Classe A : (Double bande latérale) A1A, A1B, A1D, A2A, A2B, A2D, A3E, A3F, A3C
- Classe C : (Bande latérale résiduelle) C3F
- Classe F : (Modulation angulaire de fréquence) F1A, F1B, F1D, F2A, F2B, F2C, F2D, F3C, F3E, F3F
- Classe G : (Modulation angulaire de phase) G1D, G1F, G2D, G3C, G3E, G3F
- Classe J : (Modulation en bande latérale unique porteuse supprimée) J1D, J2A, J2B, J2C, J3C, J3E, J7B
- Classe R : (Modulation en bande latérale unique, onde porteuse réduite ou de niveau variable) R3C, R3D, R3E

Les classes de modulations suivantes ont fait l'objet d'une demande d'homologation et n'ont pas été retenus : F1E, F2E, G1E, J2E, F7W, G7W et W7F.

A l'exception de la dernière se rapportant à la télévision numérique pour laquelle des précisions doivent être apportées, toutes concernant la numérisation de la voix qui se trouve ainsi interdite sans qu'aucune justification technique n'ait été signifiée à ce jour.





## 6. Modulations agréées en international par l'IARU

L'Union internationale des radioamateurs (IARU) participe aux travaux du groupe 8A de l'UIT en représentant les associations nationales d'utilisateurs de ce service. En avril 2007 un document (8A/225 et 8A/425 ci-joint en annexe...) a été présenté sous forme d'état des lieux de l'activité internationale. Son aspect expérimental y est clairement souligné particulièrement dans les six tableaux d'activité de l'annexe 1 au chapitre 6, sur toutes les bandes de fréquences attribuées et dans toutes les régions UIT.

Tous les procédés de modulation ou modes connus jusqu'en 2007 qu'ils soient analogiques ou numériques y sont cités avec la classification normalisée incluant les bandes passantes utiles ;

On y trouve :

- Tableau 1 : Mode télégraphie manuelle en Morse (CW) :
- A1A, A1B, J2A et J2B avec les bandes passantes retenues en fonction de la vitesse de manipulation. On notera la référence au trafic Terre Lune Terre dans ce mode.
- Tableau 2 : Modes numériques à bande étroite permettant l'impression des messages : J2B, J2D et F1B avec les bandes passantes appropriées de 60 Hz à 2,2 kHz. On notera que la liste des procédés de modulation pris en compte a fortement évolué depuis 2007
- Tableau 3 : Modes analogiques de transmission vocale (phonie) en BLU (J3E) et FM (F3E) avec les bandes passantes utiles de 2,7 à 20 kHz. On notera particulièrement en FM que la bande passante recommandée en réception peut être plus étroite que l'utile dans des cas extrêmes
- Tableau 4 : Modes numériques de transmission vocales et multimédia : Jusqu'à 450 MHz F7W, F1E, G1E et J2E avec bande passante utile de 2,7 à 8 kHz. De 1240 à 1300 MHz D1D, F1D et G1D avec bande passante utile de 2,7 à 150 kHz. Au-dessus de 10 GHz : F7W en plus des précédentes pouvant aller jusqu'à 10 MHz de bande passante utile.
- Tableau 5 : Modes analogiques et numériques en liaison avec les satellites amateurs dans le sens terre-espace : A1A, F1D, F3E, J2A, J2E, J3E et F3E. A l'exception du mode F1D tous les autres sont déjà utilisés pour d'autres types de trafic. Les bandes passantes utiles varient de 150 Hz (Morse en CW) à 88 kHz pour la phonie qu'elle soit analogique ou numérisée



- Tableau 6 : Modes analogiques et numériques en liaison avec les satellites amateurs dans le sens espace-terre : On retrouve les mêmes modes que dans le tableau 5.



## 7. Modes agréés IARU et modes autorisés en France

La liste des procédés de modulation préconisés par l'IARU fait apparaître des différences importantes, dans l'agrément des classes, susceptibles de poser de sérieux problèmes pour les communications internationales.

On y trouve :

Sur le tableau 2 : J2D

Sur le tableau 4 : Tous les modes prévus (F1E, G1E, J2E, D1D, F1W, F7D et F7W) à l'exception du G1D qui ne joue qu'un rôle annexe à la numérisation vocale

Notons que la liste de l'IARU de 2007 ne prend en compte qu'une dizaine de protocoles numériques de transmission de données alors que la demande de mise à jour du REF-Union en 2008 était basée sur la possibilité d'accéder à plus de 30 déjà identifiés à cette date en répondant aux critères de disponibilité des logiciels associés. La plupart de ces protocoles n'auront probablement qu'une brève durée de vie expérimentale compte tenu de leur importance marginale relativement aux plus performants.

Il convient également de souligner que la liste des classes d'émission autorisées mise à jour contient un grand nombre de modes qui ne sont plus utilisés actuellement dans la mesure où ils sont dérivés de la modulation d'amplitude (modes Axx) leur efficacité spectrale étant largement dépassée aujourd'hui. L'IARU ne retient actuellement que celui relatif à la télégraphie A1A et A1B. On peut se demander s'il est opportun de conserver les autres modes Axx (A1D, tous les A2 et A3C) qui ne sont plus utilisés alors que la phonie analogique A3E et la Télévision analogique A3F le sont encore pour des raisons historiques.

Bien qu'étant cité dans le rapport de l'IARU, le mode Télévision n'est présenté que par son aspect numérique alors que l'analogique en C3F est toujours utilisé.

Le mode RTTY pratiqué en J3C n'apparaît pas dans le tableau de l'IARU car il est cité par ailleurs comme étant destiné à être remplacé par du PSK en mode J2B. L'expérience montre qu'en pratique depuis le remplacement des imprimantes mécaniques par des ordinateurs les applications automatisant les communications se sont développées et le mode RTTY est toujours fortement utilisé. Le mode J3C peut ainsi être conservé dans la liste officielle.

En modulation angulaire l'IARU ne cite que peu d'applications en modulation de fréquence (F) et une seule en modulation de phase (G). La plupart sont cependant en usage et il n'y a pas lieu de remettre en cause la liste actuelle si ce n'est de la compléter sur la base de la demande de mise à jour du REF Union en 2008.





## 8. Le cas particulier de la télévision numérique

Plus connue sous l'appellation DATV (Digital Amateur TV) son développement a suivi celui de la réception satellite Numérique puis de la TNT du grand public tout en bénéficiant de traitements spécifiques pour les radioamateurs.

Pour les mêmes raisons que la TV analogique, les problèmes de définition et de limitation de bande passante se posent en plus de la référence à une classe de modulation normalisée. Le réglementation actuelle précise en effet, pour la « bande occupée », que « pour toutes les modulations l'excursion de fréquence ne doit pas dépasser  $\pm 3$  kHz pour les fréquences inférieures à 30 MHz, et  $\pm 7,5$  kHz pour les fréquences supérieures à 30 MHz. » sans exclure explicitement le cas de la TVA ni bien entendu celui de la DATV.

Elle peut utiliser tous les modes DVB actuels et futurs autorisés en France et publiés par l'ETSI pour la TV numérique grand public en spécifiant explicitement qu'ils ne sont pas cryptés et respectent les prescriptions de largeur de bande en fonction du débit utilisé et de puissance. En conséquence, ces anomalies doivent être corrigées dans la mesure où les transmissions TV s'appuient généralement sur des modulations de fréquence (Fxx) et de phase QPSK (Gxx) utilisé en DVB-S et sur des modulations de phase + amplitude simultanément comme pour les modulations QAM (Wxx) utilisé en DVB-C et QPSK 2K ou 8k / QAM 2k ou 8k (Xxx) utilisés en DVB-T .

Le tableau des classes de modulation de la réglementation actuelle, mis à jour en 2008, autorise pour le canal vidéo de la transmission TV les classes F3F et G3F pour les modes analogiques et uniquement G1F pour le mode numérique s'appuyant sur de la modulation de phase. Cette limitation est cohérente si on considère que la transmission indépendante de la partie son a longtemps été le cas en analogique tant que la sous porteuse son n'était pas exploitée. Ce n'est plus le cas pour les modes numériques normalisés, le flux de données contenant à la fois la vidéo, le son et même du texte.

Le problème de définition de la classe applicable en DATV limitée à la seule modulation de phase se pose ainsi :

- La classe G1F s'applique dans le cas où le contenu du flux numérique est de la vidéo + son en considérant que le son fait aussi partie de l'émission TV comme implicitement convenu en TVA analogique ( F3F ou G3F).
- Pris en compte indépendamment en une seule voie, chacun des sous flux transportés correspondrait à des classes différentes, à savoir pour la DATV :
  - o G1D si le contenu du flux est constitué de données de télémétrie ou de télécommande



- o G1E si le contenu du flux n'est que du son
- o G1W si le contenu du flux est la combinaison de plusieurs, par exemple vidéo + son + sous titres ou télécommande de relais ou autres données...
- Pris en compte comme étant des voies différentes, ces 3 sous flux combinés peuvent également correspondre à la classe G7W

Dans le cadre de la fonction d'expérimentateur des radioamateurs il est envisagé également la mise au point d'applications 3D. Si les vues gauche et droite s'appuient sur des flux vidéo en voies séparées il faut appliquer les classes G7F à des voies uniquement vidéo et G7W à leurs combinaisons avec le reste. Or, les expérimentations en cours utilisent soit la technologie grand public du « side by side » où les 2 images gauche/droite sont dans un seul flux HD, soit une technologie plus radioamateur ou on reste en définition standard (SD) en envoyant simultanément 2 sous flux vidéo. Dans ces deux cas les définitions des classes G1F et G1W restent applicables.

En pratique, la DATV au sens large est toujours en modulation de phase ou/et modulation d'amplitude (soit classes Dxx ou Gxx ou Wxx ou Xxx). L'examen du contenu de ces modulations montre, comme dans le cas des standards TV-Numérique, la transmission d'un flux de transport unique (TransportStream) constitué principalement des contenus suivants :

- table des contenus
- données (identification) sur le diffuseur
- flux vidéo (1 ou +)
- flux audio (1 ou +)
- des signaux de synchronisation

Et accessoirement :

- flux sous titres
- flux data (données pour interactivité, mesures, télécommande...)

Les émissions DATV radioamateurs, s'alignant sur ces standards internationaux dont le respect est nécessaire pour pouvoir utiliser les composants électroniques disponibles et leurs logiciels associés (démodulateur QPSK, QAM ou COFDM), produisent ainsi des émissions susceptibles d'avoir ces différents types de contenus.

Il semble dans ce cas logique d'associer au caractère F la signification « émission TV » plus que la seule signification officielle « émission vidéo » comme cela a toujours été admis en TVA analogique alors qu'il y avait déjà 2 contenus : vidéo + son. Cette association pour désigner les émissions TV numériques avec tout ce qu'elles peuvent comporter dans leur flux reste compatible avec les standards internationaux.

Ainsi, les classes G1F, W1F, X1F et D1F restant les seules applicables à la DATV radioamateur, il suffit d'ajouter seulement les classe D1F, W1F et X1F au tableau de la réglementation pour s'adapter aux travaux en cours ainsi que G7F, W7F, X7F et G7W, W7W, X7W pour les travaux à venir dans cette technologie et à nos relais en cours d'évolution.



## 9. Les techniques de modulation

Il existe aujourd'hui diverses façons de moduler un signal radio selon la nature de l'équipement correspondant. On ne distingue cependant que deux procédés de base ayant chacun ses avantages et ses inconvénients suivant la gamme de fréquence exploitée :

- La modulation directe appliquée à un signal à la fréquence de travail ou à une autre fixe et transposable à la valeur souhaitée par mélange avec un oscillateur variable.
- La modulation indirecte qui est appliquée à un signal de base situé dans une bande de fréquence adaptée à une modulation différente du signal radio.

Chacun de ces procédés doit pouvoir s'adapter tant aux équipements de radiocommunication les plus répandus et de conception technologique traditionnelle, qu'à ceux intégrant les méthodes de traitement de signal les plus élaborées. Les signaux émis sont identiques dans les deux cas au niveau du spectre radioélectrique alors que l'appellation officielle du procédé de modulation peut être différente au sens UIT de leur définition.

### 9.1 PROCÉDES DE MODULATION DIRECTE

Le procédé le plus utilisé dans l'émission d'amateur est celui qui consiste à transposer un signal modulé de la façon choisie à la fréquence désirée en le mélangeant avec un oscillateur variable et en filtrant le produit désiré. En réception ce procédé est connu sous le nom d'hétérodyne et il possède les mêmes caractéristiques qu'en émission avec les mêmes contraintes de sélection par filtrage.

Le mode BLU (Bande latérale unique Jxx) répond parfaitement à cette définition à partir du moment où seule l'information modulée est transmise, la porteuse étant éliminée. Le signal modulé peut être directement de la phonie analogique mais également tout autre signal BF dans une bande passante audio réduite (généralement 2,5 kHz) issu de la carte son d'un ordinateur. On peut ainsi constituer toute forme plus ou moins complexe de signal allant de la simple télégraphie manuelle ou automatique à des signaux préformés en GMSK, FSK, PSK, ou autres procédés compatibles avec la bande passante.

Ce mode de trafic nécessite des équipements radio de très grande précision sur la fréquence exploitée ce qui le rend plus facile en bande HF. Des opérateurs avertis savent cependant l'exploiter en phonie sur les hyperfréquences jusqu' à



10 GHz même si dans ces gammes de fréquences certaines modulations numériques deviennent inexploitable.

En fonction des possibilités de filtrage utilisant des composants passifs appropriés aux bandes de fréquences exploitées, des normes correspondent aux bandes passantes des émetteurs et récepteurs traditionnels. On retrouve ces valeurs normalisées dans les tableaux du rapport de l'IARU au WP8A de l'UIT (voir annexe). La qualité spectrale des signaux émis est directement liée à la qualité des filtrages sélectionnant les produits de mélange intermédiaires de la chaîne de transposition.

L'évolution technologique des équipements de transmission numérique a mis en évidence d'autres méthodes encore plus directes pour élaborer le signal modulé par traitement approprié en HF. Les ordinateurs offrent en effet des capacités de traitement et des vitesses de calcul suffisantes pour ne plus exiger de mélanges complexes. Une très grande souplesse de filtrage peut être obtenue sans nécessiter la sélection de composants passifs délicats. La méthode la plus répandue actuellement est connue sous l'appellation SDR (Software Defined Radio ou Radio conçue par logiciel). Cette technique particulière est dérivée d'applications largement répandues dans les équipements de radiotéléphonie numérique (GSM, UMTS, etc...) et continue à être mise au point spécifiquement pour l'émission d'amateur.

## 9.2 PROCÉDES DE MODULATION INDIRECTE

Cette superposition de plusieurs méthodes d'élaboration du signal radio est plus particulièrement utilisée en émission à enveloppe constante avec modulation angulaire de fréquence (Fxx) ou de phase (Gxx) au premier niveau. On détermine ainsi un canal de transmission sur lequel on peut appliquer toute sorte de signal analogique (voix par exemple) ou numérique de transmission de données (GMSK, FSK, PSK par exemple) ou de télévision.

Cette méthode a l'avantage d'être très souple et sa bande passante est une combinaison de celle du signal analogique à transmettre avec celle nécessaire à la modulation angulaire. Elle peut varier dans des proportions importantes (de 8 kHz à 10 MHz) en étant nécessairement plus large que celle requise en modulation directe de type BLU pour transmettre le même signal.

Son avantage est qu'elle ne nécessite pas une aussi grande précision sur la fréquence d'émission et offre des possibilités d'asservissement sur la détection de l'enveloppe présente en permanence. On l'utilise plus couramment en VHF, UHF et hyperfréquences pour ces raisons et particulièrement dans les réseaux relayés impliquant des mobiles.

Son inconvénient principal est que la puissance du signal à émettre, pour obtenir des performances identiques à celles de la modulation directe, est plus importante.

Les techniques de traitement de signal correspondant à ces modes particuliers sont en cours de développement.



## 10. Situation des annexes réglementaires définissant les modulations

Les classes de modulation autorisées actuellement ne permettent pas d'exploiter toutes les transmissions numériques disponibles pour les Services d'Amateur sur le plan international en interdisant ainsi de fait la participation des radioamateurs français à un grand nombre d'expérimentations ou de modes de trafic régulier. Il semble nécessaire d'effectuer une mise à jour importante précisant ce qui est autorisé sur la base des définitions normalisées à l'UIT et dans un but de simplification.

La référence aux modes actuellement répertoriés par l'IARU en 2007 reste encore insuffisante compte tenu de l'évolution technologique en cours. Une simplification de la liste des classes autorisées est cependant possible dans la mesure où elle ne prend pas en compte les particularités des protocoles de transmission qui devront être réglementés indépendamment.

Une mise au point complémentaire s'impose également sur la définition actuelle des bandes passantes trop limitée aux applications analogiques et inapplicable aux transmissions numériques.

La liste des paragraphes réglementaires à mettre à jour ne peut être établie qu'après concertation avec l'ARCEP et l'ANFR sur les limites à fixer aux demandes des associations de radioamateurs sur la base du présent rapport.





## 11. Les protocoles

Les protocoles de transmission ont un rôle important pour compléter celui des modulations de base et déterminer des performances de communication efficaces. Ils sont définis à partir du développement des technologies numériques mises à disposition du public et en évolution permanente depuis quelques années. Ils ne font pas toujours l'objet d'agréments aussi avancés que les procédés de modulation ce qui demande une procédure particulière pour en autoriser l'utilisation par les services amateurs.





## 12. Evolution technologique des transmissions d'amateur

L'activité de trafic des radioamateurs n'est pas limitée à la phonie par application d'un signal de parole analogique audio de 2,5 kHz de bande passante au procédé de modulation choisi. En complément et préalablement à l'apparition des modes numériques, le mode télégraphie, constituant depuis l'origine des transmissions un codage particulier de l'alphabet, des chiffres et de la ponctuation en Morse, reste toujours très utilisé.

Les messages transmis dans ces modes traditionnels sont directement interprétés « au son » et ils doivent être d'une qualité auditive suffisante pour être compris. Cette qualité est traditionnellement exprimée en rapport Signal/Bruit (S/B ou S/N ou SNR) dans la bande passante audio normalisée à 2,5 kHz.

En phonie, on estime pouvoir obtenir une compréhensibilité de 80% des messages exprimés dans sa langue maternelle et sans répétition pour des SNR supérieurs à 10 dB. Avec des répétitions plus ou moins fréquentes, les radioamateurs arrivent à obtenir les mêmes résultats pour des SNR de 4 à 6 dB. En télégraphie, un opérateur exercé arrive à déchiffrer tous les signes utiles dans des conditions stables pour des SNR de l'ordre de -10 dB à -15 dB en limite de perception auditive d'un signal. Dans de telles conditions le signal utile est noyé dans un bruit de fond important qu'il est possible de filtrer partiellement tant en réception plus étroite que par concentration auditive sur la tonalité du signal. Cette différence de 15 à 20 dB avantage largement le mode télégraphie même s'il apparaît aujourd'hui d'autres modes numériques tout aussi efficaces si ce n'est d'une supériorité significative.

Au-delà du trafic traditionnel « au son » la transmission écrite des messages a pu se développer dans les années 50 et 60 avec le développement des téléimprimeurs et la normalisation du décodage automatisé des messages reçus. Cette introduction aux modes numériques a connu depuis un essor en croissance quasi exponentielle depuis l'apparition des ordinateurs personnels équipés de cartes son. Cette évolution, associée au développement de technologies de traitement du signal de plus en plus sophistiquées et rapides, est à l'origine d'un grand nombre d'expérimentations de divers procédés de transmission numérique utilisant des protocoles de transmission de plus en plus efficaces.





## 13. Le traitement des données brutes

Les procédés de modulation numériques actuellement retenus pour le trafic courant des services amateurs combinent une démodulation performante des signaux radios aux bandes passantes recommandées par l'IARU et l'UIT pour un débit binaire optimisé avec une précision de calage appropriée à la fréquence exploitée. Cette performance de base s'exprime en taux d'erreur brut sur ces informations binaires reçues sans codage pour des SNR normalisés et stables.

Les phénomènes de propagation spécifiques aux bandes de fréquence LF, HF, VHF et SHF ajoutent une distorsion de signal nécessitant l'application de protocoles de traitement adaptés aux particularités de trafic requises. Il en résulte un débit utile (ou net) réduit dans des proportions importantes relativement au débit binaire brut. Dans la plupart des cas, la taille et le format des messages est adapté à la transmission du minimum nécessaire pour valider le contact établi entre 2 stations à savoir : Indicatif, localisation et qualité de réception du correspondant.

Cette pratique permet des communications sur les bandes de fréquences basses (LF à 137 kHz et HF de 1,8 à 30 MHz) pour des SNR allant jusqu'à -30 dB et des débits très lents ou moyennement lents équivalant à des encombrements spectraux de quelques Hertz ou dizaines de Hertz. Elle offre des capacités de réception simultanée d'un très grand nombre de stations partageant un même canal de transmission de quelques centaines de Hertz de largeur ou dans les 2,5 kHz normalisés.

Dans les bandes VHF, UHF et SHF ces procédés augmentent significativement les portées de communication pour des puissances d'émission raisonnables. Ils facilitent ainsi l'exploitation des phénomènes de réflexion des signaux radio sur toutes sortes de surfaces (immeubles, montagnes, météorites, lune, nuages, etc...). L'emploi d'antennes très directives et à grand gain permet de favoriser le choix des trajets les plus performants afin de minimiser les combinaisons multiples susceptibles d'apporter des distorsions perturbant le traitement du signal.

En préalable à ces applications extrêmes et par extension du trafic en radiotélétype (RTTY) autorisé depuis de nombreuses années, un trafic traditionnel d'échanges d'informations techniques et d'images fixes ou animées s'est mis en place. Ces échanges ont été rendus possibles tant en liaison directes que par relais à partir de modulations et de protocoles performants directement traités par ordinateurs. L'évolution des performances de ces derniers a permis d'effectuer des échanges de fichiers de grandes dimensions comme



des images fixes avec des délais d'affichage sur écrans de plus en plus faibles. Les méthodes de traitements de signal utilisées ont évoluées pour s'adapter à un grand nombre de combinaisons de phénomènes de propagation complexes (trajets multiples, réflexions dispersées, effet Doppler etc ...).

Les premières applications numériques à large déploiement ont utilisé le mode paquet (packet radio) en modulation indirecte sur le mode FM. Diverses expérimentations en mode Wi-Fi ont également été effectuées. Dans chacun de ces cas les protocoles utilisés se référaient à des normes de transmission connues.

Il est également possible d'utiliser des protocoles basés sur des codes déjà exploités par des réseaux radioélectriques professionnels répondant à des normes internationales publiques comme celles de l'ETSI sous agrément de la CEPT. Les radioamateurs modifient alors des équipements professionnels pour les adapter aux bandes de fréquences des Services d'Amateur. Cette possibilité contribue à l'instruction individuelle des radioamateurs, comme défini par le Règlement des Radiocommunications.

Dans tous les cas, les protocoles déployés aujourd'hui pour le trafic radioamateur sont désormais spécifiques ou constituent des extensions de procédés de transmission déjà normalisés et adaptés à l'émission d'amateur.



## 14. Les applications en réseau

Les transmissions numériques permettent de superposer plusieurs canaux de transmissions, l'un contenant les données utiles et d'autres permettant une signalisation simultanée ou préliminaire pour l'établissement de chemins de communication plus ou moins complexes. Il est possible dans ces conditions de relier entre elles diverses installations servant de relais et de construire un réseau ouvert à tous les utilisateurs radioamateurs. Les protocoles associés ont permis des liaisons entre stations fixes relayant les données vers des destinataires variés et choisis à partir des indicatifs attribués

Les liens déterminant le chemin de communication sont actuellement établis par radio sur d'autres fréquences que celle(s) utilisée(s) à chaque extrémité de la communication. On trouve ainsi couramment des transmissions VHF transposées en UHF ou SHF pour réaliser ces interconnexions entre relais. Cette organisation en réseau utilise ainsi exclusivement des ressources radio accessibles au moyen d'équipements standards dans leurs fonctions radio et pouvant être directement connectés à des ordinateurs individuels à travers les accès audio et USB ou équivalents.

De nombreux états, y compris certains adhérents à la CEPT, autorisent également l'utilisation du réseau filaire Internet pour interconnecter les relais et même quelquefois directement les stations radio individuelles. Ces applications particulières simplifient la structure du réseau tout en en élargissant considérablement l'étendue des communications à une échelle internationale illimitée. Les outils informatiques permettant ces exploitations particulières des équipements radio des Services d'Amateur sont disponibles et possèdent les protections nécessaires pour en limiter l'accès uniquement à des opérateurs identifiés

Des procédés d'authentification numérique des stations sont possibles (serveur Certificat Authority - X509), pour garantir un usage exclusif aux radioamateurs et éviter ainsi l'utilisation d'Internet comme point de départ ou d'arrivée des communications.





## 15. La transparence des protocoles

Dans le cadre de la mission expérimentale des Services d'Amateurs, de nombreux procédés de codage ont été mis au point avec une obligation de transparence pour en permettre non seulement l'utilisation par tout opérateur identifié mais également l'écoute par les services de contrôle ou d'autres opérateurs intéressés par ce mode de trafic.

A cet effet les logiciels utilisés sont mis à disposition de tous pour être téléchargés à partir de sites Internet avec les descriptions techniques et les notices d'utilisation appropriées.

Les protocoles utilisés ne font l'objet d'aucune redevance de droits particuliers et leur description peut être fournie sans restriction sur demande comme peuvent être obtenues toutes les normes publiques. L'exemple de sortie d'écran du psk31 en annexe montre qu'il est possible d'afficher le contenu de toutes les communications simultanées accessibles dans la bande audio d'un récepteur.





## 16. L'adaptation réglementaire

La réglementation française actuelle ([décision ARCEP 2010-537 du 30 juin 2010](#)), précise à l'article 4 :

« L'utilisateur d'une installation radioélectrique des services d'amateur doit :  
... d) effectuer toutes ses transmissions en langage clair ou dans un code reconnu par le Règlement des Radiocommunications de l'Union Internationale des Télécommunications susvisé, les émissions qui nécessitent des installations dédiées sont interdites ... »

Cette limitation implique, au cours de cette importante phase de déploiement des procédés de transmission numérique, une procédure d'agrément des protocoles associés soit par l'UIT à partir des travaux du comité 8A soit par les autorités nationales de chaque état membre à partir de demandes d'autorisation spécifiques et coordonnées.

En effet, le règlement des radiocommunications de l'UIT ne contient aucune liste de codes pouvant servir de référence aux transmissions numériques des Services d'Amateur ce qui pose un problème de vide réglementaire. Si l'interprétation actuelle de cette exigence a autorisé certains modes comme le RTTY ou le Packet Radio AX25 par référence à des normes agréées pour des utilisations professionnelles, en dehors du Règlement des Radiocommunications de l'UIT, ceux qui ont été récemment mis au point de façon indépendante par les radioamateurs ne peuvent pas l'être.

La transparence des protocoles associés à ces nouveaux modes montre cependant qu'ils s'inscrivent dans le champ d'application de l'article 1.56 du Règlement des Radiocommunications de l'Union Internationale des Télécommunications en constituant des « études techniques effectuées par des amateurs » dans le cadre de leurs fonctions d'expérimentateurs. Le comité 8A de l'UIT dans lequel les radioamateurs ont un siège d'observateur attribué à l'IARU a fait modifier par la CMR de 2003 l'article 25.2 du règlement des radiocommunications auquel l'article 4 de la réglementation française correspond.

Cet article précisait dans sa version de 2001 :

« 25.2 § 2 1) Lorsqu'elles sont permises, les transmissions entre stations d'amateur de pays différents doivent se faire en langage clair et se limiter à des messages d'ordre technique ayant trait aux essais et à des remarques d'un caractère purement personnel qui, en raison de leur faible importance, ne justifient pas le recours au service public de télécommunications »

Modifié en 2003 il s'est transformé de la façon suivante :



« 25.2 § 2 1) Les transmissions entre stations d'amateur de pays différents doivent se limiter à des communications en rapport avec l'objet du service d'amateur, tel qu'il est défini au numéro 1.56, et à des remarques d'un caractère purement personnel. (CMR-03)

25.2A 1A) Il est interdit de coder les transmissions entre des stations d'amateur de différents pays pour en obscurcir le sens, sauf s'il s'agit des signaux de commande échangés entre des stations terrestres de commande et des stations spatiales du service d'amateur par satellite. (CMR-03) »

Les explications de cette modification ont été résumées dans le commentaire présenté par l'IARU dans un document daté du 3 juillet 2003 par Mr Michael Owen, (VK3KI) membre de l'équipe des observateurs à la CMR 2003 pour en préciser les raisons. Ce document (en langue anglaise) relevait les points particuliers suivants traduits en français :

« Le langage de beaucoup de dispositions de l'article 25 tel qu'il était avant le 5 juillet 2003 était celui d'il y a bien des années, reflétant les priorités, les structures et les attitudes d'une époque dépassée depuis longtemps »

Et également :

« On peut supposer que l'expression de l'ancienne disposition exigeant des transmissions d'être en « langage clair » signifiait quelque chose transmis par la voix ou en Morse que n'importe qui pourrait entendre et comprendre. Mais aujourd'hui les radioamateurs utilisent un grand nombre de codes ce qui peut poser la question de la signification de l'expression « langage clair » dans quelques pays. Cette formulation n'est plus réellement appropriée....

L'exigence n'est plus d'utiliser un « langage clair » mais de prohiber les messages codés dans le but d'en « obscurcir le sens ».

Cette nouvelle écriture de l'article 25.2 du RR de l'UIT appliquée à l'article 4 de la réglementation française pourrait supprimer le vide réglementaire actuel.



## 17. Etat des lieux des expérimentations numériques

L'objectif de mise à disposition pour tous les utilisateurs potentiels de transmissions numériques dans les bandes de fréquences des Services d'Amateur impose de s'adapter aux équipements existants autant qu'à ceux en cours de développement. Les performances des protocoles peuvent être ainsi comparées les unes aux autres à partir d'un très grand nombre de résultats pratiques. Les paramètres retenus pour être analysés et comparés aux prévisions théoriques concernent particulièrement la vitesse (Bauds ou c/s = caractères/seconde), la bande passante utile et le SNR minimum requis dans la bande passante normalisée à 2,5 kHz.

Dans certains protocoles ces paramètres sont mesurés en réception et renvoyés automatiquement en réponse au correspondant.





## 18. Adaptation aux classes de modulation

Les accès audio, auxquels les équipements informatiques de transmissions télégraphiques ou de données numériques sont connectés, sont généralement exploités soit en modulation à bande latérale unique (BLU) essentiellement en classe J2B ou J2D soit en modulation angulaire essentiellement de type FM (F2B, ou F2D), la modulation de type PM (classe G) résultant généralement de l'accentuation à 6 dB/octave de la modulation FM.

Le paramètre de réception SNR mesuré en réception après démodulation se rapporte au bruit audio affecté des fluctuations et distorsions de propagation du signal HF. En BLU, il y a proportionnalité rigoureuse avec le niveau de puissance reçu de ce signal relativement au bruit résiduel dans des bandes passantes équivalentes alors qu'en FM on doit en plus tenir compte de l'excursion appliquée. Dans ce dernier cas la proportionnalité rigoureuse entre le SNR audio et le SNR HF n'étant assurée qu'au-dessus d'un seuil de ce dernier d'environ 8 à 10 dB dans une bande passante plus large, l'exploitation de SNR négatifs n'a plus beaucoup de sens avec les mêmes protocoles.

Le mode FM est ainsi réservé à des applications n'exigeant pas de précisions de calage en fréquence trop rigoureuses plus particulièrement en VHF, SHF ou UHF ou pour supprimer les distorsions de propagation affectant la fréquence de la porteuse HF (effet Doppler par exemple) dans des conditions de SNR relativement élevé.

L'objectif principal étant de rechercher le meilleur bilan de liaison possible entre 2 stations, son adaptation au trajet de propagation choisi favorisera le mode BLU (Classe J2xx) pour lequel les protocoles sont optimisés. Ils permettent ainsi également de réduire la puissance d'émission au minimum nécessaire à des valeurs bien inférieures à celles exigées en phonie traditionnelle.





## 19. Classification des protocoles

L'objectif des transmissions numériques étant de mettre en communication une ou plusieurs stations radio du service amateur partageant alternativement les mêmes ressources HF et en exploitant le même protocole, les moyens à utiliser doivent être clairement choisis. Si la plupart des protocoles sont définis pour des liaisons directes point à point, le choix de la fréquence n'est pas toujours optimal compte tenu des fluctuations possibles de propagation. Dans certains cas il devra être nécessaire d'utiliser des relais ou d'exploiter les réflexions que les signaux subissent sur des surfaces fixes ou mobiles en vue directe de toutes les stations communicantes.

On distingue 5 catégories de transmissions numériques, 4 étant destinées à établir des liaisons réciproques la 5ème étant destinée à des essais de propagation par diffusion et rapports d'écoute centralisés. A chacune d'elles correspondent des protocoles spécifiques même si certains sont basés sur des procédés de transmission communs. Leur liste détaillée et les performances associées sont présentées à l'annexe 1 de ce document.

### 19.1 LES PROTOCOLES POUR LIAISONS DIRECTES

Ils sont conçus pour s'adapter à toutes sortes de phénomènes de propagation faisant varier les SNR par fading, subissant des distorsions de phase importantes ou étant soumis à des interférences occasionnelles ou continues. Leur rôle est de permettre les corrections appropriées et de reconstituer un message sans erreur. Ils sont de nature différente suivant leur bande passante et le contenu du flux de données transmis :

Ceux adaptés aux bandes étroites s'intègrent parfaitement dans la bande passante audio normalisée de 2,5 kHz soit en n'occupant qu'une faible partie si l'objectif est de décoder les messages reçus le plus faiblement possible soit d'en occuper la totalité pour transporter des fichiers plus volumineux le plus rapidement possible.

Ceux adaptés aux bandes larges exploitables en bandes UHF et SHF sont plus spécifiquement adaptés pour la télévision.

La liste correspondante présentée en annexe 1 contient 39 protocoles conçus, expérimentés et en usage sur les bandes amateurs. Sur ce total 11 sont très faiblement utilisés et sont plutôt cités pour mémoire, 14 sont faiblement utilisés, 5 moyennement, 5 fortement et 4 très fortement.

### 19.2 LES PROTOCOLES POUR LIAISONS SPORADIQUES



Ce type de liaison est saisonnier et occasionnel. Les radioamateurs ont acquis une technique de communication fiable et conforté par un grand nombre d'expérimentations pratiques. Le principe est de bénéficier de la présence dans l'atmosphère de réflecteurs ou diffuseurs de signaux. Ce phénomène bien connu en permanence à partir des couches atmosphériques pour les bandes HF s'étend de façon plus sporadique et aléatoire à toute sorte d'évènement particulier dont l'effet sur la propagation des ondes est particulièrement sensible en hyperfréquences. Les plus couramment exploités sont les passages de météorites et les concentrations de nuages denses et orageux. Occasionnellement on a pu identifier et exploiter la réflexion sur des passages d'avions. Les signaux exploitables subissent ainsi des distorsions très importantes dues aux scintillements inévitables étalant le spectre du signal utile. Le traitement à appliquer reste de ce fait très particulier. On cherchera à bénéficier de la rapidité du passage de météorites en appliquant des protocoles de communication spécifiques de même qu'en présence de couches nuageuses en portée optique se déplaçant plus lentement on tente d'exploiter l'étalement de spectre correspondant au mieux des possibilités. A ce jour le mode CW (télégraphie Morse) continue à être prédominant avec un décodage au son mais de nombreux travaux de recherches spécifiques sont en cours pour améliorer les performances par des traitements automatiques.

La liste présentée en annexe 1 est actuellement limitée à 3 y compris le mode CW traditionnel. Il est à prévoir des extensions possibles dans les années à venir.

### 19.3 LES PROTOCOLES POUR LIAISONS PAR REFLEXION SUR LA LUNE (EME)

Les communications utilisant les réflexions sur la lune sont exploitées depuis déjà plusieurs dizaines d'années. Compte tenu de la très grande distance que le trajet des ondes représente, les bilans de liaison précis ont pu être établis et vérifiés en mettant en évidence des affaiblissements de propagation très élevés. Jusqu'à récemment, la nature scintillante très particulière de cette réflexion limitait le mode transmission à la CW (Morse).

Depuis quelques années cette technique de communication a fortement évolué, particulièrement à partir des travaux de Mr Joe TAYLOR (K1JT) ayant permis la mise au point de procédés de transmission améliorant les performances de plus de 10 à 15 dB par rapport aux capacités de décodage au son par des opérateurs expérimentés.

Ces bilans de liaisons exigeaient jusqu'alors des PIRE très élevées pour permettre l'audition des signaux, associant ainsi des gains d'antennes importants et des émetteurs de forte puissance. Le gain apporté par l'exploitation de ces nouveaux procédés de transmission, ne nécessitant pas de reconnaissance auditive, et des protocoles associés ont permis de réduire considérablement les puissances d'émission en autorisant le décodage automatique des messages. Ils exigent une grande rigueur de trafic nécessitant de grandes précisions de fréquence et d'horloge de contrôle des périodes d'émission et de réception.

La description du protocole est donnée annexe 1. Ce procédé est maintenant de plus en plus employé.

### 19.4 LES PROTOCOLES POUR LIAISONS EN RESEAUX TERRESTRES ET SATELLITAIRES



Il s'agit dans ce cas de communications indirectes, le lien entre exploitants étant effectué à travers des relais ouverts à tous les utilisateurs équipés pour s'en servir. Ces relais peuvent être localisés en définissant pour chacun une zone de couverture limitée par les caractéristiques physiques de leurs installations et leurs environnements ou être organisés en réseaux pouvant établir une connexion dédiée entre eux pour transmettre les messages d'une zone à une autre. Les communications ainsi établies ne sont conditionnées par les variations de propagation qu'à l'intérieur de la zone de couverture locale de chaque relais, les liens intermédiaires restant stables.

Cette même fonction de relais unique et indépendant d'un réseau est applicable aux satellites à très large couverture compte tenu du recul que leur procure leur éloignement de la surface terrestre.

Dans tous les cas, les protocoles ne se contentent pas de gérer les communications mais également l'établissement du lien nécessaire en transmission de données de service.

Les communications par relais et satellites sont déjà largement exploitées depuis plusieurs dizaines d'années et les protocoles numériques utilisés sont bien souvent limités aux échanges utiles à l'établissement de la communication. Les applications « tout numérique » ont commencé également depuis longtemps par extension des protocoles normalisés AX25 appliquées au packet radio. Depuis quelques années, à l'apparition du GPS, un procédé de localisation de mobiles a été expérimenté à travers des relais dédiés en mode packet-radio pour transmettre les informations à un central permettant de les localiser sur une carte. Ce procédé appelé APRS décrit en annexe 1 est largement déployé.

Une expérimentation en mode WiFi a pu s'effectuer il y a également quelques années. Elle a mis en évidence des capacités de connexion à longue distance inattendues. Le déploiement en réseau n'a pas fait l'objet de demande d'autorisation à ce jour. Le WIFI est pourtant un protocole de transmission haut débit permettant de nombreuses applications d'interconnexion des stations radioamateurs avec de nouvelles possibilités d'intégration d'applications innovantes.

Le protocole D-Star est actuellement celui qui retient le plus l'attention dans les applications de transmission de la voix numérisée. Il permet non seulement l'acheminement de la voix mais également des données à faible débit (DV) ou haut débit (DD). Les messages en phonie sont transmis au travers d'un vocodeur très performant (AMBE). Largement déployé dans la plupart des pays d'Europe, il a fait l'objet d'une expérimentation récente en France non suivie d'autorisation de déploiement. Développé par des radioamateurs de la JARL (Japan Radioamateur Radio League), son efficacité est prouvée et les limites en sont connues. En outre, ses spécifications techniques montrent une adaptation parfaite à la réglementation radioamateur en France (codages reconnus de l'UIT, signalisation de l'appelant et de l'appelé à chaque transmission, routage clairement identifié et occupation spectrale réduite en DV). Une description détaillée en est donnée à l'annexe 1.

Notons que ce protocole est exploité sur des satellites de type Cubesat en cours de déploiement et très largement utilisé par les pays frontaliers.

L'interconnexion entre relais à travers le réseau Internet, actuellement interdite en France, est largement utilisée dans tous les pays où ce réseau est déployé. Cette



interconnexion de relais utilise aussi des liaisons Hertziennes de transmission à haut débit dédiées aux Services d'Amateur en UHF et SHF sur la base de protocoles existants et parfaitement définis (Wifi W7D sur 2,3 GHz et 5,6 GHz - ATM F1D sur 10 GHz).

### 19.5 LE PROTOCOLE DE DIFFUSION :

Ce cas particulier de transmission numérique est destiné à faciliter les mesures de performance d'une installation radioamateur dans toutes les configurations de propagation des ondes. Les signaux d'essais sont transmis à petite puissance sur une période de temps permettant une analyse précise de sa réception par toute autre station susceptible de les recevoir. Les comptes rendus d'écoute sont envoyés par Internet à un centre de traitement des résultats consultable par tous. L'extraction des résultats concentrés dans un fichier de données mis à jour en temps réel peut s'effectuer de façon sélective pour vérifier des cas spécifiques permettant de prévoir les performances de communication point à point ou d'effectuer des comparaisons de performances consécutives à des modifications locales.

Les détails de fonctionnement de ce protocole (WSPR) sont présentés dans l'annexe 1



## 20. Identification automatique des protocoles

La grande variété des protocoles actuellement expérimentés ou en exploitation permanente oblige les utilisateurs à effectuer une identification préalable des signaux reçus pour exploiter le mode de transmission approprié. Le procédé manuel ayant tendance à devenir difficile et peu efficace en reconnaissance auditive ou visuelle, un procédé normalisé est en cours de déploiement par implantation dans la plupart des applications multimodes disponibles.

Il s'agit dans tous les cas d'une transmission spécifique incorporée au préambule du contenu utile du message à décoder.

On distingue actuellement 2 procédés d'identification automatique des modes de transmission :

- Le procédé vidéo :

Il consiste à utiliser l'affichage spectral défilant sur écran dit en « chute d'eau » (waterfall) laissant apparaître des caractères lisibles par leur différence de luminosité par rapport à un fond d'image stable. Si la qualité du signal reçu est suffisante (SNR positif dans la bande utile) l'affichage suivant ce procédé est facilement interprétable pour identifier le mode en cours de transmission, le nom de celui-ci apparaissant en clair avec l'appellation standard (BPSK31, MFSK16, PAX2, etc... ) au centre de sa bande passante. Le procédé utilisé le plus souvent est celui du mode CMT Hell. Son utilisation reste plutôt marginale.

- Le procédé automatique :

Il est connu sous l'appellation RSID en bénéficiant de l'avantage du code Reed-Salomon qui permet des décodages dans des conditions de SNR normalisé fortement négatifs. Il est détecté, d'une part, le mode utilisé et, d'autre part, la fréquence centrale de l'identifiant (qui est aussi la fréquence centrale de la transmission), avec une précision de +/- 2,7 Hz. Cet identifiant est transmis en 1,4 sec et occupe une largeur de bande de 172 Hz. Sa détection se fait jusqu'à un rapport SNR normalisé de -18 dB (sous oubli à environ -16 dB), soit donc avec une sensibilité égale ou meilleure que celle de la plupart des modes numériques (RTTY, PSK31...). Il s'agit ainsi d'une transmission sans erreur, c'est à dire qu'en présence d'un identifiant, il y a deux solutions :

- soit l'identifiant n'est pas reçu parce que le signal est trop faible,
- soit il est reçu et alors il est correct, la probabilité de détection d'un mauvais identifiant étant quasiment nulle.

De même, la probabilité de détection d'un mauvais identifiant du fait du bruit radio est quasiment nulle.



En émission : Dans tous les modes, on peut émettre un identifiant. Il sera transmis sur la fréquence moyenne de la transmission, sauf s'il en perturbe le contenu comme par exemple en SSTV où il sera envoyé sur la fréquence de la raie de synchronisation (entre 1150 et 1400 Hz).

En réception : Dans tous les modes, on peut détecter cet identifiant. La largeur de bande de recherche peut être choisie (entre 500 Hz et l'ensemble du spectre). Dans cet espace, tout identifiant sera détecté (en temps et en fréquence). Chaque mode ou sous-mode est affecté à un numéro spécifique de message Reed-Solomon.



## 21. Homologation des protocoles

La réglementation actuelle de l'ARCEP mise à jour en mai 2010 définit dans son annexe 2 la liste des classes d'émissions autorisées sans préciser s'il existe des limites à l'utilisation des protocoles de transmission qui pourraient y être associés. Les radioamateurs intéressés par l'expérimentation et l'utilisation régulière des modes de trafic numériques voient apparaître sur les bandes amateur un grand nombre de protocoles plus ou moins performants pour communiquer à travers la connexion de leur ordinateur personnel à leur équipement radio. Les logiciels appliquant ces protocoles, facilement téléchargeables sur l'ordinateur à travers Internet, peuvent être immédiatement exploitables dans des classes d'émissions autorisées.

Cependant, tant qu'il n'est pas précisé à quelle liste de codes du règlement des radiocommunications de l'UIT il est possible de se référer et compte tenu qu'en absence de cette référence, l'obligation de transmettre en langage clair s'applique, il n'est pas possible de prétendre que ces protocoles en libre accès sont également libres d'utilisation.

Ils ne peuvent pas également être considérés comme homologués même s'ils ne font l'objet d'aucune interdiction formelle. Il existe cependant des autorisations implicites d'exploiter des protocoles homologués dans d'autres services de l'UIT ou dans d'autres organismes de normalisation de protocoles de transmissions de données. Parmi celles-ci on retrouve particulièrement le RTTY et le Packet radio en AX25 qui sont largement utilisés depuis de nombreuses années.

La régularisation de l'utilisation d'un grand nombre de protocoles parmi ceux qui sont présentés en annexe 1 et la participation à la mise au point de nombreux autres doivent en principe, dans les conditions réglementaires actuelles, suivre une procédure d'homologation au cas par cas. Celle-ci implique de passer par une phase d'expérimentation à autoriser, la fourniture d'un rapport explicatif et une demande d'homologation définitive ou limitée en fonction de l'importance de l'utilisation du protocole présenté. Dans l'état actuel d'évolution de l'activité numérique cette procédure, qui ne devrait en principe concerner que les classes d'émission, semble d'autant plus inutile, pour les protocoles déployés, qu'ils sont à la disposition du public ce qui permet aux autorités de régulation d'en vérifier directement la transparence.





## 22. Les actions administratives requises à court terme

Les radioamateurs français sont confrontés actuellement à des problèmes administratifs à résoudre le plus rapidement possible, ne serait-ce que pour régulariser l'emploi des nombreux modes numériques mis à leur disposition et pour participer aux travaux d'expérimentation en cours dans des conditions normales d'exploitation de leurs autorisations. Ces problèmes concernent directement la réglementation mise à jour en mai 2010 d'une part à l'article 4 définissant les conditions d'exploitation des stations radioamateurs et d'autre part aux annexes 2 et 3 en précisant les conditions techniques.

### 22.1 MISE A JOUR DE L'ARTICLE 4 DE LA REGLEMENTATION

Les règles d'utilisation des équipements d'amateur présentées dans cet article laissent apparaître un vide réglementaire pour les transmissions numériques, comme précisé précédemment, alors que son équivalent du règlement des radiocommunications de l'UIT article 25.2 en définit clairement les limites. Une mise en conformité de la réglementation française avec celle de l'UIT est la solution la plus pratique pour lever le doute sur les procédures d'homologation qui restent applicables aux classes d'émission sans être nécessaires pour les protocoles respectant l'interdiction de coder les transmissions pour en obscurcir le sens.

A partir du moment où ces transmissions sont utilisables par tous les radioamateurs, leur sens ne peut que rester clair sur application du décodage approprié. La liste des protocoles associés et les moyens pour se procurer les logiciels correspondants sur demande pourront faire l'objet de présentations à l'ARCEP et à l'ANFR à chaque évolution constatée.

### 22.2 MISE A JOUR DE L'ANNEXE 2 DE LA REGLEMENTATION

La liste des classes d'émission autorisées devrait également être mise à jour pour non seulement permettre la mise en conformité avec les développements numériques agréés par l'IARU mais également régulariser des applications en service mal positionnées dans la classification officielle. La demande de mise à jour de 2008 n'a pas été totalement acceptée et les raisons du refus de certaines classes agréées par ailleurs ont besoin d'être expliquées.

L'adaptation aux classes d'émission reconnues sur le plan international implique l'autorisation des suivantes, citées précédemment et à rajouter dans la liste :

- J2D pour la plupart des transmissions de données des bandes HF et certaines en VHF.



- F1E, G1E, J2E qui permettent l'introduction de procédés de numérisation des communications phonie. Les raisons de leur interdiction actuelle sont inconnues sachant que leur lien direct avec tout réseau non-radioamateur peut être facilement bloqué.
- D1D, D1F, W1F, X1F et D7W utilisant une combinaison des modulations d'amplitude et angulaire utilisés dans certaines communications par satellite et en DATV.
- G7F, W7F et X7F permettant la transmission numérisée de plusieurs programmes numériques dans le cas des relais DATV
- F7D utilisé dans certaines applications par le Service d'Amateur par satellite ouvrant la possibilité d'avoir deux ou plusieurs voies contenant de l'information numérique comme dans le mode J7B appliqué à la télégraphie et actuellement autorisé.
- F1W, F7W et G7W permettant la combinaison de plusieurs types d'informations (voix et données bas débit), en modulation de fréquence ou de phase. Ces classes d'émission sont largement utilisées en radiocommunication professionnelle et l'interdiction actuelle du F7W ne s'explique que par la possibilité que cette combinaison pourrait contenir de la phonie numérisée non autorisée par ailleurs. Cette interdiction empêche d'exploiter certaines transmissions par satellite et pourrait affecter les développements de la DATV.
- W7D (OFDM ou COFDM) permettant les transmissions type WIFI avec TCPIP, pour les données à très haut débit (802.11 a/b/g/n ou 802.16).

Cette mise à jour de l'annexe 2 telle que proposée ici semble suffisante pour poursuivre les expérimentations numériques au cours des prochaines années.

## 22.3 MISE A JOUR DE L'ANNEXE 3 DE LA REGLEMENTATION

En limitant la largeur de bande occupée à +/- 7,5 kHz au-dessus de 30 MHz la réglementation interdit implicitement les émissions de TVA actuelles en classe G1F et F1D pour les données à haut débit par exemple. Elle interdit également toute évolution vers la DATV :

- Pour une émission mono-porteuse en QPSK DVB-S (G1F ou G7F), la largeur de bande est fonction du débit utile et du FEC et s'étendrait de quelques MHz à plusieurs dizaines de MHz.
- Pour le DVB-C (W1F ou W7F) et le DVB-T (X1F ou X7F), les largeurs de bande sont celles des normes ETSI soit 6,7 ou 8 MHz suivant les pays.

Et vers tout autre procédé de transmission numérique dont la bande occupée pourrait être supérieure à cette limite. Leur développement coordonné par l'IARU s'inscrit dans un cadre de recommandations cohérent d'organisation des plans de bandes et il ne laisse pas la possibilité de transmettre des signaux occupant des bandes indéfinies.

Il semble important de corriger cette contrainte administrative en l'adaptant aux réalités du développement des activités radioamateur.

De même en limitant les classes d'émission des balises aux seules classes A1A, F1A ou F2A inapplicables aux procédés de transmission numériques modernes on interdit les expérimentations courantes d'extraction de signaux faibles du bruit naturel. Cette remarque est justifiée par les constatations faites au cours de la période passée de faible activité solaire ayant provoquée l'extinction de propagation des signaux en bandes HF. Les balises traditionnelles n'étaient plus perceptibles alors que de nombreuses communications en mode JT65 étaient encore réalisées. Cette restriction doit également être révisée par une mise à jour appropriée incluant la prise en compte des transmissions numériques.



## 23. Conclusion

L'exploitation des stations radioélectriques des Services d'Amateur en mode numérique ne peut pas être appliquée actuellement en France avec autant d'efficacité que dans les autres pays de la communauté européenne en respectant la réglementation nationale actuelle y étant insuffisamment adaptée. Ce handicap décourage beaucoup d'opérateurs désirant s'impliquer dans les expérimentations de technologies modernes comme le préconise l'article 1.56 du règlement des radiocommunications. La mise en conformité de l'article 4.d de la réglementation française avec la dernière version de l'article 25.2A du règlement de radiocommunications de l'UIT évitera de faire perdurer le vide réglementaire actuel entretenant ce handicap.

La plupart des expérimentations concernent aujourd'hui l'exploitation des hyperfréquences et la recherche de performances extrêmes dans les modulations numériques en adaptant les protocoles associés aux conditions de propagation spécifiques des bandes de fréquences attribuées aux services amateur. A cet effet, la connexion des équipements aux ordinateurs personnels devient une nécessité ce qui n'implique pas pour autant d'exploiter systématiquement la possibilité d'établir un lien entre eux à travers le réseau Internet. Si l'interdiction actuelle de cette possibilité constitue également un handicap certain au niveau international, il conviendra dans une étape ultérieure de négociation administrative d'en examiner le bien-fondé compte tenu des limitations possibles pouvant être mises en place.

Le tableau des classes de modulation autorisées dans l'annexe 2 de la réglementation française a dû être mis à jour pour ouvrir des possibilités limitées aux transmissions numériques sur demande des associations de radioamateurs. Les motifs qui en ont interdit certaines pourtant nécessaires aux applications numériques actuelles doivent cependant être expliqués. Les classes se référant à la numérisation de la phonie, sont actuellement interdites sous un prétexte de sécurité des communications surprenant tant qu'il ne s'agit que d'un problème de modulation susceptible d'interdire également d'autres applications que le D-Star.

La mise à jour de ce tableau doit rester ouverte à toute négociation à venir pour s'adapter aux travaux d'expérimentations avancées qu'effectuent les radioamateurs. Les demandes actuelles pour le compléter présentées dans le présent rapport, permettent de couvrir les exigences des pratiques numériques actuelles.



La liste des protocoles détaillée en annexe correspond aux développements en cours avec leurs spécifications techniques. Certains disparaîtront probablement au fur et à mesure qu'ils pourront être remplacés par d'autres plus performants en termes de qualité, d'efficacité et de souplesse d'utilisation. Il conviendra ainsi d'établir une procédure d'information pour permettre le contrôle de leur utilisation par les autorités nationales sachant que la mise à disposition des logiciels nécessaires pour les exploiter est facilement disponible.

Les associations de radioamateurs signataires de ce rapport se tiennent à la disposition des autorités pour répondre aux questions qui pourraient être posées à son sujet et pour établir une procédure de concertation régulière sur toutes les avancées technologiques en cours d'expérimentation tant localement qu'au niveau international.



## Annexe 1

### 23.1 LISTE DES PROTOCOLES EXPERIMENTES ET EN EXPLOITATION

Ils sont classés par ordre alphabétique sous une appellation spécifique de leur mode de transmission. Tous ont fait l'objet d'expérimentations pratiques en trafic radio réel. L'analyse de leurs performances a permis de donner plus ou moins d'importance à leur déploiement. La liste suivante rappelle leur existence en précisant leur taux d'utilisation actuel et l'essentiel de leurs caractéristiques techniques.

Pour répondre à leur spécificité du trafic radioamateur ils sont rangés par catégorie en fonction de l'utilisation pour laquelle ils ont été conçus que ce soit en liaison directe, par exploitation d'évènements sporadiques ou de réflexion sur la lune (EME), par relayage en réseau terrestres ou satellitaires. Certains ont vu leur utilisation de base s'étendre en pratique à plusieurs de ces catégories de trafic. Tous sont exploitables à partir de logiciels téléchargeables.

#### 23.1.1 Protocoles pour liaisons directes

##### 23.1.1.1 Protocoles pour transmission de messages codés

###### 23.1.1.1.1 Mode A110

Utilisation très faible (cité pour mémoire)

Ce mode (MIL-STD-188-110A/B) est aussi appelé FED-STD-1052 ou STANAG 4539. Il est principalement utilisé par les professionnels (le texte étant en général crypté) mais aussi, rarement, par les radioamateurs

Différents sous modes (75 à 4800 bps) et deux entrelacements (court et long) sont proposés. Tous les modes sont à fréquence fixe, sauf un sous-mode 75 bps (bits par seconde) qui est transmis en "sauts de fréquence".

- Vitesse en bauds : 2400.
- Modulation 8PSK (non différentielle, la phase exacte étant déterminée grâce à des données connues) avec une fréquence centrale de 1800 Hz
- Mode de réception : USB
- Jeu de caractères différents formats synchrones ou asynchrones sont proposés (5 ITA2, 7 bits ASCII ou 8 bits (ASCII+ANSI))
- Forme de l'impulsion : cosinus relevé
- Bande passante : environ 3 KHz (300 à 3300 Hz)
- Démodulation : cohérente
- Synchronisation : automatique en utilisant les données connues



- Code de convolution : oui, sauf en 4800 bps. La distance de contrainte est égale à 7 bits,
- Entrelacement : oui sauf en 4800 bps. Deux entrelacements sont proposés : court ou long. Cependant, il est prévu la possibilité de ne pas utiliser d'entrelacement.
- Pmoy/Pcrête : environ 0.76
- SNR minimum : + 4 dB en 75 bps (premiers décodages à +1.5 dB) et + 10 dB en 2400 bps

### 23.1.1.1.2 Mode ALE (MIL-STD-188-141A ou "141A") et ALE400 + Unproto + ARQ FAE

Utilisation régulière en ALE (sous-modes AMD, DBM, DTM), expérimentale ou plus ou moins régulière en ALE 400, le sous-mode Unproto est très peu utilisé, le sous-mode ARQ FAE l'est de façon expérimentale.

Le terme "ARQ" signifie "Automatic Repetition reQuest" ("Requête Automatique de Répétition") et "FAE": "Fast Acknowledged Exchange" ("Echange rapide par acquittement").

En Mode Standard :

Vitesse en bauds : 125 bauds en mode "141A" et 50 bauds en mode "ALE400"

Vitesse : 76 mpm à 125 bauds et 30 mpm à 50 bauds

Modulation : FSK 8 tonalités (3 bits)

Mode de réception : d'un seul coté (USB ou LSB), l'USB est recommandé

Jeu de caractères : caractères ASCII

Forme de l'impulsion : rectangulaire

Espace entre tonalités : 250 Hz à 125 bauds et 50 Hz à 50 bauds

Bande passante : 2000 Hz à 125 bauds et 400 Hz à 50 bauds

Démodulation : non-cohérente,

Synchronisation : automatique en utilisant le signal

Codage : Golay et moyenne sur 3 trames (avec une logique de vote en 2/3)

Entrelacement : oui (dans un bloc de 48 bits)

Dérive maximum : 10 à 20 Hz/mn en fonction du rapport signal/bruit

Pmoy/Pcrête : 1

SNR minimum : -4 dB en mode "141A" mode et - 9 dB in "ALE400" mode

En préambule à chaque trame, il est envoyé 12 symboles, alternativement sur la fréquence la plus basse puis la plus haute, soit donc durant une période d'environ 0,1 seconde (12/125 s). Ceci est destiné à permettre la synchronisation "symbole" avant même la réception de la trame. Ceci n'existe pas dans la spécification FS-1045A.

En "ALE400", il est envoyé 28 symboles, alternativement sur la fréquence la plus basse puis la plus haute, soit donc durant une période d'environ 0,56 seconde (28/50 s).

En Mode Unproto

Il est proposé un mode Unproto (pour "sans protocole"). Pour cela des trames spéciales sont émises. Elles contiennent l'information nécessaire et n'obéissent à aucun protocole. Chaque trame est formée de la façon suivante :

a) l'information LQA (BER+SINAD) correspondant à la dernière trame reçue, transmise suivant la spécification FS-1045,

b) le préambule "COMMAND" suivi de CHR(1) suivi du message ASCII (CHR(32) à CHR(126)), transmis suivant la spécification FS-1045. Dès qu'au moins, un caractère est présent dans l'éditeur, on forme cette commande. Il ne peut y avoir plus de 32 caractères envoyés par trame. Le caractère "retour chariot + passage à la ligne" est le caractère CHR(126).

Le caractère de remplissage pour former des blocs de 3 caractères est le caractère CHR(127).

S'il n'y a pas de caractères à transmettre, on n'envoie pas cette commande. Il restera donc le LQA et le préambule THIS WAS suivi de l'indicatif. Cette petite trame sera la trame de remplissage.

c) le préambule "THIS WAS" suivi de l'indicatif, transmis suivant la spécification FS-1045.

En préambule à chaque trame, il est envoyé 28 symboles, alternativement sur la fréquence la plus basse puis la plus haute, soit donc durant une durée d'environ 0,22 seconde en "141A" (28/125 s) et 0,56 seconde en "ALE400".



Avantages : L'émission et la réception se font librement par les utilisateurs. Il n'y a donc aucune connexion préalable. Le LQA transmis systématiquement permet à chacun de savoir, à tout instant, comment il est reçu par son correspondant.

Balise "Unproto" : il est proposé un fonctionnement en balise (TX puis RX, alternativement), qui en TX, transmet suivant le mode Unproto défini précédemment. L'avantage de cette balise est qu'il suffira au correspondant d'envoyer une trame Unproto entre les trames Unproto de la balise pour savoir comment il est reçu par celle-ci (grâce au LQA).

### 23.1.1.1.3 Mode ARQ FAE

C'est un mode bilatéral, ce qui signifie que les messages peuvent être transmis de A à B et de B à A, en "full duplex" (au niveau protocole, et non pas physiquement). Les réponses ACK et NAK peuvent être accompagnées d'un message (comme en PAX/PAX2).

Les caractères échangés sont sur 8 bits de longueur de façon à permettre l'échange dans toutes langues ASCII-ANSI (anglais, français, allemand, russe...), mais pas celles avec idéogrammes (comme le japonais).

Contrairement au mode DBM, la longueur de la trame est variable et dépend de la longueur du message (comme en mode DTM). Mais comme en mode DBM, les blocs ne sont pas répétés de manière redondantes et le message global est entrelacé (mais avec un ID variable).

Des courriers et des fichiers peuvent aussi être échangés. Outlook Express (ou équivalent) peut être utilisé pour importer ou exporter des courriers.

Description de la modulation ARQ FAE :

Vitesse en bauds : 125 bauds en mode "141A" et 50 bauds en mode "ALE400"

Vitesse brute : maximum : 148 mpm (pour des messages de 30 caractères) or 184 mpm (pour des messages de 63 caractères)

Vitesse utile (125 bauds, non compressé) : maximum en unilatéral : 88 mpm (pour des messages de 30 caractères) et 125 mpm (pour des messages de 63 caractères). Maximum en bilatéral : 120 mpm (pour des messages de 30 caractères) et 164 mpm (pour des messages de 63 caractères)

Vitesse utile (50 bauds, non compressé) : maximum en unilatéral : 35 mpm (pour des messages de 30 caractères) et 50 mpm (pour des messages de 63 caractères). Maximum en bilatéral : 48 mpm (pour des messages de 30 caractères) et 65 mpm (pour des messages de 63 caractères)

Vitesse utile (125 bauds compressé) : maximum en unilatéral : 132 mpm (pour des messages de 30 caractères) et 187 mpm (pour des messages de 63 caractères). Maximum en bilatéral : 180 mpm (pour des messages de 30 caractères) et 246 mpm (pour des messages de 63 caractères)

Vitesse utile (50 bauds compressé) : maximum en unilatéral : 60 mpm (pour des messages de 30 caractères) et 87 mpm (pour des messages de 63 caractères). Maximum en bilatéral : 85 mpm (pour des messages de 30 caractères) et 107 mpm (pour des messages de 63 caractères)

Modulation : FSK 8 tonalités (3 bits)

Mode de réception : d'un seul coté (USB ou LSB), l'USB est recommandé

Jeu de caractères : caractères ASCII + ANSI (8 bits)

Forme de l'impulsion : rectangulaire

Espace entre tonalités : 250 Hz à 125 bauds et 50 Hz à 50 bauds

Bande passante : 2000 Hz à 125 bauds et 400 Hz à 50 bauds

Démodulation : non-cohérente,

Synchronisation : automatique en utilisant le signal

Codage : Golay

Entrelacement : oui (global dans un bloc de données (message + CRC))

Dérive maximum : 10 à 20 Hz/mn en fonction du rapport signal/bruit et environ 10 Hz/mn à 50 bauds

Pmoy/Pcrête : 1

SNR minimum en 125 bauds : - 6,5 dB (- 8,5 dB avec beaucoup de répétitions)



SNR minimum en 50 bauds : - 11,5 dB (- 13,5 dB avec beaucoup de répétitions)  
Une "Mémoire ARQ à décision douce" ("soft decision Memory Arq") est implémentée. Elle rend la transmission plus fiable.  
Les spécifications détaillées du protocole ARQ FAE sont données dans des documents disponibles en téléchargement sur Internet.

#### 23.1.1.1.4 Mode AMTOR

Utilisation très faible (cité pour mémoire)  
Le mode AMTOR ARQ est appelé aussi SITOR-A pour la marine (en tant que système de transmission maritime mobile) ou simplement TOR  
Vitesse en bauds : 100. Un caractère est composé de 4 "space" et de 3 "mark". Un bloc de caractères (appelé "Bloc 1" ou "Bloc 2") est composé de trois caractères (de durée total : 3 x 70 = 210 ms) et d'une pause d'une durée de 240 ms durant laquelle la station réceptrice émet un signal de contrôle d'une durée de 70 ms pour dire "S.V.P le prochain bloc" ou pour demander une répétition du dernier bloc, en cas de caractère erroné,  
Vitesse : entre 0 et 67 mpm en fonction du nombre de répétitions  
Modulation : FSK deux tonalités ("mark" et "space", "mark" haut) avec un écart entre tonalités de 170 Hz (il existe aussi les shifts de 85 et 200 Hz)  
Mode de réception : USB  
Jeu de caractères : CCIR476-4 (32 lettres, 32 chiffres et signes et 6 codes de contrôle et de phase) sans caractère de correction d'erreur (caractères de longueur fixe).  
En SITOR A, le dictionnaire peut être étendu aux caractères cyrilliques en utilisant le caractère de "non-perforation" (troisième "shift")  
En AMTOR A, le dictionnaire peut être étendu aux caractères ASCII (32 to 128) en utilisant le caractère de "non-perforation"  
Forme de l'impulsion : rectangulaire  
Bande passante : environ 360 Hz,  
Démodulation : non cohérente  
Synchronisation : automatique en utilisant le signal  
Code correcteur : oui grâce à la répétition automatique et la détection facile d'un caractère erroné due au contenu particulier d'un caractère (4 "space" et 3 "mark")  
Code de convolution : non  
Entrelacement : non  
Pmoy/Pcrête : 1  
Note : en AMTOR ARQ LISTEN on décode les caractères au mieux en évitant de décoder les trames répétées mais sans être, bien sûr, dans la possibilité de faire répéter les trames que l'on reçoit mal. Le décodage n'est donc généralement pas de très bonne qualité.  
Le mode AMTOR FEC est appelé aussi SITOR-B pour la marine (en tant que système de transmission maritime mobile) ou simplement FEC :  
Vitesse en bauds : 100. Un caractère est composé de 4 "space" et de 3 "mark". C'est un flux ininterrompu de caractères, contrairement à l'AMTOR ARQ.  
Vitesse : 71 mpm  
Modulation : FSK deux tonalités ("mark" et "space", "mark" haut) avec un écart entre tonalités de 170 Hz (il existe aussi les shifts de 85 et 200 Hz)  
Mode de réception : USB  
Jeu de caractères : CCIR476-4 (32 lettres, 32 chiffres et signes et 6 codes de contrôle et de phase) sans caractère de correction d'erreur (caractères de longueur fixe). Les minuscules sont transformées en majuscules et les caractères accentués comme "é" sont transformés en majuscules (dans l'exemple : "E")  
Forme de l'impulsion : rectangulaire  
Bande passante : environ 360 Hz,  
Démodulation : non cohérente  
Synchronisation : automatique en utilisant le signal  
Code correcteur : non



Code de convolution : non

Entrelacement : chaque caractère est répété 5 positions plus loin (soit 350 ms entre 2 transmissions du même caractère). Cette diversité en temps permet la correction d'un caractère erroné. Sa détection est facile du fait du contenu particulier d'un caractère (4 "space" et 3 "mark").

Pmoy/Pcrête : 1

SNR minimum environ -5 dB

Note : Il y a 2 modes FEC : le collectif B-mode et le sélectif B-mode possédant quelques légères différences dont une inversion de bits.

#### **23.1.1.1.5 Mode ASCII**

Utilisation depuis 1980 désormais très faible

Vitesse en bauds : 110. Un caractère est composé d'un "start" (1 "space"), 7 ou 8 bits et un "stop" (2 "mark")

Vitesse : 110 mpm (7 bits) ou 100 mpm (8 bits)

Modulation : FSK deux tonalités ("mark" et "space", "mark" haut) avec un écart ("shift") entre tonalités de 170 Hz (ou, quelquefois, 200 Hz)

Mode de réception : USB

Jeu de caractères : ASCII en 7 bits ou ASCII étendu en 8 bits pour les caractères accentués (sans bit de parité),

Forme de l'impulsion : rectangulaire

Bande passante : environ 370 Hz,

Démodulation : non cohérente,

Synchronisation : sur "start" (transmission asynchrone)

Code correcteur : non

Code de convolution : non

Entrelacement : non

Pmoy/Pcrête : 1

SNR minimum : -2 dB

#### **23.1.1.1.6 CCW (CW cohérente) :**

Utilisation expérimentale ou sporadique

La CW (Code Morse) cohérente est un mode purement numérique car destiné uniquement aux ordinateurs (bien que lisible par un être humain). La manipulation morse issue de l'ordinateur est parfaite de façon à permettre la synchronisation et l'évaluation correct du bit (point ou absence de point).

Créateur : Raymond Petit (W7GHM) en 1975

Vitesse : 12 mots/mn en standard. Ici 12, 24 ou 48 mots/mn correspondant respectivement à une longueur de point de 100, 50 et 25 ms

Modulation : modulation tout ou rien d'une tonalité BF

Mode de réception : indifférent (LSB ou USB)

Jeu de caractères : A..Z 0..9 ? = / + et quelques autres signes plus ou moins utilisés (caractères de type "Varicode"). Un caractère spécifique d'attente (par exemple \_ \_ \_ \_) sert de remplissage pour garder la synchronisation en cas d'absence de caractères à envoyer. Le caractère de passage à la ligne est transformé en signal de "début de message" ( \_ \_ \_ \_ ). La suppression d'un caractère se traduit par l'émission d'un caractère d'erreur (-----), correction qui est pris en compte au niveau du récepteur.

Forme de la tonalité : rectangulaire

Bande passante : jusqu'à 100 Hz en fonction de la vitesse,

Démodulation : cohérente,

Synchronisation : automatique en utilisant le signal



Code correcteur : non

Code de convolution : non

Entrelacement : non

Dérive maximum : 15 à 25 Hz/min (en fonction de la vitesse CCW et du rapport signal/bruit)

Pmoy/Pcrête : 0,5 mais très variable

Le rapport SNR minimum est fonction de la vitesse et des lettres transmises. Pour la vitesse standard (12 mots/mn), il est d'environ -12 dB (-8 dB à 24 mots/mn et -5 dB à 48 mots/mn).

#### **23.1.1.1.7 CCW-FSK (CW cohérente en FSK) :**

Utilisation très faible mais occasionnelle

Créateur : Patrick Lindecker (F6CTE) en 2005

Description :

Ce mode dérive du mode CCW. Il permet un décodage plus efficace et un meilleur rapport Pmoy/Pcrête qu'en CCW classique (OOK). Le son Morse peut être reconstruit numériquement, ce qui réduit fortement le bruit radio et permet la sélection du seul signal cliqué sur la "chute d'eau" ("waterfall").

La différence essentielle est l'envoi d'un signal morse complémentaire, sur une porteuse située à une distance de 240 Hz : par exemple :

\* signal morse à 1000 Hz,

\* signal morse complémentaire à 760 Hz.

Ce "shift" de 240 Hz est suffisant pour séparer les 2 signaux pour une décodage à l'oreille.

Les 2 signaux forment donc une modulation FSK.

Nota : le programme peut décoder soit les 2 porteuses en FSK ou en OOK soit une des deux porteuses en OOK suivant les conditions de la liaison. Le décodage normal se fait en FSK.

Toutes les caractéristiques sont celles de la CCW, sauf les suivantes :

Mode de réception : USB seulement

Pmoy/Pcrête : 1

SNR minimum : -14 dB à 12 mots/mn, -10,5 dB à 24 mots/mn et -8 dB à 48 mots/mn.

Correspondances entre les signes morse et les caractères informatiques reçus ou émis (voir le mode "CW").

#### **23.1.1.1.8 CHIP (64/128) :**

Utilisation très faible, ou faible en général et régulière aux Etats-Unis

Créateur : Nino Porcino IZ8BLY en 2005

Général : ce mode utilise la technique de modulation dite "par étalement de spectre" et, en particulier, celle à séquence directe (DSSS : Direct Sequence Spread Sequence), ceci à travers un algorithme original. Cette technique permet d'obtenir un mode très robuste.

Vitesse en "chips" : 300/seconde (un "chip" est ici un "bit" du point de vue de la modulation)

Vitesse (après pseudo transformation WHP inverse) : 37,5 bps en Chip64 et 21,1 bps en Chip128

Vitesse (mots) : 48 mpm en majuscules à 68 mpm en minuscules (en moyenne en Chip64)

27 mpm en majuscules à 38 mpm en minuscules (en moyenne en Chip128)

Modulation : DBPSK

On définit un "bloc" comme étant composé de 64 chips en Chip64 et 128 en Chip128. Un bloc correspond à un code sur 8 bits en Chip64 et de 9 bits en Chip128. Le bloc est obtenu à partir du code, par une transformation WHP "Walsh-Hadamard-Porcino", de façon :

\* à fournir une bonne qualité d'autocorrélation nécessaire pour la synchronisation "bloc", par l'utilisation d'une "m-séquence"

\* une faible inter corrélation entre codes pour les distinguer les uns vis-à-vis des autres ; par l'utilisation d'une transformation Walsh-Hadamard.



En Chip64, pour les codes entre 0 et 127, on utilise la m-séquence[6,5,2,1] pour les codes impairs et la m-séquence[6,5] pour les codes pairs.

En Chip128, pour les codes entre 0 et 255, on utilise la m-séquence[7,3,2,1] pour les codes impairs et la m-séquence[7,3] pour les codes pairs.

Mode de réception : indifférent (LSB ou USB)

Jeu de caractères : caractères ASCII + jeu ANSI étendu + un caractère de correction d'erreur (caractères "Varicode")

Forme de l'impulsion : cosinus relevé

Bande passante : environ 580 Hz,

Synchronisation : automatique en utilisant le signal

Code correcteur : l'utilisation de la transformation WHP équivaut à un puissant codage de type "bloc"

Code de convolution : non

Entrelacement : non

Dérive maximum : 15 Hz/minute (+/- en fonction du rapport signal/bruit)

Pmoy/Pcrête : 0,79

SNR minimum : - 8 dB

### 23.1.1.1.9 CONTESTIA et RTTYM :

Utilisation très faible en RTTYM : faible et en croissance en Contestia

Créateur : Nick Fedoseev (UT2UZ) en 2005

Les modes Contestia et RTTYM sont directement dérivés du mode Olivia de Pawel Jalocho (SP9VRC) mais avec un compromis différent entre vitesse et robustesse.

La liste ci-après, établie à partir des 40 sous-modes disponibles et proposés par l'auteur, donne les différences entre Olivia, Contestia et RTTYM sur la sélection la plus courante.

Pour le Contestia, les termes "Lent", ... qualifient la vitesse du sous-mode par rapport à la vitesse moyenne :

- "8-125" : "Très lent" 8 tonalités, largeur de bande=125 Hz, vitesse=15,62 bauds, 15,6 mpm, SNR minimum : -14,5 dB,
- "8-250" : "Lent" 8 tonalités, largeur de bande=250 Hz, vitesse=31,25 bauds, 29,2 mpm, plus SNR minimum : -13 dB,
- "16-500" : "Moyen" 16 tonalités, largeur de bande=500 Hz, vitesse=31,25 bauds, 39 mpm, SNR minimum : -12 dB,
- "32-1K" ("Standard" mode par défaut) : 32 tonalités, largeur de bande=1000 Hz, vitesse=31,25 bauds, 48,8 mpm, SNR minimum : -12 dB,
- "8-500" : "Normal" 8 tonalités, largeur de bande=500 Hz, vitesse=62,5 bauds, 58,6 mpm, SNR minimum : -10 dB,
- "16-1K" : "Rapide" 16 tonalités, largeur de bande=1000 Hz, vitesse=62,5 bauds, 78,2 mpm, SNR minimum : -9 dB,
- "4-500" : "Rapide 2" 4 tonalités, largeur de bande=500 Hz, vitesse=125 bauds, 78,2 mpm, SNR minimum : -8 dB,
- "4-250" : "Moyen 2" 4 tonalités, largeur de bande=250 Hz, vitesse=62,5 bauds, 39 mpm, SNR minimum : -10 dB,
- "8-1000" : "Très rapide" 8 tonalités, largeur de bande=1000 Hz, vitesse=125 bauds, 117 mpm, SNR minimum : -5 dB.

Pour le RTTYM, les termes "Lent"... qualifient la vitesse du sous-mode par rapport à la vitesse moyenne :

- "8-125" : "Très lent" 8 tonalités, largeur de bande=125 Hz, vitesse=15,62 bauds, 29 mpm, SNR minimum : -13 dB,
- "8-250" : "Lent" 8 tonalités, largeur de bande=250 Hz, vitesse=31,25 bauds, 58 mpm, SNR minimum : -12 dB,
- "16-500" : "Moyen" 16 tonalités, largeur de bande=500 Hz, vitesse=31,25 bauds, 78 mpm, SNR minimum : -10,5 dB,



- "32-1K" ("Standard" mode par défaut) : 32 tonalités, largeur de bande=1000 Hz, vitesse=31,25 bauds, 97 mpm, SNR minimum : -10 dB,
- "8-500" : "Normal" 8 tonalités, largeur de bande=500 Hz, vitesse=62,5 bauds, 117 mpm, SNR minimum : -9 dB,
- "16-1K" : "Rapide" 16 tonalités, largeur de bande=1000 Hz, vitesse=62,5 bauds, 156 mpm, SNR minimum : -7,5 dB,
- "4-500" : "Rapide 2" 4 tonalités, largeur de bande=500 Hz, vitesse=125 bauds, 156 mpm, SNR minimum : -6 dB,
- "4-250" : "Moyen 2" 4 tonalités, largeur de bande=250 Hz, vitesse=62,5 bauds, 39 mpm, SNR minimum : -8,5 dB,
- "8-1000" : "Très rapide" 8 tonalités, largeur de bande=1000 Hz, vitesse=125 bauds, 234 mpm, SNR minimum : -3 dB.

Comparaison des caractéristiques principales du Contestia et du RTTYM :

\* le CONTESTIA est un peu moins sensible que l'Olivia (+1,5 dB sur le SNR minimum). Il est aussi un peu moins robuste (du fait d'une taille de bloc plus faible) mais il est deux fois plus rapide (avec un jeu de caractères réduit).

Ce mode est un excellent mode pour converser (car sensible et rapide).

\* le RTTYM est moins sensible que l'Olivia (+ 3 dB sur le SNR minimum). Il est aussi moins robuste (du fait d'une faible taille de bloc et du problème RTTY de commutation aléatoire des lettres vers les chiffres ou inversement, sur une erreur) mais il est quatre fois plus rapide (avec le jeu de caractères RTTY). Ce mode est intéressant pour des contacts très rapides.

#### 23.1.1.1.10 CW (MORSE) :

Utilisation très forte depuis l'origine de l'émission d'amateur y compris maintenant en génération ou en traduction informatique

Le Morse est un mode numérique car il peut être facilement décodé par un ordinateur mais il peut être vu comme une sorte de code non numérique pour les radioamateurs qui décodent un caractère morse non pas comme une suite de points et de traits mais comme une "musique" particulière. Pour l'instant, le décodage de signaux morse manipulés de façon plus ou moins régulière par des humains est plus efficace au son que par des ordinateurs.

Vitesse : couramment entre 10 et 40 mpm (vitesse standard : 20 mpm)

Modulation : modulation en tout ou rien d'une tonalité BF (couramment entre 500 et 800 Hz) ou d'une porteuse HF mais dans ce cas, il doit y avoir une différence entre fréquences de réception et d'émission,

Mode de réception : indifférent (LSB ou USB)

Jeu de caractères : A..Z 0..9 ? = / + et quelques autres signes plus ou moins utilisés (caractères de type "Varicode"). Un retour chariot est transformé en espace.

Forme de la tonalité : rectangulaire

Bande passante : jusqu'à 100 Hz en fonction de la vitesse,

Démodulation : non cohérente,

Synchronisation : sur réception d'un trait ou d'un point

Code correcteur : non

Code de convolution : non

Entrelacement : non

Dérive maximum (en "Décodage QRP") : de 100 à 300 Hz/min (en fonction de la vitesse CW et du rapport signal/bruit)

Pmoy/Pcrête : 0,5 mais très variable

SNR minimum : Estimé à -15 dB/-20 dB pour du Morse allant de 10 mpm à 20 mpm décodé au son.

Correspondances entre les signes morse et les caractères informatiques reçus ou émis

Il n'y a pas toujours de lettre représentant directement le signe morse, exemple : le signe Erreur (.....).

En conséquence, on associe une lettre conventionnelle pour afficher le signe morse. Par exemple, le signe Erreur (.....) est représenté et affiché par la lettre "\*" en CW.



La correspondance signes morse / caractères informatiques reçus ou émis (notés entre crochets) est donnée ci-après :

A ... Z--> <A> à <Z> (minuscules transformées en majuscules)

é=è=ë--> <é>

0 ... 9--> <0> à <9>

Ä, à--> <Ä>, <à>

Ñ, "CH"--> <Ñ>(<Alt> 165), <ç>

Ö, Ü--> <Ö>, <Ü>

., ", " , " ;"--> <.>, <.>, <.>, <.>

: , ? @--> <:>, <?>, <@>

' , - , =--> <'>, <->, <=>

/ , ( , )--> </>, <( >, <)>

Souligné--> <\_>

Compris--> <&>

Erreur, +, "--> <\*> sauf en CCW et CCW-FSK, <+>, <">

Attente--> <£> sauf en CCW et CCW-FSK

Début de message --> <!> sauf en CCW et CCW-FSK

VA ou SK (fin de message) --> <\$>

Séparateur--> <%>

Espace mots--> barre d'espace (durée de 7 points)

On rappelle que les signes Morse employés le plus couramment par les radioamateurs sont les suivants : A..Z 0..9 ? = / . + VA Erreur

Nota : + et SK (VA) sont seulement employés en fin de message.

En CW, la "fin de message" est affichée avec " SK "

En CW, un retour chariot (passage à la ligne) est transformé en espace.

En CCW et en CCW-FSK, un retour chariot (passage à la ligne) est transformé en un caractère de début de message.

En CCW et en CCW-FSK, le caractère d'attente (remplissage) (-\_---) n'est pas affiché.

### 23.1.1.1.11 DominoEX :

Utilisation faible

Créateurs : Con Wassilieff ZL2AFP, Murray Greenman ZL1BPU en 2005 et Patrick Lindecker (F6CTE) pour l'option FEC en 2006

Vitesse en bauds : 3,90625 en DominoEx4, 5,3833 en DominoEX5, 7,8125 en DominoEx8, 10,766 en DominoEx11, 15,625 en DominoEx16 et 21,533 en DominoEx22

Vitesse : 27 mpm en DominoEx4, 38 mpm en DominoEx5, 55 mpm en DominoEx8, 77 mpm en DominoEx11, 110 mpm en DominoEx16 et 144 mpm en DominoEX22

Modulation : IFK (Incremental Frequency Keying ou modulation par déplacement de porteuse).

Le nombre total de tonalités est de 18 séparées d'un écart de fréquence (DF) égal à la vitesse en bauds pour les modes DominoEx11, 16 et 22 et égal à 2 fois la vitesse en bauds pour les modes DominoEx4, 5 et 8.

Un caractère est composé de 1 à 3 "nibbles" (groupe de 4 bits). Le premier s'appelle "Initial nibble" et vaut entre 0 et 7, les 2 autres s'appellent "Continuation nibbles" et valent entre 8 et 15. L'"initial nibble" est obligatoire et, de par sa valeur, permet de s'assurer qu'il s'agit des premiers bits du caractère. Les "continuation nibbles" n'existent qu'en fonction du caractère transmis.

Une seule tonalité est envoyée pour un "nibble" donné. Pour la détermination du numéro de tonalité, il est utilisé la formule suivante :

\* Numéro de la tonalité (entre 0 et 17) = Numéro de la tonalité précédente + valeur du "nibble" (0 à 15) + 2

\* Si le numéro de la tonalité >= 18 alors Numéro de la tonalité = Numéro de la tonalité - 18

Mode de réception : sensible au coté (USB ou LSB), l'USB est recommandé

Jeu de caractères : caractères ASCII + jeu ANSI étendu + un caractère de correction d'erreur. (Caractères "Varicode" du fait que l'on peut utiliser 1, 2 ou 3 nibbles).



Du fait que 512 caractères sont disponibles avec 3 "nibbles" :

\* un premier jeu de 256 caractères (appelé "Primary VaricodeTable") est utilisé pour les échanges courants,

\* un deuxième jeu de 256 caractères (appelé "Secondary VaricodeTable") est utilisé pour envoyer automatiquement des informations du type "Indicatif", "Locator"..., durant les moments où rien n'est envoyé au cours du QSO. C'est donc une sorte de "remplissage intelligent".

Le caractère de remplissage, si rien ne peut être envoyé, est le caractère CHR(0) du premier jeu de caractères.

Forme de l'impulsion : rectangulaire

Espace entre tonalités : 3,90625 x 2 Hz en DominoEx4, 5,3833 x 2 Hz en DominoEx5, 7,8125 x 2 Hz en DominoEx8, 10,766 Hz en DominoEx11, 15,625 Hz en DominoEx16 et 21,533 Hz en DominoEx22

Bande passante : environ 140 Hz en DominoEx4, 194 Hz en DominoEx5, 281 Hz en DominoEx8, 194 Hz en DominoEx11, 281 Hz en DominoEx16 et 388 Hz en DominoEx22,

Démodulation : non-cohérente,

Synchronisation : pour les symboles de 4 bits ("nibbles"), en utilisant le signal. Pour l'ordre des symboles, en utilisant le fait que la valeur du premier "nibble" est comprise entre 0 et 7 (les autres "nibbles" ayant une valeur comprise entre 8 et 15).

Code de convolution : non

Entrelacement : non

Décalage maximum : 65 Hz pour le mode 11 bauds. C'est le gros avantage de ce mode IFK qui peut s'accommoder d'un désaccord inférieur ou égal à 65 Hz. Il est de 47 Hz en 4 bauds, 65 Hz en 5 bauds, 94 Hz en 8 et 16 bauds et de 129 Hz en 22 bauds.

Dérive maximum : 20 Hz/mn (en fonction du rapport signal/bruit) pour le mode 11 bauds

Note : à l'intérieur de la bande limitée par le décalage maximum, la dérive maximum est supérieure à 200 Hz/mn

Pmoy/Pcrête : 1

SNR minimum : -14,5 en Domino4, -14 en Domino5, -13,5 en Domino8, -12 en Domino11, -10,5 en DominoEX16 et -9 dB en DominoEx22.

Option FEC : la modulation DominoEX passe à travers un décodeur Viterbi. Le jeu de caractères est celui du MFSK16 avec une partie appliquée à la table primaire et l'autre partie appliquée à la table secondaire (voir le document en anglais " Characters to manage for secondary text on DominoEX FEC, PSK63 and PSK125.doc" sur le site Internet <http://f6cte.free.fr/> ("Spécifications") pour les détails). Voir aussi le "canal secondaire spécifique à Multipsk" pour les modes PSK63 et PSK125, plus haut.

Le codeur/décodeur convolutionnel est le même que celui utilisé pour le MFSK16, sauf sur les points suivants :

\* le nombre d'entrelacements est de 4 au lieu de 10,

\* il n'y a pas de codage Gray du fait de la modulation particulière (IFK).

Le gain sur le SNR minimum est d'environ 1 dB, avec une transmission beaucoup plus fiable. Inversement la vitesse (en mpm) est divisée par 2, ce qui n'est pas un problème pour les contacts de type "conversations", ce mode étant initialement rapide.

### **23.1.1.1.12 DominoF DF ("mode par Défaut") :**

Utilisation très faible

Créateurs : Con Wassilieff ZL2AFP et Murray Greenman ZL1BPU en 2004

Vitesse en bauds : 10,766

Vitesse : 40 mpm (en enlevant les caractères de synchronisation)

Modulation : IFK (Incremental Frequency Keying ou modulation par déplacement de porteuse) 16 tonalités mais avec 2 jeux de tonalités (J1 et J2) alternés de façon à réduire l'ISI (Interférence InterSymbole et à permettre une synchronisation rapide.

Le nombre total de tonalités étant de 16 séparées d'un écart de fréquence (DF) égal à la vitesse en bauds, chaque jeu possède 8 tonalités entrelacées séparées de 2 DF :

O O ...J1



O O ...J2

Nota : en fait, 18 tonalités sont utilisées pour limiter les rotations.

Un caractère est composé de 2 symboles de 3 bits, chaque symbole étant envoyé sur un jeu de tonalités (1er symbole sur J1 puis le 2ème symbole sur J2).

Mode de réception : sensible au coté (USB ou LSB), l'USB est recommandé

Jeu de caractères : 62 caractères (minuscules, chiffres et un peu de ponctuation) + un caractère de correction d'erreur + un caractère de synchronisation (caractères sur 6 bits de long)

Forme de l'impulsion : rectangulaire

Espace entre tonalités : 10,766 Hz

Bande passante : 213 Hz,

Démodulation : non-cohérente,

Synchronisation : pour les symboles de 3 bits, en utilisant le signal. Pour l'ordre des symboles, grâce à un bloc de 4 caractères de synchronisation envoyés après 12 caractères standard.

Code de convolution : non

Entrelacement : non

Décalage maximum : 65 Hz. C'est le gros avantage de ce mode IFK qui peut s'accommoder d'un désaccord inférieur ou égal à 65 Hz.

Dérive maximum : 20 Hz/mn dépendant du rapport Signal/Bruit (SNR)

A l'intérieur de la bande limitée par le décalage maximum, la dérive maximum est supérieure à 200 Hz/mn

Pmoy/Pcrête : 1

SNR minimum : -12 dB en DominoF11

Il existe 2 autres modes DominoF à 7,8125 et 16,625 bauds conçus de la même manière.

### 23.1.1.1.13 DTMF (Dual-tone multi-frequency)

Utilisation faible, en VHF, UHF ou SHF uniquement et principalement en FM

Durée du symbole : variable, en général entre 40 et 100 ms pour la porteuse suivi d'un silence entre 20 et 60 ms. Dans Multipsk, la porteuse dure 60 ms tandis que le silence dure 40 ms (soit 100 ms pour tout le caractère).

Nota : à un symbole (de 4 bits) correspond à un caractère.

Modulation : MFSK, deux groupes de 4 tonalités avec 2 tonalités envoyées à la fois (soit 16 possibilités)

Jeu de caractères : 0..9 \* # A B C D

Forme de l'impulsion : rectangulaire

Fréquences des tonalités : 1er groupe : 697, 770, 852, 941 Hz et 2ème groupe : 1209, 1336, 1477, 1633 Hz. Par exemple : "1" est composé de la tonalité 697 Hz et la tonalité 1209 Hz

Bande passante : environ 1000 Hz

Démodulation : non-cohérente,

Code correcteur : non

Code de convolution : non

Entrelacement : non

Correction automatique de fréquence : non (les fréquences sont fixes),

Pmoy/Pcrête : 1 (environ 0,5 si l'on intègre les silences nécessaires entre caractères)

SNR minimum : environ 2,5 dB (pour éviter des fausses détections)

Un code DTMF peut être supposé terminé après 2 secondes de silence.

Il est ajouté un caractère spécifique qui est le retour chariot / passage à la ligne. Celui-ci ajoute 2 secondes de silence. Ceci permet donc de finir la séquence de caractères DTMF qui constitue un certain code. Ce caractère n'est pas utile pour un seul code DTMF mais est utile pour séparer différents codes comme par exemple :

123

345

678

.....



Note : ce "mode" conçu pour le téléphone (composition du numéro) est appliqué en VHF et UHF pour diverses utilisations comme, par exemple, l'activation des répéteurs par radio.

#### 23.1.1.14 Fax HF :

Utilisation faible

Il y a deux types de fax : "noir et blanc" ou avec 8 nuances de gris, mais seul le premier semble utilisé.

En fax "noir et blanc", il est émis deux fréquences BF : une à fréquence basse (1500 Hz), l'autre à fréquence haute (2300 Hz), la première note correspondant au noir et la seconde au blanc. Ces fréquences BF, séparées par un intervalle de fréquence appelé "Shift" de 800 Hz (en ondes courtes), sont soit obtenues par modulation d'une fréquence HF à l'émission (AFSK), soit artificiellement produites par un simple décalage de fréquence HF (FSK). A noter que pour celui qui écoute, cela ne change rien.

L'écoute se faisant en USB, l'utilisateur devra se caler 1900 Hz  $((1500+2300)/2)$  en-dessous de la fréquence de l'émetteur (par exemple, BRACKNELL METEO sur 2616,6 KHz).

En nuances de gris les fréquences sont intermédiaires entre 1500 et 2300 Hz.

La vitesse de balayage ou nombre de lignes produites par minute (lpm) peut être de 60, 90 ou 120. En Europe de l'Ouest, la vitesse est de 120 lpm. En Europe de l'Est, on trouve des vitesses de 60 et 90 lpm.

Le module de coopération (IOC) est une caractéristique d'exploration de l'image transmise. Ce module correspondait au rapport du diamètre du cylindre sur lequel était installée la feuille de papier (soit la longueur d'une ligne divisée par Pi) au pas d'exploration (le pas d'exploration est la distance qui sépare deux lignes d'exploration successives). De manière pratique, l'IOC définit la durée maximum de transmission. Par exemple, pour 120 lpm, la durée sera de 9,4 minutes pour un IOC de 288 et 18,8 minutes pour un IOC de 576. Pour 60 lpm, les durées sont doublées.

Les stations officielles utilisent les modules 288 et 576 et plutôt cette deuxième valeur, mais comme la durée maximale est rarement utilisée, on peut utiliser un IOC de 288.

Les radioamateurs utilisent le module de 288 et une vitesse de 120 lpm. Les images sont envoyées soit en "noir et blanc" soit en nuances de gris.

Les émissions fax sont précédées et suivies de signaux "APT" (alternance de noir et de blanc). Le premier signal "APT" pourrait être utilisé pour déterminer l'IOC. Après ce premier signal "APT", on trouve un signal de phase (30 sec. de bande blanche seule). Ce signal permet de se synchroniser et de déterminer si nécessaire la vitesse de balayage en lpm.

#### 23.1.1.15 HELLSCHREIBER : FELD HELL :

Utilisation fréquente

Généralités : le Feld Hell est un mode Hellschreiber. Tous les modes Hellschreiber sont "Fuzzy" ("flou"). Les règles pour être "Fuzzy" sont :

- l'émetteur n'utilise aucun codage,
- le récepteur ne décide pas quand une donnée est présente,
- le récepteur ne décide pas quelle donnée est présente.

Ces modes sont décodables uniquement visuellement par l'humain (exception faite des programmes à base de systèmes neuronaux).

Créateur : Rudolph Hell en 1929

Vitesse en bauds : 245 mais, en fait, c'est un pseudo-122,5 bauds (un pixel dure 8,163 ms)

Direction de lecture : colonne par colonne, de bas en haut et de la gauche vers la droite,

Matrice : hauteur : 7 pixels et largeur : 7 pixels...soit au total 49 pixels par caractère

Vitesse : 25 mpm

Modulation : manipulation tout ou rien d'une tonalité BF

Mode de réception : indifférent (USB ou LSB) mais USB usuellement,



Jeu de caractères : tous les caractères imprimables sauf les minuscules, le passage à la ligne et la correction. La fonte utilisée (Feld Hell) est dérivée de la fonte de G3PLX (Peter Martinez),  
Forme de l'impulsion : cosinus relevé  
Bande passante : environ 300 Hz,  
Synchronisation : inutile, chaque colonne est affichée verticalement 2 fois (mais transmise une seule fois)  
Pmoy/Pcrête : 0,25  
SNR minimum : - 12 dB

#### **23.1.1.1.16 HELLSCHREIBER : FM HELL**

Utilisation faible

Le FM Hell est un mode Hellschreiber.

Créateurs : Nino Porcino (IZ8BLY) et Murray Greenman (ZL1BPU)

Vitesse en bauds : 105 ou 245

Matrice : pour le FM HELL 105 bauds...hauteur : 6 pixels et largeur : 7 pixels

pour le FM HELL 245 bauds...hauteur : 7 pixels et largeur : 14 pixels

Vitesse : 25 mpm

Modulation : MSK avec un écart ("shift") "minimum" entre tonalités de 122,5 Hz (à 245 bauds).

Le blanc est à la fréquence supérieure et le noir à la fréquence inférieure.

Mode de réception : USB

Jeu de caractères : tous les caractères imprimables sauf les minuscules, le passage à la ligne

et la correction. La fonte utilisée (Feld Hell) est dérivée de la fonte de G3PLX (Peter Martinez),

Forme de l'impulsion : rectangulaire

Bande passante : environ 130 Hz pour le 105 bauds et 300 Hz pour le 245 bauds,

Synchronisation : inutile, chaque colonne est affichée verticalement 2 fois (mais transmise une seule fois)

Pmoy/Pcrête : 1

SNR minimum : - 10 dB

#### **23.1.1.1.17 HELLSCHREIBER : HELL 80 :**

Utilisation très faible, cité pour mémoire

Le Hell 80 est un mode Hellschreiber.

Créateur : compagnie Siemens dans les années 1960

Vitesse en bauds : 315 (un pixel dure 3,175 ms)

Direction de lecture : colonne par colonne, de bas en haut et de la gauche vers la droite,

Matrice : hauteur : 9 pixels et largeur : 7 pixels...soit au total 63 pixels par caractère. Pour chaque caractère, 2 lignes et 2 colonnes sont réservées à la bordure soit 28 pixels.

Vitesse : 50 mpm (5 caractères par seconde)

Modulation : FSK deux tonalités avec un écart ("shift") entre tonalités de 300 Hz. Normalement, le blanc est à 1625 Hz et le noir à 1925 Hz.

Mode de réception : USB

Jeu de caractères : tous les caractères imprimables sauf les minuscules, le passage à la ligne et la correction. La fonte utilisée est dérivée de la fonte FELD HELL,

Forme de l'impulsion : rectangulaire

Bande passante : environ 600 Hz,

Synchronisation : inutile, chaque colonne est affichée verticalement 2 fois (mais transmise une seule fois)

Pmoy/Pcrête : 1

SNR minimum : - 4 dB



#### **23.1.1.1.18 HELLSCHREIBER : PSK HELL**

Utilisation faible

Le Psk Hell est un mode Hellschreiber.

Créateurs : Nino Porcino (IZ8BLY) et Murray Greenman (ZL1BPU)

Vitesse en bauds : 105 ou 245 (245 bauds seulement sur Multipsk)

Matrice : pour le PSK HELL 105 bauds...hauteur : 6 pixels et largeur : 7 pixels

pour le PSK HELL 245 bauds...hauteur : 7 pixels et largeur : 14 pixels

Vitesse : 25 mpm

Modulation : DBPSK

Mode de réception : indifférent (USB ou LSB)

Jeu de caractères : tous les caractères imprimables sauf les minuscules, le passage à la ligne et la correction. La fonte utilisée (Feld Hell) est dérivée de la fonte de G3PLX (Peter Martinez),

Forme de l'impulsion : cosinus relevé

Bande passante : environ 170 Hz pour le 105 bauds et 400 Hz pour le 245 bauds,

Synchronisation : inutile, chaque colonne est affichée verticalement 2 fois (mais transmise une seule fois)

Pmoy/Pcrête : 0,62

SNR minimum : -10 dB pour le mode 245 bauds ;

#### **23.1.1.1.19 JT65A**

Utilisation moyenne en bandes HF

Il s'agit d'une application particulière, pour les communications entre stations fixes à très longue distance, du JT65 conçu pour les communications exploitant des réflexions particulières. Sa description est présentée avec les détails de base au paragraphe « Protocoles pour liaisons par réflexion sur la lune (EME) »

#### **23.1.1.1.20 MFSK16 et MFSK8**

Utilisation importante du MFSK16 et très faible pour le MFSK8

Créateurs : Nino Porcino IZ8BLY et Murray Greenman ZL1BPU

Vitesse en bauds : 15,625 pour le MFSK16 et 7,8125 pour le MFSK8

Vitesse : 42 mpm (en moyenne) (62.5 bits/sec) pour le MFSK16 et 26 mpm (en moyenne) (39,06 bits/sec) pour le MFSK8

Modulation : FSK 16 tonalités (4 bits) pour le MFSK16 et 32 tonalités (5 bits) pour le MFSK8

Mode de réception : d'un seul côté (USB ou LSB), l'USB est recommandé

Jeu de caractères : caractères ASCII + jeu ANSI étendu + un caractère de correction d'erreur (caractères "Varicode")

Forme de l'impulsion : rectangulaire

Espace entre tonalités : 15,625 Hz pour le MFSK16 et 7,8125 Hz pour le MFSK8,

Bande passante : environ 400 Hz,

Démodulation : non-cohérente,

Synchronisation : automatique en utilisant le signal

Code de convolution : R(Rendement)=1/2, K (Longueur de contrainte)=7 avec décodeur de type Viterbi

Entrelacement : oui (par exemple, sur une étendue de 120 bits pour le MFSK16)

Dérive maximum : 10 à 20 Hz/mn pour le MFSK16 et 4 à 7 Hz/mn pour le MFSK8 en fonction du rapport signal/bruit,

Pmoy/Pcrête : 1

SNR minimum : -13,5 dB en MFSK16 et -15,5 dB en MFSK8



### 23.1.1.1.21 MT63

Utilisation importante aux Etats-Unis et faible en dehors

Créateur : Pawel Jalocho SP9VRC en 1997

Vitesse en bauds : 5, 10 ou 20

Vitesse : 5, 10 ou 20 caractères/sec soit 50, 100 ou 200 mpm

Modulation : DBPSK sur 64 tonalités, avec un écart entre tonalités de 7.81 Hz (500 Hz de bande passante), 15.625 Hz (1000 Hz de bande passante) ou 31.25 Hz (2000 Hz de bande passante). Chaque donnée est encodée en utilisant une transformée de type Walsh-Hadamard, de façon à fournir un haut degré de redondance.

Nota : la matrice implicitement utilisée est de dimension 128x64, les 64 premières lignes sont les 64 combinaisons standard orthogonales de la matrice de Hadamard. Les 64 lignes suivantes sont leurs opposées. Donc 2 lignes quelconques sont soit orthogonales (produit scalaire nul) soit bi orthogonales (produit scalaire négatif).

Mode de réception : toujours en USB

Jeu de caractères : ASCII 7 bits (128 caractères)

Bande passante : 500 Hz (de 500 à 1000 Hz), 1000 Hz (de 500 à 1500 Hz) ou 2000 Hz (de 500 à 2500 Hz)

Synchronisation : automatique en utilisant le signal

Code correcteur : non

Code de convolution : non

Entrelacement : 3 niveaux (très court (sur 8 bits), court (sur 32 bits) ou long (sur 64 bits))...qui associés avec les différentes vitesses en bauds donne un retard à la traduction compris entre 0.4 et 12.8 sec. Les codes d'entrelacement utilisés répondent à 2 soucis (à des fins de diversité) :

a) donner la distance la plus grande entre 2 entrelacements faits sur 2 fréquences voisines (par exemple, on n'utilisera pas un code qui augmenterait la position d'entrelacement d'une unité à chaque incrémentation de fréquence),

b) ne jamais avoir 2 fois la même distance pour les 64 fréquences (les 64 positions possibles sont donc occupées).

Pmoy/Pcrête : 0,1

SNR minimum : -8 dB à 5 bauds, - 5 dB à 10 bauds et -2 dB à 20 bauds (sans écart sur la fréquence d'échantillonnage)

Note : le mode standard (pour les appels) est le mode "bande passante 1000 Hz et long entrelacement".

### 23.1.1.1.22 OLIVIA

Utilisation forte

Créateur : Pawel Jalocho SP9VRC en 2005

Description du mode standard ("mode par défaut") :

Vitesse en bauds : 31,25

Vitesse : 2,44 caractères/sec soit 24 mpm

Modulation : FSK 32 tonalités (5 bits arrangés sous forme Gray), avec un écart entre tonalités de 31.25 Hz (1000 Hz de largeur de bande). On définit un "bloc" comme étant composé de 64 symboles de 5 bits (autrement dit, il s'agit d'une matrice de 64 colonnes (ordonnées suivant le temps sur 5 lignes). Chacune des 5 lignes de ce bloc correspond à un caractère qui a été codé, sur un vecteur de 64 bits, en utilisant une transformée de type Walsh-Hadamard, de façon à fournir un haut degré de redondance.

Nota : la matrice implicitement utilisée est de dimension 128x64, les 64 premières lignes sont les 64 combinaisons standard orthogonales de la matrice de Hadamard. Les 64 lignes suivantes sont leurs opposées. Donc 2 lignes quelconques sont soit orthogonales (produit scalaire nul) soit bi orthogonales (produit scalaire négatif).

Mode de réception : sensible au coté (USB ou LSB), l'USB est recommandé



Jeu de caractères : ASCII 7 bits (128 caractères)

Forme de l'impulsion : forme spécifique (entre la fenêtre de Hanning et la fenêtre rectangulaire)

Bande passante : 1000 Hz

Synchronisation : automatique en utilisant le signal

Code correcteur : non

Code de convolution : non

Entrelacement : oui, sur une étendue de 5 bits "verticalement" dans le bloc,

Embrouillage : oui, avec une séquence de 64 bits appliquée sur chaque ligne du bloc mais avec un décalage de 13 bits entre deux lignes successives.

Dérive maximum : 30 Hz/mn en fonction du rapport signal/bruit,

Pmoy/Pcrête : 0,76

SNR minimum : -13 dB

Autres variantes possibles du mode Olivia :

On peut trouver les variantes suivantes :

- "8-125" : "Très lent" 8 tonalités, largeur de bande=125 Hz, vitesse=15,62 bauds, 7,3 mpm, SNR minimum =-16,5 dB,
- "8-250" : "Lent" 8 tonalités, largeur de bande=250 Hz, vitesse=31,25 bauds, 14,6 mpm, SNR minimum =-14 dB,
- "16-500" : "Moyen" 16 tonalités, largeur de bande=500 Hz, vitesse=31,25 bauds, 19,5 mpm, SNR minimum =-13 dB,
- "32-1K" ("Standard" mode par défaut) : 32 tonalités, largeur de bande=1000 Hz, vitesse=31,25 bauds, 24,4 mpm, SNR minimum =-13 dB,
- "8-500" : "Normal" 8 tonalités, largeur de bande=500 Hz, vitesse=62,5 bauds, 29,3 mpm, SNR minimum =-11 dB,
- "16-1K" : "Rapide" 16 tonalités, largeur de bande=1000 Hz, vitesse=62,5 bauds, 39,1 mpm, SNR minimum =-10 dB,
- "4-500" : "Rapide 2" 4 tonalités, largeur de bande=500 Hz, vitesse=125 bauds, 39,1 mpm, SNR minimum =-10 dB,
- "4-250" : "Moyen 2" 4 tonalités, largeur de bande=250 Hz, vitesse=62,5 bauds, 19,5 mpm, SNR minimum =-12 dB.
- "8-1000" : "Très rapide" 8 tonalités, largeur de bande=1000 Hz, vitesse=125 bauds, 58,6 mpm, SNR minimum =-7 dB,

Nota : il existe 40 modes Olivia, de 2 à 256 tonalités et de 125 à 2000 Hz de largeur de bande. Tous sont conçus de la même manière.

### 23.1.1.1.23 FACTOR 1

Utilisation forte

Créateurs : Ulrich Strate (DF4KV) et Hans-Peter Helfert (DL6MAA) en 1990

Vitesse en bauds : 100 ou 200 (200 bauds initialement) automatiquement sélectionnée en fonction des conditions de propagation

Vitesse : entre 0 et environ 260 mpm en fonction du nombre de répétitions, de la vitesse de modulation (100 ou 200 bauds) et du choix d'un mode compressé (Huffman) ou non,

Modulation : FSK deux tonalités ("mark" et "space") avec un écart entre tonalités de 200 Hz. Les polarités sont inversées à chaque nouvelle trame d'information.

Mode de réception : indifférent (LSB ou USB)

Jeu de caractères : caractères ASCII + jeu ANSI étendu en "8 bits" ou caractères ASCII seulement avec une compression Huffman

Forme de l'impulsion : rectangulaire

Bande passante : environ 360 Hz en 100 bauds

Démodulation : non cohérente

Synchronisation : automatique en utilisant le signal

Code correcteur : non

Code de convolution : non

Entrelacement : non



Pmoy/Pcrête : 1

SNR minimum à 100 bauds : environ -4 dB

#### 23.1.1.1.24 Protocole Pactor 1 (principe)

Toute la communication se fait à travers des "trames" (ensemble borné de caractères) et des signaux de contrôle (CS1 à CS4) comme en AMTOR ARQ. Il y a deux sortes de trames : celle de synchronisation, au départ, pour la connexion et les trames d'information qui assurent la communication via une procédure automatique d'envoi et d'acquittement par les signaux CS1 à CS4. Chaque trame d'information est composée :

- \* d'un header (un caractère unique),

- \* du champ d'information où se trouvent les données (8 octets à 100 bauds et 20 à 200 bauds),

- \* d'un champ FCS composé de 2 octets où se trouve le calcul du CRC ("Cyclic Redundancy Check Sum") sur toutes les données de la trame jusqu'à ce champ (sauf le header). Une différence entre le CRC calculé et le CRC reçu rend la trame invalide.

C'est un mode ARQ dans la mesure où chaque trame, bonne ou mauvaise, reçoit un acquittement, positif ou négatif, suivi d'une répétition immédiate si la trame a été mal reçue. La durée de chaque cycle est fixe (1,25 sec).

Note 1 : le Pactor 1 est utilisé en HF seulement. C'est un protocole public, non protégé.

Note 2 : il existe deux autres protocoles Pactor : les Pactor II et III qui sont plus performants mais qui ne sont pas publics (il existe une protection de ces protocoles).

Note 3 : il existe une version FEC de ce mode. Les différences sont les suivantes :

- \* il n'y a aucun protocole d'acquittement, la liaison n'est donc pas "connectée" mais de type "Unproto". Les échanges ne sont donc pas exempts d'erreurs (comme en ARQ) puisque les répétitions ne sont pas demandées en cas d'erreur,

- \* par contre, une ou plusieurs répétitions systématique de chaque trame peuvent être faite, d'où le terme "FEC". Comme les erreurs sont indépendantes, la probabilité d'avoir plusieurs erreurs de suite est très faible donc si les erreurs sont possibles en Pactor 1 FEC, elles sont rares,

- \* la durée des cycles n'est pas fixée mais à disposition de l'émetteur.

#### 23.1.1.1.25 PAX/PAX2 :

Utilisation très faible et plutôt expérimentale

Créateur : Patrick Lindecker (F6CTE) en 2005

Vitesse en bauds : 62.5 pour le PAX ou 125 pour le PAX2

Vitesse : 5,86 caractères/sec soit 59 mpm pour le PAX ou 11,71 caractères/sec soit 117 mpm pour le PAX2

Modulation : FSK 8 tonalités (3 bits arrangés sous forme Gray), avec un écart entre tonalités de 62,5 Hz (500 Hz de largeur de bande) pour le PAX et un écart de 125 Hz (1000 Hz de largeur de bande) pour le PAX2. On définit un "bloc" comme étant composé de 32 symboles de 3 bits (autrement dit, il s'agit d'une matrice de 32 colonnes (ordonnées suivant le temps) sur 3 lignes). Chacune des 3 lignes de ce bloc correspond à un caractère qui a été codé, sur un vecteur de 32 bits, en utilisant une transformée de type Walsh-Hadamard, de façon à fournir un haut degré de redondance.

Nota : la matrice implicitement utilisée est de dimension 64x32, les 32 premières lignes sont les 32 combinaisons standard orthogonales de la matrice de Hadamard. Les 32 lignes suivantes sont leurs opposées. Donc 2 lignes quelconques sont soit orthogonales (produit scalaire nul) soit bi orthogonales (produit scalaire négatif).

Mode de réception : sensible au côté (USB ou LSB), l'USB est recommandé

Jeu de caractères : ASCII 6 bits (64 caractères)

Forme de l'impulsion : forme spécifique (entre la fenêtre de Hanning et la fenêtre rectangulaire)

Bande passante : 500 Hz pour le PAX et 1000 Hz pour le PAX2

Synchronisation : automatique en utilisant le signal



Code correcteur : non

Code de convolution : non

Entrelacement : oui, sur une étendue de 3 bits "verticalement" dans le bloc,

Embrouillage : oui, avec une séquence de 32 bits appliquée sur chaque ligne du bloc mais avec un décalage de 13 bits entre deux lignes successives.

Dérive maximum : 30 Hz/mn (en fonction du rapport signal/bruit)

Pmoy/Pcrête : 0,76

SNR minimum : -10 dB pour le PAX et -7 dB pour le PAX2

Note : il s'agit de modes directement dérivés du mode Olivia (Pawel Jalocho SP9VRC) 8 tons, 62,5 bauds mais avec des vecteurs de 32 bits au lieu de 64 bits, un jeu de caractères différent et une vitesse double pour le PAX2 (125 bauds). N'importe quelle fréquence BF (200-4000 Hz) doit pouvoir être utilisée.

Autres caractéristiques PAX/PAX2 :

- la transmission commence par l'émission de la tonalité basse extrême durant une durée qui dépend de la valeur du paramètre TXDELAY et du type de trame (0,5 seconde minimum), pour pouvoir se positionner manuellement en fréquence, si besoin, sur un signal faible.

- la réception et la transmission peuvent se faire partout sur le spectre,

- la recherche de la fréquence centrale PAX/PAX2 se fait lors du "clic" sur le spectre. Elle dure environ une seconde. Ensuite, durant le décodage, il n'y a pas de recherche automatique mais un simple suivi de la dérive en fréquence, ceci pour éviter des variations brusques de fréquence sur des événements du type QRM ou QSB,

- un écart entre les fréquences d'échantillonnage des cartes son inférieur ou égal à 1 % est supporté, mais il est vivement conseillé sinon indispensable de déterminer la vitesse de la carte son. En effet, si l'écart de vitesse est trop grand, la synchronisation pourrait être trop longue et risquerait de ne pas permettre la détection des fanions de départ.

Protocole PAX/PAX2 en mode non connecté ("Unproto") :

Toute la communication se fait à travers des "trames" (ensemble de caractères borné). En mode non-connecté, il y a une seule sorte de trame appelée UI qui permet l'envoi de messages ou de trames APRS. Le protocole PAX/PAX2 Unproto est similaire au protocole Unproto AX25 (Packet).

Chaque trame UI est composé :

- \* d'un ou plusieurs fanions ("fanion" : caractère spécial et unique),

- \* d'un champ PID (identificateur de protocole) + version (du protocole),

- \* d'un octet de contrôle définissant le type de trame (UI ici),

- \* d'un champ adresse : destinataire puis expéditeur puis répéteurs éventuels (2 max),

- \* d'un octet "longueur" donnant le nombre d'octets d'information,

- \* du champ d'information où se trouvent les données,

- \* d'un champ FCS composé de 2 octets où se trouve le calcul du CRC ("Cyclic Redundancy Check Sum") sur toutes les données de la trame jusqu'à ce champ (sauf les fanions). Une différence entre le CRC calculé et le CRC reçu rend la trame invalide.

Note : les "octets" PAX/PAX2 font 6 bits (et non 8 bits).

Il est possible de passer à travers 2 répéteurs PAX/PAX2 (avec la possibilité d'utiliser l'alias ECHO).

Protocole PAX/PAX2 en mode connecté :

Le mode PAX/PAX2 connecté est un mode de type ARQ ("Automatic Repetition reQuest" par acquittement ACQ ou non-acquittement NACQ) inspiré de l'AX25 (Packet) et du Pactor1 mais asynchrone (le Pactor 1 étant ARQ synchrone) car les acquittements ou non-acquittement ne sont pas faits à un intervalle fixe (cette possibilité n'étant pas fournie par Windows) mais à l'intérieur d'une durée maximum.

Chaque trame l transmise fait l'objet d'un acquittement ou d'un non-acquittement par trame RR ou l.

Il est possible de passer à travers 2 répéteurs PAX/PAX2. Sans répéteurs, la transmission peut être de type "full-duplex" (au niveau protocole (niveau 2 OSI)). Avec répéteurs, la transmission doit être de type "half-duplex" (au niveau protocole (niveau 2 OSI)), chacun transmettant à tour de rôle.

Ce protocole permet des transmissions sans erreur. Les positions APRS peuvent aussi être transmises.



### 23.1.1.1.26 PSK10

Utilisation très faible et plutôt expérimentale

Créateur : Patrick Lindecker F6CTE (2001)

Vitesse en bauds : 10

Vitesse : 18 mpm

Modulation : DBPSK

Mode de réception : indifférent (LSB ou USB)

Jeu de caractères : 56 caractères " Varicode " A..Z 0..9 <CR> <ESPACE> . , " : - = + ? \$ ' ( ) ! / @ & # \* avec un caractère de correction d'erreur et un caractère de remplissage (affiché par ">"). Les minuscules sont transformées en majuscules et les caractères accentués comme "é" sont transformés en majuscules (dans l'exemple : " E ").

Forme de l'impulsion : rectangulaire mais la liaison entre 2 bits successifs différents faite par un sinus décroissant puis un sinus croissant (chacun d'un quart de période)

Bande passante : environ 40 Hz

Démodulation : cohérente,

Synchronisation : automatique en utilisant le signal

Code correcteur : non

Code de convolution : non

Entrelacement : non

Répétition : non

Dérive maximum : 40 Hz/mn (en fonction du rapport signal/bruit)

Pmoy/Pcrête : 0,86

SNR minimum : -17,5 dB

### 23.1.1.1.27 PSK31 (BPSK31 et QPSK31)

Utilisation très forte du BPSK31 et faible du QPSK31 :

Créateur : Peter Martinez G3PLX

Vitesse en bauds : 31.25

Vitesse : 37 mpm en majuscules et 51 mpm en minuscules (en moyenne)

Modulation : DBPSK pour le BPSK31 et DQPSK pour le BQSK31

Mode de réception : indifférent (LSB ou USB) en BPSK31 seulement, USB recommandé pour le QPSK31

Jeu de caractères : caractères ASCII + jeu ANSI étendu + un caractère de correction d'erreur (caractères "Varicode")

Forme de l'impulsion : cosinus relevé

Bande passante : environ 80 Hz,

Démodulation : cohérente,

Synchronisation : automatique en utilisant le signal

Code correcteur : non

Code de convolution : non pour le BPSK31 oui pour le QPSK31 (Rendement=1/2 et Longueur de contrainte=5, utilisation d'un décodeur Viterbi avec décision douce)

Entrelacement : non

Correction automatique de fréquence : environ +/- 10 Hz en fonction du rapport signal/bruit,

Dérive maximum : 60 Hz/min en BPSK31 et 20 Hz/min en QPSK31 (en fonction du niveau)

Pmoy/Pcrête : 0,79 pour le BPSK31 et 0,35 pour le QPSK31

SNR minimum : -11.5 dB

Etendue du spectre : 200 à 4300 Hz

Exemple de sortie d'écran du décodage des communications contenues dans un canal audio de 200 à 2500 Hz soit de 14.070,2 à 14.072,5 kHz.

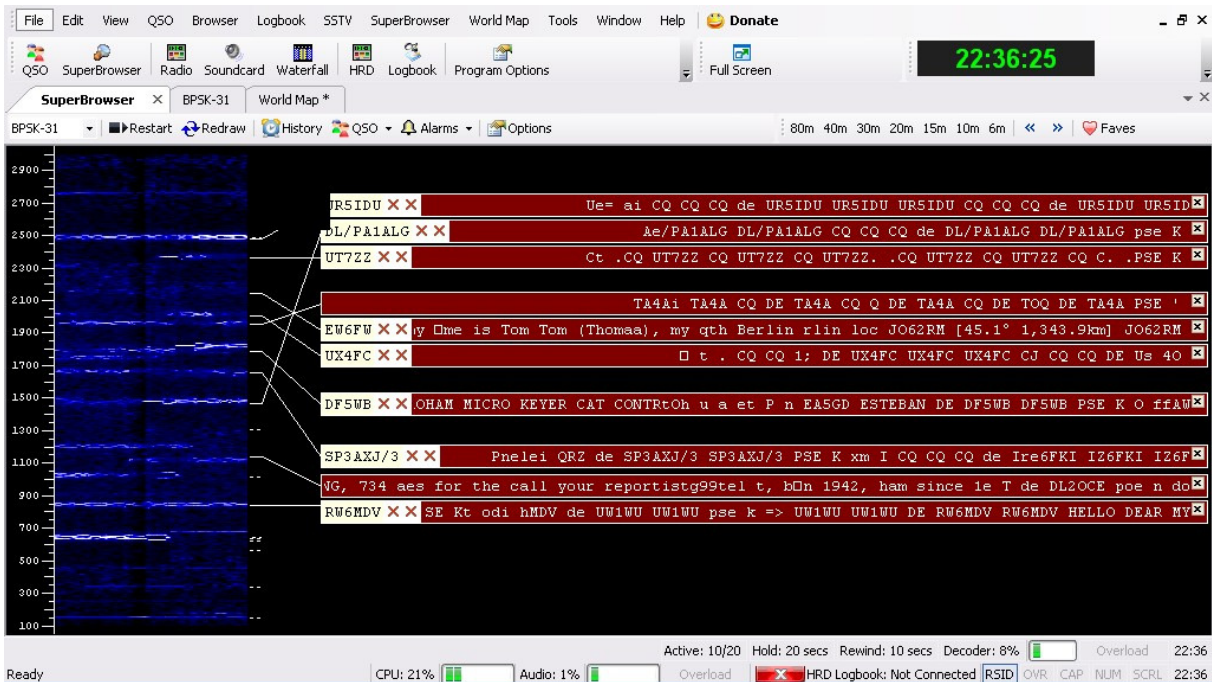


Figure 1 Décodage PSK31

### 23.1.1.1.28 PSK63 (BPSK63 et QPSK63)

Utilisation très forte du BPSK63 : et très faible du QPSK63.

Créateurs : Moe Wheatley (AE4JY) et Howard Teller (KH6TY) en 2003

Vitesse en bauds : 62.5

Vitesse : 74 mpm en majuscules et 102 mpm en minuscules (en moyenne)

Bande passante : environ 160 Hz,

Dérive maximum : 120 Hz/min en BPSK63 et 40 Hz/min en QPSK63 (en fonction du niveau)

Plus bas S/B : -8 dB.

Nota : pour le reste, à l'exception du canal secondaire, les caractéristiques sont les mêmes que celles des modes BPSK31/QPSK31.

Le "canal secondaire" spécifique à Multipsk

Il y a deux jeu de caractères parmi les 256 caractères ASCII et ANSI :

\* un premier jeu de 193 caractères (la table primaire) est utilisé pour les échanges courants,

\* un deuxième jeu de 62 caractères (la table secondaire) est utilisé pour envoyer automatiquement des informations suivantes, de manière continue et récurrente : "Indicatif", "Nom", "Locator", "QTH", durant les moments où rien n'est envoyé au cours du QSO. C'est donc une sorte de "remplissage intelligent". Ces caractères sont affichés dans une petite fenêtre.

Le caractère de remplissage, si rien ne peut être envoyé, est le caractère CHR(0).

Ce canal secondaire est intéressant dans la mesure où le débit de caractères dans ces modes est très supérieur à la vitesse de frappe. Il permettra donc aux OMs à l'écoute de rapidement avoir les informations essentielles entre les caractères frappés.

### 23.1.1.1.29 PSK63F

Utilisation faible

Créateur : Nino Porcino IZ8BLY



Vitesse en bauds : 62.5

Vitesse : 42 mpm (en moyenne)

Modulation : DBPSK

Mode de réception : indifférent (LSB ou USB)

Jeu de caractères : caractères ASCII + jeu ANSI étendu + un caractère de correction d'erreur (caractères "Varicode")

Forme de l'impulsion : cosinus relevé

Bande passante : environ 140 Hz

Synchronisation : automatique en utilisant le signal

Code correcteur : non

Code de convolution : R(Rendement)=1/2, K (Longueur de contrainte)=7 avec décodeur de type

Viterbi, les deux sorties du codeur étant envoyées successivement

Entrelacement : non

Dérive maximum : 1Hz/sec (en fonction du rapport signal/bruit)

Pmoy/Pcrête : 0,79

SNR minimum : - 12 dB en texte et -10 dB en HAMDRM /EASYPAL

### 23.1.1.1.30 PSK125 (BPSK125 et QPSK125)

Faible utilisation du BPSK125 et très faible utilisation du QPSK125.

Création : en 2003

Vitesse en bauds : 125

Vitesse : 148 mpm en majuscules et 204 mpm en minuscules (en moyenne)

Bande passante : environ 260 Hz

Dérive maximum : 120 Hz/min en BPSK125 et 40 Hz/min en QPSK125 (en fonction du niveau)

SNR minimum : -5 dB.

Nota : pour le reste, à l'exception du canal secondaire, les caractéristiques sont les mêmes que celles des modes BPSK31/QPSK31.

Le "canal secondaire" spécifique à Multipsk

Il y a deux jeux de caractères parmi les 256 caractères ASCII et ANSI :

\* un premier jeu de 193 caractères (la table primaire) est utilisé pour les échanges courants,

\* un deuxième jeu de 62 caractères (la table secondaire) est utilisé pour envoyer automatiquement les informations suivantes, de manière continue et récurrente : "Indicatif", "Nom", "Locator", "QTH", durant les moments où rien n'est envoyé au cours du QSO. C'est donc une sorte de "remplissage intelligent". Ces caractères sont affichés dans une petite fenêtre.

Le caractère de remplissage, si rien ne peut être envoyé, est le caractère CHR(0).

Ce canal secondaire est intéressant dans la mesure où le débit de caractères dans ces modes est très supérieur à la vitesse de frappe. Il permettra donc aux OMs à l'écoute de rapidement avoir les informations essentielles entre les caractères frappés.

### 23.1.1.1.31 PSK220F

Très faible utilisation

Créateur : Patrick Lindecker F6CTE (2005)

Vitesse en bauds : 220.5

Vitesse : 140 mpm en majuscules et 200 mpm en minuscules (en moyenne)

Modulation : DBPSK

Mode de réception : indifférent (LSB ou USB)

Jeu de caractères : caractères ASCII + jeu ANSI étendu + un caractère de correction d'erreur (caractères "Varicode")

Forme de l'impulsion : cosinus relevé

Bande passante : environ 430 Hz (max - 30 dB),



Synchronisation : automatique en utilisant le signal

Code correcteur : non

Code de convolution : R(Rendement)=1/2, K (Longueur de contrainte)=7 avec décodeur de type Viterbi, les deux sorties du codeur étant envoyées successivement,

Entrelacement : non

Dérive maximum : 2,5 Hz/sec (+/- en fonction du rapport signal/bruit)

Pmoy/Pcrête : 0,79

SNR minimum : - 7 dB en texte et -5 dB en HAMDRM/EASYPAL

Nota : ce mode est simplement le mode PSK63F (de Nino Porcino IZ8BLY) porté à 220,5 bauds.

### 23.1.1.1.32 PSK250 (BPSK250 et QPSK250)

Faible utilisation du BPSK250 : EU très faible utilisation du QPSK250

Création : en 2007

Vitesse en bauds : 250

Vitesse : 296 mpm en majuscules et 408 mpm en minuscules (en moyenne)

Bande passante : environ 500 Hz,

Dérive maximum : 120 Hz/min en BPSK250 et 40 Hz/min en QPSK250 (en fonction du niveau)

SNR minimum : -2 dB.

Nota : pour le reste, à l'exception du canal secondaire, les caractéristiques sont les mêmes que celles des modes BPSK31/QPSK31.

Le "canal secondaire" spécifique :

Il y a deux jeux de caractères parmi les 256 caractères ASCII et ANSI :

\* un premier jeu de 193 caractères (la table primaire) est utilisé pour les échanges courants,

\* un deuxième jeu de 62 caractères (la table secondaire) est utilisé pour envoyer automatiquement les informations suivantes, de manière continue et récurrente : "Indicatif", "Nom", "Locator", "QTH", durant les moments où rien n'est envoyé au cours du QSO. C'est donc une sorte de "remplissage intelligent". Ces caractères sont affichés dans une petite fenêtre.

Le caractère de remplissage, si rien ne peut être envoyé, est le caractère CHR(0).

Ce canal secondaire est intéressant dans la mesure où le débit de caractères dans ces modes est très supérieur à la vitesse de frappe. Il permettra donc aux exploitants à l'écoute d'avoir rapidement les informations essentielles entre les caractères frappés.

### 23.1.1.1.33 PSKAM10/31/50

Très faible utilisation

Créateur : Patrick Lindecker F6CTE

Vitesse en bauds : 10 (PSKAM10), 31,25 (PSKAM31), 50 (PSKAM50),

Vitesse : 6 mpm (PSKAM10), 20 mpm (PSKAM31), 31 mpm (PSKAM50),

Modulation : DBPSK

Mode de réception : indifférent (LSB ou USB)

Jeu de caractères : 56 caractères de longueur fixe A..Z 0..9 <CR> <ESPACE> . , : - = + ? \$ ' ( ) ! / @ % avec un caractère de correction d'erreur et un caractère de remplissage (affiché par ">"). Les minuscules sont transformées en majuscules et les caractères accentués comme "é" sont transformés en majuscules (dans l'exemple : "E")

Forme de l'impulsion : pour le PSKAM10 et le PSKAM50, rectangulaire mais la liaison entre 2 bits successifs et différents est faite par un sinus décroissant puis par un sinus croissant (chacun d'un quart de période)

pour le PSKAM31 : cosinus relevé

Bande passante : environ 50 Hz (PSKAM10), 80 Hz (PSKAM31), 260 Hz (PSKAM50)

Démodulation : cohérente,



Synchronisation : automatique en utilisant le signal

Code correcteur : non

Code de convolution : non

Entrelacement : non

Répétition : chaque caractère est répété 5 positions plus loin (soit 0.8 s en PSKAM50, 1,28 s en PSKAM31 ou 4 s en PSKAM10) entre 2 transmissions du même caractère) (exemple : A X B Y C A D B...). Cette diversité en temps permet la correction d'un caractère erroné. Sa détection est facile du fait du contenu particulier d'un caractère (5 "space" et 3 "mark").

Correction automatique de fréquence : de +/-3 Hz à +/- 10 Hz en fonction du niveau,

Dérive maximum : 60 Hz/mn pour le PSKAM31 et le PSKAM50 et 40 Hz/mn pour le PSKAM10 (en fonction du rapport signal/bruit)

Pmoy/Pcrête : 0,86 pour le PSKAM10 et 50, 0,79 pour le PSKAM31

SNR minimum : -11,5 dB pour le PSKAM50, -14 dB pour le PSKAM31 et -19,5 dB pour le PSKAM10

#### **23.1.1.1.34 PSKFEC31**

Utilisation très faible

Créateur : Patrick Lindecker F6CTE (06/2003)

Vitesse en bauds : 31,25

Vitesse : 28 mpm

Modulation : DBPSK

Mode de réception : indifférent (LSB ou USB)

Jeu de caractères : 56 caractères " Varicode " A..Z 0..9 <CR> <ESPACE> . , " : - = + ? \$ ' ( ) ! / @ & # \* avec un caractère de correction d'erreur et un caractère de remplissage (affiché par ">"). Les minuscules sont transformées en majuscules et les caractères accentués comme "é" sont transformés en majuscules (dans l'exemple : " E ").

Forme de l'impulsion : rectangulaire mais la liaison entre 2 bits successifs différents faite par un sinus décroissant puis un sinus croissant (chacun d'un quart de période)

Bande passante : environ 160 Hz

Démodulation : cohérente,

Synchronisation : automatique en utilisant le signal

Code correcteur : non

Code de convolution : non

Entrelacement : non

Répétition : chaque bit est répété 13 positions plus loin (soit 0.42 s entre 2 transmissions du même bit). Cette diversité en temps permet la correction d'un caractère erroné. La synchronisation est facile.

Correction automatique de fréquence : de +/-3 Hz à +/- 10 Hz en fonction du rapport signal/bruit,

Dérive maximum : 60 Hz/mn (en fonction du niveau)

Pmoy/Pcrête : 0,86

SNR minimum : -14.5 dB

Du fait du traitement FEC, ce mode permet de diminuer sensiblement le nombre d'erreurs dû aux conditions radio en ondes courtes, comparé au PSK31.

#### **23.1.1.1.35 QRSS (MORSE très lent)**

Utilisation fréquente particulièrement en VLF

De même que la télégraphie Morse traditionnelle, le QRSS est un mode numérique car il peut être facilement décodé par un ordinateur mais il peut être aussi décodé visuellement par les OM à partir de la trace du signal sur la "chute d'eau". Le décodage visuel humain est d'ailleurs meilleur que le décodage fait par le logiciel.



Description :

Vitesse : couramment un point de 1, 3 ou 10 secondes (ou respectivement 1,2, 0,4 ou 0,12 mpm) (point QRSS standard : 3 secondes).

Modulation : modulation tout ou rien d'une tonalité BF (800 Hz couramment) ou d'une porteuse HF.

Mode de réception : indifférent (LSB ou USB), mais de préférence USB

Jeu de caractères : A..Z 0..9 ? = / + et quelques autres signes plus ou moins utilisés (caractères de type "Varicode"). Un retour chariot est transformé en espace.

Forme de la tonalité : rectangulaire

Bande passante : de 10 Hz à moins de 1 Hz en fonction de la vitesse Morse,

Démodulation : non cohérente,

Correction automatique de fréquence (sans bruit) : +/-5 Hz/mn en QRSS1, +/- 1.6 Hz/mn en QRSS3 et +/-0.5 Hz/mn en QRSS10. En présence de bruit, la dérive maximum supportable est inférieure à ces valeurs,

Pmoy/Pcrête : 0,5 mais variable

SNR minimum : les valeurs suivantes sont approximatives et dépendent du décodage par logiciel ou visuel :

QRSS1 : logiciel : -18 dB visuel : -22 dB

QRSS3 : logiciel : -21 dB visuel : -26 dB

QRSS10 : logiciel : -24 dB visuel : -28 dB

Correspondance entre les signes Morse et les caractères informatiques reçus ou émis

On se référera au même paragraphe écrit pour la CW.

On rappelle que les signes morse employés le plus couramment par les radioamateurs sont les suivants : A..Z 0..9 ? = / . +

### 23.1.1.1.36 RTTY

Utilisation très forte du 45 bauds et moyenne ou faible pour les autres vitesses

Vitesse en bauds : 45. Un caractère est composé d'un "start" (1 "space"), 5 bits et un "stop" (1,5 "mark")

Vitesse : 60 mpm

Modulation : FSK deux tonalités ("mark" et "space", "mark" haut ) avec un écart ("shift") entre tonalités de 23 Hz, 170 Hz (shift standard), 200 Hz ou 850 Hz,

Nota : en RTTY 45 bauds, shift=23 Hz, la modulation est spécifique et appelée "MSK" (Minimum Shift Keying). La démodulation n'est pas faite avec deux filtres (comme en FSK) mais à l'aide de mesures de phase.

Le mode MSK RTTY 45 bauds, shift 23 Hz, issu de MMTTY, a été créé par Makoto Mori, JE3HHT vers 2003.

Mode de réception : USB

Jeu de caractères : ITA2 (32 lettres et 32 chiffres et signes) sans caractère de correction d'erreur (caractères de longueur fixe). Les minuscules sont transformées en majuscules et les caractères accentués comme "é" sont transformés en majuscules (dans l'exemple : "E")

Le caractère "non perforé" est obtenu via le caractère ASCII CHR(1). Il pourrait être utilisé pour un changement de jeu de caractères (caractères latins vers caractères russes par exemple).

Forme de l'impulsion : rectangulaire

Bande passante : pour le shift standard de 170 Hz : environ 300 Hz,

Démodulation : non cohérente,

Synchronisation sur "start"

Code correcteur : non

Code de convolution : non

Entrelacement : non

Pmoy/Pcrête : 1

SNR minimum : -5,5 dB

Le mode 850 Hz est destiné aux anciens télétypes.

En RTTY 50 bauds, la vitesse est 67 mpm et le SNR minimum est de -5 dB.



En 75 bauds, la vitesse est de 100 mpm et le SNR minimum est de -3.5 dB.

Pour le trafic RTTY en radioamateur, la vitesse de transmission est de 45 bauds, avec un écart de fréquence ("Shift") entre les 2 notes de 170 hertz, ou plus rarement 50 bauds avec un "shift" de 425 Hz. Des transmissions des OM du "Navy Mars" aux Etats-Unis sont faites en 75 bauds, "shift" de 170, 183 ou 200 Hz.

Correspondance entre les codes RTTY Baudot et les caractères reçus ou émis

Pour les vitesses de 45 à 100 bauds, la correspondance (norme ITA 2) entre les codes RTTY Baudot et les lettres, chiffres et signes reçus ou émis, considérée dans ce logiciel, est la suivante :

3--> "A" ou "-"  
 25--> "B" ou "?"  
 14--> "C" ou " :"  
 9--> "D" ou "\$"  
 1--> "E" ou "3"  
 13--> "F" ou "!"  
 26--> "G" ou "@"  
 20--> "H" ou "#"  
 6--> "I" ou "8"  
 11--> "J" ou \*  
 15--> "K" ou "("  
 18--> "L" ou ")"  
 28--> "M" ou "."  
 12--> "N" ou ","  
 24--> "O" ou "9"  
 22--> "P" ou "0"  
 23--> "Q" ou "1"  
 10--> "R" ou "4"  
 5--> "S" ou ""  
 16--> "T" ou "5"  
 7--> "U" ou "7"  
 30--> "V" ou "="  
 19--> "W" ou "2"  
 29--> "X" ou "/"  
 21--> "Y" ou "6"  
 17--> "Z" ou "+"  
 4--> Espace  
 8--> Retour chariot  
 2--> Retour ligne  
 27--> Chiffres  
 31--> Lettres

Les minuscules tapées à l'éditeur sont traduites en majuscules.

Les codes 27 et 31 (passage en chiffres ou en lettres) sont uniquement gérés par le logiciel et sont donc transparents pour l'utilisateur,

Le code 2 (LF) est en fait ignoré car redondant.

### **23.1.1.1.37 RTTYM (voir "CONTESTIA et RTTYM")**

### **23.1.1.1.38 THROB et THROBX**

Utilisation faible du THROB et très faible du THROBX

Créateur : Lionel Sear G3PPT, en 2000 pour le THROB et 2003 pour le THROBX ce dernier étant une évolution du THROB

Vitesse en bauds : 1, 2 ou 4 (1 et 2 en THROBX)



Vitesse : 10, 20 ou 40 mpm (=10 x vitesse en bauds) ou 60, 120 ou 240 caractères/min (=60 x vitesse en bauds) (10 et 20 mpm en THROBX)  
Modulation : pour le THROB : FSK 9 tonalités avec 1 ou 2 tonalités envoyées à la fois (soit 45 possibilités en incluant la tonalité de remplissage)  
pour le THROBX : FSK 11 tonalités avec 2 tonalités envoyées à la fois (soit 55 possibilités en incluant les 2 caractères de remplissage)  
Mode de réception : d'un seul coté (USB ou LSB), l'USB est recommandé  
Jeu de caractères : pour le THROB : 46 caractères de longueur fixe : A..Z 0..9 , . ' / ( ) ? @ = <ESPACE> (avec utilisation d'un caractère "shift" pour ?@=). Pas de caractère de correction.  
Pour le THROBX : 53 caractères de longueur fixe : A..Z 0..9 , . ' / ( ) ? @ = # " + - ; : ! <ESPACE>. Pas de caractère de correction.  
Forme de l'impulsion : pour les modes 1 ou 2 bauds : rectangulaire au centre avec les quarts de tête et de queue en cosinus relevé. Pour le mode 4 bauds (seulement en THROB) : cosinus relevé  
Espace entre tonalités : pour le THROB : 8 Hz (1 ou 2 bauds) ou 16 Hz (4 bauds), pour le THROBX : 7.8125 Hz ,  
Bande passante : pour le THROB : 72 Hz (1 ou 2 bauds), 144 Hz (4 bauds), pour le THROBX : 94 Hz,  
Démodulation : non-cohérente,  
Synchronisation : automatique sur le signal  
Code correcteur : non  
Code de convolution : non  
Entrelacement : non  
Correction automatique de fréquence : +/- 3 Hz,  
Dérive maximum : 4 bauds : 40 Hz/mn max, 2 bauds : 20 Hz/mn max, 1 baud : 10 Hz/mn max en fonction du rapport signal/bruit,  
Pmoy/Pcrête : 0,35 pour les modes 1 et 2 bauds, 0,19 pour le 4 baud  
SNR minimum : THROBX : -18,5 dB pour le 1 baud, -17.5 dB pour le 2 bauds,  
THROB : -16 dB pour le 1 baud, -14.5 dB pour le 2 bauds et -12 dB pour le 4 bauds

### 23.1.1.1.39 VOICE

Utilisation très faible et plutôt expérimentale  
Créateur : Patrick Lindecker (F6CTE) en 2006  
Vitesse en bauds : 21  
Vitesse : environ 2 caractères/sec soit 20 mpm  
Modulation : FSK 8 tonalités (3 bits arrangés sous forme Gray), avec un écart entre tonalités de 21 Hz (168 Hz de largeur de bande). On définit un "bloc" comme étant composé de 32 symboles de 3 bits (autrement dit, il s'agit d'une matrice de 32 colonnes (ordonnées suivant le temps) sur 3 lignes). Chacune des 3 lignes de ce bloc correspond à un caractère qui a été codé, sur un vecteur de 32 bits, en utilisant une transformée de type Walsh-Hadamard, de façon à fournir un haut degré de redondance.  
Nota : la matrice implicitement utilisée est de dimension 64x32, les 32 premières lignes sont les 32 combinaisons standard orthogonales de la matrice de Hadamard. Les 32 lignes suivantes sont leurs opposées. Donc 2 lignes quelconques sont soit orthogonales (produit scalaire nul) soit bi orthogonales (produit scalaire négatif).  
Mode de réception : sensible au coté (USB ou LSB), l'USB est recommandé  
Jeu de caractères : ASCII 6 bits (64 caractères) dont 61 caractères utilisables  
Forme de l'impulsion : forme spécifique (entre la fenêtre de Hanning et la fenêtre rectangulaire)  
Bande passante : 168 Hz  
Synchronisation : automatique en utilisant le signal  
Code correcteur : non  
Code de convolution : non  
Entrelacement : oui, sur une étendue de 3 bits "verticalement" dans le bloc,



Embrouillage : oui, avec une séquence de 32 bits appliquée sur chaque ligne du bloc mais avec un décalage de 13 bits entre deux lignes successives.

Dérive maximum : 10 Hz/mn (en fonction du rapport signal/bruit)

Pmoy/Pcrête : 0,76

SNR minimum : -14,5 dB

Répétition des caractères

Ce mode étant fait pour les exploitants non-voyants ou malvoyants, tous les caractères reçus peuvent être répétés. Donc un caractère reçu sera affiché sur l'écran et pourra être, en même temps, répété de manière audible.

Réglage de la fréquence

N'importe quelle fréquence BF (200-4000 Hz) doit pouvoir être utilisée.

Cependant, il est considéré une fréquence centrale BF standard de 1000 Hz pour ce mode pour simplifier le réglage.

Nota : il s'agit d'un mode directement dérivé du mode Olivia (Pawel Jalocho SP9VRC) 8 tons, 62,5 bauds mais avec des vecteurs de 32 bits au lieu de 64 bits, un jeu de caractères différent et une vitesse différente.

### 23.1.2 Protocoles pour transmissions d'images fixes ou animées :

Il existe divers protocoles en exploitation courante pour transmettre des images suivant le type de communication appliqué. Certains sont typiquement en bande étroite pour être transmis sur toutes les bandes de fréquence y compris décimétriques et à longue distance. D'autres appliquent les techniques de Télévision à bande large pour des transmissions au dessus de 430 MHz à courte distance et susceptibles d'être relayées.

#### 23.1.2.1 Protocoles à bande étroite :

##### 23.1.2.1.1 SSTV

Utilisation toujours forte mais plutôt en baisse

La SSTV ("Slow Scan Television" ou en français "télévision à balayage lent") permet d'envoyer des images fixes, en couleurs ou en nuances de gris, avec une bande passante comparable à celle du fax HF ("shift" de 800 Hz, le blanc à 2300 Hz et le noir à 1500 Hz). Il existe différents modes SSTV.

La SSTV, tout comme le fax, n'est pas numérique mais analogique.

En SSTV "nuances de gris" (comme en B/W24), les fréquences sont comprises entre 1500 et 2300 Hz depuis le noir (1500 Hz) jusqu'au blanc (2300 Hz). En partant d'une image en couleur, la nuance de gris est définie comme étant égale à la moyenne des 3 niveaux de couleurs fondamentales (vert, rouge et bleu).

Par exemple pour le mode "B/W 24" : l'image est définie sur une largeur de 320 colonnes et une hauteur de 240 lignes. Dans ce mode sont envoyés successivement :

\* le VIS code pour le B/W24 : ce code binaire permet de définir le mode utilisé. Il est disponible pour les modes classiques comme le Martin 1 ou le Scottie 1. Le bit "0" est défini par une fréquence à 1100 Hz et le bit "1" par une fréquence à 1300 Hz. Donc partant d'un état où le mode ne serait pas connu, le VIS code permettra de définir celui-ci.

\* un signal de synchronisation de 7 ms à 1200 Hz,

\* un passage de 93 ms définissant le niveau de gris,

\* on répète ce processus (synchronisation puis niveau de gris) pour chacune des 240 lignes.

L'envoi d'une image dure donc 24 sec.

Nota 1 : pour une meilleure apparence, le niveau de gris est calculé suivant une formule "physiologique" :

Niveau de gris = 0,30 x niveau de Rouge + 0,59 x niveau de Vert + 0,11 x Niveau de Bleu

Nota 2 : il est distingué 256 nuances de gris ce qui est suffisant.



En SSTV "couleur" (comme en Martin1), la couleur de chaque pixel est définie à partir de 3 couleurs fondamentales, la proportion plus ou moins grande de chacune de ces 3 composantes permettant de définir un grand nombre de couleurs (256x256x256 classiquement).

Comme exemple de mode couleur, on peut partir du mode "Martin1". L'image est définie sur une largeur de 320 pixels et une hauteur de 256 pixels. Dans ce mode sont envoyés successivement :

- \* le VIS code pour le Martin1,
- \* un signal de synchronisation de 5 ms à 1200 Hz,
- \* un passage de 147 ms définissant le niveau de vert,
- \* un passage de 147 ms définissant le niveau de bleu,
- \* un passage de 147 ms définissant le niveau de rouge. A ce niveau, la ligne est complète,
- \* on répète ce processus (synchronisation, vert, bleu, rouge) pour chacune des 256 lignes.

L'envoi d'une image dure donc 114 sec (1mn 54 sec).

Les modes proposés par l'auteur sont les suivants :

- \* Martin 1 : mode "couleur", durée d'envoi : 114 sec,
- \* Martin 2 : mode "couleur", durée d'envoi : 58 sec,
- \* Scottie 1 : mode "couleur", durée d'envoi : 110 sec,
- \* Scottie 2 : mode "couleur", durée d'envoi : 71 sec,
- \* Scottie DX : mode "couleur", durée d'envoi : 269 sec,
- \* Robot 36 : mode "couleur", durée d'envoi : 36 sec,
- \* Robot 72 : mode "couleur", durée d'envoi : 72 sec,
- \* B/W 24 : mode "nuances de gris", durée d'envoi : 24 sec.
- \* PD 50 : mode "couleur", durée d'envoi : 50 s,
- \* PD 90 : mode "couleur", durée d'envoi : 90 s,
- \* PD 120 (RX uniquement) : mode "couleur", durée d'envoi : 126 s,
- \* PD 180 (RX uniquement) : mode "couleur", durée d'envoi : 187 s,
- \* PD 240 (RX uniquement) : mode "couleur", durée d'envoi : 248 s,
- \* SC2 180 : mode "couleur", durée d'envoi : 182 sec.

Nota :

- \* les modes Martin et Scottie ont un format de l'image en 320x256, les autres en 320x240,
- \* les modes Martin ont été développés par Martin Emmerson G3OQD,
- \* les modes Scottie ont été développés par Eddy Murphy GM3BSC,
- \* les modes SC2 ont été développés par Volker Wraase,
- \* le mode B/W 24 et les modes Robot 36/72 sont des modes développées par la société Robot (USA),
- \* les modes PD ont été développés par Paul Turner (G4IJE) et Don Rotier (K0HEO) en 1996,
- \* le SNR doit être élevé (>0 dB) pour distinguer l'image.

### 23.1.2.1.2 HamDRM :

Utilisation importante en bande HF

Ce mode est dérivé de la DRM radiodiffusion et adapté à l'usage radioamateur par Francesco LANZA (HB9TLK). Il est basé sur l'utilisation de codecs libres de droits comme le SPEEX et le LPC-10 optimisés pour la bande passante audio des voies phonie FM et BLU des émetteurs/récepteurs radioamateurs limitée au maximum à 2,8 kHz. Les classes de modulation correspondantes sont respectivement J2D pour la BLU et F2D pour la FM, le flux de données transmises étant unique.

Ce mode existe depuis plus d'une dizaine d'années et a subi de nombreuses modifications depuis, tant du point de vue efficacité que correction des erreurs de transmission.

Les données utiles, tant images que fichiers sont transmises par répartition sur divers canaux simultanés (jusqu'à 57 dans les modes les moins robustes, plus rapides et 29 pour le mode le plus robuste, moins rapide), décalés dans le temps afin de garantir une transmission optimale en utilisant le principe de redondance.



Ce mode de codage, à quelques différences près est identique à l'ADSL, la TNT, et autres transmissions de données professionnelles.

Afin de pouvoir moduler un émetteur de manière optimale, le flux numérique produit est encodé à l'émission à la volée (live) par la carte son de l'ordinateur, en un fichier son ouvert, au format .WAV, standard informatique WINDOWS. A la réception, l'inverse se produit et le fichier sonore peut aussi être enregistré et relu autant de fois que nécessaire.

Contrairement aux émissions permanentes des professionnels, celles des radioamateurs fonctionnant en alternat, il a fallu ajouter une commande pour effectuer la commutation Emission/Réception (PTT).

Le mode DRM (amateur ou non) utilise l'effet de redondance pour gérer une autocorrection des problèmes dus à la réception ou aux mauvaises conditions de transmission. Cette redondance implique la transmission du même signal plusieurs fois de manière décalée dans le temps ce qui permet à la réception, de pouvoir utiliser l'un de ceux-ci non altéré.

La manière et l'ordre de transmission des canaux est gérée par une méthode de dissémination qui peut prendre différentes valeurs comme 4QAM (le plus robuste en milieu perturbé), 16QAM ou 64QAM pour lesquels il faut une transmission et une réception irréprochables (SNR positif).

Les données à transmettre sont systématiquement réparties sur toutes les porteuses et chacune est modulée en QAM (modulation d'amplitude en quadrature). Son principe d'orthogonalité, permet aux porteuses (une fois synchronisées au récepteur) de ne pas se recouvrir et chacune peut être démodulée individuellement par le logiciel. La densité des porteuses est cependant considérablement augmentée et le débit disponible en dépend. La QAM est un mélange de modulation d'amplitude et de phase. L'HamDRM incorpore la protection d'erreur, de sorte qu'un effacement sélectif par du fading ou par interférence, faisant perdre quelques porteuses n'affecte pas les données transmises.

Le transport des données impose la diffusion de différentes informations sur le contenu, le mode, et tous les paramètres de la transmission qui vont servir à la réception. Ces informations sont stockées dans 2 canaux ; le MSC (Main Service Channel) et le FAC (Fast Access Channel)

- Le MSC est le canal principal (celui des données à transmettre) de la « charge utile » en quelque sorte, il est entrelacé dans le temps afin de résister aux aléas du transport par les effets de propagation. Son taux de transfert dans les modes radioamateurs varie de 997 bits par seconde (mode E) à 6277 bits par seconde (mode A).

- Le FAC fournit l'information utilisée par le récepteur pour décoder le signal de la manière la plus appropriée : bande passante, entrelacement, nombre et type de services (audio, image, texte, binaire, etc...), l'indicatif, le nom et la taille du fichier à transmettre, etc...

L'HamDRM utilise le multiplexage COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) pour transmettre les données provenant du MSC et du FAC. Le multiplexage COFDM est très bien adapté aux situations d'évanouissements sélectifs et fluctuants, dus aux trajets de propagation multiples par réflexions des ondes sur l'ionosphère, typiques des bandes HF (ondes courtes).

Ce COFDM est un assemblage numérique efficace de modulation du spectre utilisant des porteuses équidistantes. Cette méthode est retenue comme standard pour la radiodiffusion numérique. Le nombre de porteuses, de modulation de porteuses et d'écarts est différent pour chaque système d'émission, ainsi que la manière dont la synchronisation est réalisée.

Un intervalle de garde est ajouté aux symboles afin de composer avec le phénomène de défilement du temps de propagation. Le multiplexage COFDM aidera également à composer avec le décalage Doppler. Le nombre de porteuses COFDM sera réduit lorsque l'on souhaite plus de robustesse et l'intervalle de garde sera allongé ; il s'ensuivra une réduction du débit binaire et de l'espace disponible pour la charge utile et les données. Le nombre de porteuses varie de 29 pour le mode le plus robuste (E) et 57 pour le moins robuste (A).



La DRM amateur permet aussi la sélection de la bande passante transmise, ce qui augmente ou diminue le nombre de canaux. Par exemple pour le mode E, une bande passante de 2,2 kHz donnera 29 canaux et une bande passante à 2,4 kHz donnera 31 canaux.

L'espacement entre les canaux, pour l'exemple en mode E et avec la bande passante de 2,4 kHz, est de 62,5 Hz, le premier se situant à 312,5 Hz et le dernier à 2,4 kHz.

En dernier lieu, le mappeur OFDM recueille toutes les cellules de données du MSC et du FAC et les place sur une grille de temps/fréquence, « expédiant » de manière efficace chaque cellule de données en fonction de sa priorité et de la robustesse désirée. Le FAC doit être reçu et décodé en premier, car il assure la synchronisation du récepteur.

La difficulté principale est d'obtenir un accord de réception suffisamment précis, particulièrement sur une transmission en BLU, les fréquences audio pouvant varier en fonction du réglage de la fréquence HF. Pour éviter les erreurs résultant d'un réglage au son, 3 canaux sont transmis en permanence à 1 (niveau haut) pour être mis en coïncidence avec des repères fixes sur les indicateurs affichés par les logiciels pendant la réception. Une transmission en mode E et avec une largeur de bande de 2,2 kHz utilisant 29 canaux n'aura alors que 26 canaux de données en résultante.

Tout écart hors de ces points de réglages se traduira par un décodage erroné ou plus simplement pas de décodage.

Les logiciels utilisés permettent aussi la correction d'erreur par une réponse à la station émettrice après réception d'un fichier erroné, indiquant la position des erreurs. Cette manière de faire permet de ne renvoyer que les segments défectueux au lieu de la totalité du message ce qui optimise le temps de transmission.

Une autre amélioration très importante a été l'incorporation d'une autre méthode de correction d'erreur, appelée REED SOLOMON (plus couramment RS) afin de créer un suréchantillonnage dont la redondance permet, à la réception du ou des fichiers encodés, de reconstruire le message même s'il y a eu des erreurs pendant la transmission.

Ce correcteur RS possède 4 niveaux de codage allant du plus simple au plus complexe, à sélectionner en fonction du temps de transmission et bien sûr du bruit ou aléas propres à la propagation... Le niveau 2, le plus usuel peut rajouter 1/4 du temps de transmission.

Les logiciels utilisés permettent également de générer si nécessaire une identification en CW (Morse) d'une part toutes les 10 secondes sur 300 Hz pendant la transmission des données, mais aussi à la fin de la transmission sur 800 Hz.

Le logiciel le plus utilisé pour la transmission d'images fixes sur ce mode HamDRM est connu sous l'appellation EASYPAL. Il est développé par Erik SUNDSTRUP (VK4AES)

#### 23.1.2.2 Protocoles à large bande :

##### **23.1.2.2.1 Rappel sur les technologies utilisées en TV numérique professionnelle**

###### *23.1.2.2.1.1 DVB-S (défini par ETSI-EN 300421 v1.1.2) et DVB-S2 (défini par ETSI-EN 302307 v1.2.1)*

QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) ou modulation par déplacement de porteuse en quadrature de phase. Le débit est d'environ 20 à 35 Msymboles/s en DVB-S. Un double codage FEC +Reed-Solomon, un entrelacement et un codage redondant (ponctuation entre 1/2 et 7/8) diminuent au maximum l'influence du bruit. En DVB-S2 les débits peuvent monter jusqu'à 45 MS.

Le débit utile en Mbps est :  $\text{Bitrate} = \text{Symbolrate} \times 2 \times 188/204 \times \text{FEC}$

Par ex. pour un FEC de 3/4 un canal à 27,5MS offre un débit de 38 Mbps.

###### *23.1.2.2.1.2 DVB-T (défini par ETSI-EN 300744 v1.5.1) et DVB-T2*



COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) ou Multiplex par division de fréquence orthogonale codée.

Le COFDM utilise un codage canal correcteur d'erreur (C) associé à un entrelacement entre fréquences (OFDM). On parvient ainsi à se rapprocher des performances d'un canal sans écho.

Le flux à haute vitesse est transmis avec 1705 porteuses (mode 2k) ou 6817 porteuses (mode 8k), chacune étant modulée à bas débit en QPSK, 16-QAM ou 64-QAM.

Le débit total Mbits varie en fonction de la largeur du canal qui se situe entre 5 et 8 Mhz et le type de modulation appliquée à chaque porteuse par exemple 20Mbits/s pour 6Mhz/64QAM, 27Mbps pour 8Mhz/64QAM.

#### 23.1.2.2.1.3 DVB-C (défini par ETSI-EN 300429 v1.2.1)

Modulation 4-QAM à 256-QAM, modulation en amplitude de la porteuse et d'une onde en quadrature (déphasée de 90°).

L'amplitude et la phase sont simultanément modifiées en fonction de l'information à transmettre.

Le débit est d'environ 7 Msymboles/s pour un pas de canal de 8 MHz. Un seul codage FEC est utilisé car aucun parasite n'est à craindre sur le câble.

Le débit Bitrate est par exemple de 32 Mbps pour du 32-QAM /7 MS.

#### 23.1.2.2.1.4 DVB-H

DVB-H est un standard de transmission vidéo élaboré par le projet DVB et édité par l'ETSI et le CENELEC. DVB-H est une adaptation du DVB-T, le système pour la télévision terrestre numérique (TNT), aux exigences des récepteurs de poche. DVB-H offre un canal descendant à haut débit utilisable tel quel ou en complément des réseaux de télécommunication mobiles.

Le codec vidéo utilisé est le MPEG-4 AVC. Les codecs audio possibles sont AAC, HE-AAC, HE-AAC v2.

La modulation numérique COFDM permet de résister aux échos et ainsi renforcer la réception mobile.

La technique de multiplexage par intervalle de temps permet de réduire la consommation électrique pour les petits terminaux, la partie réception radio n'ayant à fonctionner que pendant l'intervalle de temps dévolu au programme sélectionné.

Le système DVB-H a été validé par l'ETSI (voir le Rapport Technique TR 102401) et est conseillé par l'EBU.

### 23.1.2.2.2 Technologies utilisées en DATV par les radioamateurs :

#### 23.1.2.2.2.1 DVB-S

Le plus utilisé et le plus plébiscité par les exploitants d'Europe (et même des USA où il n'est pourtant pas le standard officiel grand public).

Sa relative complexité a permis le développement de nombreuses solutions radioamateur ainsi que la commercialisation de cartes de modulation du commerce à des coûts abordables. Ses qualités en bande passante souvent inférieures à la TV analogique et ses techniques de correction d'erreurs en ont vite fait le mode le plus utilisé en DATV. La possibilité d'utiliser des récepteurs satellites standards du commerce est aussi un très gros atout. (Boîtiers tuners ou cartes Tuner pour PC)

- Modulation : QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)

- Bandes de Fréquences utilisées :

> 70cm (436Mhz/437MHz) :



Bande préférée pour les essais à longue distance (DX) compte tenu de sa propagation plus appropriée. La réception nécessite l'utilisation d'un convertisseur 437Mhz à ~ 1Ghz pour transposer le signal aux fréquences d'un récepteur satellite du commerce.

> 23cm (1243.250MHz/1255MHz/1280MHz ou 1290MHz) et 13cm : utilisations fréquentes malgré la nécessité d'équipements spécialisés pour chaque bande.

> 5,7 GHz et 10 GHz et 24 GHz : favorisées pour les faisceaux des relais et amenées à se développer. Elles nécessitent un équipement plus spécialisé « hyper fréquence ».

- Bande passante liée au SymboleRate (SR)

Si on veut privilégier la distance on choisit un SR bas (par ex 1Msymbol)

Si on veut privilégier la qualité d'image on choisit un SR plus élevé (5 ou 6 MS en SD, voire 10 ou 12 MS en HD)

La bande passante en QPSK avec les réglages FEC choisis donnent à peu près :  $BW = 1,33 \times SR$

On voit donc que la bande passante est de 1,33 Mhz pour un SR de 1MS et

6,65 MHz pour un SR de 5MS

- Contenu :

Un seul flux numérique TS (TransporStream) modulant la porteuse et contenant :

> la vidéo avec des images au format SIF(352x288) au format HD 1920x1080p en passant par le format standard 720x586. Codage en MPEG2 ou en MPEG4. Des expérimentations en 3D sont en cours en utilisant soit la technologie grand public du « side by side » où les 2 images gauche/droite sont dans un seul flux HD, soit une technologie plus radio amateur ou on reste en définition standard (SD) et on envoie simultanément 2 flux vidéo.

> Le son codé en MPEG audio ou AC3

> Et en plus, dans certaines expérimentations radioamateur :

Un éventuel texte descriptif de la station etc.. en sous titre

Des données éventuelles de mesure/réglage/télécommande

Remarque : suivant l'expérimentation faite on peut travailler dans 2 « sous-modes » du QPSK le mode SCPC (Single Channel Per Carrier) utilisé dans presque toutes les émissions radioamateur ou le mode MCPC (Multiple Channel per Carrier).

### 23.1.2.3 Protocoles pour liaisons sporadiques :

Ces protocoles sont généralement dérivés des protocoles développés pour effectuer des communications point à point par réflexion sur la lune et adaptés à la grande mobilité des essais de météorites.

#### 23.1.2.3.1 FSK441 pour le meteor-scatter

Utilisation moyenne particulièrement en VHF

Vitesse > 100 cps

Bon décodage à 0 dB S/N dans une bande passante SSB

- Quatre tonalités FSK : 882, 1323, 1764, 2205 Hz
- Trois tonalités ou symboles par caractères
- Vitesse de manipulation : 441 baud
- Vitesse de transmission 147 cps
- Bande passante de détection  $4 \times 441$  Hz
- Messages courts répétés
- Séquences Émission/réception de 30s



### 23.1.2.3.2 JT6M pour le trafic ionosscatter sur 6 mètres

Utilisation courante mais spécifique à la bande 50 MHz

- 44-tonalités FSK
- Tonalité de synchro tout les 3 symboles
- Vitesse : 21.5 baud
- Bande passante nécessaire :  $44 \times 21.5$  Hz
- Messages courts répétés
- Message "averaging"
- Séquences émission/réception de 30s

### 23.1.2.4 Protocoles pour liaisons par réflexion sur la lune (EME) :

EME (Terre Lune Terre) et MS (Meteor scatter)

Ces modes utilisent une modulation et un codage proposés par Joe Taylor, K1JT, Lauréat du prix Nobel de Physique 1993 pour ses découvertes sur les Pulsars.

Ces modes devenus très populaires dans le monde amateur ont permis d'abaisser les limites de trafic sur les bandes VHF et UHF.

Par un codage et une modulation très efficaces, ils permettent l'exploitation des signaux sans avoir recours obligatoirement à de grosses installations.

Regroupés sous l'appellation WSJT (Weak signal/Joe Taylor) ces modes utilisent une modulation de phase de l'émetteur par le signal généré par la carte son de l'ordinateur qui est utilisé pour le codage/décodage.

Un programme spécifique, libre de droit est proposé au téléchargement par K1JT.

### 23.1.2.4.1 JT65

Utilisation très importante en mode B sur 144 et 432 MHz et importante en mode C au dessus.

Créateur : Joseph Taylor (K1JT) en 2004

Vitesse en bauds : 2,69 (11025/4096) soit 0,372 seconde par symbole de 6 bits

Messages : un message d'une durée de 46,8 secondes qui commence à  $t=1$  sec après le début de la minute UTC et se termine à  $t=47,8$  sec (il faut que le PC soit synchronisé sur un étalon horaire de grande précision). Il est composé de 126 symboles, chacun ayant une longueur de 4096 échantillons audio (0,372 seconde). 63 portent une tonalité de synchronisation à 1270,5 Hz. 63 symboles de 6 bits portent le message (permettant le codage Reed-Solomon de 72 bits). Les 72 bits comprennent (non exhaustif) :

\* indicatif 1 (28 bits) + indicatif 2 (28 bits) + Locator 4 caractères (15 bits) plus le bit 72 permettant de dire s'il s'agit d'un message formaté.

\* indicatif 1 + indicatif 2 (+ préfixe ou terminaison, exemple : F6CTE/P ou ON/F6CTE) + plus le bit 72 permettant de dire s'il s'agit d'un message formaté.

\* indicatif 1 (+ préfixe ou suffixe, exemple : F6CTE/P ou ON/F6CTE) + indicatif 2 plus le bit 72 permettant de dire s'il s'agit d'un message formaté.

\* CQ + indicatif + Locator 4 caractères + bit 72 permettant de dire s'il s'agit d'un message formaté, R-NN ou -NN (-25 dB p.e) peut remplacer le Locator,

\* du texte libre : 13 caractères

Vitesse : 72 bits (soit 13 caractères maximum en texte libre) par période de 60 sec (avec un message par période) soit 2,2 mpm

Modulation : MFSK 65 tonalités (64 tonalités pour les 6 bits plus une tonalité de synchronisation) avec un écart entre tonalités de 2,6917 Hz (1x vitesse en bauds) en mode A, 5,4 Hz (x2) en mode B, 10,7 Hz (x4) en mode C, sauf entre la tonalité de synchronisation (1270,5 Hz) et la première tonalité associé au codage 6 bits (où l'écart est de 5,4 Hz = 2 x vitesse en bauds en mode A, 4 x en mode B et 8 x en mode C).



Les fréquences des tonalités sont fixées entre 1270,5 Hz (tonalité de synchronisation) et 1270,5 + 2,6917 (N+2) m Hz avec N valeur entre 0 et 63 et m pour 1, 2 ou 4 pour, respectivement, les sous-modes A, B, C. La tolérance sur la fréquence de synchronisation est de +/- 600 Hz.

La tonalité de synchronisation (détectée avec une précision meilleure que +/- 1,34 Hz et meilleure que 0,19 sec pour la récupération de rythme) est émise suivant une séquence pseudo-aléatoire (d'où une fonction d'auto-corrélation en forme de pic autour du retard nul).

Le message de report minimal "OOO" (signifiant "Le message a été reçu par intermittence mais les 2 indicatifs ont été copiés") est envoyé en inversant la séquence pseudo-aléatoire, les "1" passant en "0" et inversement.

La fréquence de synchronisation est cherchée sur +/- 600 Hz car les QSO EME peuvent avoir des décalages en fréquence importants dus à l'effet Doppler..

Mode de réception : USB. Chaque période de 60 sec d'émission et de réception doit commencer sur une minute + 1 sec avec une tolérance sur l'horloge du PC de +/- 1 sec, le décalage en temps pour les QSO EME étant d'environ 2,5 secondes (aller-retour Terre/Lune).

Jeu de caractères : ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ0123456789+-./? <ESPACE>

Forme de l'impulsion : rectangulaire

Bande passante : 178 Hz en mode A, 355 Hz en mode B, 711 Hz en mode C,

Synchronisation : automatique en utilisant la séquence pseudo-aléatoire comme référence

Code correcteur : Reed Solomon (63, 12) soit 63 symboles de 6 bits pour 12 symboles de 6 bits d'information, soit un rendement de 0,19.

Code de convolution : non

Entrelacement : après le codage Reed-Solomon, les 63 symboles sont entrelacés (écriture ligne par ligne dans une matrice 7x9 et lecture colonne par colonne). Les bits finaux passent à travers un codage Gray avant d'être émis.

Pmoy/Pcrête : 1

Dérive maximum : environ 30 Hz/mn

Plus bas S/B : pour le mode JT65A : -24 dB avec le décodeur "décision dure" et -26 dB avec le décodeur "décision douce" KVASD.EXE (décodeur décisionnel de Koetter et Vardy).

Messages courts : on peut aussi envoyer des messages courts avec 2 tons, le premier est toujours la fréquence de synchronisation (1270,5 Hz) et le deuxième est situé à une fréquence distante de  $n \times 26,9 \times m$

avec  $m=1$  en JT65A,  $m=2$  en JT65B,  $m=4$  en JT65C. Chaque ton fait 1,486 seconde.

On peut envoyer 3 messages : "R0" ("j'ai copié les indicatifs et mon report et votre report est 0 (signal faible)"), "RRR" ("QSO terminé, je n'ai plus rien à dire"), "73" ("Meilleures salutations et fin de contact).

SNR minimum : -32 dB,

Nota : le sous-mode JT65A est utilisé en communications directes sur les bandes HF. Le JT65 est préférentiellement utilisé pour les liaisons EME ("Earth - Moon - Earth" ou "Terre - Lune - Terre"), en VHF et UHF.

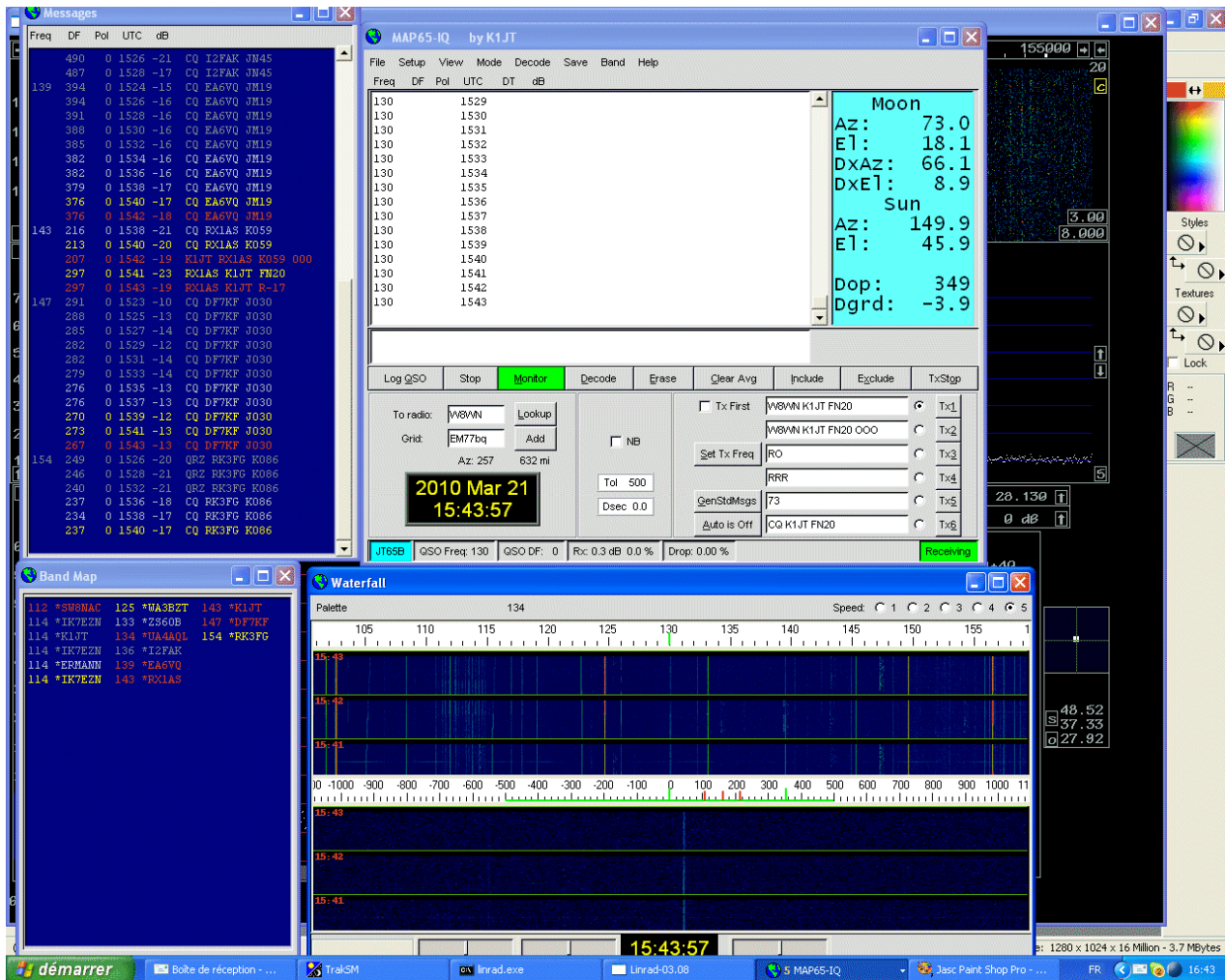


Figure 2 Décodages sur la bande EME 144 MHZ

### 23.1.2.5 Protocoles pour liaisons en réseaux : (terrestres et satellitaires)

#### 23.1.2.5.1 D-STAR

##### 23.1.2.5.1.1 Définition

D-STAR (Digital Smart Technologies for Amateur Radio), désigne l'ensemble du protocole de transmission de la voix et des données par radio. C'est le résultat des recherches effectuées par la JARL (Japan Amateur Radio League), alors qu'ils recherchaient une solution innovante pour la transmission numérique de la voix par radio. D-STAR est principalement destiné aux radioamateurs et est un des premiers systèmes de cette sorte dans cet environnement.

Spécifications adaptées aux Services d'Amateur :

La réglementation radioamateur impose qu'il soit transmit à tout moment l'indicatif de la station appelante et appelée, et pour les données, de connaître le chemin emprunté par les paquets. De plus, les codages utilisés doivent être reconnus de l'UIT et aucun chiffrement ne peut être utilisé. C'est avec la JARL, que les nouveaux modes de communication de la voix et des



données ont été introduits pour les radioamateurs du monde entier. Ces modes DV et DD (Digital Voice et Digital Data), permettent de transmettre la voix avec une qualité exceptionnelle, sur un canal de 6,25 kHz. Le mode DD utilise le même protocole de signalisation que la voix, mais en encapsulant une trame 802.3 TCPIP. L'occupation spectrale d'un canal DD est de 150 kHz.

#### 23.1.2.5.1.2 Les classes d'émissions

F1D/F1E/F7W pour le mode DV  
F1D pour le mode DD.

La classe d'émission pourra être F1E pour la voix seule, F1D pour les données faible débit et F7W pour la voix et les données simultanément.

Ces classes d'émissions associées aux modes DV et DD sont décrites et publiées dans un document des spécifications de D-STAR, traduit en Français par l'association « Digital Radioamateur France »

#### 23.1.2.5.1.3 Modulation et codages :

Modulation GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying)  
FEC (Forward Error Correction), scrambling, Viterbi convolution, entrelacement : ITU G.975  
P\_FCS : CRC-16-CCITT (Cyclic Redundancy Check 16 bits)  
FCS : CRC-32-IEEE 802.3 (Cyclic Redundancy Check 32 bits)  
AMBE (Advanced Multi-Band Excitation) : ITU-R M.1457-7 (IMT 2000) pour Inmarsat, P25, DPMR et DMR en Europe, validés par l'ETSI  
Ethernet : CCITT 802.3

#### 23.1.2.5.1.4 Codage de la parole :

o Quelques dates du développement de la voix numérisée :

- o 1936 : Laboratoire BELL "Voice Coder" (Voder)
- o Années 40 : Public Switched Telephon Network (PSTN) équivalent des Lignes MIC en France
- o Années 40 : Modulation DELTA (DM)
- o Années 60 : NASA Apollo "Waveform Clipping"
- o Années 70 : Continuously Variable Slope Delta Modulation (CVSD)
- o Années 80 : Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM) - ITU G.721
- o Années 90 : Code Excited Linear Prediction (CELP et ACELP / VSELP)
- o Années 2000 : Multiband Excitation (IMBE / AMBE)

#### 23.1.2.5.1.5 L'occupation spectrale et le MOS :

La numérisation de la voix est indispensable pour répondre aux contraintes de spectre et pour obtenir un MOS (Mean Opinion Score) élevé dans un environnement fortement bruité. Certains vocodeurs permettent d'abaisser ainsi le débit binaire jusqu'à 2,4 kb/s, pour obtenir un SNR de 10 à 15 dB. Cette valeur est alors directement exploitable sur les fréquences ou l'occupation spectrale demandée est réglementée à +/- 3 kHz (en dessous de 30 MHz) et à +/- 7,5 kHz (au dessus de 30 MHz) pour les radioamateurs.

Deux types de vocodeurs existent : Basés sur les formes d'ondes ou sur les phonèmes de la voix (analyse spectrale).

Depuis les années 70, les vocodeurs ont fait de nombreux progrès pour obtenir un indice de qualité acceptable (MOS).

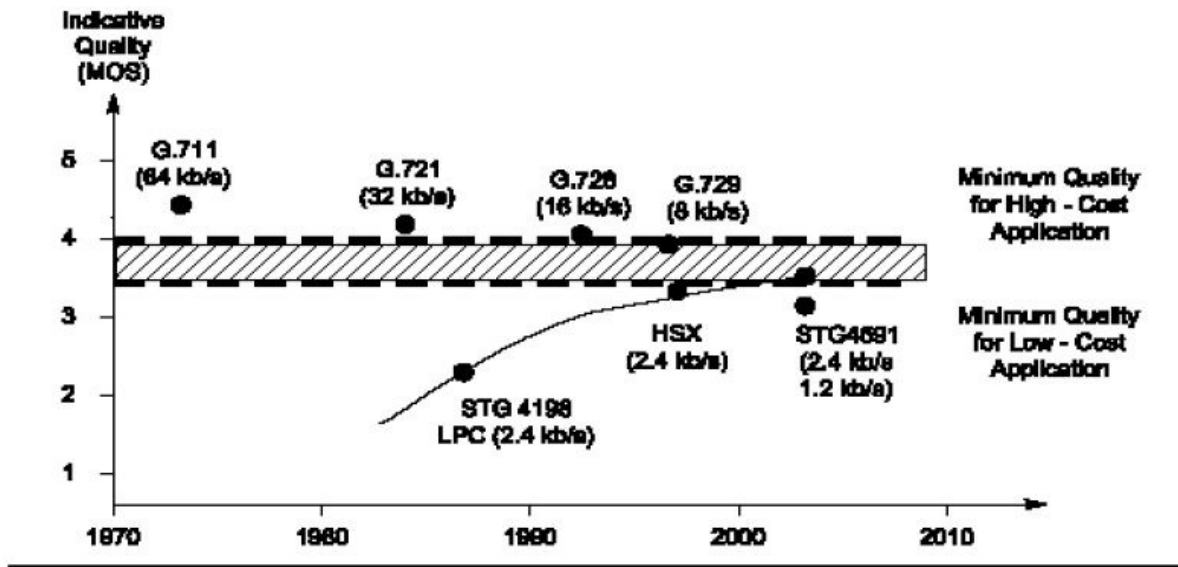


Figure 3 Indice de qualité

#### 23.1.2.5.1.6 Type de vocodeurs :

Les vocodeurs ADPCM utilisent un algorithme basé sur la numérisation directe de l'onde avec des résultats différents selon leur application. Ces vocodeurs sont utilisés dans les télécommunications publiques et offrent une excellente qualité. Cette qualité chute fortement dès que le débit est réduit :

ADPCM : Adaptive Differential Pulse Code Modulation (6,4 à 64 kb/s) G.729 / G.726 / G.723 / G721

D'autres vocodeurs sont utilisés avec un algorithme spécifique permettant le chiffrement (NSA) :

- o CVSD : Continuously Variable Slope Delta-modulation (16 kb/s)
- o LPC-10 : Linear Predictive Mode (2400 b/s)
- o CELP : Code Excited Linear Prediction (2400 et 4800 b/s)
- o ACELP : Algebraic Code Excited Linear Prediction
- o VSELP : Vector Sum Excitation Linear Prediction
- o MELP : Mixed Excitation Linear Prediction (2400 b/s)

Les vocodeurs et les débits binaires utilisés pour les télécommunications "GSM" dans les années 90 sont variés :

CODEC NAME	BIT RATE (KBPS)	COMPRESSION TECHNOLOGY
Full rate	13	RTE-LPC
EFR	12.2	ACELP
Half rate	5.6	VSELP
AMR	12.2 - 4.75	ACELP
AMR-WB	23.85 - 6.60	ACELP



Figure 4 VOCODEURS

o Aujourd’hui, le codec AMR (Adaptive Multi-rate) et AMR-WB (Adaptive Multi-rate Wide band / ITU G.722.2) sont principalement utilisés dans les réseaux GSM et 3GPP / UMTS. Ils utilisent un algorithme de compression ACELP. L’AMR-WB offre une bande passante de 50 à 7000 Hz. Ce qui est supérieur à la bande passante généralement utilisée pour le téléphone (300 à 3000 Hz), avec un débit binaire de 12,65 kb/s.

o Le vocodeur AMBE est particulièrement efficace et largement implémenté dans l’industrie des télécommunications depuis les années 2000. Il s’agit d’un codage utilisant la technique MBE (Multi-Band Excitation) proposé par Griffin (MIT) en 1987. Il est comparable au codeur G.722, mais dans lequel est intégré un modèle d’audition. La bande élargie (50 à 7000Hz) est divisée en un nombre variable de sous-bandes pouvant varier avec le signal. L’intérêt majeur est la classification des trames voisées ou non voisées. L’analyse spectrale permet ainsi de réduire la charge binaire pour les signaux non essentiels. Le vocodeur AMBE possède plusieurs dispositifs de correction d’erreur ... voir dvti.

o Références : Codage de la parole (cf Institut de la Communication Parlée, UPRESA 5009 INPG/ENSERG/ Université Sthendal) D.W. Griffin, “Multiband excitation vocoder”, Ph.D. dissertation, M.I.T. Cambridge, MA, 1987.

o ==> Aujourd’hui, les premières expérimentations ont lieu avec un vocodeur “open source” CODEC2 et la classe F7W associée au protocole D-STAR. Les sources sont publiées et mises à jour régulièrement, au gré des travaux de recherche de la communauté internationale des radioamateurs.

Mode DV (Digital Voice) :

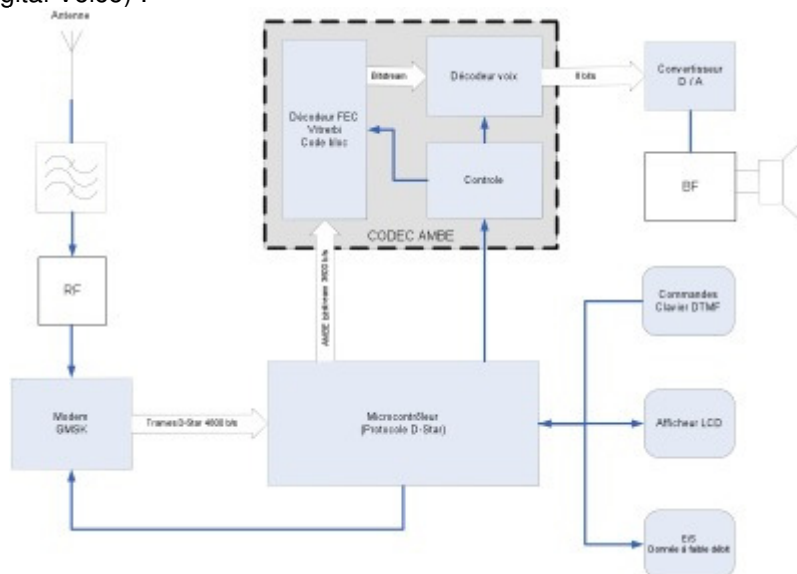


Figure 5 Synoptique d’un émetteur type DV

Le mode DV contient la voix numérisée et les données à faible débit. Ce mode permet de transmettre ces données simultanément dans chacun des paquets. Ces paquets sont transmis toutes les 20 ms. Le type de modulation est GMSK (Modulation de fréquence à enveloppe constante), pour un canal de 6,25 kHz et un débit total de 4800 b/s.

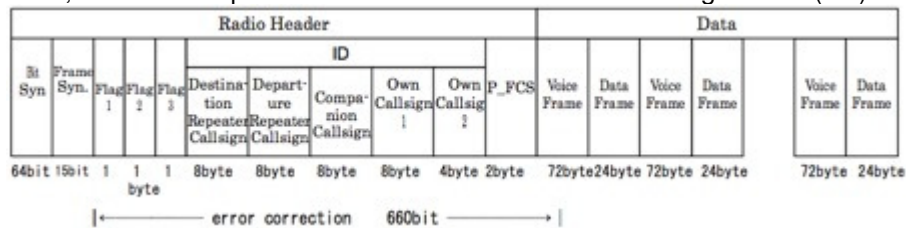


o Les paquets DV contiennent :

- o · Les bits de synchronisation
- o · L'indicatif de l'appelant
- o · L'indicatif de l'appelé
- o · L'indicatif du répéteur de départ (lorsqu'un répéteur est utilisé)
- o · L'indicatif du répéteur de destination (lorsqu'un répéteur est utilisé)
- o · Les données
- o · La voix compressée
- o · La correction d'erreur

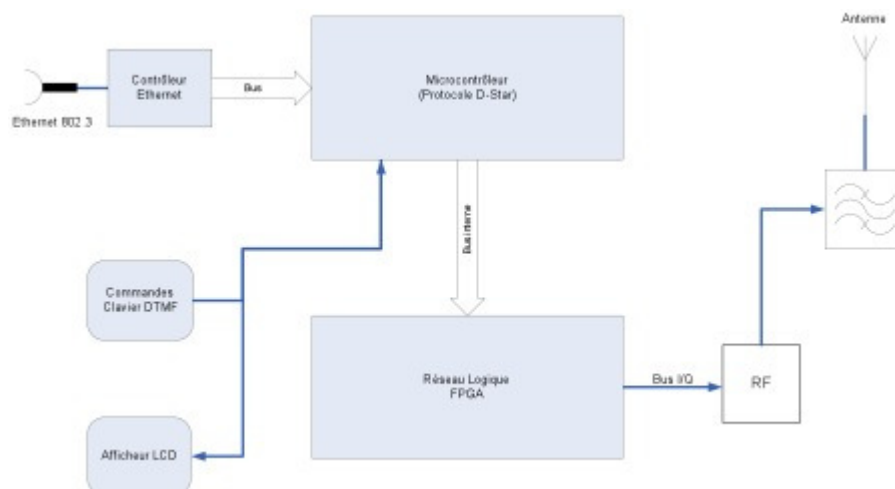
o La voix de l'opérateur est numérisée et compressée grâce au vocodeur AMBE 2000 (DVS1) contenant un DSP (Digital Signal Processeur). Ce vocodeur permet d'obtenir un débit utile de 3600 b/s pour un MOS (Mean Opinion Score) de 3,4 dont 1200 b/s sont réservés à la correction d'erreur FEC (Forward Error Correction). Ce dispositif de correction d'erreur permet le codage de la voix en temps réel.

o Le mode DV permet la transmission de données à faible débit (900 b/s) asynchrone, sans correction d'erreurs. Ces données sont contenues dans les trames DV au même niveau que les données destinées à la voix, de manière alternée. Les données à faible débit peuvent transmettre la position de la station, à l'aide d'un récepteur GPS. Ces données sont au format NMEA et sont directement utilisable par un logiciel de cartographie. Comme pour la transmission de données de position, les données peuvent contenir des minis messages, directement utilisables par un terminal ASCII. De la même manière, les données peuvent contenir des fichiers et des images fixes (fax).



**Figure 6 Structure d'une trame DV**

Mode DD (Digital Data)

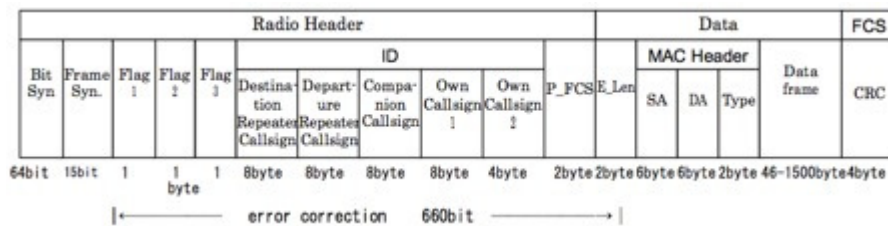


**Figure 7 Synoptique d'un émetteur type DD**



Le mode DD permet la transmission de données seulement. Ce mode encapsule une trame Ethernet 802.3 (niveau MAC du modèle ISO) et contient, comme pour le mode DV :

- o Les bits de synchronisation
- o L'indicatif de l'appelant
- o L'indicatif de l'appelé
- o L'indicatif du répéteur de départ (lorsqu'un répéteur est utilisé)
- o L'indicatif du répéteur de destination (lorsqu'un répéteur est utilisé)
- o Les données (Entête MAC et données au format 802.3)
- o La correction d'erreur
- o Chaque trame DD encapsule une trame Ethernet (MAC 802.3), qui contient une trame TCPIP. L'adressage IP est configuré par la station appelante et appelée, pour pouvoir transmettre les données entre deux stations radioamateurs à la manière d'un réseau local. Le type de modulation est GMSK (Modulation de fréquence à enveloppe constante), pour un canal de 150 kHz et un débit de 128 kb/s.



**Figure 8 Structure d'une trame DD**

Structure du protocole :

- o Dans la description qui suit, les caractères « \_ » sont considérés comme un espace (code ASCII \$20). Cette convention permet de décrire les indicatifs contenant des espaces.

o Indicatifs :

- o Le groupe de champs contenant les indicatifs, dans l'entête radio, permet aux trames DD et DV d'être acheminées à leur correspondant. Ces champs sont donc utilisés pour le routage des transmissions.

o Champ « Destination repeater Callsign » :

- o Lors d'une communication à l'intérieur ou à l'extérieur d'une zone, ce champ doit être renseigné avec le répéteur où se situe la station appelée. Dans le cas de répéteurs multiples dans une zone, ceux-ci sont distingués par une lettre en suffixe (A, B, C ou D en huitième position). Exemple : « F1ZXX\_C » ou « F1ZXX\_B ». Le suffixe par défaut est « A ». Lors d'une communication à l'extérieur d'une zone (zone à zone), le champ doit contenir l'indicatif de cette zone.

- o Lorsque le suffixe est « G », il indique l'utilisation de la passerelle, pour le transport des communications dans un réseau TCPIP, vers une autre passerelle utilisant le même protocole uniquement.

o Champ « Departure repeater Callsign » :

- o Ce champ contient l'indicatif du répéteur origine de l'appel. Dans le cas de répéteurs multiples dans une zone, ceux-ci sont distingués par une lettre en suffixe (A, B, C ou D en huitième position). Exemple : « F1ZXX\_C » ou « F1ZXX\_B ». Le suffixe par défaut est « A ».

o Champ « Companion Callsign » :



- o Ce champ contient l'indicatif de la station appelée. Dans le cas où la station est composée de terminaux multiples, ceux-ci sont distingués par une lettre en suffixe (A, B, C, D, E ou F en huitième position). Exemple : « F1ABC\_E » ou « F1ABC\_F ».
- o Dans le cas d'un appel général, ce champ doit contenir l'expression « CQCQCQ ».
- o Dans le cas d'un appel général vers une zone extérieure, un préfixe « / » est ajouté à l'indicatif du répéteur distant, pour y diriger l'appel. Dans le cas de répéteurs multiples dans une zone, ceux-ci sont distingués par une lettre en suffixe (A, B, C ou D en huitième position). Exemple : « F1ZXX\_C » ou « F1ZXX\_B ». Le suffixe par défaut est « A ». Pour accéder à un répéteur utilisant un serveur local, le suffixe « S » est ajouté en fin d'indicatif (huitième position), exemple : « F1ZXX\_S ».

o Champ « Own Callsign 1 » :

- o Ce champ contient l'indicatif de la station appelante. Dans le cas où la station est composée de terminaux multiples, ceux-ci sont distingués par une lettre en suffixe (A, B, C, D, E ou F en huitième position). Exemple : « F1ABC\_E » ou « F1ABC\_F ».

o Champ « Own Callsign 2 » :

- o Ce champ contient des données liées à l'indicatif de la station appelante, mais à titre d'information. Ces données sont précédées d'un caractère « / ». Exemple : « F1ABC / Daniel ». NB : Le caractère « / » n'est pas affiché. Ces données ajoutées ne sont pas traitées par la fonction d'identification du système.

Fonctions communes :

o Identification des stations et des répéteurs :

- o Chaque station ou répéteur, est identifié à l'aide de son indicatif d'appel fourni par l'administration. Cet indicatif respecte la nomenclature radioamateur et permet à l'opérateur de s'identifier auprès des autres utilisateurs, ainsi que de spécifier la route d'un appel.

o Le terminal possède quatre champs, pour s'identifier, et pour indiquer la destination puis la route de l'appel :

- o UR : Identification de l'appelé
- o RPT1 : Premier répéteur pour router l'appel
- o RPT2 : Deuxième répéteur pour router l'appel
- o MY : Identification de l'appelant

o Appel général :

- o Un appel général est lancé, lorsque l'utilisateur indique « CQCQCQ » dans le champ destiné à la station appelée.

o Le terminal de la station appelante est programmé comme suit :

- o UR : CQCQCQ
- o RPT1 : NOTUSED
- o RPT2 : NOTUSED
- o MY : F1AAA

o => F1AAA fait un appel général

o Appel d'une station :

- o L'appel d'une station en particulier est possible, en indiquant l'indicatif de cette station dans le champ de destination du terminal.

o Le terminal de la station appelante est programmé comme suit :

- o UR : F1BBB
- o RPT1 : NOTUSED
- o RPT2 : NOTUSED
- o MY : F1AAA



o => F1AAA appelle F1BBB

o Routage d'un appel (utilisation d'une zone) :

o Il est possible de lancer un appel vers une station en particulier, à travers une zone, sans connaître le répéteur où se trouve la station appelée (une zone est composée d'un ou plusieurs répéteurs sur un même site, connectés à un contrôleur).

o Pour fonctionner correctement, chaque répéteur d'une zone utilise son propre couple de fréquence (émission et réception), comme pour un répéteur analogique. Le contrôleur de la zone est connecté aux répéteurs par un lien direct (signaux type V24 avec horloge séparée). Un répéteur ne peut pas fonctionner sans contrôleur.

o Dans la description qui suit, la zone est identifiée par son indicatif d'appel (F1ZXX). Cette zone est composée de deux répéteurs : VHF et UHF. Ils sont respectivement identifiés par l'indicateur d'appel de la zone, suivi par une lettre indiquant son usage :

o Exemple :

o Zone : F1ZXX

o Répéteur VHF : F1ZXX\_\_C

o Répéteur UHF : F1ZXX\_\_B

o Le terminal de la station appelante est programmé comme suit :

o UR : F1BBB

o RPT1 : F1ZXX\_\_C

o RPT2 : F1ZXX\_\_B

o MY : F1AAA

o => F1AAA est en VHF et utilise le répéteur F1ZXX\_\_C. Il appelle F1BBB sans connaître le répéteur de destination, mais en indiquant ceux qui sont disponibles dans la zone F1ZXX.

o Le terminal de la station appelée est programmé comme suit :

o UR : F1AAA

o RPT1 : F1ZXX\_\_B

o RPT2 : F1ZXX\_\_C

o MY : F1BBB

o => F1BBB est en UHF et utilise le répéteur F1ZXX\_\_B. L'appel lui parvient, par l'intermédiaire du contrôleur de zone où sont connectés les deux répéteurs. Il répond à F1AAA, en indiquant cet indicatif dans le champ « UR : » de destination.

o Dans cet exemple, le contrôleur de zone joue un rôle essentiel pour le routage des transmissions. Il garde en mémoire la dernière trace d'utilisation des répéteurs, par les stations. Cette trace lui permet ensuite de retrouver la route de la station appelée.

Expérimentations menées en 2009 :

o Terminal DV SDR (Software Defined Radio) :

o La plateforme d'essais est un PC sous Windows ou LINUX utilisant un logiciel « open source » sous licence GNU GPL créé par G4KLX. Il permet le traitement d'un signal complexe issu d'un émetteur-récepteur fonctionnant normalement en classe F3E. Ce signal est extrait de la sortie « discriminateur ». A contrario, le logiciel exploite l'étage « modulateur direct » pour l'émission. L'ensemble des codages ou décodages numériques est réalisé par ce logiciel. Le vocodeur est exploité au travers d'un microcontrôleur PIC et d'une interface USB (DVDongle) contenant le vocodeur AMBE ainsi qu'un microcontrôleur et une interface RS232 / USB..

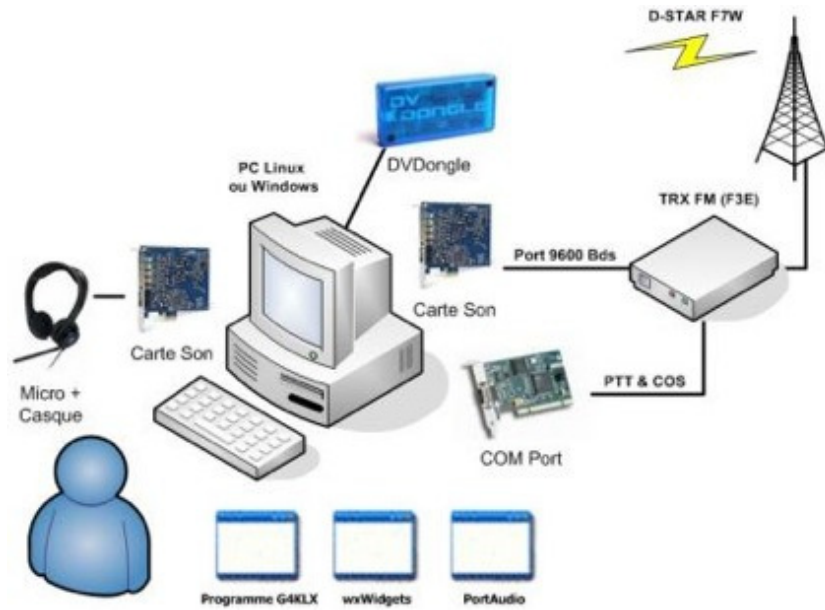


Figure 9 Synoptique de la plateforme d'essais

Modem GMSK pour réseaux relayés (mode DV) :

Un modem GMSK associé à un microcontrôleur contenant le protocole D-STAR, permet de décoder et d'encoder les trames au format reconnu par les terminaux. ainsi, en y associant un émetteur-récepteur type F3E, cet ensemble est transformé en un émetteur-répéteur numérique pour la transmission de la voix et/ou des données à faible débit (mode DV). Ce modem GMSK est associé à un logiciel sur PC, connecté par une interface USB. Il permet de contrôler son fonctionnement, l'arrêt d'urgence, créer un journal des connexions, identifier les utilisateurs, diffuser un message régulier d'identification du répéteur, et fournir à tout moment, l'identification de l'appelant et de l'appelé ainsi que la route empruntée.



Figure 10 Modem GMSK

### 23.1.2.5.2 Le WIFI :



Les liaisons WIFI ont été expérimentées en 2003 par la commission THF du REF-UNION. Les essais ont permis de montrer qu'il était possible d'utiliser cette classe d'émission très facilement, permettant d'établir des liens réseau (TCPIP) de type urbain. Le WIFI public partage actuellement la même bande de fréquence que les Services d'Amateur (2300 à 2450 MHz et 5650 à 5850 MHz). L'adaptation de ce mode de transmission aux radioamateurs est donc aisée.

L'utilisation du WIFI et la classe d'émission associée (W7D) permet aux radioamateurs d'établir un réseau haut débit propre à leur activité. Il permet en outre, d'éviter le recours à une connexion Internet pour l'interconnexion de station et le transfert de données.

Les technologies d'échanges de données demandent aujourd'hui de plus en plus de bande passante. Le WIFI permet un débit de 1 à 100 Mb/s selon les normes utilisées (802.11a/b/g/n). L'intégration directe du protocole TCPIP permet une compatibilité plus aisée des logiciels radioamateur développés avec les dernières technologies type HTTP, PHP, VB Script, etc ... Les protocoles directement utilisables sur TCPIP évite le développement de nouvelles couches de communication et respecte le modèle OSI.

La norme 802.11 est composée de deux couches :

- \* La couche physique : en DSSS, FHSS ou Infrarouge
- \* La couche liaison de données : 802.8 (MAC) et 802.2 (LLC)

Il existe deux modes de mise en réseau :

- \* Le mode infrastructure : Au travers d'un point d'accès (AP)
- \* Le mode "ad-hoc" : Point à point

#### 23.1.2.5.2.1 802.11g :

La norme 802.11g est la plus répandue actuellement. Elle offre un haut débit (54 Mbit/s théoriques, 25 Mbit/s réels) sur la bande de fréquences des 2,4 GHz. La norme 802.11g a une compatibilité ascendante avec la norme 802.11b, ce qui signifie que des matériels conformes à la norme 802.11g peuvent fonctionner en 802.11b. Cette aptitude permet aux nouveaux équipements de proposer le 802.11g tout en restant compatibles avec les réseaux existants qui sont souvent encore en 802.11b. Le principe est le même que celui de la norme 802.11a puisqu'on utilise ici 52 canaux de sous-porteuses radio mais cette fois dans la bande de fréquences des 2,4 GHz. Ces sous-porteuses permettent une modulation OFDM autorisant de plus haut débit que les modulations classiques BPSK, QPSK ou QAM utilisé par la norme 802.11g.

==> La norme 802.11g est directement utilisable sur la bande de fréquences amateur 2300 à 2450 MHz.

#### 23.1.2.5.2.2 802.11n :

La norme 802.11n est disponible depuis le 11 septembre 2009. Le débit théorique atteint les 300 Mbit/s (débit réel de 100 Mbit/s dans un rayon de 100 mètres) grâce aux technologies MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) et OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). En avril 2006, des périphériques à la norme 802.11n commencent à apparaître basés sur le Draft 1.0 (brouillon 1.0) ; le Draft 2.0 est sorti en mars 2007, les périphériques basés sur ce brouillon seraient compatibles avec la version finale du standard. Des équipements qualifiés de « pré-N » sont disponibles depuis 2006 : ce sont des équipements qui mettent en œuvre une technique MIMO d'une façon propriétaire, sans rapport avec la norme 802.11n.

==> La norme 802.11n est actuellement celle qui permet la plus grande efficacité spectrale, car elle est utilisable sur les deux bandes de fréquences amateur 2300 à 2450 MHz et 5650 à 5850 MHz.

Identification des stations radioamateur (indicatif) :



Les stations radioamateur pourront très simplement s'identifier par leur indicatif, en indiquant celui-ci dans le champ BSS et IBSS en fonction du type de réseau.

### 23.1.2.5.3 Protocole de diffusion WSPR :

Le système WSPR est aussi conçu par Joe Taylor, K1JT. Il ne permet pas de communication directe entre stations mais fonctionne en mode "balise occasionnelle" dont la qualité de réception est automatiquement relevée par tous les utilisateurs connectés.

Prononcer "Whisper" qui signifie "Weak Signal Propagation Reporter". Le logiciel WSPR est conçu pour déterminer les couloirs de propagation en utilisant les rapports balises/puissances comme transmissions.

Le signal WSPR transmet l'indicatif, le carré "locator", et le niveau de puissance utilisé en utilisant un format de données compressées suivant la modulation 4-FSK bande étroite.

Le protocole est en vigueur pour un signal de - 28 dB dans le bruit et pour une bande passante de 2500 Hz.

Les stations de réception ayant l'accès Internet connecté peuvent transmettre automatiquement les rapports de réception à la base de données centrale du site Web WSPRnet

Ce site fournit un interface simple, cartographie, et de nombreuses autres fonctionnalités dont l'accès aux bases de données dont on peut extraire des informations ciblées pour analyser des bilans de transmissions particuliers et la propagation associée.



Figure 11 Report WSPR

#### 23.1.2.5.3.1 Spécifications du protocole WSPR

\* Message standard : indicatif + locator (4 codes) + Puissance d'émission en dBm  
K1ABC FN20 37



\* Les messages avec un indicatif composé et/ou 6 codes locator utilisent une double séquence de transmission. La première transmission porte l'indicatif et le niveau de puissance, ou l'indicatif standard, les 4 codes du locator, et le niveau de puissance.

La deuxième transmission porte l'indicatif <>, le locator avec les 6 codes et le niveau de puissance.

Exemples :

PJ4/K1ABC 37 K1ABC FN42 37

<PJ4/K1ABC> FK52UD 37 <K1ABC> FN42AX 37

Les préfixes "add on" peuvent être jusqu'à trois caractères alphanumériques ; les suffixes peuvent être à une seule lettre ou d'un à deux chiffres.

\* Les composants du message standard sans perte après la compression sont de : 28 bits pour l'indicatif, 15 pour le locator, 7 pour le niveau de bruit soit un total de 50 bits.

D'autres détails sont contenus dans le code source, disponible sur :

<http://developer.berlios.de/projects/wsjt/>.

\* La correction des erreurs (FEC) : code convolutif avec une longueur de contrainte  $k=32$ , le taux de  $r=1/2$ .

\* Nombre de symboles dans une chaîne binaire :  $n_{sym} = (50 + K - 1) * 2 = 162$

\* Le taux de saisie de données :  $12000 / 8192 = 1,4648$  bauds.

\* Modulation de phase continue 4-FSK avec séparation de ton de 1,4648 Hz

\* La bande passante occupée : environ 6 Hz.

\* Synchronisation : 162 bits sur un vecteur pseudo de synchronisation aléatoire.

\* Structure des données : chaque symbole de canal transmet un bit de synchronisation (LSB) et un bit de données en (USB).

\* Durée de transmission :  $162 * 8192 / 12000 = 110,6$  s.

\* Transmissions démarrent nominalelement une seconde dans la séquence UTC : c'est à dire hh : 00 :01, hh : 02 :01 , .....

\* Minimum SNR pour la réception : autour de - 28 dB sur l'échelle de WSJT ( pour une bande passante de 2500 Hz de référence).







## 24. Annexe 2 DOCUMENTS ITU *EXTRAITS*

Received :  
Reference : Doc. 8A/225, 8A/425

### **International Amateur Radio Union**

#### **DRAFT NEW HANDBOOK FOR THE AMATEUR AND AMATEUR- SATELLITE SERVICES**

At the April 2005 meeting, Working Party 8A agreed that a handbook should be developed for the amateur and amateur-satellite services parallel to, but not part of, the Land Mobile Handbook. The Russian Federation proposed changes and additions to the Handbook which have been taken into account in this draft. The general thrust of the changes was to incorporate referenced texts rather than simply listing them. In addition, the Russian Federation suggested changes to reflect regional differences in frequency bands allocated to the amateur services. At the September 2006 meeting, the IARU representative agreed to provide several new elements. These modifications have been included in Attachment 1.

***NDLR Extraits ci-après.***

## CHAPTER 6

# ITU-R Recommendations relevant to the amateur services

## RECOMMENDATION ITU-R M.1041-2

### Future amateur radio systems

(Question ITU-R 48/8)

(1994-1998-2003)

The ITU Radiocommunication Assembly,

#### *considering*

- a) Question ITU-R 48/8 ;
- b) that different future systems are under study ;
- c) that system compatibility is necessary for international operation ;
- d) the need for flexible systems capable of adapting to new developments and natural disasters ;
- e) that the amateur and amateur-satellite bands below 5 GHz are heavily used, and there is a need to reduce interference within these services ;
- f) that the bands above 5 GHz will be subject to increasing use ;
- g) that to communicate at distances beyond line of sight, propagation characteristics of the bands above 144 MHz usually require use of terrestrial or satellite radio-relays ;
- h) that there is increasing need for high-speed digital communications ;
- j) that commonality of hardware, software and protocols is desirable in order to achieve economies of scale and reduce the cost of systems,

#### *recommends*

that future systems in the amateur and amateur-satellite services should incorporate the following objectives and characteristics, and take into account the following frequency band considerations :

## 1 Objectives

General objectives for future systems in the amateur and amateur-satellite services should :

### 1.1 GENERAL

- 1.1.1 Promote design of robust systems capable of providing communication during natural disasters.
- 1.1.2 Accommodate the needs of amateur operators in urban, rural and remote areas, including those in developing countries.
- 1.1.3 Make systems widely available to amateur operators at an acceptable cost, recognizing that amateur operators fund their own stations.
- 1.1.4 Develop compatible and interoperable terrestrial and satellite systems.
- 1.1.5 Provide a flexible architecture that will facilitate introduction of technology advancements.
- 1.1.6 Minimize radiated power.

### 1.2 TECHNICAL

- 1.2.1 Promote increased spectrum efficiency, e.g. through use of automatic power control, automatic link establishment, adaptive antennas, diversity reception, digital signal processing, software defined radio and access techniques such as time division multiple access (TDMA) and code division multiple access (CDMA).
- 1.2.2 Ensure information integrity through error control techniques.
- 1.2.3 Encourage the development of common interfaces for the interconnection of equipment.

### 1.3 OPERATIONAL

- 1.3.1 Provide for operational flexibility and self-organization.
- 1.3.2 Support international roaming within the amateur services.
- 1.3.3 Permit amateur stations to gain access to particular capabilities made possible by advances in technology, e.g. automatic language translation, databases, etc.

## **1.4 METHODS OF RADIOCOMMUNICATION**

Support, among others, the following :

### **1.4.1 Morse code**

In accordance with ITU-T Recommendation F.1, Division B.

### **1.4.2 Narrow-band direct-printing**

International Telegraph Alphabet No. 2, as defined in ITU-T Recommendation F.1, Division C, and Recommendation ITU-R M.625 except for modified station identification.

### **1.4.3 Telephony**

Telephony of commercial quality.

### **1.4.4 Facsimile**

In accordance with appropriate ITU-T Recommendations, subject to radio environments.

### **1.4.5 Data transmission**

Synchronous and asynchronous in accordance with appropriate ITU-T Recommendations, consistent with bandwidth limitations and propagation at MF/HF and higher frequencies.

### **1.4.6 Television**

Slow and fast scan television using appropriate regional standards, including digital techniques.

### **1.4.7 New transmission modes**

Experimentation and development of new modes of transmission in order to advance the state of the art.

## **2 Technical characteristics**

Amateur and amateur-satellite systems should have technical characteristics that provide worldwide interoperability, and allow origination, relay and termination of communications independent of other radio services. Design emphasis should be placed on reliability, robustness and flexibility of reconfiguration for efficient emergency communications. Multiple access techniques (FDMA, TDMA and CDMA) should be selected for optimum spectrum efficiency and frequency reuse. The selection of modulation techniques should take into account resistance to interference and immunity to adverse propagation conditions.

## **3 Operational characteristics**

Systems should be capable of operation in urban, residential and rural areas, and should be suitable for use in fixed and/or mobile applications. Mobile systems should include personal pocket terminals and systems suitable for operation in vehicles. Small, inexpensive systems capable of being upgraded should be available for new users and those in developing countries. Satellite systems should be designed to serve both industrialized and developing countries. Systems should facilitate education of operators and technicians.

## **4 Frequency band considerations**

### **4.1 SPECTRUM REQUIREMENTS**

Worldwide common frequency bands to facilitate international working, international roaming and commonality of equipment.

### **4.2 SPECTRUM UTILIZATION**

Frequency bands as associated with future amateur radio systems should be chosen for operations to carry out the desired communication with minimum power, maximum frequency reuse and sharing, minimum interference to other services, in accordance with the Radio Regulations, and spectrum efficiency. More consideration should be given to using bands above 5 GHz.

## **Annex 1**

### **Characteristics of systems operating in the amateur and amateur-satellite services for use in sharing studies**

## **1 Introduction**

A number of frequency bands are allocated to the amateur and amateur-satellite services throughout the spectrum. These bands have been selected to provide different propagation conditions.

Amateur and amateur-satellite stations perform a variety of functions, such as :

- training, intercommunication between amateur stations and technical investigations by duly authorized persons interested in radio technique solely with a personal aim and without pecuniary interest (RR Nos. 1.56, 1.57) ;
- disaster relief communications as elaborated in Recommendation ITU-R M.1042.

## **2 Operational characteristics**

Amateur stations and amateur-satellite earth stations generally do not have assigned frequencies but dynamically select frequencies within an allocated band using listen-before-talk techniques. Terrestrial repeaters, digital relay stations and amateur satellites use frequencies selected on the basis of voluntary coordination within the amateur services. Some amateur frequency allocations are exclusive to the amateur and amateur-satellite services. Many of the allocations are shared with other radio services and amateur operators are aware of the sharing limitations.

Communications may be initiated on prearranged schedule or by one station initiating a general or specific call. One or more stations may respond. Formal and informal nets may be initiated as needed. Contacts may last from about one min to about one h, depending on traffic to be transmitted.

Operating protocols vary according to communication requirements and propagation. MF and HF bands are used for near-vertical-incidence-sky wave to global paths. VHF, UHF and SHF bands are used for short-range communications. Amateur satellites afford an opportunity to use frequencies above HF for long-distance communications.

## 3 Technical characteristics

Tables 1 to 6 contain technical characteristics of representative systems operating in the amateur and amateur-satellite services. This information is sufficient for general calculation to assess the compatibility between these systems and systems operating in other services. The upper frequency boundaries shown in Tables 1 to 6 represent the state of current amateur system deployment, which is expected to extend to higher frequencies over time.



TABLE 1  
**Characteristics of amateur systems for Morse on-off keying**

Parameter	Value							
Mode of operation	CW Morse 10-50 baud				CW Morse < 20 baud (Earth-moon-Earth)			Slow Morse ≤ 1 baud CW
Frequency band (MHz) <sup>(1)</sup>	1.8-7.3	10.1-29.7	50-450	902-47 200	144	432	1 296	0.136
Necessary bandwidth and class of emission (emission designator)	150HA1A 150HJ2A	150HA1A 150HJ2A	150HA1A 150HJ2A	150HA1A 150HJ2A	50H0A1A 50H0J2A	50H0A1A 50H0J2A	50H0A1A 50H0J2A	1H00A1B 1H00J2B
Transmitter power (dBW) <sup>(2)</sup>	3-31.7	3-31.7	3-31.7	3-31.7	3-31.7	3-31.7	17-31.7	23
Transmitter line loss (dB)	0.2	0.3-0.9	1-2	0-10	1-2	1-2	1-4	0.0
Transmitting antenna gain (dBi)	-20 to 15	-10 to 21	0-26	10-40	20-26	20-26	25-40	-22
Typical e.i.r.p. (dBW)	-17.2 to 46.5	-7.3 to 52.4	2-55	1-45	38-55	38-55	68	1
Antenna polarization	Horizontal, vertical	Horizontal, vertical	Horizontal	Horizontal, vertical	Horizontal	Horizontal, vertical, LHCP, RHCP	Horizontal, vertical, LHCP, RHCP	Vertical
Receiver IF bandwidth (kHz)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Receiver noise figure (dB) <sup>(3)</sup>	13	7-13	0.5-2	1-7	1	1	1	13

<sup>(1)</sup> With the exception of the band around 0.136 MHz, the amateur bands within the frequency ranges shown conform to RR Article 5.

<sup>(2)</sup> Maximum powers are determined by each administration.

<sup>(3)</sup> Receiver noise figures for bands above 50 MHz assume the use of low-noise preamplifiers.



TABLE 2

**Characteristics of amateur systems for narrow-band direct printing telegraphy and data**

Parameter	Value					
	PSK31 31 baud	NBDP 50 baud	PACTOR 2	PACTOR 3	CLOVER 2000	MFSK16
Mode of operation <sup>(1)</sup>	PSK31 31 baud	NBDP 50 baud	PACTOR 2	PACTOR 3	CLOVER 2000	MFSK16
Frequency band (MHz) <sup>(2)</sup>	1.8-29.7	1.8-29.7	1.8-29.7	1.8-29.7	1.8-29.7	1.8-29.7
Necessary bandwidth and class of emission (emission designator)	60H0J2B	250HF1B	375HJ2D	2K20J2D	2K00J2D 2K00J2B	316HJ2D 316HJ2B
Transmitter power (dBW) <sup>(3)</sup>	3-31.7	3-31.7	3-31.7	3-31.7	3-31.7	3-31.7
Feeder loss (dB)	0.2-0.9	0.2-0.9	0.2-0.9	0.2-0.9	0.2-0.9	0.2-0.9
Transmitting antenna gain (dBi)	-20 to 21	-20 to 21	-20 to 21	-20 to 21	-20 to 21	-20 to 21
Typical e.i.r.p. (dBW)	-17.2 to 52.5	-17.2 to 52.5	-17.2 to 52.5	-17.2 to 52.5	-17.2 to 52.5	-17.2 to 52.5
Antenna polarization	Horizontal, vertical	Horizontal, vertical	Horizontal, vertical	Horizontal, vertical	Horizontal, vertical	Horizontal, vertical
Receiver IF bandwidth (kHz)	0.5	0.5	0.5	2.7	2.4	0.5
Receiver noise figure (dB) <sup>(4)</sup>	7-13	7-13	7-13	7-13	7-13	7-13

<sup>(1)</sup> PSK31 is a data system using PSK at 31.1 bauds. PACTOR 2 is a data system using DPSK modulation with rates varying according to conditions. PACTOR 3 is a data system with a potential throughput of up to 5.2 kbit/s. CLOVER 200 is a digital data system capable of rates up to 5.2 kbit/s. MFSK16 is a data system using 16-tone FSK and forward error correction.

Further information about these modes of operation can be obtained from the ARRL HF Digital Handbook, American Radio Relay League, ISBN : 0-87259-915-9, published 2003.

<sup>(2)</sup> Amateur bands within the frequency ranges shown conform to RR Article 5.

<sup>(3)</sup> Maximum powers are determined by each administration.

<sup>(4)</sup> Receiver noise figures for bands above 50 MHz assume the use of low-noise preamplifiers.



**TABLE 3**  
**Characteristics of amateur analogue voice systems**

Parameter	Value					
Mode of operation	SSB voice				FM voice	
Frequency band (MHz) <sup>(1)</sup>	1.8-7.3	10.1-29.7	50-450	902-47 200	50-450	902-47 200
Necessary bandwidth and class of emission (emission designator)	2K70J3E	2K70J3E	2K70J3E	2K70J3E	11K0F3E 16K0F3E 20K0F3E	11K0F3E 16K0F3E 20K0F3E
Transmitter power (dBW) <sup>(2)</sup>	3-31.7	3-31.7	3-31.7	3-31.7	3-31.7	3-31.7
Feeder loss (dB)	0.2	0.3-0.9	1-2	0-10	1-2	0-10
Transmitting antenna gain (dBi)	-20 to 15	-10 to 21	0-23	0-40	0-26	0-40
Typical e.i.r.p. (dBW)	-16.8 to 46.5	-7.3 to 52.4	2-53.7	1-45	2-55	1-45
Antenna polarization	Horizontal, vertical	Horizontal, vertical	Horizontal, vertical	Horizontal, vertical	Horizontal, vertical	Horizontal, vertical
Receiver IF bandwidth (kHz)	2.7	2.7	2.7	2.7	9 15	9 15
Receiver noise figure (dB) <sup>(3)</sup>	13	7-13	0.5-2	1-7	0.5-2	1-7

<sup>(1)</sup> Amateur bands within the frequency ranges shown conform to RR Article 5.

<sup>(2)</sup> Maximum powers are determined by each administration.

<sup>(3)</sup> Receiver noise figures for bands above 50 MHz assume the use of low-noise preamplifiers.



TABLE 4

**Characteristics of amateur digital voice and multimedia systems**

<b>Parameter</b>	<b>Value</b>				
Mode of operation	Digital voice			Digital voice and multimedia	
Frequency band (MHz) <sup>(1)</sup>	1.8-7.3	10.1-29.7	50-450	1 240-1 300	5 650-10 500
Necessary bandwidth and class of emission (emission designator)	2K70J2E	2K70J2E	2K70J2E 5k76G1E 8K10F1E	2K70G1D 6K00F7D 16K0D1D 150KF1W	2K70G1D 6K00F7D 16K0D1D 150KF1W 10M5F7W
Transmitter power (dBW) <sup>(2)</sup>	3-31.7	3-31.7	3-31.7	1-10	3
Feeder loss (dB)	0.2	0.3-0.9	1-2	1-3	1-6
Transmitting antenna gain (dBi)	-20 to 15	-10 to 21	0-26	30	36
Typical e.i.r.p. (dBW)	-16.8 to 46.5	-7.3 to 52.4	2-55	39	38
Antenna polarization	Horizontal, vertical	Horizontal, vertical	Horizontal	Horizontal, vertical	Horizontal, vertical
Receiver IF bandwidth (kHz)	2.7	2.7	2.7 5.76 8.1	2.7, 6, 16, 130	2.7, 6, 16, 130, 10 500
Receiver noise figure (dB) <sup>(3)</sup>	13	7-13	1	2	2

<sup>(1)</sup> Amateur bands within the frequency ranges shown conform to RR Article 5.

<sup>(2)</sup> Maximum powers are determined by each administration.

<sup>(3)</sup> Receiver noise figures for bands above 50 MHz assume the use of low-noise preamplifiers.



TABLE 5

**Characteristics of amateur-satellite systems in the Earth-to-space direction**

Mode of operation	CW Morse, 10-50 baud			SSB voice, digital voice, FM voice, data		
	28	144-5 670	10 450-24 050	28	144-5 670	10 450-24 050
Frequency band (MHz) <sup>(1)</sup>	28	144-5 670	10 450-24 050	28	144-5 670	10 450-24 050
Necessary bandwidth and class of emission (emission designator)	150HA1A 150HJ2A	150HA1A 150HJ2A	150HA1A 150HJ2A	2K70J3E 2K70J2E 16K0F3E	2K70J3E 16K0F3E 44K2F1D 88K3F1D	2K70J3E 16K0F3E 44K2F1D 88K3F1D
Transmitter power (dBW) <sup>(2)</sup>	0-20	0-20	0-13	0-20	0-20	0-13
Feeder loss (dB)	0.2-1.5	0.2-3	0.2-3	0.2-1.5	0.2-3	0.2-3
Transmitting antenna gain (dBi)	-2 to 10	-2 to 27	-2 to 31	-2 to 10	-2 to 27	-2 to 31
Typical e.i.r.p. (dBW)	10-29	10-45	10-42	10-29	10-45	10-42
Antenna polarization	Horizontal, vertical, RHCP, LHCP	Horizontal, vertical, RHCP, LHCP	Horizontal, vertical, RHCP, LHCP	Horizontal, vertical, RHCP, LHCP	Horizontal, vertical, RHCP, LHCP	Horizontal, vertical, RHCP, LHCP
Receiver IF bandwidth (kHz)	0.4	0.4	0.4	2.7 16	2.7, 16, 50, 100	2.7, 16, 50, 100
Receiver noise figure (dB) <sup>(3)</sup>	3-10	1-3	1-7	3-10	1-3	1-7

<sup>(1)</sup> Amateur bands within the frequency ranges shown conform to RR Article 5.

<sup>(2)</sup> Maximum powers are determined by each administration.

<sup>(3)</sup> Receiver noise figures for bands above 50 MHz assume the use of low-noise preamplifiers.



TABLE 6

**Characteristics of amateur-satellite systems in the space-to Earth direction**

Mode of operation	CW Morse, 10-50 baud			SSB voice, digital voice, FM voice, data		
Frequency band (MHz) <sup>(1)</sup>	28	144-5 850	10 450-24 050	28	144-5 850	10 450-24 050
Necessary bandwidth and class of emission (emission designator)	150HA1A 150HJ2A	150HA1A 150HJ2A	150HA1A 150HJ2A	2K70J3E 2K70J2E 16K0F3E	2K70J3E 16K0F3E 44K2F1D 88K3F1D	2K70J3E 16K0F3E 44K2F1D 88K3F1D
Transmitter power (dBW) <sup>(2)</sup>	10	10	10	10	10	0-10
Feeder loss (dB)	0.2-1	0.2-1	0.2-1	0.2-1	0.2-1	0.2-1
Transmitting antenna gain (dBi)	0	0-6	0-6	0	0	0-6
Typical e.i.r.p. (dBW)	9	9-15	9-15	9	9-15	9-15
Antenna polarization	Horizontal, vertical, RHCP, LHCP	Horizontal, vertical, RHCP, LHCP	Horizontal, vertical, RHCP, LHCP	Horizontal, vertical, RHCP, LHCP	Horizontal, vertical, RHCP, LHCP	Horizontal, vertical, RHCP, LHCP
Receiver IF bandwidth (kHz)	0.4	0.4	0.4	2.7, 16	2.7, 16, 50, 100	2.7, 16, 50, 100
Receiver noise figure (dB) <sup>(3)</sup>	3-10	1-3	1-7	3-10	1-3	1-7

<sup>(1)</sup> Amateur bands within the frequency ranges shown conform to RR Article 5.

<sup>(2)</sup> While total transmitter power of 20 dB is assumed, 10 dBW is used as power is shared among signals in passband.

<sup>(3)</sup> Receiver noise figures for bands above 50 MHz assume the use of low-noise preamplifiers.



## **25. Annexes 3 COURRIER REF-UNION**

### **DEMANDE DE MODIFICATION DU TABLEAU DES CLASSES D'EMISSIONS AUTORISEES POUR LE SERVICE AMATEUR EN FRANCE**

Demande du REF-Union pour modifier le tableau des classes de modulation remise en Juin 2008 suite à une réunion du 6 mai 2008

*Référence : Annexe 2 du projet de décision 20008-XXX de l'ARCEP reprenant la décision 04-316 de l'ART en date du 30 mars 2004*

#### 1- Exposé des motifs :

L'évolution technologique particulièrement orientée vers des transmissions numériques permet aux radioamateurs de mettre au point des procédés de modulation parfaitement adaptés à toutes les configurations de propagation auxquels ils sont soumis dans les diverses bandes de fréquences qui leur sont allouées.

La plupart des équipements radioélectriques actuels peuvent s'interconnecter avec des ordinateurs du marché à travers les accès son. Des logiciels de traitement de signal permettent une exploitation très élaborée de procédés de transmissions adaptés aux diverses gammes de fréquences du service amateur. Leur exploitation par un grand nombre d'utilisateurs actifs, titulaires des autorisations appropriées permettant de communiquer sur une échelle internationale, à toutes sortes de distances et répartis autour du globe, est un moyen efficace de mise au point pratique des modulations les plus performantes. Les signaux les plus divers peuvent être traités tant pour des applications à très bas débit et des conditions réception imperceptibles dans le bruit de fond naturel que dans d'autres cherchant à obtenir le plus haut débit possible dans les bandes passantes de réception les plus utilisées.

A ce titre, il apparaît que le tableau des classes d'émissions autorisées pour le service amateur n'a pas pris en compte tous les cas de figure courants aujourd'hui et les propositions

suivantes ont pour objectif d'en permettre une classification suffisamment exhaustive en attendant une mise à jour du catalogue de référence à l'UIT.

## **2- Présentation des procédés de transmissions numériques actuels :**

Ces procédés peuvent être classés en 4 catégories en fonction de leurs objectifs. Les logiciels en permettant l'exploitation avec les protocoles appropriés sont disponibles à tout instant même en période de mise au point.

### **2.1 Modes de transmission de données numérisées à bas et moyen débit**

Tous ces modes de transmission sont décodables directement en texte imprimable ou affichable sur écran d'ordinateurs à l'exception des procédés associés à la technologie Hellschreiber qui nécessite la visualisation d'une image équivalente à du Facsimile

#### **2.1.1 Modes PSK et MPSK :**

Ils se caractérisent par leur rapidité de modulation en Bauds :

- A 10 Bauds : PSK10 ou BPSKAM10
- A 31,25 Bauds : BPSK31, PSKFEC31, PSKAM31 ou QPSK31
- A 50 Bauds : PSKAM50
- A 62,5 Bauds : BPSK63, QPSK63 et PSK63F
- A 125 Bauds : BPSK125 et QPSK125
- A 220,5 Bauds : PSK220F
- A 245 Bauds : PSK HELL (Hellschreiber)
- A 250 Bauds : BPSK250 et QPSK250
- A 300 Bauds CHIP 64/128
- A 5,10 et 20 Bauds : MPSK particulier du MT63 (64 porteuses modulées en BPSK )

#### **2.1.2 Modes OOK :**

On range dans cette catégorie les modes suivants ;

FELD HELL (Hellschreiber), CW (télégraphie Morse) et la CCW (télégraphie Morse synchronisée)

#### **2.1.3 Modes FSK (MFSK, IFSK et MSK) :**

Ces modes servent non seulement à transmettre du texte mais peuvent aussi être utilisés en télécommande. On range dans cette catégorie les modes suivants (liste non exhaustive) :

THROB, THROBX, MFSK16, MFSK8, MIL-STD-188-141A (« ALE »), ALE400, OLIVIA, CONTESTIA, RTTYM, DTMF, JT65, PAX/PAX2, Domino F et Domino EX (en Incremental frequency keying ou IFK), RTTY 45, 50, 75 Bauds et plus, ASCII, AMTOR, PACTOR 1, PACKET 110, 300 et 1200 Bauds, FM HELL (Hellschreiber en MSK), Fax HF, SSTV, et CCW-FSK. (télégraphie Morse synchronisée transmise sur 2 fréquences).

A noter l'utilisation de 2 identificateurs de modes amateur :

- le « ID Vidéo » en CMT Hell permettant l'affichage du nom du mode,
- le « ID RS » en MFSK détectant le mode utilisé et la fréquence de la transmission.

### **2.2 Modes QAM dérivés du DRM commercial en bande étroite.**

Tous ces modes permettent la transmission de fichiers standards informatisés de texte et d'images fixes y compris photographies. Ils peuvent aussi transmettre de la téléphonie numérisée à travers des vocodeurs standards. Ils sont basés sur un protocole appelé HAMDRM dans des bandes passantes compatibles avec des transmissions en bande latérale unique soit 2,3 ou 2,5 kHz utilisant un procédé de type OFDM allant jusqu'à 57 porteuses.

On y trouve particulièrement les modes suivants :

EASYPAL, DIGTRX, WINDRM ou HAMDREAM

Sur un principe similaire, un mode appelé FDMDV apparu récemment, dévolu exclusivement à la téléphonie numérisée à vocodeur et occupant une bande passante d'environ 1 kHz .

### **2.3 Modes Télévision numérique :**

Il s'agit actuellement essentiellement de transmissions vidéo en modulation de phase à quatre états ou QPSK. Il est prévu également d'exploiter l'équivalent de la TNT en mode OFDM à grand nombre de porteuses modulées en phase. Ces modes ne sont utilisés qu'en UHF et SHF compte tenu de leur largeur de bande trop importante pour les bandes de fréquences en dessous de 400 MHz

#### 2.4 Mode combiné phonie et données pour réseaux automatisés :

Il s'agit d'un procédé de transmission connu sous l'appellation D-STAR ou APCO25, pratiqué en bandes VHF, UHF et SHF pour des communications en simplex ou par relais et exploitant respectivement des modulations de type GMSK à enveloppe constante et CQPSK. Les canaux FM ou PM utilisés sont standards, au pas de 6,25 et 12,5 kHz. En outre, il existe un mode particulier « D-STAR DD 128kb/s » nécessitant 150 kHz de bande passante au dessus de 1 GHz. Ces réseaux sont en cours de déploiement en Europe.

Les transmissions de phonie numérisée et de données peuvent être simultanées.

### 3- Liste des nouvelles classes d'émission à inclure :

Dans la plupart des cas énumérés ci-dessus, les signaux de modulation sont produits en émission à partir de la carte son d'un ordinateur et à travers une modulation traditionnelle à bande latérale unique ou angulaire (fréquence ou phase). La liste actuelle des classes d'émission autorisée ne permettant pas de couvrir tous les cas de figure utiles, il est nécessaire de rajouter les classes suivantes correspondant à la nomenclature UIT en vigueur :

#### 3.1 classes de type Bande latérale unique avec sous porteuse :

- **J2A** : CW ou télégraphie Morse en sous porteuse son pour décodage auditif
- **J2B** : pour les modes PSK, MPSK, OOK, FSK, MFSK (incluant le « ID RS ») et dérivés sauf Hellschreiber (incluant le « ID video »), Fax et SSTV
- **J2C** : pour le Hellschreiber (incluant le « ID video »), le Fax et la SSTV
- **J2E** : pour les applications numériques à vocodeurs

A noter que les modes QAM /OFDM du protocole HAMPAL sont également assimilables aux classes J2B (fichiers), J2C (Images fixes) et J2E (Phonie) compte tenu de leur processus de traitement en sous porteuse à travers les cartes sons d'ordinateurs

#### 3.2 classes de type FM ou PM :

Pour les bandes VHF, UHF, SHF (au dessus de 30 MHz) :

- **F2C et F2E** avec les mêmes applications par équivalence à la BLU

A noter que les classes F2A, F2B et F2D sont déjà prises en compte

Pour les bandes VHF, UHF et SHF (au dessus de 30 MHz) :

- **F1E et G1E** : pour la voix seulement, du mode APCO25 ou D-STAR

- **F7W et G7W** : pour la voix + les données combinées du mode APCO25 ou D-STAR

A noter que le mode « DSTAR DD 128 kb/s » (1,2 GHz) est couvert par l'autorisation du F1D

#### 3.3 Classe Télévision :

Pour les bandes UHF et SHF (au dessus de 430 MHz) :

- **G1F** : Pour la télévision numérique en QPSK
- **W7F** : pour la télévision numérique dérivée de la technologie OFDM de la TNT

A noter que les classes C3F et F3F sont déjà autorisés pour les applications traditionnelles analogiques à bande latérale atténuée et pour les relais TVA.



## 26. Glossaire

ANFR	Agence Nationale des Fréquences
ANTA	Association Nationale de Télévision d'Amateur
ARCEP	Autorité de régulation des télécommunications et des postes
ATEPRA	Association technique pour l'expérimentation du Packet-Radio Amateur
CEPT	Conférence Européenne des Postes et Telecommunications
CMR	Conférence mondiale des télécommunications
DATV	Digital Amateur Television
DR@F	Digital Radioamateur France
IARU	International Amateur Radio Union
NMEA	National Marine Electronics Association, spécification pour la communication entre équipements GPS
PIRE	Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente
REF	Réseau des Émetteurs Français
SNR	Signal/Noise Ratio Rapport signal/bruit
TVA	Télévision d'Amateur
UIT	Union Internationale des Télécommunications, ITU en anglais
URC	Union de Radioclubs



## 27. Index

ANFR, 27  
**ANTA**, 3  
ARCEP, 27  
**ATEPRA**, 3  
CEPT, 34, 35  
CMR, 39, 40  
CMR-03, 40  
DATV, 23, 24, 54, 87  
**DR@F**, 3  
IARU, 11, 15, 19, 21, 26, 27, 33, 39, 40, 53, 54  
modulation, 11, 13, 15, 16, 17, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 33, 34, 43, 54, 55, 59, 61, 62, 64, 65, 66, 68, 72, 80, 84, 85, 86, 87, 89, 93, 95, 96, 101, 102  
NMEA, 95  
PIRE, 46  
Prix Nobel de Physique, 89  
protocole, 29, 45, 47, 48, 52, 58, 59, 60, 73, 74, 91, 92, 94, 97, 100, 101, 102, 103  
protocoles, 16, 27, 29, 31, 33, 34, 35, 37, 39, 41, 43, 45, 46, 47, 48, 50, 52, 53, 55, 57, 73, 83, 88  
**REF UNION**, 3  
REF-Union, 17, 21  
Règlement des Radiocommunications, 34  
SNR, 31, 33, 41, 43, 45, 50, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 90, 92, 103  
Télévision, 3, 21, 83  
TVA, 23, 24  
UIT, 9, 15, 19, 25, 26, 27, 33, 39, 40, 48, 52, 53, 55, 91  
**URC**, 3



## 28. Contributions

Jacques MEZAN de MALARTIC F2MM  
Patrick LINDECKER F6CTE  
Pierre BERNARD F1SHS  
Lucien SERRANO F1TE  
Jean Pierre COURJAUD F6DZP  
Jean Marie COLLE F6GIA

