

## Digital Amateur TV (DATV): Convergence du multimédia et de l'informatique

Pierre-André Probst HB9AZN

**L'ATV est parmi les modes de trafic probablement celui qui est le moins connu du monde amateur. Et pourtant c'est un domaine passionnant qui regroupe le multimédia, les hyperfréquences et de plus en plus l'informatique. L'évolution des technologies numériques dans le domaine de la TV commerciale (terrestre et satellite) a considérablement influencé son développement. La DATV permet aujourd'hui de transmettre des images de qualité équivalente à la TV grand public avec des bandes passantes inférieures à 1 MHz.**

La DATV laisse aussi une large part aux réalisations home-made, en effet on ne trouve dans le commerce spécialisé pas de stations complètes pour trafiquer dans ce mode. Cet article donne un aperçu des développements de la DATV du point de vue de l'utilisateur en espérant que de nombreux OM's seront tentés de s'équiper, émettre et revoir des images numériques est une expérience inoubliable !

### L'évolution vers le numérique

A l'instar de la TV commerciale, les pionniers de l'ATV utilisaient la modulation d'amplitude à bande latérale résiduelle (VSB = Vestigial sideband, largeur de bande 7/8 MHz). Pour mémoire cette technologie a fait place à la TNT (TV numérique terrestre) en Suisse en 2009. Une des étapes importantes a été l'introduction de la TV commerciale par satellite à la fin des années 1980 en modulation de fréquence (FM) avec une largeur de bande de 20 MHz. Les récepteurs satellite grand public permettaient de recevoir des images ATV directement dans la bande des 23 cm et la réalisation d'émetteurs basés sur des circuits PLL (phased locked loop) modulés en fréquence par le signal vidéo composite ne posait pas de problèmes particuliers.

Si cette technologie est encore sporadiquement utilisée aujourd'hui pour des

liaisons en ATV, notamment en raison de sa simplicité et des coûts relativement bas de mise en oeuvre, elle est condamnée à moyen terme. La TV par satellite ayant définitivement tourné la page de l'analogique, on ne trouve pratiquement plus de matériel correspondant sur le marché.

Les progrès considérables accomplis dans le domaine du codage des signaux vidéo et audio permettent aujourd'hui de réaliser des équipements de réception et d'émission bien plus performants sur le plan qualité d'image et d'utilisation du spectre que par le passé. Ce dernier paramètre est devenu de plus en plus important, le spectre radioélectrique étant une ressource limitée et le nombre d'utilisateurs en constante augmentation.

Comme pour le passage de l'AM à la FM, c'est la mise en place de satellites diffusant des programmes de TV numériques destinés au grand public qui a été déterminante pour le choix de la norme DVB-S [1] en DATV. Ici également, les récepteurs satellite numériques ont permis aux intéressés d'être rapidement QRV en réception. Pour l'émission il a fallu attendre un peu plus longtemps, les premiers équipements à un prix abordable au niveau des radioamateurs ont fait leur apparition au milieu des années 2000 [2] [3].

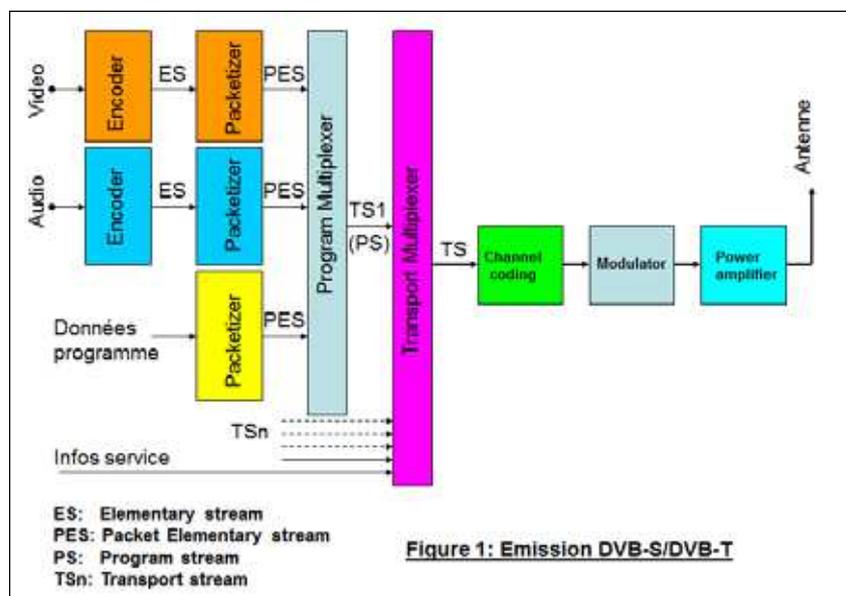
A cette époque, il était donc courant de recevoir des relais ATV en DVB-S et d'entrer sur ces derniers en analogique (FM). Aujourd'hui encore un certain nombre de relais ATV sont équipés d'une entrée analogique [4]. Depuis quelques années, l'intérêt des radioamateurs s'est aussi porté sur la modulation utilisée pour la TNT selon le standard DVB-T [1]. Conçue pour les transmissions terrestres, cette technologie a l'avantage d'être mieux résistante aux réflexions que la norme DVB-S. Elle se prête particulièrement bien aux liaisons dans la bande des 70 cm.

### Modulation en DVB-S et DVB-T pour la DATV

#### Principes de bases

Sont décrites ici les caractéristiques les plus importantes pour les applications radioamateur des normes DVB-S et DVB-T, en particulier celles qui sont indispensables à la configuration des équipements.

Le néophyte sera peut-être effrayé par la complexité des normes numériques par rapport aux anciennes technologies analogiques et pourrait être découragé! Il est donc important de préciser ici qu'il n'est pas nécessaire de tout connaître des



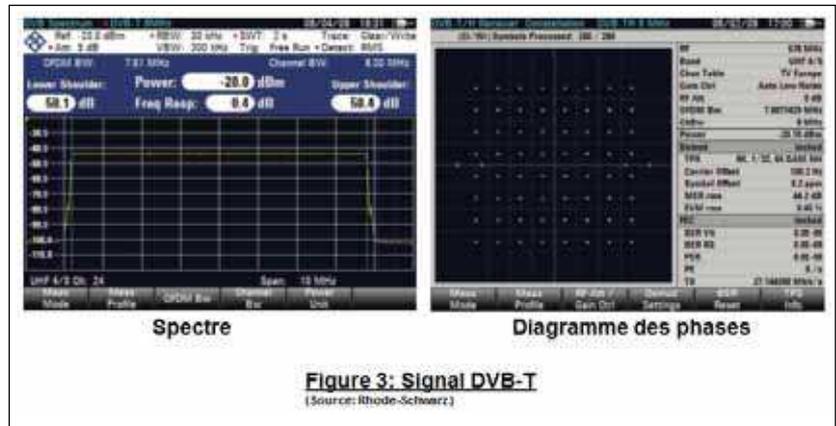
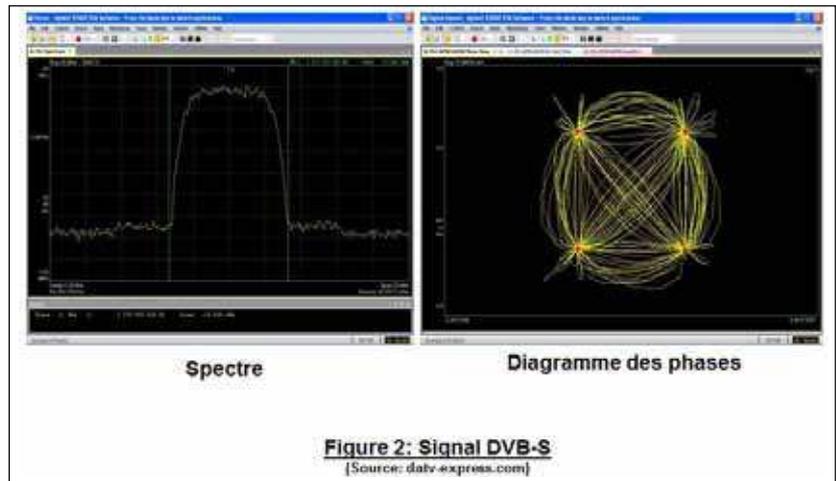
## Digital Amateur TV (DATV) (II)

standards et qu'il suffit comme utilisateur de maîtriser les paramètres les plus importants pour trafiquer en DVB-S ou DVB-T.

Le lecteur intéressé aux détails trouvera les informations sur le site du consortium DVB [1].

Pour les deux normes, la chaîne d'émission comprend les fonctions suivantes (**Figure 1**):

- **Le codage audio et vidéo («Encoder»)** qui consiste à numériser le signal analogique, issu par exemple d'une caméra, et pour la vidéo à éliminer la redondance spatiale et temporelle des images (compression) afin de réduire le débit et la bande passante à des valeurs compatibles avec le milieu de transmission.
- **La mise en paquets («Packetizer»)** des signaux auxquels sont ajoutés des bits permettant de les identifier que l'on appelle les PIDs (Packet Identifier). Le décodeur peut ainsi savoir si le paquet contient de la vidéo, du son ou des informations sur les programmes et le service. Les paquets sont de longueur fixe (188 octets).
- **Le multiplexage («Program Multiplexer»)** des données et informations spécifiques au programme transmis (son, vidéo, données sur le contenu) pour former ce qu'on appelle un «Program Stream (PS)», respectivement un «Transport Stream (TS)». Le format PS est entre autre utilisé pour l'enregistrement sur DVD alors que pour les transmissions par satellites, réseaux câblés ou par voie terrestre c'est le format TS qui est utilisé.
- **Le multiplexage pour le transport («Transport Multiplexer»)** de un ou plusieurs programmes et des informations relative au service qui donne un «Transport Stream (TS)».
- **Le codage de canal («Channel Coding»)** qui comprend des processus destinés à rendre le signal résistant aux erreurs de transmission. Parmi



ces processus, on trouve deux algorithmes (Viterbi et Reed Salomon) de correction d'erreurs vers «l'avant» (FEC «Forward Error Correction»). Il ne faut pas oublier que les normes DVB-S et DVB-T sont destinées à la diffusion de programmes TV, il n'est donc pas possible de répéter les paquets reçus avec des erreurs comme sur internet avec le protocole TCP/IP. L'algorithme Reed Salomon ajoute de manière fixe 16 octets portant la longueur des paquets à 204 octets. Pour l'autre processus FEC (Viterbi) le paramètre peut être choisi par l'utilisateur (voir ci-dessous).

- **La modulation («Modulator»)** dont la méthode dépend du milieu de transmission. En DVB-S le signal est modulé en QPSK («Quadrature Phase Shift Keying») avec 4 phases. Pour le DVB-T la modulation est du type OFDM («Orthogonal Frequency Division Multiplexing») avec plusieurs milliers de porteuses

modulées en amplitude (QAM) ou en phase (QPSK). Leur nombre dépend de la bande passante: 2000, 4000 et 8000 (Modes 2k, 4k ou 8k).

- **L'amplification de puissance («Power Amplifier»)** dont les exigences de linéarité sont plus élevées que pour la SSB. Seulement environ 1/4 de la puissance de pointe (PEP) peut être exploité en DVB-S alors que pour la modulation DVB-T cette valeur se situe aux alentours de 1/10.

Les **Figures 2 et 3** représentent le spectre et le diagramme des phases de signaux DVB-S respectivement DVB-T à la sortie du modulateur.

### Paramètres des signaux DVB-S et DVB-T

Les signaux DVB-S et DVB-T sont caractérisés par un certain nombre de paramètres dont il est essentiel de connaître les valeurs les plus courantes pour configurer un système DATV:

- **Fréquence:** dans les bandes de fréquences ouvertes au trafic radioamateur en Suisse, le mode DATV est prévu à partir des bandes 432 MHz et au dessus, à savoir 1200, 2300, 5600, 10300, 24000 MHz, etc. Si en modulation analogique VSB, il était courant de faire des liaisons ATV dans la bande des 70 cm, malheureusement en FM avec 20 MHz de largeur de bande cela est devenu impossible. La situation a de nouveau changé avec les réalisations de systèmes numériques à bas débit (DVB-S et DVB-T) dont les bandes passantes sont inférieures à 2 MHz. Il est désormais possible de bénéficier en DATV des particularités de la propagation sur UHF.

La tendance à réduire les débits se poursuit, ainsi au Royaume-Uni des fréquences pour la DATV ont été attribuées à titre provisoire par le régulateur dans la bande des 2 m (146,5 MHz) et 70 MHz (71 MHz). Les liaisons se font en DVB-S avec un débit de 333 ks/s, soit environ 450 kHz de bande passante [5].

- **Codage:** les normes UIT/ISO/IEC H262/MPEG-2 et H.264/MPEG-4 (part 10) sont les plus courantes. La première date des années 1994 alors que H.264 a été adoptée en 2003. Cette dernière norme marque un progrès considérable puisqu'elle permet de réduire le débit par un facteur 2 à 3 pour le même niveau de qualité d'image par rapport à MPEG-2.

- **Débit:** Cette caractéristique mesurée en «symboles par seconde» (s/s) influence la qualité de l'image et la bande passante utilisée. En DVB-S, avec la modulation QPSK à 4 phases (2 bits), le débit brut est donc égal à deux fois le débit des symboles (p.ex. 4 Mbit/s pour un débit des symboles de 2 Ms/s). Le débit net disponible pour le codage audio et vidéo et pour les informations sur le contenu se calcule en déduisant la partie introduite par les opérations de correction d'erreur.

A titre d'exemple, pour un débit brut de 4 Mbit/s il reste finalement 2,765 Mbit/s avec une valeur de FEC de 3/4 (voir ci-dessous). Dans les bandes

SHF (en dessus de 432 MHz), les débits utilisés vont de 4 à 15 Ms/s selon les applications et le nombre de programmes transmis. Pour 437 MHz il est courant d'émettre avec un débit des symboles de 1 Ms/s, des essais ont permis d'aller jusqu'à 125 ks/s [6].

Comme la norme DVB-T a été conçue pour exploiter plusieurs émetteurs sur la même fréquence, le signal comprend un paramètre supplémentaire appelé «guard interval». Cet intervalle précède les symboles émis et sa valeur est choisie de manière à s'affranchir des problèmes de réception des signaux en provenance des différents émetteurs (différence des temps de propagation). La valeur la plus courante en DATV est de 1/4.

- **Bande passante:** il existe plusieurs définitions de bande passante de signaux DATV [7], en DVB-S pour ce que l'on appelle l'«allocated bandwidth», il faut multiplier le débit par 1,35 soit une bande passante de 2,7 MHz pour 2 Ms/s.

En DVB-T, la bande passante de la TV commerciale (TNT) est de 6, 7 ou 8 MHz. Pour trafiquer en DATV dans la bande des 70cm il faut réduire cette valeur à 2 MHz ou moins.

- **FEC:** ce paramètre donne le rapport entre le nombre de bits utiles et le nombre de bits transmis par l'algorithme Viterbi. Une valeur très utilisée en DATV est 3/4, cela signifie que le processus de correction d'erreurs rajoute 1 bit aux 3 bits reçus du multiplexeur avant d'envoyer le signal au modulateur.

- **PID:** au décodage, il faut tout d'abord dans le signal numérique reçu retrouver les paquets de 204 octets et savoir si ces derniers contiennent de la vidéo, du son ou des informations sur le contenu. La synchronisation des paquets se fait grâce à un octet de valeur fixe (47H).

Ce sont les PIDs (13bits) qui permettent d'identifier le contenu des paquets. Ils doivent donc être programmés dans l'émetteur soit en format décimal ou hexadécimal. Côté réception,

les PIDs sont dans la majorité des cas reconnus automatiquement par le récepteur.

### Les équipements DATV

Les équipements mentionnés ici le sont à titre d'exemples. La liste n'a pas la prétention d'être complète et représente l'état des lieux à la date de rédaction de l'article. Autre précision, l'auteur n'a pas d'intérêts commerciaux dans les entreprises citées!

### Réception DVB-S

Les récepteurs satellite grand public font parfaitement l'affaire pour décoder la DATV en DVB-S dans la bande des 23 cm puisque qu'ils sont construits pour traiter les signaux en provenance de convertisseurs (LNBs) avec une moyenne fréquence allant de 950 à 2'150 MHz. En cherchant bien, on peut trouver des récepteurs qui montent assez haut en fréquence pour recevoir aussi la bande des 13 cm, mêmes si les caractéristiques techniques du mode d'emploi indiquent 2'150 MHz comme limite supérieure !

Une autre variante consiste à utiliser une clé sat USB ou un module de réception sat avec interface USB qui se connecte à un PC doté du logiciel approprié [8].

Ces dernières années les radioamateurs ne sont pas restés inactifs dans la recherche de solutions pour la réception de signaux DATV mieux adaptées à leurs besoins. Un outil performant et très flexible a été développé par F6DZP avec le logiciel «Tutioune» [9] basé sur une carte PCI pour ordinateur. Tutioune décode des signaux à des débits beaucoup plus faibles que les récepteurs sat grand public, limités en général à 1 Ms/s. De plus il permet une analyse complète des paramètres du signal DATV.

Il existe aussi une version «Mini-Tiouner» avec interface USB qui se prête admirablement bien pour le portable avec un notebook ou une tablette.

Pour la réception des bandes 70 cm, 13 cm et plus haut, il existe des convertisseurs sur la marché radioamateur, voir par exemple [10] et [11].

## Digital Amateur TV (DATV) (III)

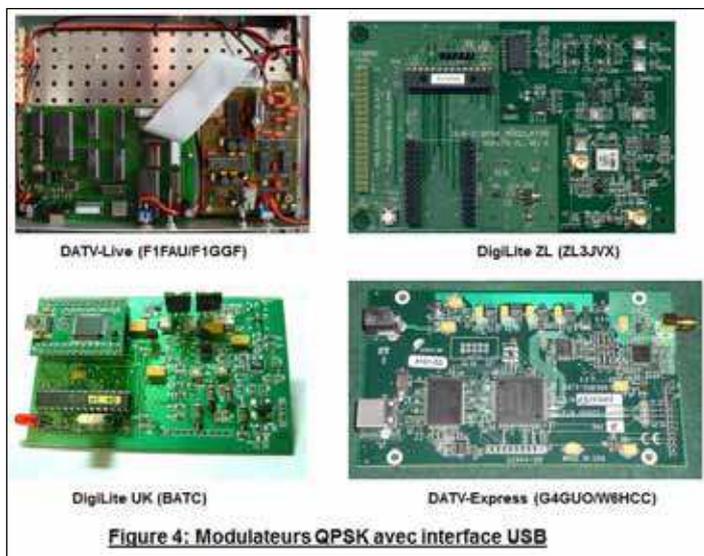


Figure 4: Modulateurs QPSK avec interface USB

### Réception DVB-T

On peut ici aussi utiliser en principe les récepteurs TNT du commerce (y compris les cartes PCI, les clés USB et modules avec interface USB) pour capter des signaux DATV directement dans la bande des 70 cm. Il faut cependant noter que ces récepteurs décodent les signaux DVB-T de la TNT commerciale avec des bandes passantes de 6,7 ou 8 MHz alors qu'en DATV on utilise sur 437 MHz, pour des questions de comptabilité avec les autres services, une bande passante de 2 MHz ou moins. Le choix ici est très restreint et actuellement ce sont les produits de Hides [12] qui sont le plus fréquemment utilisés, en particulier le récepteur HV-110 et son successeur HV-120 qui peuvent être programmés pour une bande passante de 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 MHz.

Le même fournisseur vend aussi une clé USB sous la référence UT-100B pour la réception DVB-T à 2, 3 et 4 MHz de bande passante (cette clé contient également un émetteur, voir plus bas!).

Toutes ces solutions permettent de recevoir les signaux DATV dans la bande des 70 cm (437 MHz), terrain de prédilection de la DVB-T. Pour les autres bandes, à l'exception du RX Hides HV-120 pour le 23 et 13 cm, il faut également faire appel à des convertisseurs.

### Emission en DVB-S

Il existe actuellement plusieurs solutions pour devenir QRV en DVB-S:

#### a) Solutions «stand-alone»

auxquelles il suffit de connecter une source vidéo, un amplificateur de puissance et une antenne pour être QRV. Dans cette catégorie se trouvent les produits de SR-Systems [3] composés d'un codeur, multiplexeur et modulateur («Minimod»).

Selon le modèle, le modulateur sort un signal QPSK dans la bande 70 cm, 23 ou 13 cm. La configuration se fait soit par un module avec clavier fourni par SR soit par une interface RS-232.

#### b) Solutions pilotés par PC avec codeur et modulateur externes

Ce type de systèmes se compose d'un codeur audio/vidéo, d'un modulateur et d'un PC avec un logiciel pour piloter le tout. Pour le codeur vidéo, ce sont des modules prévus au départ pour l'enregistrement de signaux vidéo et de programmes TV sur le disque dur d'un ordinateur, application commercialisée sous la désignation PVR («personal video recorder»). Après codage les signaux numériques sont traités par le logiciel avant d'être transmis par une interface USB à une carte qui contient les filtres de Nyquist, le modulateur QPSK et le VCO pour sortir dans la bande choisie.

Parmi les cartes développées par des radioamateurs, les plus connues sont «DATV-Live», «DigiLite ZL», «DigiLite UK», «DATV-Express» (Figure 4).

#### c) Solutions pilotées par PC sans codeur externe

Émettre de la DATV pour 50.- CHF voilà ce que permet le logiciel développé par F5OEO qui tourne sur un Raspberry Pi ! [13]. Ce dernier étant doté d'un codeur vidéo hardware H.264, il n'est plus nécessaire d'avoir un codeur externe.

Le programme comprend plusieurs modes, dont un qui sort directement un signal QPSK et un autre qui génère des signaux IQ pour un modulateur externe. Ces signaux sont disponibles sur le connecteur de l'interface GPIO du Raspberry Pi.

Dans le premier cas, il est possible de recevoir le signal de sortie sur un récepteur DATV dans la bande des 70 cm ou 23 cm. Comme il s'agit d'harmoniques, il est indispensable de filtrer le signal avant d'émettre sur l'une de ces bandes.

Une autre option consiste à transmettre les signaux IQ du Raspberry Pi à un modulateur QPSK externe équipé des filtres de Nyquist et d'un VCO pour sortir sur la fréquence désirée. Différentes réalisations de circuits existent déjà sous forme de kits (p.ex. Digithin du BATC [14]) ou sont encore au stade du développement et devraient bientôt être disponibles [6].

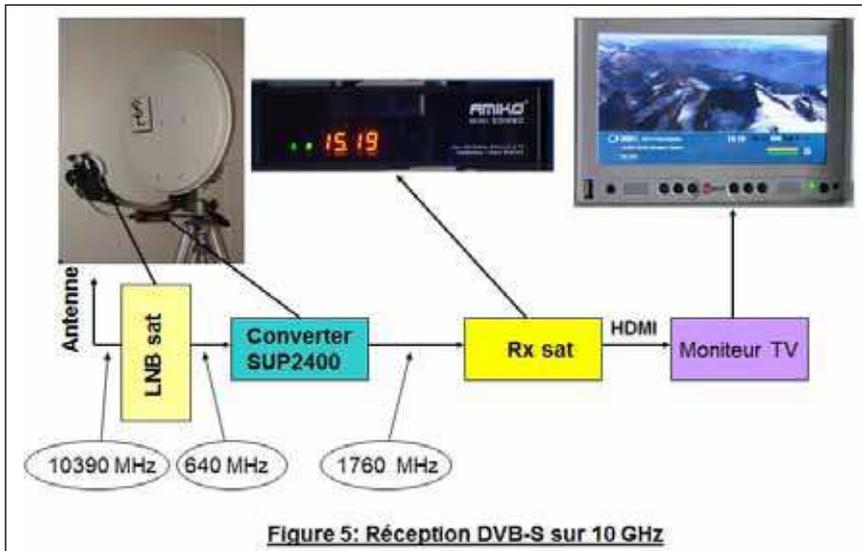
### Emission en DVB-T

Ici également on retrouve les 2 premières catégories de systèmes décrites ci-dessus.

Comme les radioamateurs se sont intéressés plus tard à la modulation DVB-T pour la DATV, l'offre en matériel est pour le moment un peu plus restreinte.

Pour les solutions «stand-alone» SR-Systems offre aussi des Minimods en DVB-T et Hides vient de sortir un émetteur HV-320E dont les caractéristiques sont très prometteuses (Gamme de fréquences de 100 à 2'500 MHz avec 1 à 8 MHz de bande passante!).

Parmi les solutions avec codeur et modulateur externes mentionnées ci-dessus, certaines cartes fonctionnent également en DVB-T (p.ex. DATV-Express). La clé USB UT-100B de Hides pour la réception DVB-T contient aussi un émetteur avec des bandes passantes allant de 2 à 8 MHz.



**Vos débuts en DATV**  
**Comment s'équiper?**

Les informations données ici sont à considérer comme des recommandations basées sur l'expérience. Les configurations ont toutes été testées en pratique et sont décrites sur le site du SwissATV [www.swissatv.ch](http://www.swissatv.ch) (voir ci-dessous). Le plus simple est de commencer par recevoir en DVB-S la DATV des relais dont les fréquences de sortie se situent généralement dans les bandes des 13 cm et/ou 10 GHz (p.ex. HB9F, HB9TV).

L'équipement comprendra donc les éléments suivants:

- une antenne 13 cm (Yagi, quad, helix, etc.) ou 10 GHz (p.ex. une parabole de 40 cm pour la réception de la TV par satellite).

- un convertisseur 13 cm/23 cm (voir

chez [10] et [11]) ou pour le 10 GHz un LNB avec une fréquence locale (LO) située entre 9.0 et 9.3 GHz au lieu de la valeur standard de 9.75 GHz. Comme il s'agit de LNB modifiés par des radioamateurs, on les trouve en général sur ebay. Autre solution, prendre un LNB qui descend suffisamment bas en fréquence (LNB du type «Avenger» [16]) suivi d'un convertisseur SUP-2400 [17]. Ce dernier contient un oscillateur local à 2400 MHz qui convertit le signal reçu du LNB dans la bande des 23 cm. Par exemple, le signal en provenance de HB9TV-1 (10'390 MHz) sort du LNB à 640 MHz (10'390 - 9'750 = 640 MHz) et est converti à 1'760 MHz pour être ensuite décodé par un récepteur sat.

- un récepteur TV satellite grand public (p.ex. Amiko MINI COMBO qui décode aussi la DVB-T [15]).

- un moniteur vidéo, on donnera la

préférence à une version équipée d'une interface HDMI afin de bénéficier de la qualité des images en numérique.

La **Figure 5** représente la chaîne de réception DVB-S sur 10 GHz avec le convertisseur SUP-2400 mentionné plus haut. Après ces premières expériences en réception vous aurez certainement envie de passer en émission en DVB-S dans la bande des 23 cm pour entrer dans les relais ATV ou envoyer des images à vos correspondants! Ici le choix dépend du budget et de la configuration choisie (avec ou sans PC).

Parmi les nombreuses solutions actuellement disponibles, les **Figures 6 (DVB-S) et 7 (DVB-T)** représentent quelques configurations relativement simples à mettre en oeuvre et qui peuvent être recommandées pour débuter en DATV. Ils existent bien sûr d'autres possibilités, la plupart demandent cependant des connaissances plus approfondies en informatique.

Sans PC, il faut soit faire l'acquisition d'un Minimod SR soit opter pour la solution du Raspberry Pi avec certaines restrictions au niveau du SR (limité à 2 Mbit/s) et, selon le mode choisi, prévoir des filtres et un modulateur, pour les détails voir [13].

Avec un PC, le choix sera dicté par la disponibilité des cartes qui sont, il faut le rappeler, des développements de radioamateurs. Dans certains cas, la carte est livrée prête à l'emploi, dans d'autres le circuit imprimé est disponible ainsi que certains composants difficiles à trouver.

Il faut ensuite rajouter une chaîne d'amplification 23 cm. En pratique il suffit de quelques watts pour entrer dans un relais à condition d'être à vue du site. Il existe des circuits intégrés hybrides MOSFET utilisables dans la bande des 1'200 MHz (p.ex. Mitsubishi RA18H1213G) avec une puissance de 18W. Il est donc possible de construire soi-même un PA qui sort env. 5 W pour émettre en DVB-S. En fonction du niveau de sortie du modulateur, il faudra éventuellement prévoir un driver pour at-

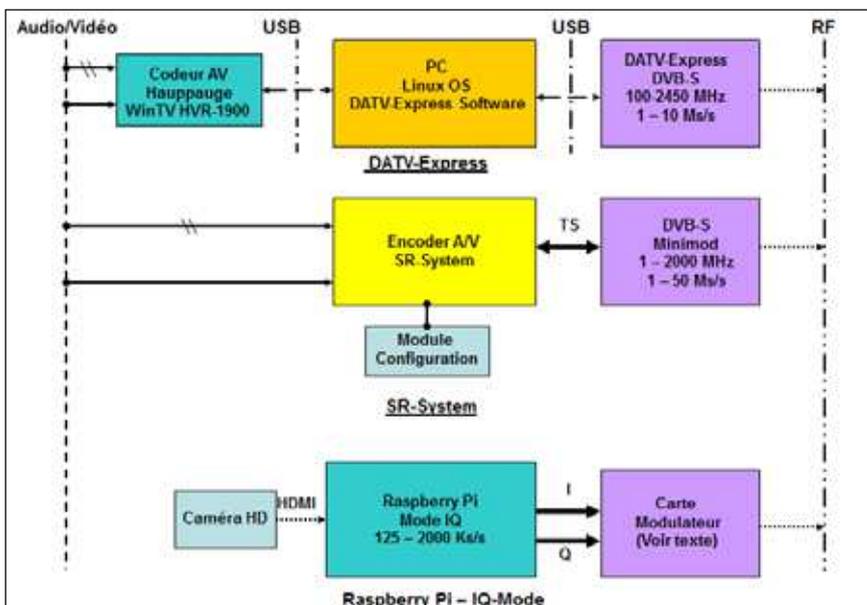


Figure 6: Exemples de configurations pour l'émission en DVB-S 23 cm

## Digital Amateur TV (DATV) (IV)

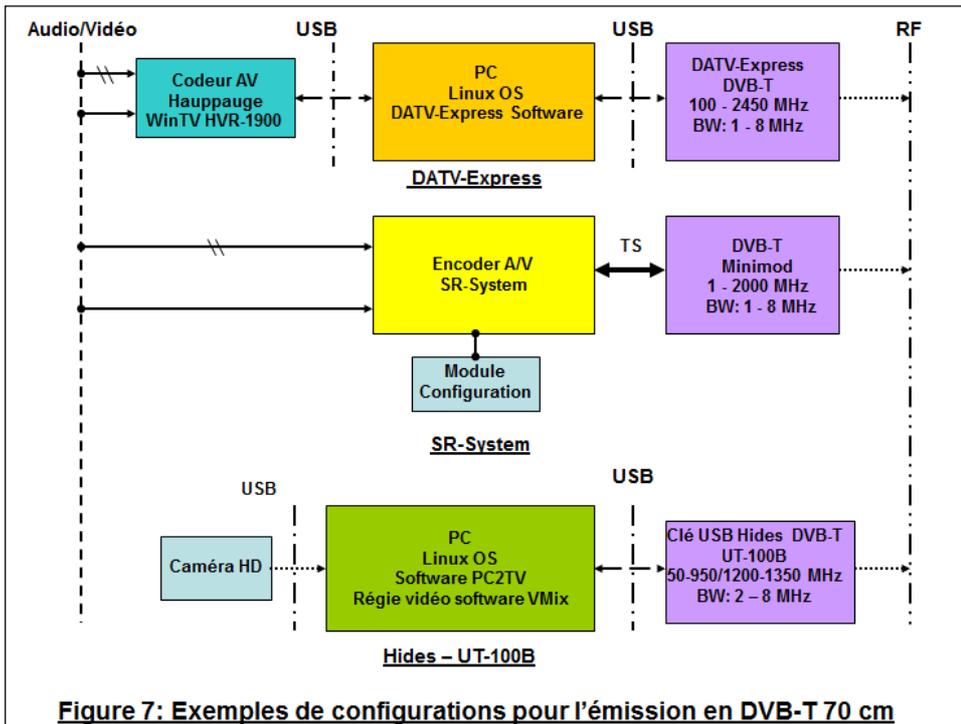


Figure 7: Exemples de configurations pour l'émission en DVB-T 70 cm

taquer le PA. Pour le driver et le PA, on trouve bien sûr des modules prêts à l'emploi chez [10] et [11].

Pour l'antenne, il n'y a que l'embaras du choix, soit on opte pour un modèle du commerce soit on construit une antenne du type quad, hélice, etc. A titre d'exemple la **Figure 8** représente le Raspberry Pi comme émetteur DVB-S et le MiniTionner pour la réception.

### Où trouver des informations et des conseils?

La communauté des passionnés de l'ATV est regroupée en Suisse dans le SwissATV qui est un groupe technique de l'IAPC. C'est une plate-forme destinée à l'échange d'informations et d'expériences dans le domaine de l'ATV/DATV ouverte à tous. Le site [www.swissatv.ch](http://www.swissatv.ch) régulièrement mis à jour est également une source fort utile sur les derniers développements en rapport avec notre hobby.

Le SwissATV est aussi un point de contact pour toute questions concernant l'ATV, un courriel à [info@swissatv.ch](mailto:info@swissatv.ch) suffit !

### Perspectives

Sur le plan technique les normes DVB-S et DVB-T ont bien sûr évolué (DVB-S2, DVB-T2), l'objectif étant d'améliorer les performances des systèmes de transmission et de pouvoir diffuser de la TV à très haute définition (UHD 4k, 8k). Dans le domaine du codage vidéo une nouvelle norme H.265 a été adoptée en 2015, elle permet une fois encore une amélioration substantielle de la qualité par rapport à H.264. Autre évolution rapide celle de la diffusion de programmes TV par internet.

Pour la DATV ces tendances vont avoir un certain nombre de conséquences, par exemple:

- le remplacement des interfaces analogiques pour la vidéo et le son par du numérique (HDMI, etc.)
- sous nos latitudes, il y a un risque de voir la disponibilité d'équipements DVB-S/DVB-T diminuée, car la TV par internet va se substituer progressivement à la TV terrestre (TNT) et à la TV par satellite.
- la TV en définition standard (SD) va faire progressivement place à la TV HD et UHD (4k/8k).

Cette évolution représente aussi de nouvelles opportunités, par exemple avec la nouvelle norme DVB-T2 qui comprend un mode avec une bande passante de 1,7 MHz destinée aux smartphones.

Il faut être conscient du fait que la DATV va continuer d'évoluer et il n'y donc pas de garantie de pouvoir utiliser à long terme un système acquis aujourd'hui.

Cependant les investissements sont relativement modestes pour débiter en comparaison avec les autres modes de trafic. De plus la transmission et la réception d'images TV numériques reste une expérience inoubliable.

Donc à bientôt sur l'air en DATV ! ■

### Références

- [1] Normes DVB: [www.dvb.org](http://www.dvb.org)
- [2] Cartes DATV de l'AGAF: [www.datv-agaf.de](http://www.datv-agaf.de)
- [3] Systèmes SR: [sr-systems.de](http://sr-systems.de)
- [4] Réseau des relais HB9TV: [www.hb9tv.ch](http://www.hb9tv.ch)
- [5] Getting Started with RB-TV/Dave Crump-G8GKQ, CQ-TV 250 – Winter 2105
- [6] DVB-S à bas débit/F6DZP: [www.vivadatv.org](http://www.vivadatv.org)
- [7] TechnTalk #81, Orange County Amateur Radio Club: [www.W6ZE.org](http://www.W6ZE.org)
- [8] Clés et modules DVB-S/DVB-T USB: [www.hauppauge.de](http://www.hauppauge.de)
- [9] Tutuione: logiciel de réception et mesures en DVB-S/F6DZP: [www.vivadatv.org](http://www.vivadatv.org)
- [10] Modules DATV: Roberto Zech/DGØVE [www.dg0ve.de](http://www.dg0ve.de)
- [11] Modules DATV: Kuhne-Electronic; [www.kuhne-electronic.de](http://www.kuhne-electronic.de)
- [12] Modules DVB-T: Hides; [www.hides.com.tw](http://www.hides.com.tw)
- [13] DATV avec le Raspberry Pi: F5OEO, [f5oefr/UglyDATV01.pdf](http://f5oefr/UglyDATV01.pdf); [www.vivadatv.org](http://www.vivadatv.org)
- [14] Modulateur DigiThin: [www.batc.org.uk](http://www.batc.org.uk)
- [15] Récepteur Amiko MINI COMBO: [www.amikostb.com](http://www.amikostb.com)
- [16] LNB avec PLL Avenger: eBay
- [17] Convertisseur SUP2400: eBay



Figure 8: Raspberry Pi en émission et MiniTionner en réception DVB-S sur 23 cm (Source: HB9DUG)