

## Radiodiffusion numérique (1)

Werner Tobler HB9AKN

### PW-Sat

PW-Sat ist aktiv und Telemetriedaten werden von der Bodenstation in Warschau regelmässig empfangen. Der Stromverbrauch ist ein wenig höher als erwartet. Es wurden Kommandos gesendet, um den Intervall zwischen Telemetrieaussendungen und Pausen zu erhöhen, bis der Stromhaushalt korrigiert ist. Dann wird das «drag augmentation device» aktiviert, um das Eintauchen in die Erdatmosphäre zu beschleunigen und die Mission abzuschliessen.

Mineo, JE9PEL, konnte am 23. März 2012 mit den Keplerdaten «Object G» auf 145.9054 MHz USB Telemetrie dekodieren. Eine Liste mit registrierten Funkamateuren kann unter [http://ska.meil.pw.edu.pl/pwsat\\_blog\\_pl/pw-sat\\_radio\\_amateur/index.php?a=5](http://ska.meil.pw.edu.pl/pwsat_blog_pl/pw-sat_radio_amateur/index.php?a=5) abgerufen werden.

### Morsezeichen von Goliat empfangen

Die ersten Morsezeichen von Goliat wurden in Bukarest empfangen und dekodiert. Die Bodenstation verwendete Keplerdaten von «Object J», NORAD-Nr. 38085. Die Kommunikation mit Goliat erfolgt mit Unterbrüchen. Das Team arbeitet daran, regelmässige Kontakte zum Satelliten herzustellen, um den Status der Experimente zu untersuchen und um danach die Bord-Software zu updaten. Telemetrie von Goliat konnte während einem Überflug heruntergeladen und dekodiert werden.

### Robusta ist ausgefallen

Das «Abenteuer» Robusta wurde bereits beendet. Nach dem Start am 13. Februar 2012 wurden schwache Signale gehört. Ein paar Tage später wurden keine Signale mehr empfangen. Nach einer Untersuchung wurde eine Anomalie im Batterielade-System festgestellt.

### UNICubeSat-GG nicht dekodiert

Zu Beginn der Mission wurde von den Bodenstationen in Rom und Kentucky ein schwaches Signal von UNICubeSat-GG empfangen, das nicht dekodiert werden konnte. Der Satellit scheint sehr schnell zu taumeln und eine Wiederherstellung der Kommunikation könnte sehr schwierig werden.

**Avec la numérisation croissante des différents dispositifs électroniques, est apparue entre autres la radiodiffusion numérique. Pour les anciens qui ont connu la modulation d'amplitude (AM) ensuite la modulation de fréquence (FM) puis la bande latérale unique (BLU ou SSB), c'est un grand changement. Pour les services publics, on utilise les abréviations DAB et DAB+, (pour digital audio broadcasting). Pour le service amateur, on utilise l'abréviation DRM (pour digital radio mondial).**

Je m'efforce d'expliquer ici ce que ces systèmes ont de commun, et leur fonctionnement et avantages par rapport aux modes connus. Je commence par détailler les principes théoriques d'émission, hélas sans application pratique. Ensuite, j'aborde la réception avec cette fois une application pratique tirée de l'ouvrage cité en référence.

### Généralités

Le procédé DRM est conçu à partir d'une norme de radiodiffusion numérique pour les ondes courtes, moyennes et longues.

Les procédés DAB et DAB+ sont eux, prévus pour fonctionner dans les bandes VHF et plus haut dans les bandes SHF. Ils sont donc prévus pour une diffusion locale, régionale ou nationale. Tous ces systèmes sont basés sur l'OFDM. Que signifie OFDM? OFDM est l'abréviation de: «Orthogonal frequency-division multiplexing».

Il s'agit, en fait, d'un procédé de codage de signaux numériques, lesquels proviennent, après traitement adéquat du signal basse fréquence d'origine que l'on désire transmettre. Pour mémoire, je rappelle que ce signal basse fréquence d'origine n'est autre que celui issu du microphone de l'opérateur, ou de toutes autres sources audio que l'on désire radiodiffuser. Ce procédé de codage s'effectue par répartition sur un certain nombre de sous porteuses qui sont entre elles en relation de phases orthogonales.

On peut représenter une porteuse HF

de deux manières:

- En dessinant une sinusoïde d'équation  $y = \sin x$

$y$  = valeur instantanée de l'axe vertical (ordonnée) qui correspond à la valeur  $x$  = horizontale (abscisse) laquelle représente la valeur de la variable soit l'angle décrit par le vecteur en rotation

- En dessinant directement le vecteur

Cette dernière représentation permet de facilement décaler les deux vecteurs de 90°.

Deux sous porteuses seront en relation orthogonale, lorsque les deux vecteurs les représentant sont décalés de 90°. Le signal audio à transmettre, sera transformé en signal numérique, lequel sera réparti sur un grand nombre de sous porteuses. Comme si l'on répartissait le signal audio à transmettre sur un grand nombre d'émetteurs indépendants, transmettant sur des fréquences différentes. Ces fréquences de sous porteuses seront les plus proches possibles en fréquence entre elles, ce qui permettra de transmettre le maximum d'informations sur une portion de fréquences donnée.

L'orthogonalité des sous porteuses permet ainsi une haute efficacité spectrale, la bande passante étant quasiment utilisée dans son intégralité. Les signaux des différentes sous porteuses se chevauchent mais grâce à l'orthogonalité de celles-ci, elles n'interfèrent pas entre elles.

En codage orthogonal, l'espacement, exprimé en Hertz entre chaque sous-porteuse est égal à

$$\text{Espacement } f \text{ [Hz]} = K / T_u$$

$K$  = Entier positif égal à 1

$T_u$  = Durée utile d'un Symbole [en secondes]

Par conséquent avec  $N$  sous porteuses, la largeur totale de la bande passante sera:

$$B = N \times f$$

## Radiodiffusion numérique (2)

Chaque sous porteuse est modulée numériquement indépendamment. Il y a de différents procédés de modulation numérique soit

**QPSK, QAM-4, QAM-16, QAM-64 etc.**

Pour avoir une idée précise de ces différents procédés, il suffit peut-être d'entrer simplement ces désignations dans un moteur de recherche.

Le décodage OFDM nécessite une synchronisation très précise de la fréquence du récepteur (syntonisation) avec celle de l'émetteur. En SSB, c'est l'oreille de l'opérateur qui permet de corriger un éventuel décalage du récepteur. Rien de tel ici, puisque toute déviation en fréquence entraîne la perte de l'orthogonalité des sous porteuses et crée par conséquent des interférences entre celles-ci. Cette synchronisation devient difficile à réaliser dès lors que le récepteur est en mouvement, en particulier en cas de variation de vitesse, de direction ou si de nombreux échos parasites sont présents.

Dans le cas particulier de la DRM telle qu'elle est utilisée par les radios-amateurs, on utilise 64 sous porteuses. Ce chiffre est certainement différent pour la DAB ou DAB+. Cela signifie en pratique que le seul moyen de générer un tel signal pour un radio-amateur est d'utiliser un logiciel qui commande une carte son. Le signal BF généré par la carte son est alors envoyé à l'émetteur en veillant, (comme en SSB) à toujours rester dans la zone linéaire de l'émetteur, c'est-à-dire d'avoir un niveau adéquat..

En effet, toute non linéarité dans l'émetteur avec par exemple un signal d'entrée BF trop élevé, va entraîner une interaction entre les sous- porteuses (intermodulation) et dégrader le signal déjà au départ dans l'émetteur.

### Récepteur DRM

Le récepteur décrit ci-après est tiré de l'ouvrage cité en référence, et le schéma synoptique est donné à la **figure 1**. **Trois schémas partiels électriques 1, 2 et 3** sont également joints.

logiciel suffit pour compenser les tolérances concernant la fréquence de l'oscillateur.

Théorie de fonctionnement (voir figure1: schéma synoptique)

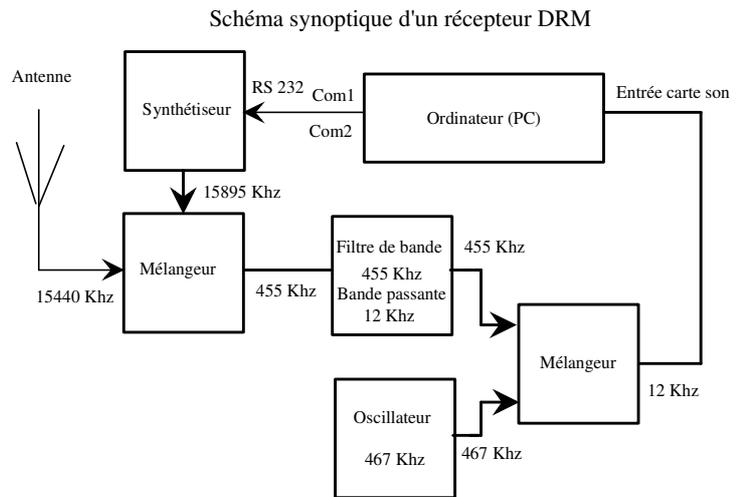


Figure 1

La radiodiffusion numérique DRM est destinée à remplacer, pour les fréquences inférieures à 30 MHz, l'ancienne radiodiffusion à modulation d'amplitude. Les schémas électriques décrits ici ne nécessitent aucun alignement. Pour mémoire, je rappelle que dans les récepteurs classiques, on appelle «alignement» le réglage à l'aide d'un générateur HF de, premièrement l'amplificateur moyenne fréquence (MF) ou (FI). Ensuite on règle les différents circuits dits de haute fréquence, comprenant le préamplificateur HF, ainsi que le ou les étages mélangeurs situés avant la chaîne MF. Rien de tel ici, et comme on le voit, le seul élément accordé sur 455 kHz, est le filtre de bande, d'une bande passante de 12 KHz. On est donc bien loin de la chasse à la sélectivité que nous avons tous connus. Ici, il n'y a donc aucun alignement. Pas de réglages, pas d'appareils de mesures spéciaux. Un simple calibrage par

On voit que le récepteur possède deux liaisons avec le PC. Il reçoit, par l'intermédiaire de l'interface RS232 les ordres numériques de syntonisation sur la fréquence désirée. La sortie n'est pas, comme c'est le cas dans les autres récepteurs, un signal BF (audio) ordinaire qu'on applique à un amplificateur BF, lui-même raccordé à un haut-parleur ou à un casque. Ici, le récepteur DRM transpose le signal de l'émetteur DRM en une fréquence intermédiaire de 12 kHz, qui présente un mélange caractéristique de la DRM, de différentes porteuses (64) modulées qui elles transportent le signal BF (audio) sous forme d'un flux de données numériques. Ce spectre DRM qui a une largeur de bande de 10 kHz est appliqué à l'entrée (line) de la carte son du PC. Celle-ci numérise le signal et le transmet à un programme de réception DRM dont le rôle est de démoduler (détecter) le signal DRM, et de décoder le flux de données numériques contenu dans les 64

sous porteuses. Le signal audio (BF) est alors disponible en qualité HiFi et stéréo à la sortie de la carte son pour être restitué sur les haut-parleurs du PC, ou, ce qui est mieux, sur des enceintes de qualité.

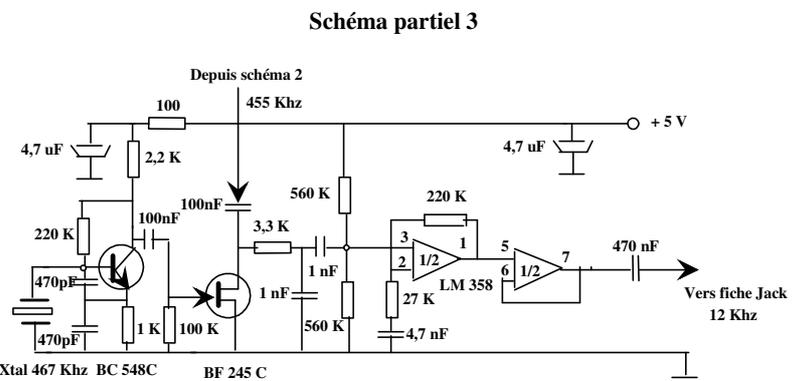
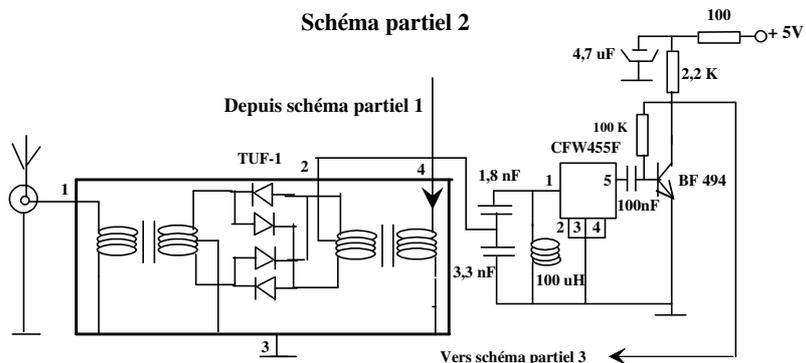
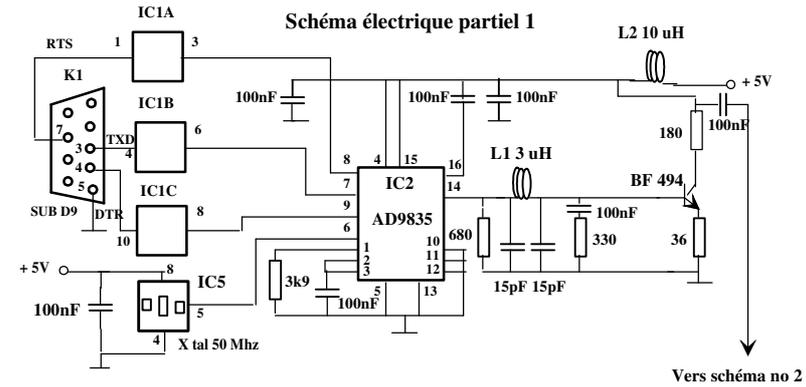
Les trois schémas électriques ci-joints donnent le détail des éléments donnés par le schéma synoptique. On voit ici quels sont les composants utilisés. L'oscillateur DDSIC2 délivre son signal par T1 au mélangeur en anneau. Il en résulte une fréquence intermédiaire de 455 kHz appliquée à un filtre céramique à fronts raides à bande passante de 12 kHz. Un étage amplificateur (BF494) élève le niveau d'environ 20 dB avant que le signal attaque le deuxième mélangeur utilisant un transistor Fet BF245C. Le deuxième oscillateur utilise un résonateur céramique CSB470 décalé de 470 à 467 kHz. Le signal de 12 kHz qui en résulte traverse un filtre passe bande simple pour être à nouveau amplifié de 20 dB par deux amplificateurs opérationnels avant d'être appliqué à la carte son du PC.

**Conclusions**

Je n'ai fait ici qu'effleurer le sujet et suis conscient qu'il y a peut être des inexactitudes, des omissions, en particulier en ce qui concerne le logiciel utilisé et beaucoup d'autres choses à dire encore concernant ce procédé de transmission. Je tiens à remercier ici tous ceux qui m'ont aidé dans la recherche d'informations. En particulier Angel Vilaseca HB9SLV.

Bibliographie:  
**«Construire des récepteurs de radio numérique sur ondes courtes»**  
 de B. Kainka DK7JD aux éditions: Elektor publitronec en français

\* \* \* \* \*



## HEINZ BOLLI AG

ELEKTRONIK UND AUTOMATION

<http://hbag.ch>

**Ferngesteuertes Antennen-Anpassnetzwerk SAMS MN**

Die fernsteuerbaren SAMS-Anpassnetzwerke eignen sich zur Anpassung von Antennen jeder Art. Dipole und Loops mit symmetrischer Speiseleitung lassen sich damit ebenso optimal betreiben wie Verticals, koaxialkabelgespeiste Antennen und Drahtantennen (Random wire). Diese Flexibilität, verbunden mit einem sehr weiten Anpassbereich und einer hohen Dauerbelastbarkeit, lässt keine Wünsche mehr offen.

**Präzision aus der Schweiz:**  
**SAMSplus**  
 Optimale Antennen-Anpassung für Sendung und Empfang.  
 Lieferbar für Dauerleistungen bis 3,5 kW!

Heinz Bolli, HB9KOF  
 c/o Heinz Bolli AG  
 Ruetihofstrasse 1  
 CH-9052 Niederteufen  
 Telefon: +41 71 335 0720  
 Mail: heinz.bolli@hbag.ch

**HAM RADIO 2012:  
Halle A1-424**

Ausführliche Informationen über unsere gesamte Produktpalette finden Sie auf unserer neugestalteten Webseite: <http://hbag.ch>