Description du satellite ARISSat-1

Xtophe – christophe.mcr+ariss@gmail.com

02/08/2011

BY NC SA

Sommaire

1 Introduction 5

2 Historique 5

2.1 Mir 5

2.2 Suitsat-1 6

2.3 De Suitsat-2 à Arissat-1 6

3 Architecture système 8

3.1 Panneaux solaires 9

3.2 Batterie 9

3.3 Convertisseur DC/DC (MPPT) 10

3.4 Panneau de contrôle 11

3.5 Caméra 11

3.6 Expérience 12

3.7 L'ordinateur de bord 13

3.8 Capture des images 14

3.9 SD Card 14

3.10 Gestion de l'alimentation 14

3.11 SDX 14

3.12 Transpondeur (TX/RX) 15

3.13 Emetteur 16

3.14 Antennes : 17

BY NC SA

4 Mode opératoire 18

4.1 Plan de fréquence 18

4.2 Messages 19

4.3 Télémesures 19

5 Conclusion 22

BY NC SA

Liste des figures

Figure 1 : Arissat-1 en Russie 5

Figure 2 : Lancement Spoutnik-40 5

Figure 3 : Suitsat-1 (source Nasa) 6

Figure 4 : Synoptique de Suitsat-2 - (Source Spring 2009 report) 6

Figure 5 : Equipements Suitsat 2 - (Source Spring 2009 report) 7

Figure 6 : Prototype SuitSat-2 7

Figure 7 : Synoptique d'ARISSat-1 8

Figure 8 : Vue éclatée d'ARISsat-1 9

Figure 9 : Batterie 10

Figure 10 : Synoptique des convertisseurs 10

Figure 11 : Panneau de contrôle. 11

Figure 12 : Système de miroir pour caméra 12

Figure 13 : Expérience 12

Figure 14 : Ordinateur de Bord 13

Figure 15 : Synoptique de l'ordinateur de bord 13

Figure 16 : SDX 14

Figure 17 : Synoptique du SDX 15

Figure 18 :Module RX 15

Figure 19 : Synoptique du récepteur 16

Figure 20 : Synoptique de l'émetteur 17

Figure 21 : Disposition des antennes 17

Figure 22 : Encodage BPSK 1000 20

Figure 23 : Comparaison entre BPSK 400 et BPSK 1000 21

Figure 24 : écran logiciel télémesure 21

BY NC SA

Historique du document

Version	Date	Commentaires
0.1	Mars 2011	Article original
0.2	Avril 2011	Mise sous forme de documents
0.3	Juin 2011	Mise à jour à partir d'informations complémentaires
0.4	Août 2011	Correction suite à relecture de Daniel F6CDZ

Licence associée à ce document

Cette œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage à l'Identique 3.0 non transcrit.

En cas de recopie partielle ou complète des articles, veuillez indiquer clairement l'origine de l'information et faire un lien sur le site ou l'article d'origine.

La source de l'article est disponible sur le site http://ariss.fr.free.fr. Consultez ce site pour avoir la dernière version de ce document.

1 Introduction

Le satellite ARISSat-1 sera lancé à partir de la Station Spatiale Internationale en juillet 2011. Ce satellite apporte un certain nombre d'innovations aussi bien pour les personnes qui voudront l'écouter que dans sa conception.

Ce document va vous permettre de faire connaissance avec ce nouveau venu.

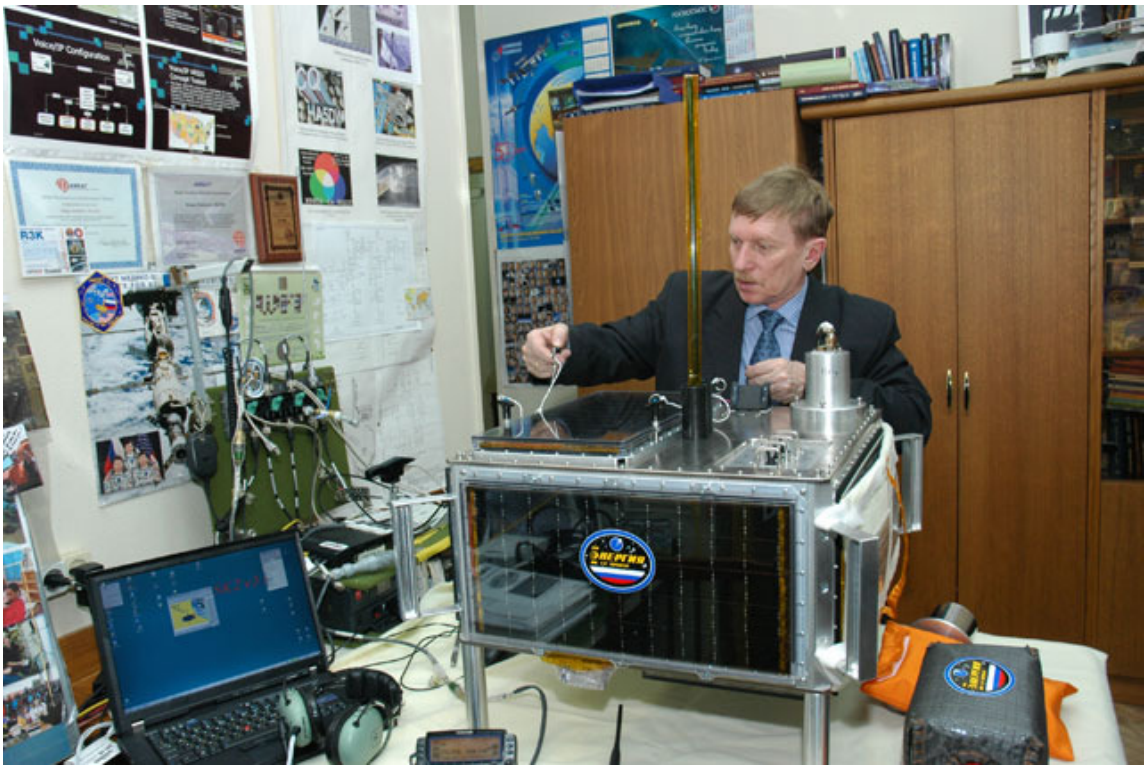


Figure 1 : Arissat-1 en Russie

2 Historique

2.1 Mir

Figure 2 : Lancement Spoutnik-40

Le lancement d'un satellite radioamateur à partir d'une station spatiale a été réalisé pour la première fois en novembre 1997. Ce lancement fait à la main permettait de commémorer les 40 ans du premier lancement de satellite : Spoutnik.

Le satellite Spoutnik-40 a été réalisé dans le cadre d'une coopération entre un lycée français de la Réunion et une école russe, avec le support actif de l'AMSAT-France. Par la suite, deux autres satellites ont été réalisés et lancés à partir de Mir selon le même principe.

cc BY NC SA

2.2 Suitsat-1

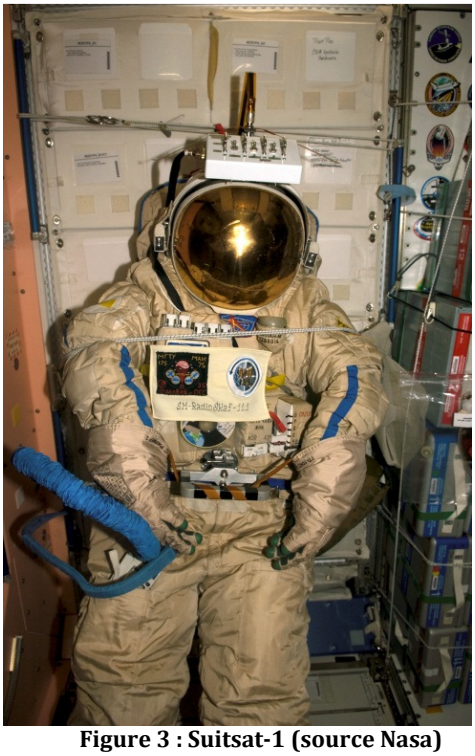


Figure 3 : Suitsat-1 (source Nasa)

Avec la mise en œuvre de l'ISS (Station Spatiale Internationale) et la création de l'organisation ARISS (Amateur Radio on ISS), l'AMSAT-France avait proposé de lancer de nouveau des satellites à partir de la station spatiale. Cette proposition ne fut pas retenue car elle représentait des risques pour la sécurité de la station.

En octobre 2004, l'AMSAT-NA et l'AMSAT-Russie, lancent l'idée du projet SUITSAT. Ce projet consistait à équiper une combinaison spatiale usagée et devant être détruite, d'équipement radioamateur et ensuite de l'envoyer dans l'espace. Le projet fut une réussite avec l'expulsion de la combinaison équipée le 3 février 2006. La combinaison cessa d'émettre le 18 février 2006. Elle rentra dans l'atmosphère le 7 septembre 2006.

2.3 De Suitsat-2 à Arissat-1

A l'issue de l'expérience SUITSAT, un nouveau projet de lancement de combinaison est envisagé avec des évolutions importantes telles que la mise en œuvre de panneaux solaires pour étendre la durée de la mission, et l'augmentation du nombre et du type de liaisons.

Les premiers travaux sont engagés sur une combinaison russe ORLAN. L'ensemble des fonctionnalités est clairement identifié. En 2009, la conception est bien avancée, tous les choix technologiques sont déjà réalisés.
Des idées d'implémentation de 6 panneaux solaires sont prototypées : système de fixation, type de panneaux …

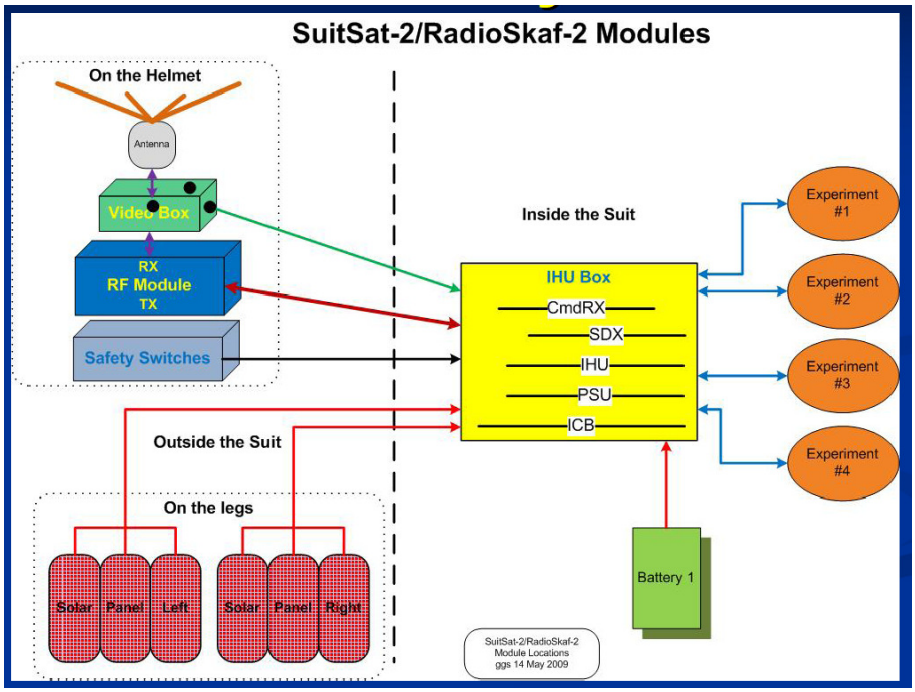


Figure 4 : Synoptique de Suitsat-2 - (Source Spring 2009 report)

cc BY NC SA

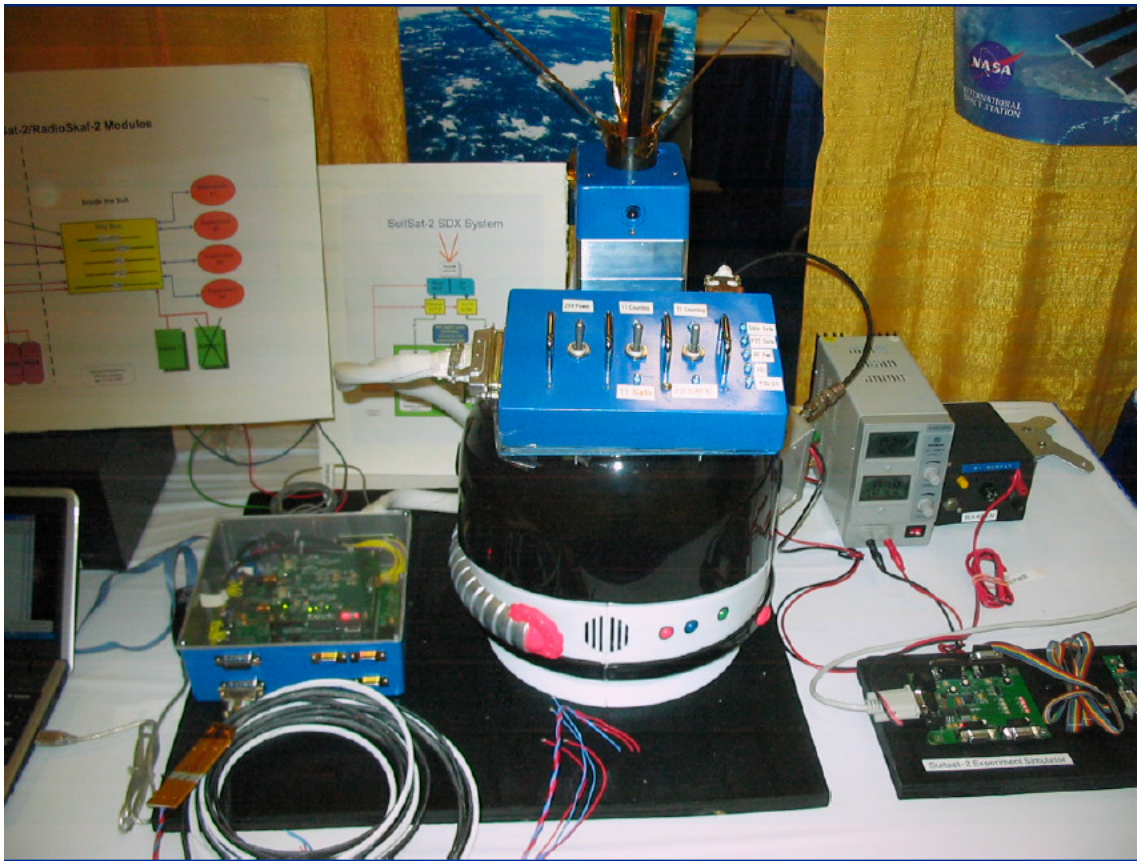


Figure 5 : Equipements Suitsat 2 - (Source Spring 2009 report)

Figure 6 : Prototype SuitSat-2

En Juillet 2009, ARISS est informé que le scaphandre qui devait être utilisé pour recevoir l'équipement de SUITSAT-2 serait évacué de l'ISS via un vaisseau Progress. La combinaison n'est donc plus disponible pour le projet SUITSAT. Très vite les concepteurs du projet rebondissent et présentent un nouveau projet : celui de réaliser un véritable satellite qui serait lancé à partir de la station spatiale. Ce nouveau projet prend pour nom ARISSat-1. Gaston Bertel annonce ce changement de nom en été 2010.

3 Architecture système

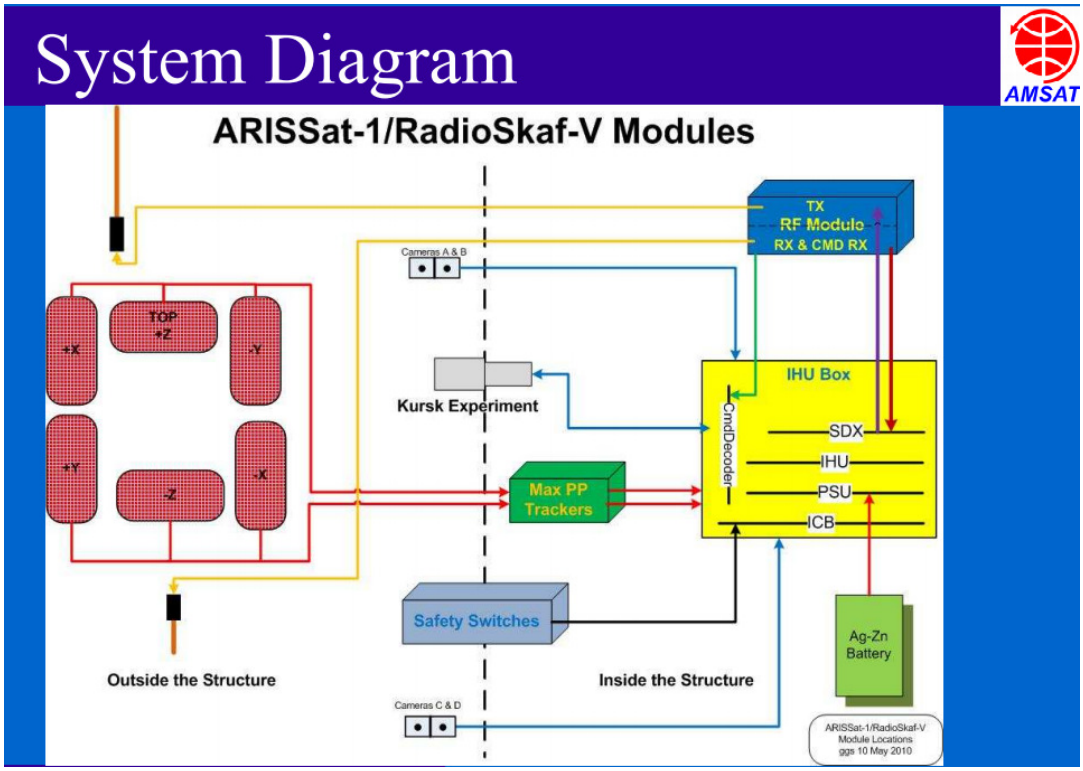


Figure 7 : Synoptique d'ARISSat-1

Le satellite ARISSat-1 a une architecture modifiée vis-à-vis du projet initial. En effet, les contraintes mécaniques sont différentes. Le satellite est composé de :

- 6 panneaux solaires
- 1 batterie
- 6 convertisseurs DC/DC (Max Power Point Trackers)
- 1 panneau de contrôle (safety switch)
- 4 caméras
- 1 émetteur / récepteur
- 1 ordinateur de bord
- 1 expérience éducative.

Les différents éléments ont été positionnés à l'intérieur d'une structure mécanique cubique. Le schéma suivant indique où se situent les différents éléments précédemment cités :

cc BY NC SA

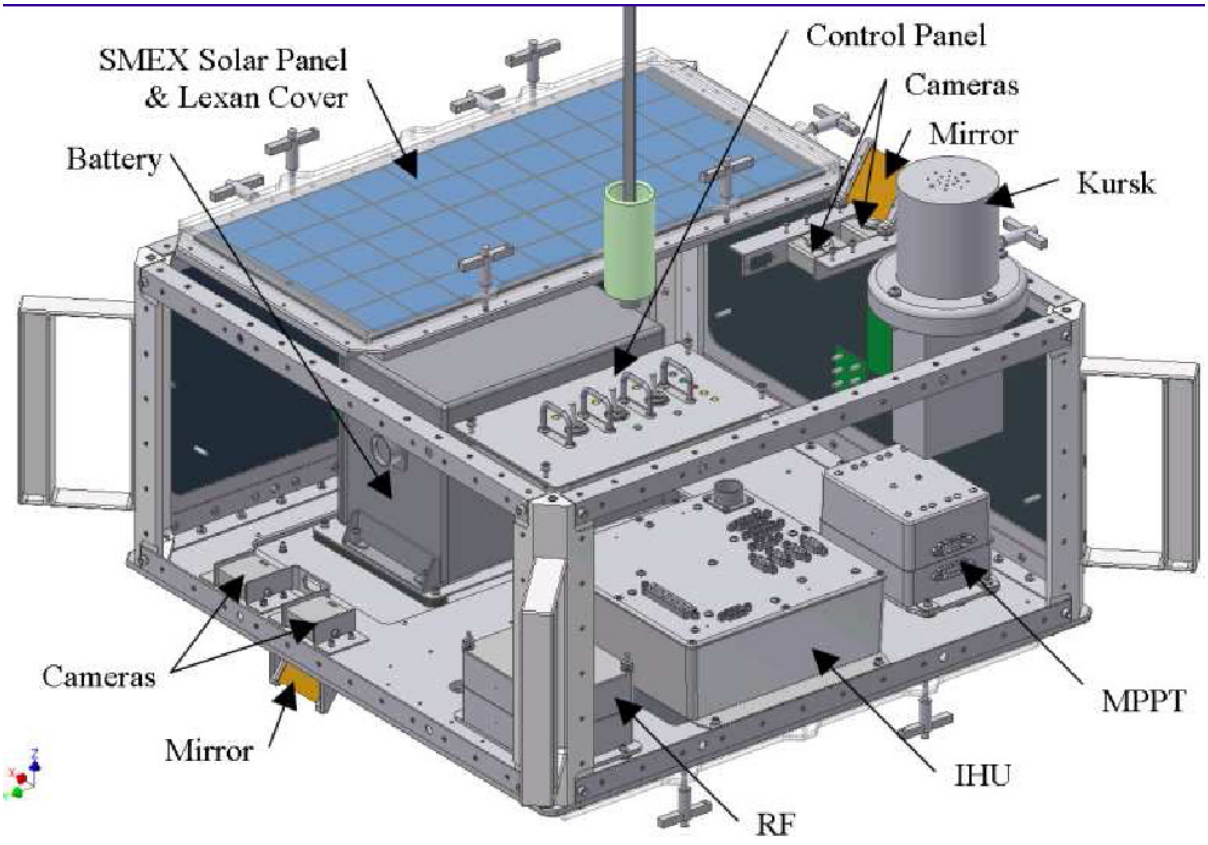


Figure 8 : Vue éclatée d'ARISsat-1

3.1 Panneaux solaires

Afin d'augmenter la durée de la mission, ARISSat-1 est équipé de 6 panneaux solaires qui ont été donnés par la NASA (SMEX project). Ces panneaux de 25 cm x 50 cm peuvent fournir environ 19 watts chacun. Chaque panneau solaire est fixé sur la structure avec 36 vis. Durant le transport, une protection sera appliquée sur les panneaux. Les cellules solaires multi-jonction GaAs/Ge (arséniure de gallium/germanium) sont retenues.

3.2 Batterie

La batterie est d'origine du scaphandre russe. Elle a une tension de sortie nominale de 27 V (35 volts max, 20,8 déchargée). La batterie est composée de 18 cellules AgZn (Argent Zinc). La batterie sera soumise à rude épreuve car elle devra supporter 16 cycles jour/nuit par jour. Au moment du lancement, la batterie devra être chargée.

cc BY NC SA

Figure 9 : Batterie

3.3 Convertisseur DC/DC (MPPT)

Le convertisseur DC/DC a pour objectif de convertir avec l'efficacité maximale la tension issue des panneaux solaires (51 volts, 0,5 ampère) en tension servant à charger les batteries (35,8 V max). Il y a un convertisseur par panneau solaire. Le module permet en cas de défaillance de la batterie de pouvoir faire fonctionner le satellite lorsqu'il est éclairé.

En plus de la fonction de conversion, chaque module fournit aussi les télémesures des panneaux solaires :

- Température du panneau solaire et du module,
- Tension et courant des panneaux solaires.

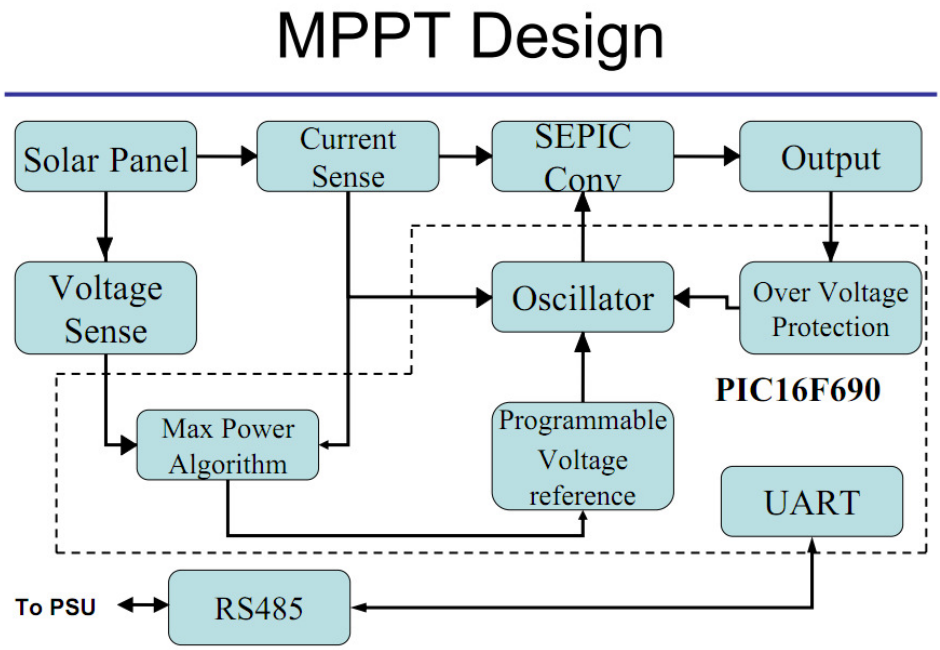


Figure 10 : Synoptique des convertisseurs

BY NC SA

3.4 Panneau de contrôle

Figure 11 : Panneau de contrôle.

Contrairement à un satellite embarqué sur une fusée, la mise sous tension du satellite devra se faire au dernier moment par un spationaute équipé de sa combinaison spatiale. Le système de mise en route du satellite doit respecter les exigences de sécurité à bord de la station mais aussi être ergonomique pour la personne devant l'activer. La même logique que pour Suitsat-1 a été gardée tout en apportant des améliorations suite aux retours des occupants de la station : barre en métal évitant que deux interrupteurs ne soient activés en même temps, gestion de la puissance lumineuse des LEDs. Un interrupteur pour la mise sous tension, 2 interrupteurs pour les minuteries. Les LEDs permettent à l'opérateur de connaître l'état du satellite.

3.5 Caméra

Les caméras sont basées sur des caméras industrielles utilisées pour la vidéosurveillance. Ces caméras sont utilisées pour la transmission d'images en SSTV. Les caméras sont positionnées par couple. Un miroir associé à une des caméras permet de voir à 90 ° par rapport à la caméra située à côté. Cela permettra de voir sur 4 directions (sur les 6 possibles)

BY NC SA

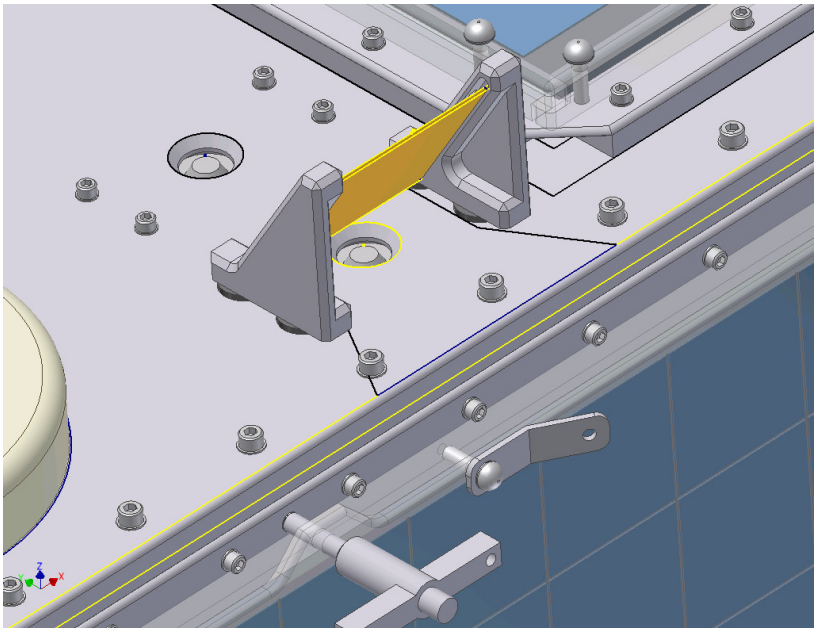


Figure 12 : Système de miroir pour caméra

3.6 Expérience

Dans la première version du projet, 4 expériences devaient être embarquées. Au final, une seule expérience fournie par l'université du KURT State, sera embarquée. Elle doit fonctionner 100 minutes par jour. Les télémesures seront descendues via la balise numérique. L'expérience sera intégrée en Russie.

Le but de l'expérience est de mesurer le vide dans l'espace.

Figure 13 : Expérience

BY NC SA

3.7 L'ordinateur de bord

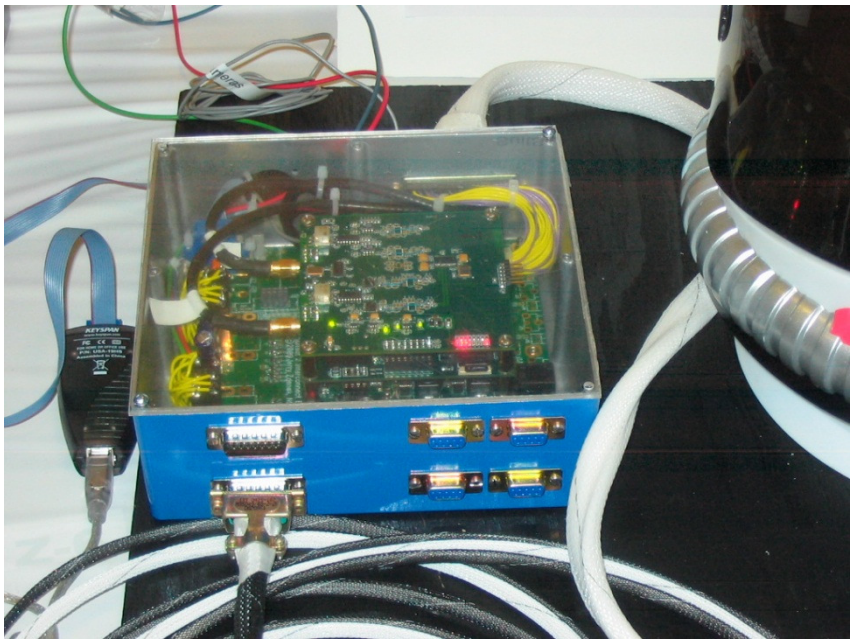


Figure 14 : Ordinateur de Bord

L'IHU est l'ordinateur de bord du satellite. Il a pour objet non seulement de gérer le fonctionnement du satellite mais aussi de réaliser la capture des images issues des caméras et de réaliser la fonction SDR (Software Digital Radio). Le synoptique suivant permet d'identifier les fonctionnalités en jeux.

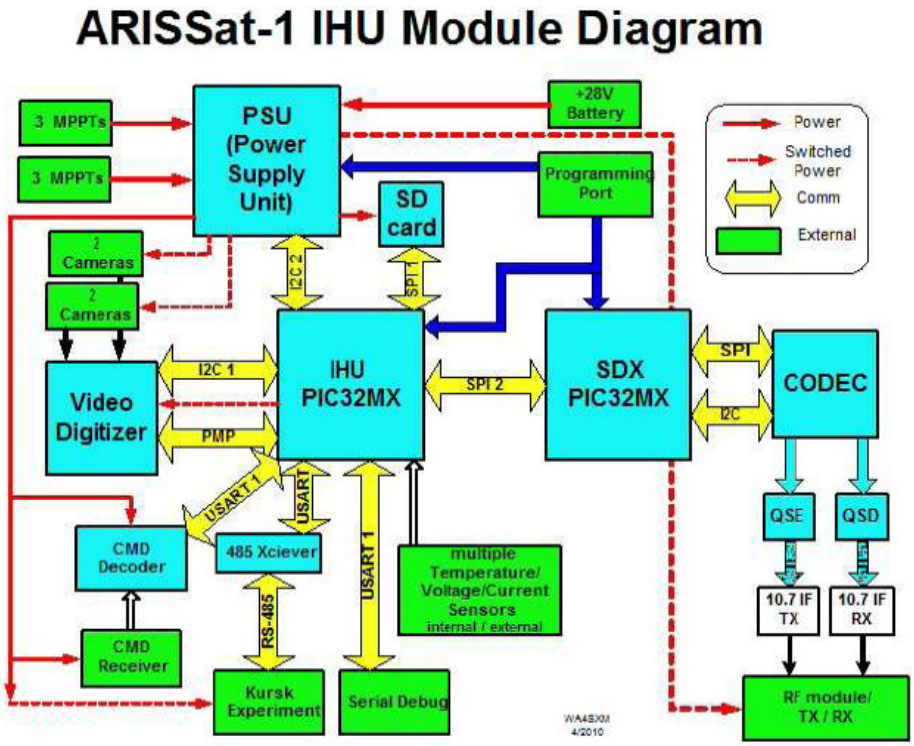


Figure 15 : Synoptique de l'ordinateur de bord

BY NC SA

3.8 Capture des images

Le microcontrôleur pilote le système de digitalisation basé sur un CPLD (Complex Programmable Logic Device) permettant de transformer les images au format analogique NTSC en images numériques qui seront ensuite transmises en SSTV au format ROBOT 36. En attendant d'être envoyées, les images sont stockées en mémoire.

3.9 SD Card

Une interface de lecture de carte SD a été intégrée. Sur cette carte ont été enregistrés avant le vol des messages commémoratifs (un appel à contribution avait été fait sur la liste AMSAT-F) et les messages servant aux télémesures vocales. La carte est accessible en lecture via un bus SPI. La carte est formatée au format FAT. Le driver permettant de lire/écrire ce format est Tiny Fat qui est disponible en Open Source.

3.10 Gestion de l'alimentation

L'IHU gère le système d'alimentation du satellite. Elle s'appuie sur les MPPT pour la partie charge des batteries. L'IHU a aussi pour mission de transformer les 28V des batteries vers les différentes tensions nécessaires pour le satellite : + 5V, + 8 V (émetteur / récepteur) et +12 V (caméra).

L'IHU permet de connaître la consommation de chaque sous système. Il peut les allumer / les éteindre en fonction des commandes reçues.

3.11 SDX

La fonctionnalité SDX (Software Define Xponder) est la plus innovante du satellite. Ce module a en charge de réaliser toutes les modulations exploitées par le satellite : SSTV, BPSK (2 formats), CW, transpondeur FM linéaire … .

Les informations ainsi modulées sont fournies par le processeur central.

A l'origine du projet, le SDX était en fait issu d'un projet de SDR (Software Design Radio) : ***ODYSSEY - Low Power Handheld SDR***. Un certain nombre de concepteurs font partie de la compagnie Microchip. Cela explique en partie les choix de conception en termes de microcontrôleur.

La conception de ce module a évolué, passage d'un dsp33 à un PIC32MX, pour tenir compte des choix de modulation à implémenter, mais aussi en prenant en compte des solutions de conceptions venant d'autres projets radioamateurs tels que STELA.

Pour ceux que cela intéresse, l'ensemble de la documentation de système est disponible sur le wiki.
Le synoptique ci-dessous montre comment le SDX s'insère entre le récepteur et l'émetteur. La fréquence intermédiaire est 10,7 Mhz.

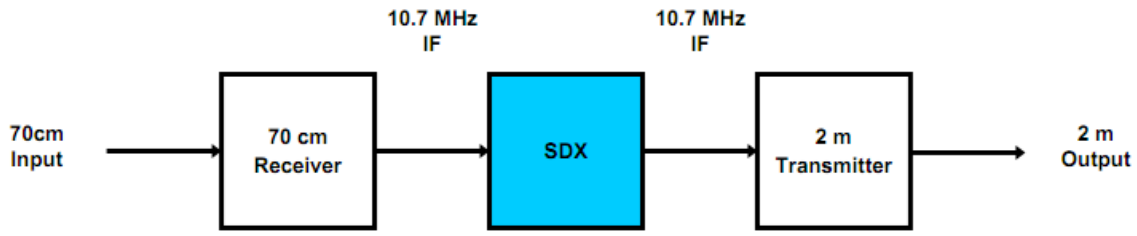


Figure 16 : SDX

cc BY NC SA

Ci-dessous le synoptique du SDX

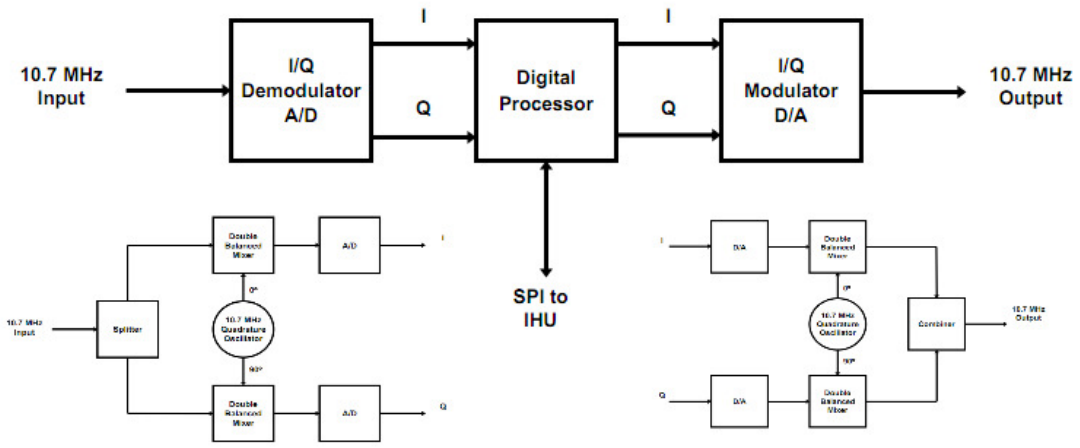


Figure 17 : Synoptique du SDX

3.12 Transpondeur (TX/RX)

Le transpondeur se décompose en fait en deux parties : un module récepteur et un module émetteur. Les deux modules sont reliés entre eux via le module SDX décrit ci-dessus. Le transpondeur ayant une bande passante en entrée de 16 Khz, il est possible de recevoir plusieurs signaux CW, 5 signaux SSB ou un seul signal FM. En même temps, grâce à SDX, il sera possible de transmettre plusieurs signaux tels que SSTV, l'envoi de télémesures vocales, de télémesures en BPSK et CW.

Pour que le transpondeur soit complet, le récepteur et l'émetteur sont connectés au SDX.

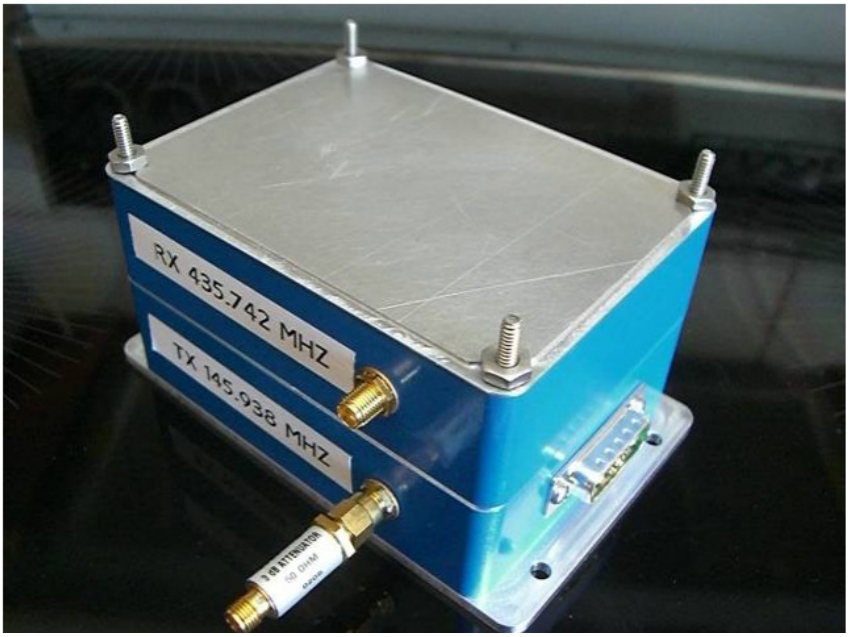


Figure 18 :Module RX

Le module RX permet de transposer les signaux de 435 Mhz vers 10,7 Mhz. Les performances attendues sont :

BY NC SA

- Noise Figure : 3.5 dB
- Image Rejection : 90 dB
- AGC Threshold : -120 dBm
- IF Output : 10.7 MHz. at -13 dBm
- DC Input Power : +8 Vdc @ 135 mA (1.08 watts)
- Frequency Accuracy : +/- 1 PPM (435 Hz at 435 MHz) ¾
- Frequency Stability : +/- 2.5 PPM (-30 to +70C)

Une simple conversion de fréquence a été utilisée pour simplifier la conception. Un soin important a été apporté sur le filtrage de la fréquence d'entrée pour obtenir une bonne réjection des fréquences images. Le récepteur utilise un PLL et a un AGC afin que le signal de sortie soit le plus constant possible pour le SDX.

Le récepteur fournit aussi une sortie 435 Mhz pour le récepteur des commandes.

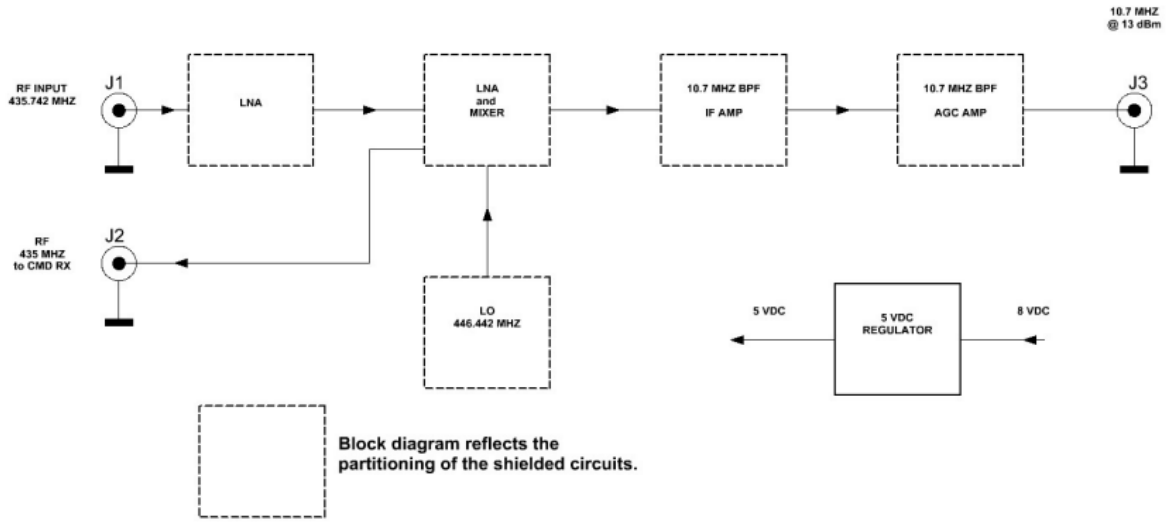


Figure 19 : Synoptique du récepteur

3.13 Emetteur

Le module émetteur permet de transposer la sortie FI 10,7 Mhz en la fréquence 145 Mhz. Les performances attendues sont :

- Power Output : +27 dBm (0.5 watts)
- DC Input Power : +8 Vdc @ 240 mA (1.92 watts)
- Overall Efficiency : 26%
- Frequency Accuracy : +/- 1 PPM (145 Hz at 145 MHz)
- Frequency Stability : +/- 2.5 PPM (-30 to +70C)
- Harmonic Rejection : -40 dBc
- Spurious Rejection : -50 dBc

Comme pour le récepteur, le choix de conception a été porté sur une simple conversion de fréquence. L'émetteur utilise un PLL. Des filtres sont utilisés sur l'entrée 10,7 Mhz.

Synoptique de l'émetteur :

BY NC SA

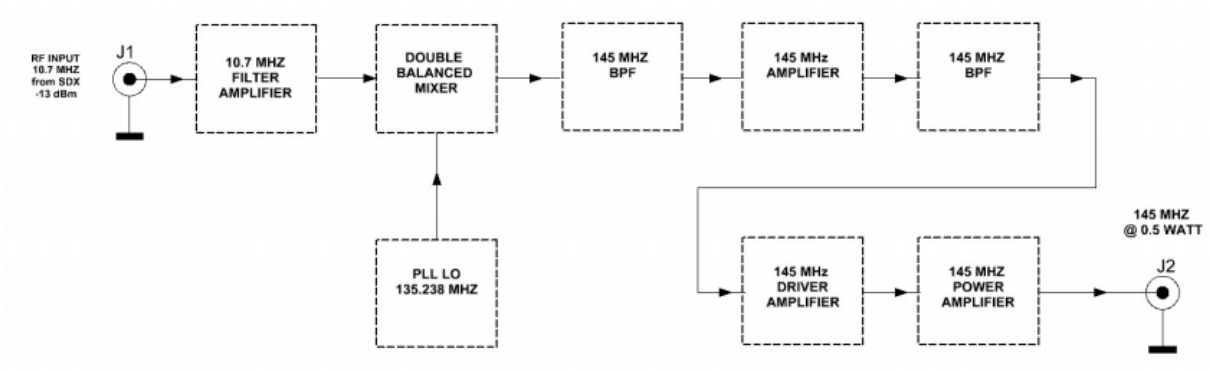


Figure 20 : Synoptique de l'émetteur

3.14 Antennes :

Les antennes d'ARISSat-1 sont issues de la conception des antennes réalisées pour l'ISS. Ces éléments étant externes au satellite, la conception devait prendre en compte des contraintes de sécurité. Elles sont démontables lors du transport.

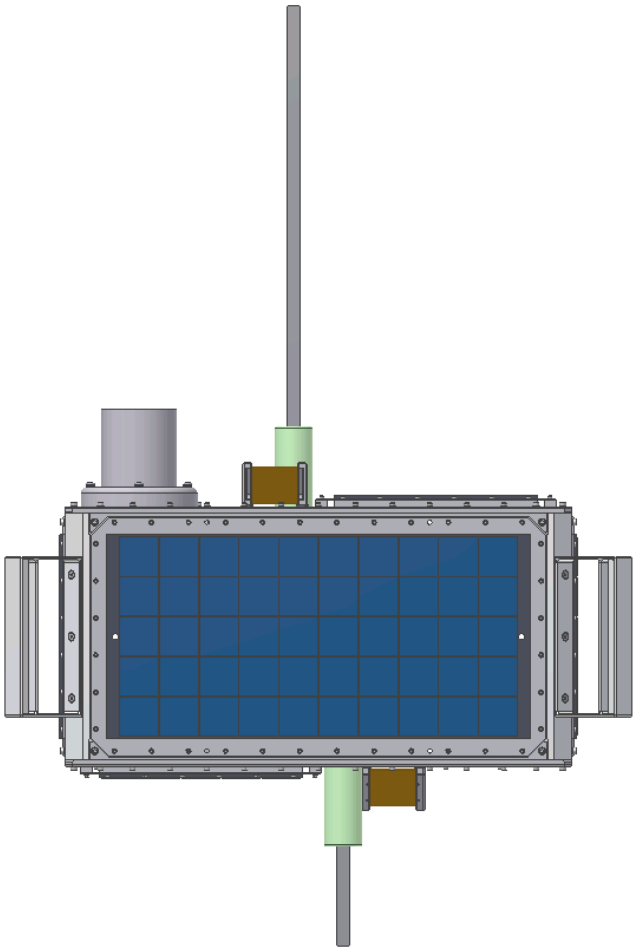


Figure 21 : Disposition des antennes

BY NC SA

4 Mode opératoire

ARISSat-1 permet plusieurs modes de transmission qui raviront beaucoup de radioamateurs :

- Message d'identification vocal en FM
- Message de salutation en différentes langues et télémesure vocale en FM
- SSTV images mode Robot 36
- Télémesure en CW , BPSK 400 et BPSK 1K
- Transpondeur FM de 16 Khz de bande passante

Le satellite possède plusieurs modes :

- Hight : tous les modes sont opérationnels 24H/24H – 7J/7J
- Low : FM, 1kBPSK, CW 50 % du temps.
- Emergency : FM, 1kBPSK, CW @ 10 sec par minute

L'envoi d'informations sera séquentiel. La séquence sera du type :

- Début de séquence :
  - Voix d'identification en anglais : Hi, This is RS01S
  - Diffusion d'enregistrement de voix de salutation en différentes langues
  - Télémesures vocales
  - Datation, température IHU, température panneau de contrôle, tension de batterie, courant de batterie
  - Diffusion d'enregistrement de voix de salutation en différentes langues
  - SSTV
- Fin de la séquence

4.1 Plan de fréquence

Fréquences utilisées sur ARISSat-1 à partir du plan de fréquence diffusé par l'équipe projet :

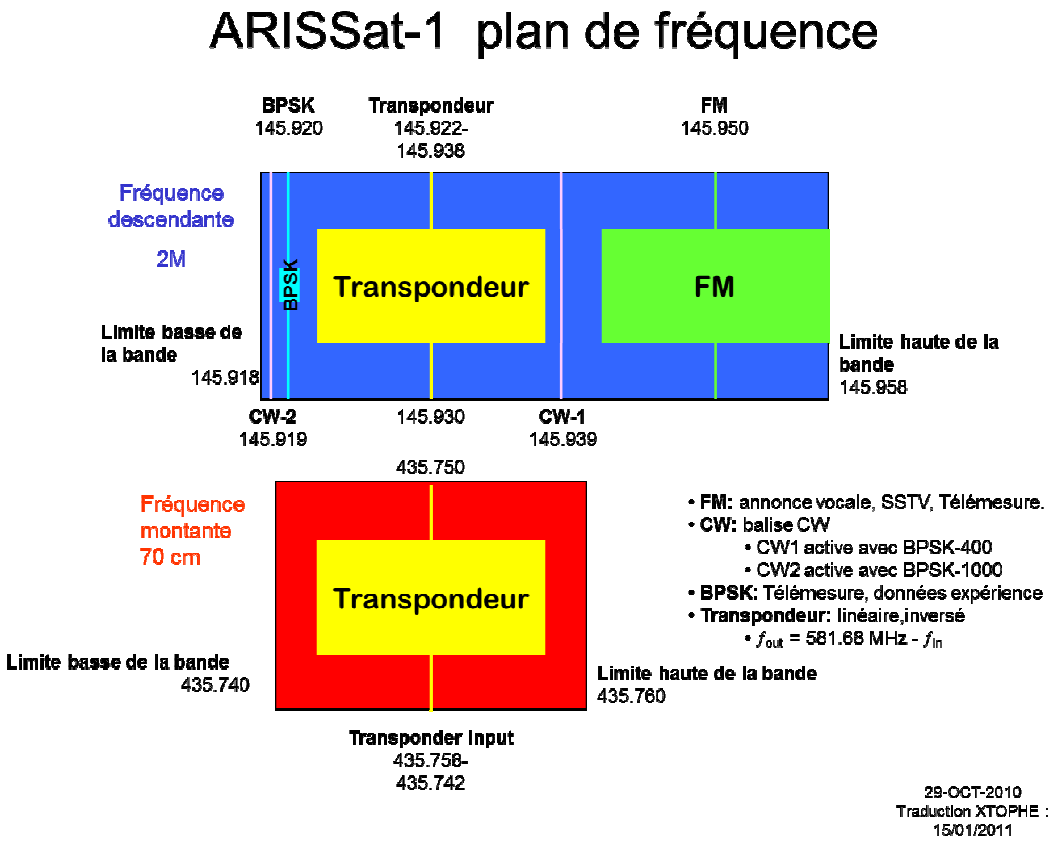
Voies descendantes :

- 145.919 Mhz : CW actif si usage BPSK-1000
- 145.920 Mhz : BPSK-400 BPSK-1000 Télémesure, données expérimentales
- 145.950 Mhz : Annonce vocale, SSTV, Télémesure vocale
- 145.939 Mhz : CW actif si usage BPSK-400

Transpondeur linéaire inversé :

- Descente :145.922 Mhz - 145.938 Mhz
- Montée : 435.758 Mhz - 435.742 Mhz

BY NC SA



4.2 Messages

ARISSat-1 diffusera des messages de salutations qui sont majoritairement des messages enregistrés par des enfants. Un appel à contribution avait d'ailleurs été lancé sur la liste AMSAT-France. Il a été dommage que cette initiative, ainsi que celle d'envoyer des images qui seraient stockées dans ARISSat-1, n'ait reçu que peu d'écho des radioamateurs français.

Les messages seront diffusés en 15 langues : anglais, espagnol, russe, français, italien, néerlandais, allemand, suédois, japonais, chinois, catalan, bengali, portugais, hébreux, népalais.

Les messages contiennent un mot secret.

Il y aura aussi un enregistrement de Yuri Gagarine.

4.3 Télémesures

Les télémesures seront diffusées en fonction du mode de fonctionnement selon 4 formats :

- En vocal
- En CW
- En BPSK 400 b/s ou BPSK 1000 b/s

Les télémesures vocales seraient les suivantes :

- Datation, température IHU, température panneau de contrôle, tension de batterie, courant de batterie

Le format de télémesure n'a pas encore été publié. Il semblerait que deux types de trames soient disponibles, l'une pour l'expérience embarquée à bord du satellite, l'autre concernant le satellite lui-même.

Le format BPSK 400 b/s est celui utilisé pour les satellites de type phase 3 de l'AMSAT-DL.

Le format BPSK 1000 b/s est un nouveau format développé par Phil Karns. Il permet notamment de résister à un fading important. Suite à la difficulté de recevoir les télémesures de P3D, plusieurs personnes avaient proposé d'améliorer la transmission de télémesures. Le résultat de ces réflexions a amené à faire évoluer les modes de transmission des télémesures.

Ce nouveau format est basé sur le format HDLC avec un CRC 32. Il utilise aussi un code correcteur d'erreur de type convolutionel. Les bits subissent ensuite un traitement réalisant un entrelacement convolutionel suivi d'un encodage différentiel.

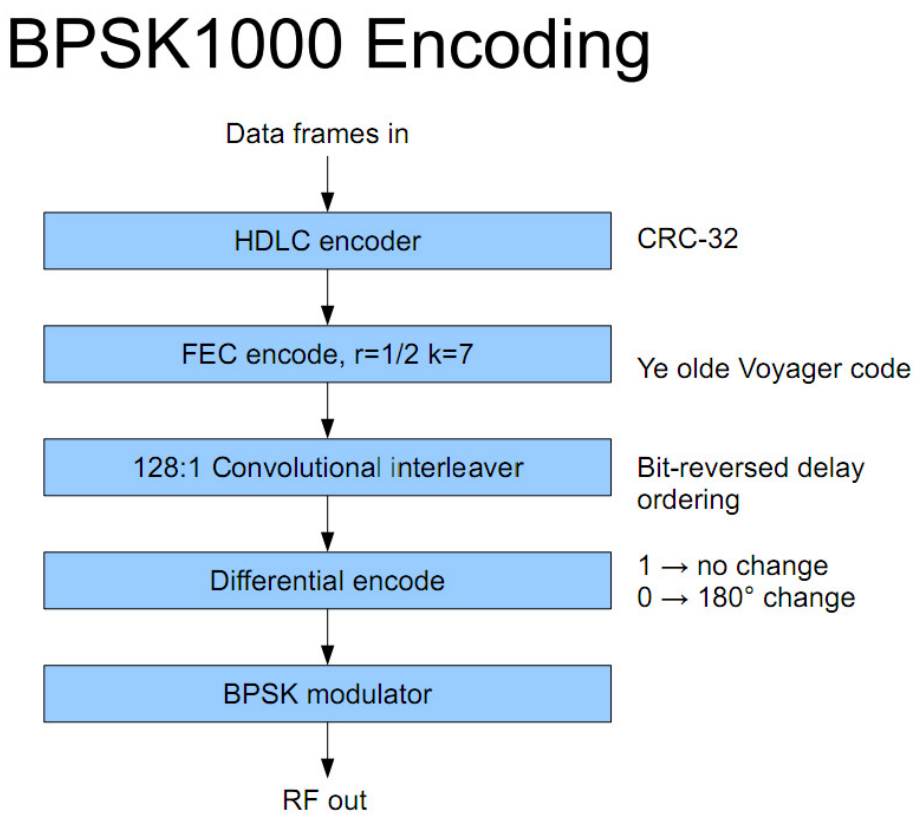


Figure 22 : Encodage BPSK 1000

Le tableau ci-dessous donne une comparaison entre le format de télémesure utilisé sur P3D et celui d'ARISSat-1

BY NC SA

AO40/ARISSat comparison

	AO40FEC	ARISSat
Baud rate	400	1000
Data rate	160	500
Error control	r=1/2, k=7 convolutional (160,128) Reed-Solomon Overall rate = 0.4	r=1/2, k=7 convolutional CRC-32 Overall rate =~ 0.5
Baseband	Biphase	NRZI
Interleaving	Block, 5200 symbols	128:1 convolutional
Interleaver depth	13 sec	16.384 sec
Sync vector	Yes	No
Block size	256 bytes	variable
Differential coding	Yes	Yes
Modulation	BPSK	BPSK
Scrambling	Yes	No

Figure 23 : Comparaison entre BPSK 400 et BPSK 1000

Les données de télémesures ne sont pas encore officiellement publiées. La copie d'écran suivante donne un aperçu de toutes les télémesures disponibles.

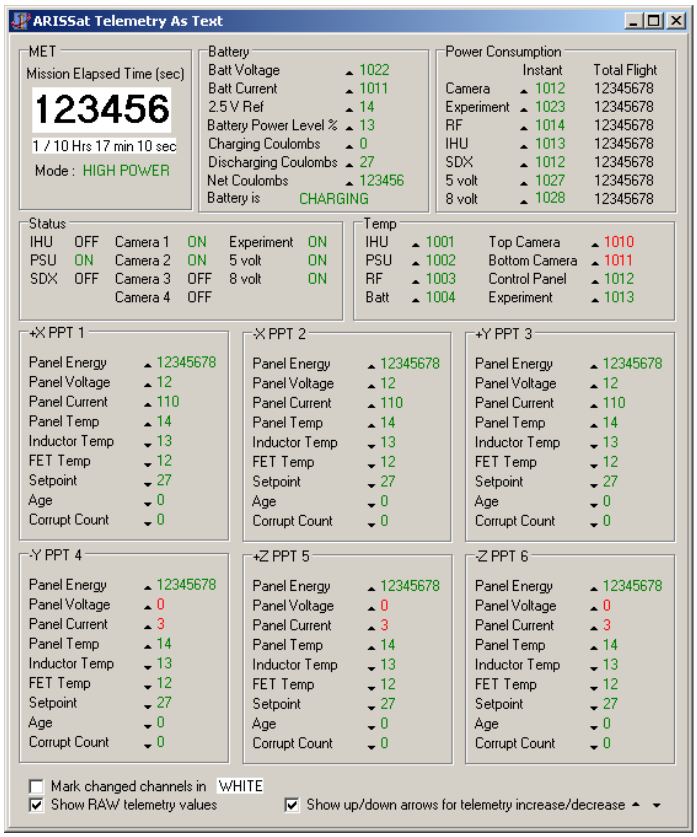


Figure 24 : écran logiciel télémesure

BY NC SA

5 Conclusion

Cet article donne un aperçu du nouveau satellite qui sera lancé à la main sans doute au courant du mois de février 2011 lors d'une sortie extravéhiculaire. Ce nouvel oiseau est le fruit de plusieurs années de travail et de rebondissements. Il allie des nouveautés technologiques pour les concepteurs de satellites telle que la SDR, tout en fournissant des possibilités d'exploitations intéressantes (SSTV, phonie, nouveaux modes de télémesures) pour la communauté radioamateur.

Un certain nombre d'animations sont prévues avec le lancement de ce satellite, telle que la découverte de mots secrets. Le fait de transmettre en continu des messages ainsi que les télémesures en mode vocal, permettra aux radioamateurs qui le souhaitent de faire des démonstrations très simples de l'écoute d'un satellite.

Source des illustrations : http://arissat1.org/ et liens associés.