

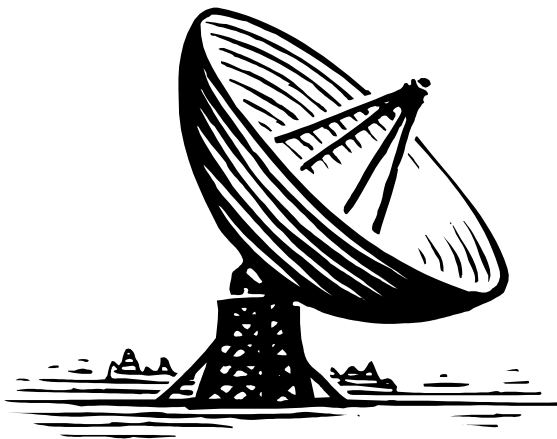
# NADEGE

*Narrow bAnde Datacollection Experiment for Greentech Exploitation*

---

Projet expérimental de nano satellite de transmission de data amateur

31/03/2012



## Table des matières

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>4</b>
<b>2. CE QUE NOUS PROPOSONS EN PRATIQUE</b>	<b>4</b>
<b>3. EXPERIMENTATION NANO-SATELLITE</b>	<b>5</b>
3.1 STATION DE BASE EMBARQUEE	5
3.2 RESEAU SIGFOX COMMERCIAL	6
3.3 DECLINAISON EN EXPERIMENTATION AMATEURS	7
<b>4. LANCEMENT... SPATIAL, OU AUTRE</b>	<b>7</b>
4.1 LANCEMENT SEGMENT SPATIAL	7
4.2 PRE-EXPERIENCE BALLON « BULLE D'ORAGE »	7
<b>5. ARCHITECTURE GLOBALE</b>	<b>8</b>
5.1 COMPOSITION DU SATELLITE	8
5.2 CHARGE UTILE	9
5.3 ARCHITECTURE GLOBALE DU SATELLITE	10
5.4 GABARIT DU CUBESAT	11
<b>6. UNE EXPERIMENTATION « M2M VERTE » DANS LE MONDE RADIOAMATEUR</b>	<b>11</b>
6.1 TOUT D'ABORD QUELQUES RAPPELS DE REGLEMENTATION	11
6.2 QUEL INTERET EN PRATIQUE POUR LE MONDE RADIOAMATEUR	12
<b>7. DETAIL DES DIFFERENTES POSSIBILITES MISE A DISPOSITION DES RADIOAMATEURS</b>	<b>13</b>
7.1 EXPERIENCE EN VOIE MONTANTE	13
7.1.1 <i>Le principe</i>	13
7.1.2 <i>Logiciel...Principe simplifiée</i>	14
7.2 EXPERIENCE EN « STATION DE CONTROLE »	15
7.2.1 <i>Le principe</i>	15
7.3 EXPERIENCE EN RECEPTION BALISE (TX AUTONOME)	16
7.3.1 <i>Le principe</i>	17
<b>8. MODE TRANSPONDEUR RADIO</b>	<b>17</b>
<b>9. EN RESUME</b>	<b>18</b>
<b>10. INFORMATIONS GENERALES</b>	<b>18</b>
10.1 INFOS UTILES POUR LA CONSTRUCTION D'UN NANO SATELLITE	18
10.1.1 <i>Format</i>	18
10.1.2 <i>Le dégazage</i>	19
10.1.3 <i>Les radiations</i>	19
10.1.4 <i>Vibrations</i>	20
10.1.5 <i>Débris spatiaux</i>	20

10.2	LANCEUR SPATIAL.....	21
11.	ET LA SUITE ? ... VERS UN STANDARD M2M OU SMS AMATEUR ? .....	22

## Table des figures

FIGURE 1 :	STATION DE BASE .....	0
FIGURE 2 :	SCHEMA DE BASE .....	6
FIGURE 3 :	DEPLOIEMENT RESEAU .....	6
FIGURE 4 :	SCHEMA DE BASE SIMPLIFIE .....	0
FIGURE 5 :	CARTES RADIO DE LA CHARGE UTILE .....	0
FIGURE 6 :	SYNOPTIQUE DE L'ARCHITECTURE DE LA CHARGE UTILE.....	0
FIGURE 7 :	SYNOPTIQUE DE LA CHARGE UTILE .....	0
FIGURE 8 :	ARCHITECTURE GLOBALE DU CUBESAT .....	10
FIGURE 9 :	GABARIT DU CUBESAT .....	1
FIGURE 10 :	SCHEMA SIMPLIFIE D'UNE INSTALLATION TYPE.....	1
FIGURE 11 :	FONCTIONNEMENT TX OM.....	1
FIGURE 12 :	FONCTIONNEMENT GLOBAL DU LOGICIEL D'EMISSION .....	1
FIGURE 13 :	FONCTIONNEMENT STATION DE CONTROLE.....	1
FIGURE 14 :	FONCTIONNEMENT TX AUTONOME .....	16
FIGURE 15 :	FORMATS DE COMMUNICATION .....	1
FIGURE 16 :	FORMATS CUBESAT .....	1
FIGURE 17 :	MAX2021 .....	1
FIGURE 18 :	CEINTURE DE VAN ALLEN .....	1
FIGURE 19 :	DEBRIS SPATIAUX .....	20
FIGURE 20 :	VEGA / ARIANE 5.....	1

## GLOSSAIRE

---

SPI :	Serial Peripheral Interface
CU SIGFOX :	Charge Utile / Récepteur bande étroite pour collecte de données bas débit. La Charge Utile comprend l'émetteur autonome Sigfox
TM :	Télémesures
TC :	Télécommandes
OBC :	On Board Computer
TX SIGFOX :	Emetteur bande étroite
WDT :	Watch Dog Timer / Permet le Reset du système
PMASS :	Système de stabilisation passive
TMTC SECONDAIRE :	Télémesures et Télécommandes
EPS + BAT :	Système de récupération, de distribution et de gestion de l'énergie + batteries
ADS :	Attitude Determination System
OPTOCOUPLAGAGE :	Bus de Communication optocouplé entre le système principal et le système secondaire
TMTC PRINCIPALE :	Télémesures et Télécommandes. Modems en bande UHF et VHF
STRUCTURE MECANIQUE :	Répond aux exigences CubeSat à savoir 100mm x 340 mm

## 1. INTRODUCTION

---

Nous le savons tous, le spectre est une denrée rare, comme le pétrole, ou demain, l'eau potable... De plus en plus, l'industrie réfléchit à des standards radios « économes », ou à « faible empreinte »...La radio « verte » en définitive.

Le radio amateurisme est une passion technique sans but lucratif, mais « éclairée », à qui l'industrie doit beaucoup. De la même façon que les radioamateurs se sont intéressés, et ont même été précurseurs dans le domaine de la propagation, de nouvelles modulations, du packet radio, du spatial, ne devraient-ils pas se positionner sur la radio « verte » ?

C'est ce que nous allons vous proposer à travers ce document : Une expérimentation « fédératrice », basée sur de récents développements industriels, émanant du domaine de « M2M » (ou machine to machine), de la SDR (Software Defined Radio), et plus généralement de la radio « cognitive » (des systèmes radio qui se « règlent » seuls, de manière automatique et « intelligente », pour une meilleure efficacité spectrale... « N'utiliser que ce dont on a besoin »).

Après les nombreux « services à la nation » des radioamateurs, l'industrie ne pourrait-elle pas « renvoyer l'ascenseur » en soumettant un projet sympathique...Et surtout...Financé !?

Vous connaissez déjà les bandes étroites « manuelles » telles que la CW, PSK31, PSK10, RTTY.

Par cette proposition de projet, nous proposons une introduction à la Bande Ultra Etroite cognitive et automatique.

## 2. CE QUE NOUS PROPOSONS EN PRATIQUE

---

Les cartes radio prévues dans le nano-satellite sont aujourd'hui utilisées pour des applications terrestres, elles sont donc pleinement « matures », il a « juste » fallu les modifier en conséquence pour qu'elles puissent résister aux contraintes spatiales, un paragraphe est dédié à ce problème dans le document.

Le réseau terrestre aujourd'hui en exploitation, et toujours en développement, utilise une architecture arrière ou « backend », qui a demandé des années/hommes d'effort. Il est aujourd'hui facile d'en dériver une application plus « légère », et surtout très efficace et agréable pour notre présent projet.

Enfin, souvent le plus négligé, et pourtant le plus lourd, des applicatifs logiciels simples sont disponibles, pour une expérimentation utile...Mais « décontractée » et « amusante ».

**Au final, notre proposition, sur la base de ce qui est dit plus haut, est de proposer un grand projet international de packet/télémessagerie instantanée à faible empreinte radioélectrique, à faible puissance et très longue portée, fonctionnant en radio cognitive à bande ultra-étroite, à partir d'éléments industriels disponibles.**

### 3. EXPERIMENTATION NANO-SATELLITE

---

#### 3.1 STATION DE BASE EMBARQUEE

La station de base de SigFox, développée pour ses réseaux terrestres, est un équipement qui se compose classiquement d'un émetteur/récepteur, d'une alimentation avec gestion de batteries et d'un ordinateur de bord assurant, outre diverses fonctions, la fonction fondamentale de traitement multi-signaux cognitif.

En l'occurrence elle assure la réception des différents signaux transmis sur les réseaux, et ce, donc, de manière parfaitement automatique (jusqu'à 1000 signaux simultanés par unité de spectre surveillé).

Les cartes modifiées pour les besoins du projet sont celles présentes dans le module émission/réception. Lors de l'expérimentation présentée ici, la station de base « embarquée » dans le véhicule, recevra les trames émises par la communauté radioamateur, les décodera, enverra les résultats aux serveurs via la TM du segment « vol », afin de les rendre disponibles par de simples connexions « clients » sur internet. Le fonctionnement est décrit plus en détails dans le paragraphe concernant les différents modes de fonctionnement mis à disposition des radioamateurs.

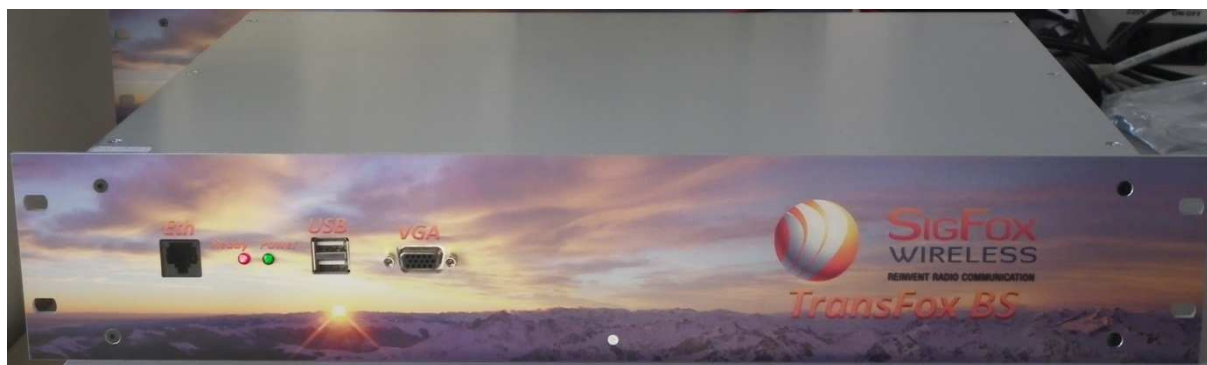


Figure 1 : Station de base

## 3.2 RESEAU SIGFOX COMMERCIAL

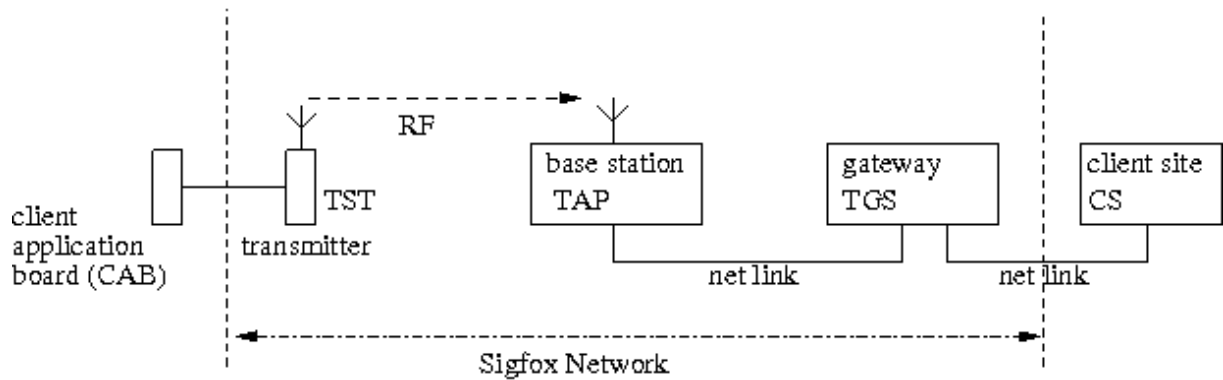


Figure 2 : Schéma de base

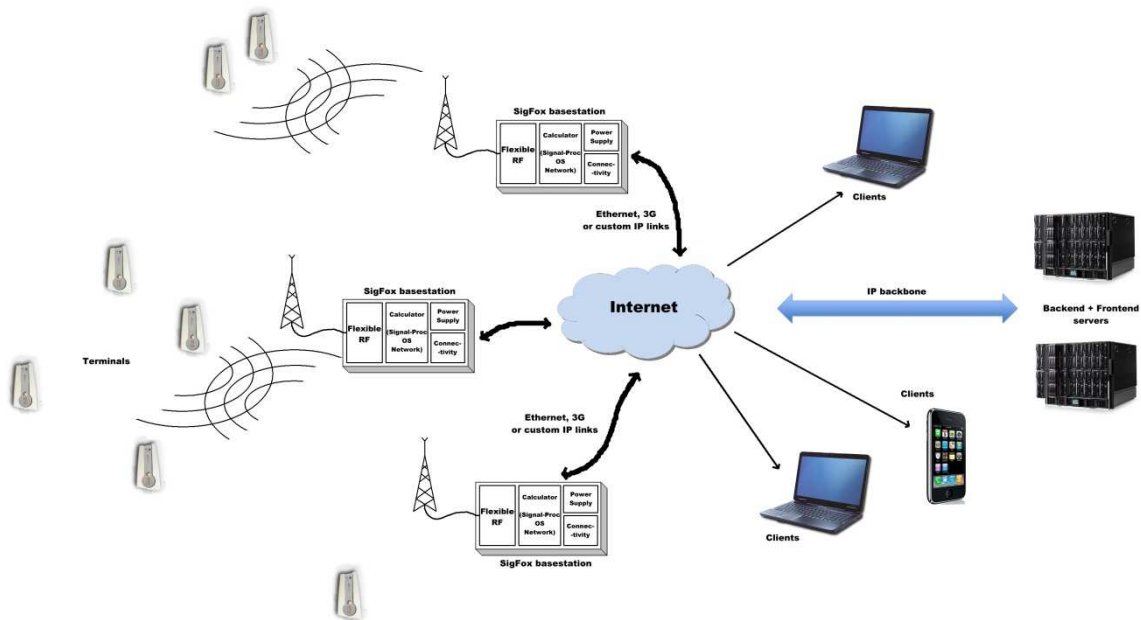


Figure 3 Déploiement réseau

Le réseau décrit ci-dessus est un réseau industriel dont on va vous faire profiter. Ce système est automatique et cognitif, il traite les informations reçues via un démodulateur. C'est le système qui sera utilisé pour traiter les informations lors de notre expérimentation.

Le fonctionnement est le suivant, le client souhaite disséminer des applications « nomades » faible énergie, qui sont généralement des capteurs de tous types, et dispose d'un « site client » qui peut être par exemple une application web qui reçoit les notifications à travers les demandes HTTP. Sur chaque zone « traitée » Sigfox dispose d'une ou plusieurs stations de base (TAP) recueillant automatiquement les informations des différents terminaux clients disséminés, et connectée(s) à des serveurs (TGS). Comme déjà expliqué, les transmissions se font de la manière la plus efficace possible en termes radioélectriques (portée, combat des interférences, méthodes d'accès, faible trace radio, multi-réception, consommations assurant des durées de vie de 20 ans sur piles...Etc...)

Les clients peuvent alors récupérer leurs données sur les interfaces web mises à leur disposition.

### 3.3 DECLINAISON EN EXPERIMENTATION AMATEURS

Lors de l'expérimentation, l'architecture deviendra la suivante :

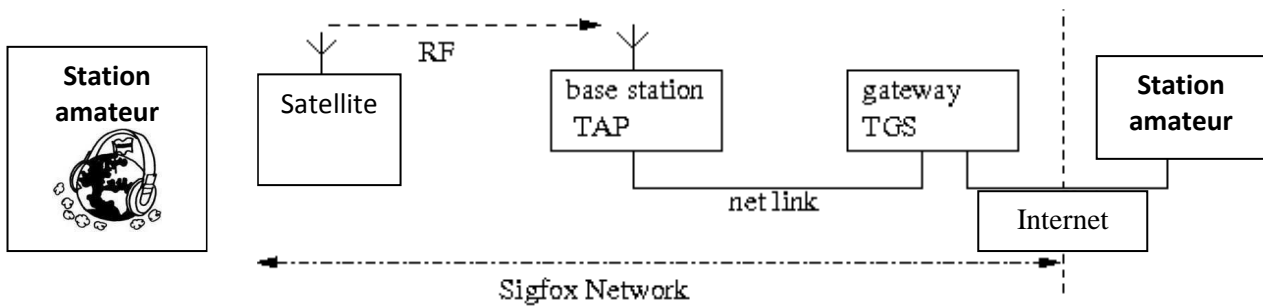


Figure 4 : Schéma de base simplifié

## 4. LANCEMENT... SPATIAL, OU AUTRE

### 4.1 LANCEMENT SEGMENT SPATIAL

Nous prévoyons de lancer NADEGE début d'année 2013. Actuellement le lanceur n'est pas officiellement défini mais nous partirions sur VEGA. C'est un lanceur léger de l'Agence spatiale européenne (ESA) développé sous maîtrise d'œuvre italienne dont le premier vol a eu lieu le 13 février 2012 depuis le centre spatial de Kourou en Guyane.

### 4.2 PRE-EXPERIENCE BALLON « BULLE D'ORAGE »

Dans le cas où le lancement serait trop retardé, il existe un autre moyen d'expérimentation bon marché que vous connaissez tous : Les Ballons, voire « bulles d'orage ». Concernant ces dernières, et pour ceux qui ne connaîtraient pas encore (!), leur système s'inspire au départ, du principe des montgolfières, l'air chaud est plus léger que l'air froid et a tendance à monter. Seule la façon de chauffer l'air est différente, le noir est une couleur qui absorbe l'énergie, aussi bien la lumière que la chaleur. C'est cette propriété qui va permettre de chauffer la masse gazeuse.

En effet les ballons « bulle d'orage » sont fabriqués à partir d'une feuille plastique noire (style sac poubelle...Par exemple !). Il est possible d'en confectionner de très grande taille à partir de rouleaux de plastique vendus dans des formats très divers.

Une fois confectionné le ballon est gonflé d'air humide saturé en vapeur (éventuellement), qui donnera un effet « de deuxième impulsion » en cas de rencontre avec une masse nuageuse (En effet, le passage dans la masse nuageuse, qui a pour premier effet de « refroidir » le ballon, et en l'occurrence de



condenser la vapeur d'eau, permet donc dans le même temps d'alléger la masse, et de restituer à l'intérieur de l'enveloppe, l'énergie calorifique ayant servi à passer l'eau en phase vapeur !).

Quel que soit le mode de grâce à une exposition au soleil masse gazeuse intérieure. C'est qu'il n'y a plus qu'à lâcher et tant qu'il sera éclairé et chauffé gaz, selon l'altitude, se faisant A condition de garder une peut monter très haut, au-delà de plus), et tout ça sans brûleur ou « énergie fossile », ce qui en fait une expérience « verte » (non noire !) à un coût dérisoire.



démarrage (sec ou humide), c'est que l'enveloppe noire chauffe la en fait un dispositif « autonome » « laisser faire », le ballon volera par le soleil, les ajustements de par l'évent inférieur.

charge très faible, la bulle d'orage la stratosphère (25000 m voire plus)

De plus le lancement d'une bulle d'orage ne nécessite aucune autorisation particulière à condition de rester dans des volumes et poids raisonnables (environ 8 m, et poids de charge < 4Kg).

Avec ce système, l'expérience serait disponible au trafic pendant environ une dizaine d'heures.

Source : <http://www.voyager3.com/voyager3/realisations/ballons/bulorage.htm>

## 5. ARCHITECTURE GLOBALE

---

### 5.1 COMPOSITION DU SATELLITE

Le Nano-satellite ou la charge d'une manière générale sera composé des modules suivants :

- Une charge utile (Carte Radio, Carte Synthétiseur et Calculateur)
- Deux TMTC
- Un Ordinateur de Bord (OBC)
- Deux émetteurs Autonomes automatiques Tx
- Batteries + Panneaux solaires

La TM (Télémesure) sera le lien descendant qui permettra la retransmission des données. La TC (Télécommande) à l'inverse permettra de piloter l'OBC.

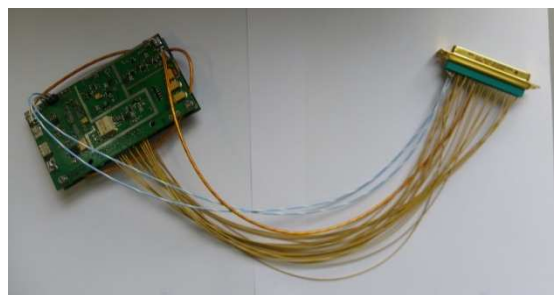


Figure 5 : Cartes Radio de la Charge Utile

## 5.2 CHARGE UTILE

Ci-dessous le synoptique de l'architecture de la charge utile :

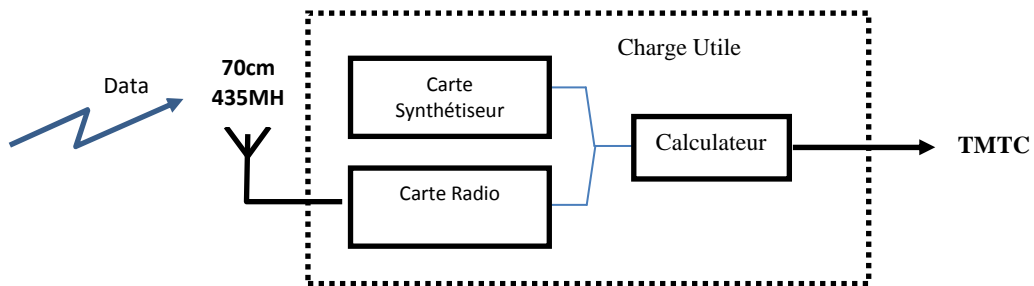


Figure 6 : Synoptique de l'architecture de la charge utile

Les deux cartes Radio sont pilotées et alimentées via le calculateur. Lorsqu'un signal est reçu par la carte Radio, il est traité puis envoyé via le calculateur à la TMTC.

Ci-dessous l'architecture des cartes Radio de la Charge Utile :

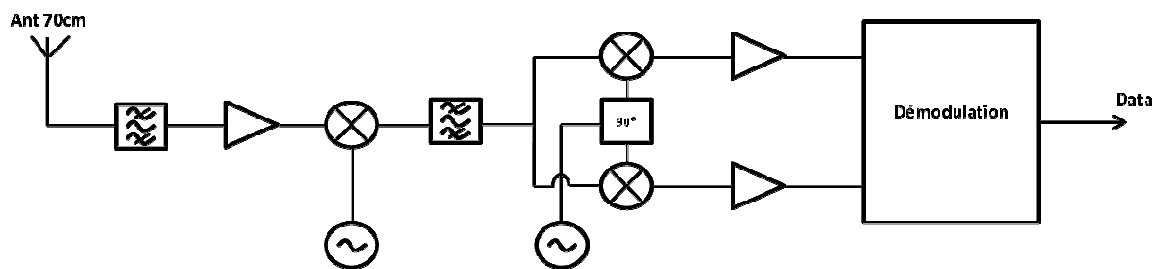
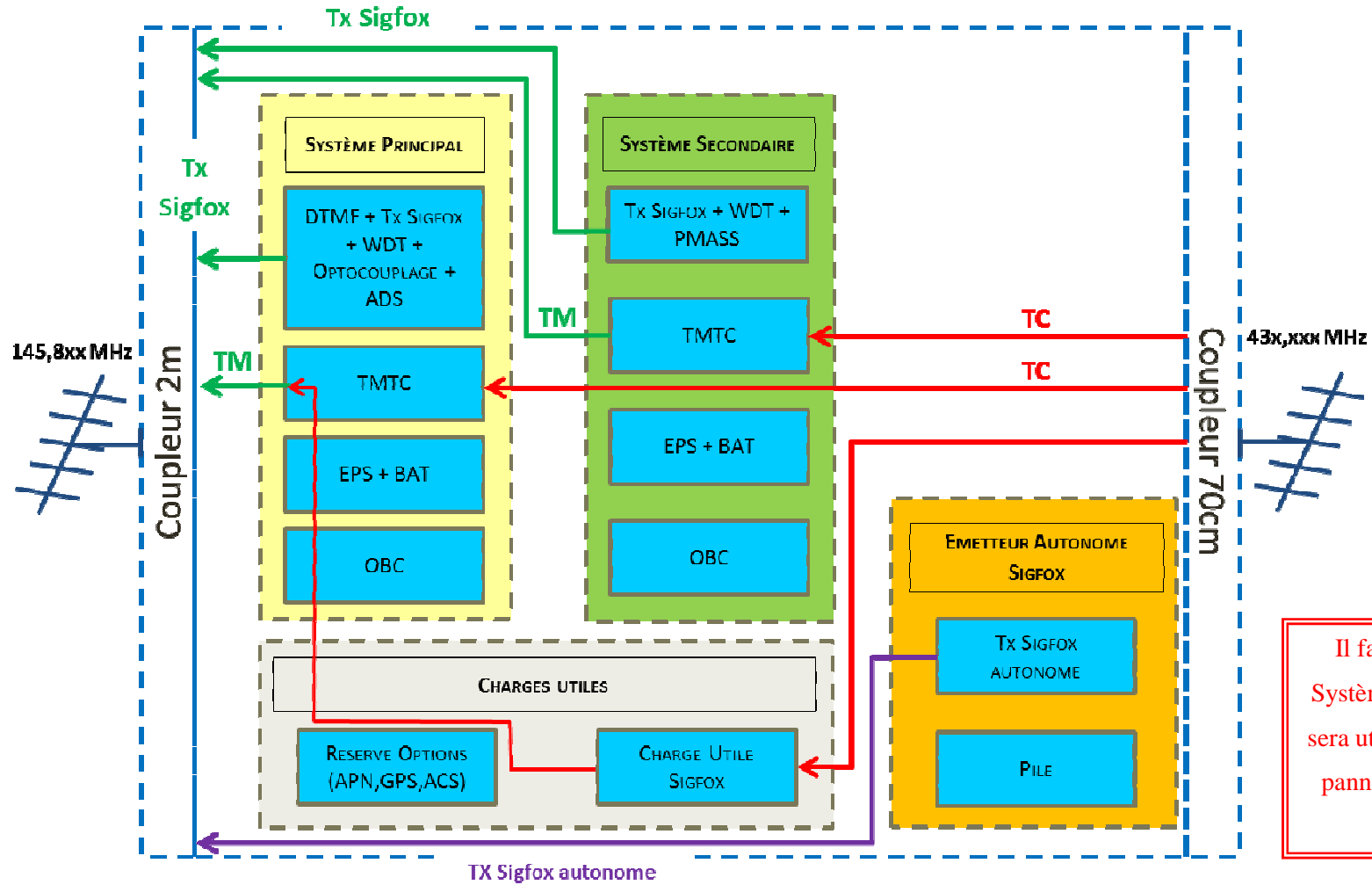


Figure 7 : Synoptique de la charge utile

### 5.3 ARCHITECTURE GLOBALE DU SATELLITE



Il faut noter que le Système Secondaire ne sera utilisé qu'en cas de panne sur le Système Principal.

Figure 8 : Architecture globale du CubeSat

## 5.4 GABARIT DU CUBESAT

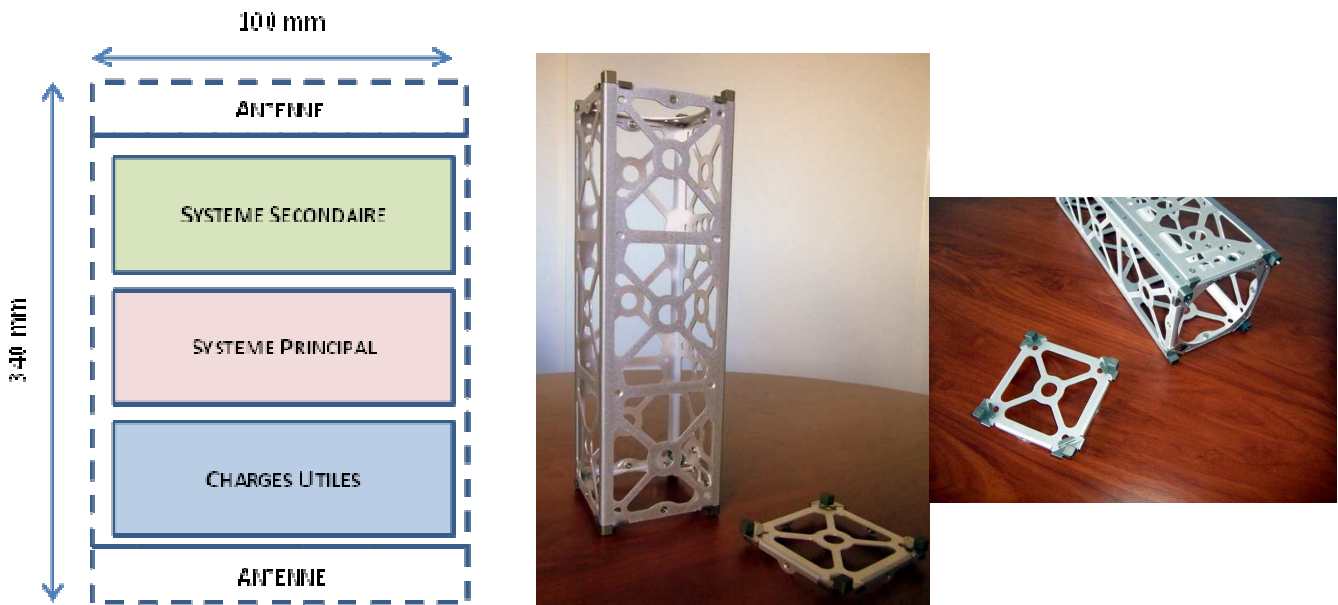


Figure 9 : Structure du Nano satellite

## 6. UNE EXPERIMENTATION « M2M VERTE » DANS LE MONDE RADIOAMATEUR

### 6.1 TOUT D'ABORD QUELQUES RAPPELS DE REGLEMENTATION

Il existe une réglementation plus ou moins claire, mais toujours aux manifestations très « strictes » voire « musclées », en ce qui concerne les transmissions au-dessus de certains pays, comme la Chine par exemple, qui refuse que certains « véhicules » ne soient « actifs » lorsqu'ils survolent leur « domaine » (et nous éviterons de rentrer dans le détail de toutes les « ambiguïtés » qui existent et perdurent dans le « volet légal » de l'activité spatiale !).

Il faudrait vraisemblablement que notre association nationale œuvre au niveau international afin de valider l'expérience, du moins dans le cas d'un vol spatial.

Ainsi, il faudra sans doute créer au sein du REF, un (petit) groupe de travail, permettant d'attirer les faveurs de l'ensemble des associations... Rappelons au passage que le projet a une vocation d'intérêt international...

## 6.2 QUEL INTERET EN PRATIQUE POUR LE MONDE RADIOAMATEUR

NADEGE est un projet expérimental donc l'objectif est de valider la technologie UNB (Ultra Narrow Band) dans l'espace via l'utilisation de nano-satellites très bon marché.

Ces moyens de transmissions ont pour but de simplifier fortement le trafic données à très longue distance, avec des moyens simplissimes : **Pas de rotors d'antennes, donc pas de tracking précis, pas de grandes puissances (1 Watt suffit amplement avec une antenne 0 dBi !), possibilité de « trafic nomade », en mobile, en portable pédestre....**

Il y a donc un but de forte « démocratisation » du trafic satellite.

Pour que cela existe, il est évident qu'une démarche « donnant donnant » entre industriels (Sigfox – Silicom – Nexeya) et radioamateurs puisse fonctionner et soit enrichissante. Il faut donc sans doute établir quelques principes et règles pour que tout se passe bien.

L'un des principes possibles peut être très simple : La partie industrielle fournit aux radioamateurs un logiciel développé spécifiquement pour cette application en intégrant les spécificités du monde amateur : Facile à mettre en œuvre au départ, ne demandant pas d'implication lourde, fonctionnant avec du matériel dans toutes les stations même simples et surtout **gratuit**. En échange la partie industrielle profite d'un retour d'expérience unique, lié à une communauté « fournie ».

La partie logicielle permettra :

- D'émettre vers le nano satellite et de récupérer les datas émises via le backend (Plateforme internet où sont redistribuées les datas reçues). C'est l'expérience « voie montante ».
- De recevoir le message de l'émetteur autonome embarqué. C'est l'expérience « réception balise »
- Sur demande, de participer au réseau de contrôle du satellite. C'est l'expérience « station de contrôle ». Qui demandera, bien sûr, plus d'implication.
- Et dans tous les cas, de consulter le site « backend »

Les données transmises seront de type datagramme, des messages d'une à deux secondes de quelques octets à une dizaine transmis à 100bits/s, il est à noter que la modulation utilisée sera de type BPSK non synchronisée.

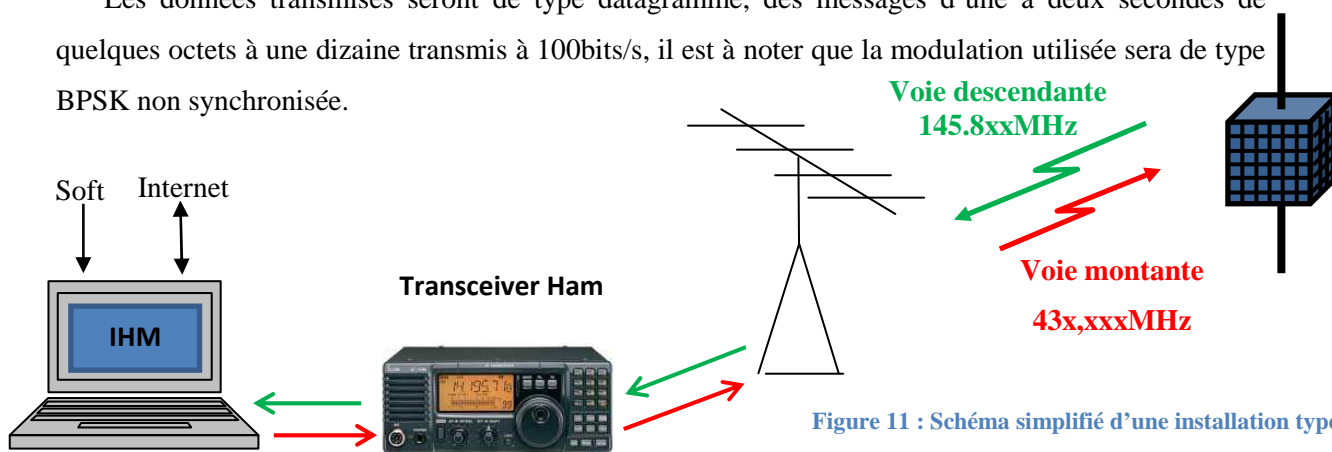


Figure 11 : Schéma simplifié d'une installation type

## 7. DETAIL DES DIFFERENTES POSSIBILITES MISE A DISPOSITION DES RADIOAMATEURS

### 7.1 EXPERIENCE EN VOIE MONTANTE

#### 7.1.1 Le principe

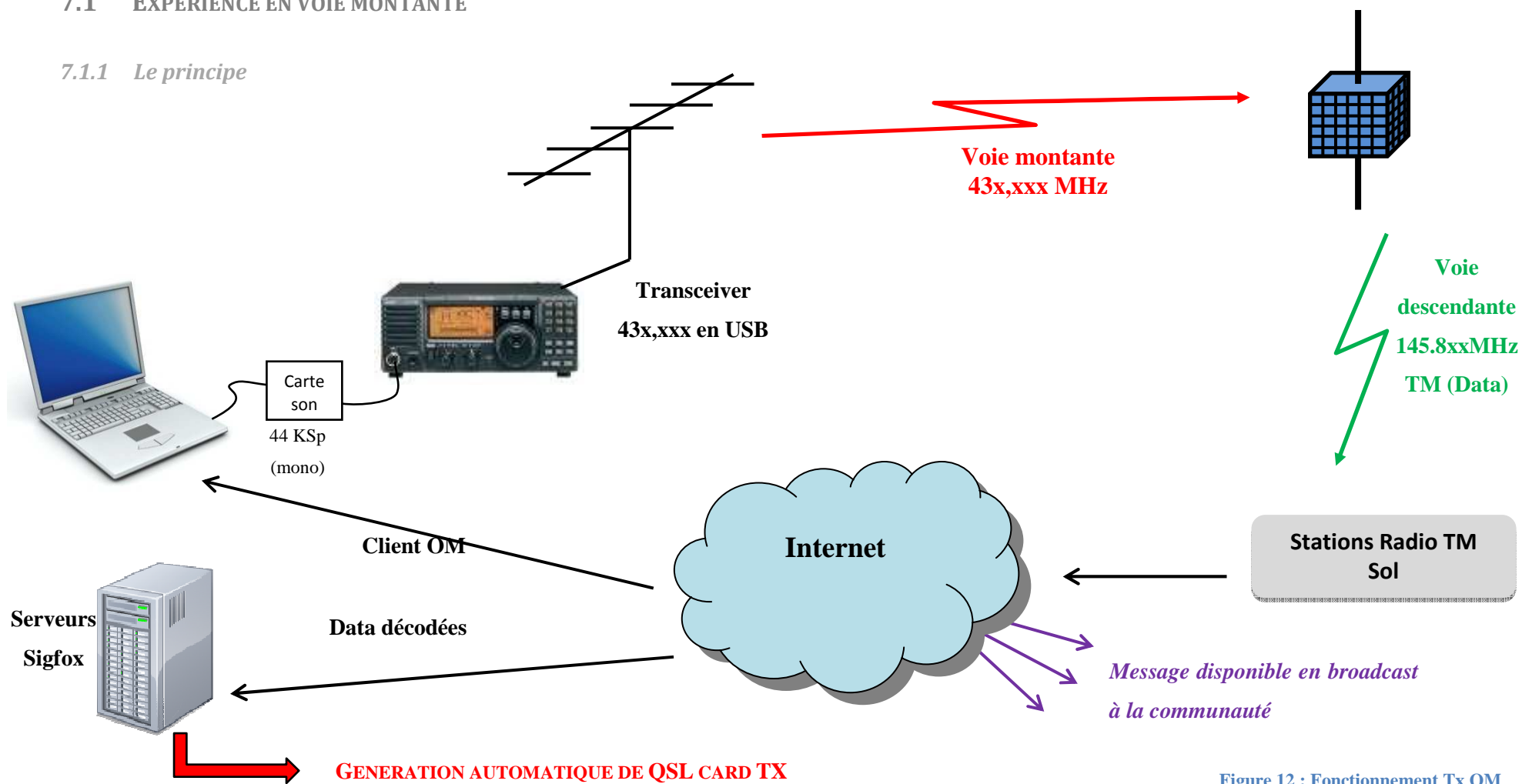


Figure 12 : Fonctionnement Tx OM

### 7.1.2 Logiciel...Principe simplifiée

Le graphique ci-dessous décrit le fonctionnement global du logiciel d'émission fourni.

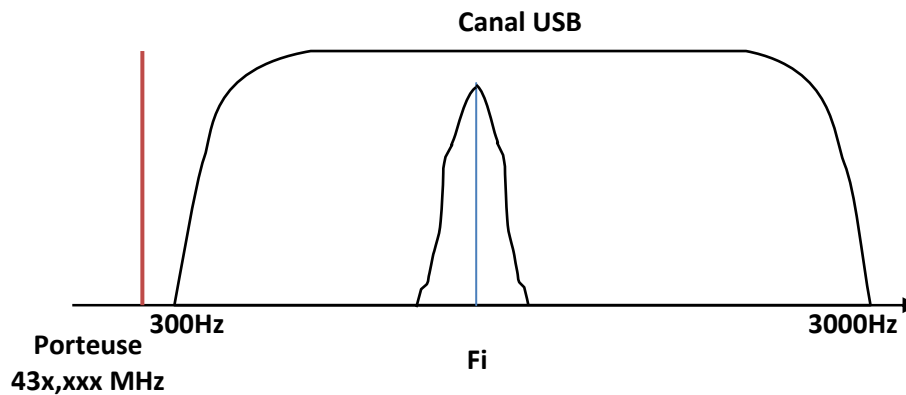


Figure 13 : Fonctionnement global du logiciel d'émission

Une fois le TRX calé sur une fréquence porteuse communiquée à l'avance, une fréquence « Fi » (disons même « Low IF » puisse que générée entre 300 et 3000 Hertz de manière pseudo aléatoire) sera générée par le PC de la station via n'importe quelle carte son, même de performances modestes, et ceci de manière automatique, suite à la création d'un éventuel message ou « datagramme » par l'opérateur. Ces messages seront limités à quelques octets, ils seront automatiquement « signés » par l'indicatif de la station, et permettront, par exemple, d'envoyer un « salut », un petit mot, ou des instructions simples à quelques, ou à l'ensemble des radioamateurs du monde entier, susceptibles de se connecter au site internet (via ADSL, téléphone, ou même réseaux internet amateurs, là où la législation l'autorise).

## 7.2 EXPERIENCE EN « STATION DE CONTROLE »

### 7.2.1 Le principe

Il sera proposé aux radioamateurs le désirant, de disposer d'une sorte de « tracking » simplifié du satellite (lorsque celui-ci survolera leur zone de couverture, bien sûr !), pour ce faire, ils devront s'inscrire auprès du groupement (ou association, le débat reste ouvert) et s'engager à trafiquer sur la TMTC plusieurs fois au cours de la mission. Un logiciel de contrôle leur sera mis à disposition comme dans le cas précédent. Concernant la position du satellite, elle leur sera donnée par le logiciel Gpredict téléchargeable sur le site de NADEGE. Cette expérience demande, d'une part, plus de matériel et d'implication, et d'autre part un engagement vis-à-vis du projet.

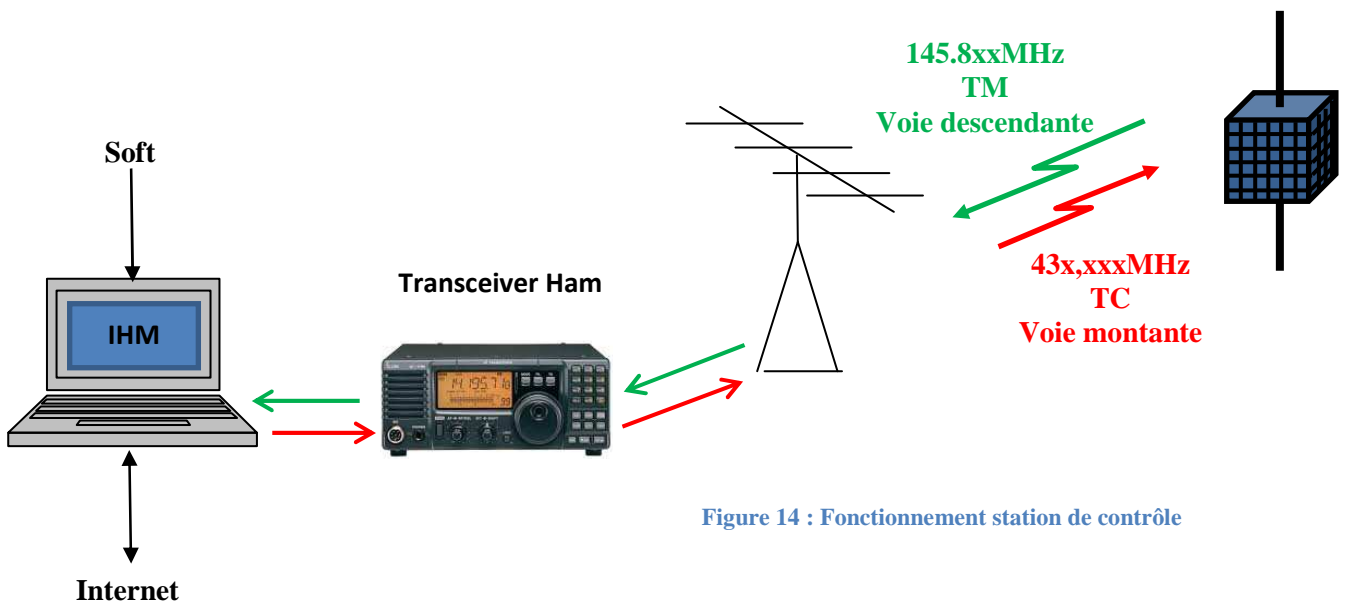


Figure 14 : Fonctionnement station de contrôle



### 7.3 EXPERIENCE EN RECEPTION BALISE (Tx AUTONOME)

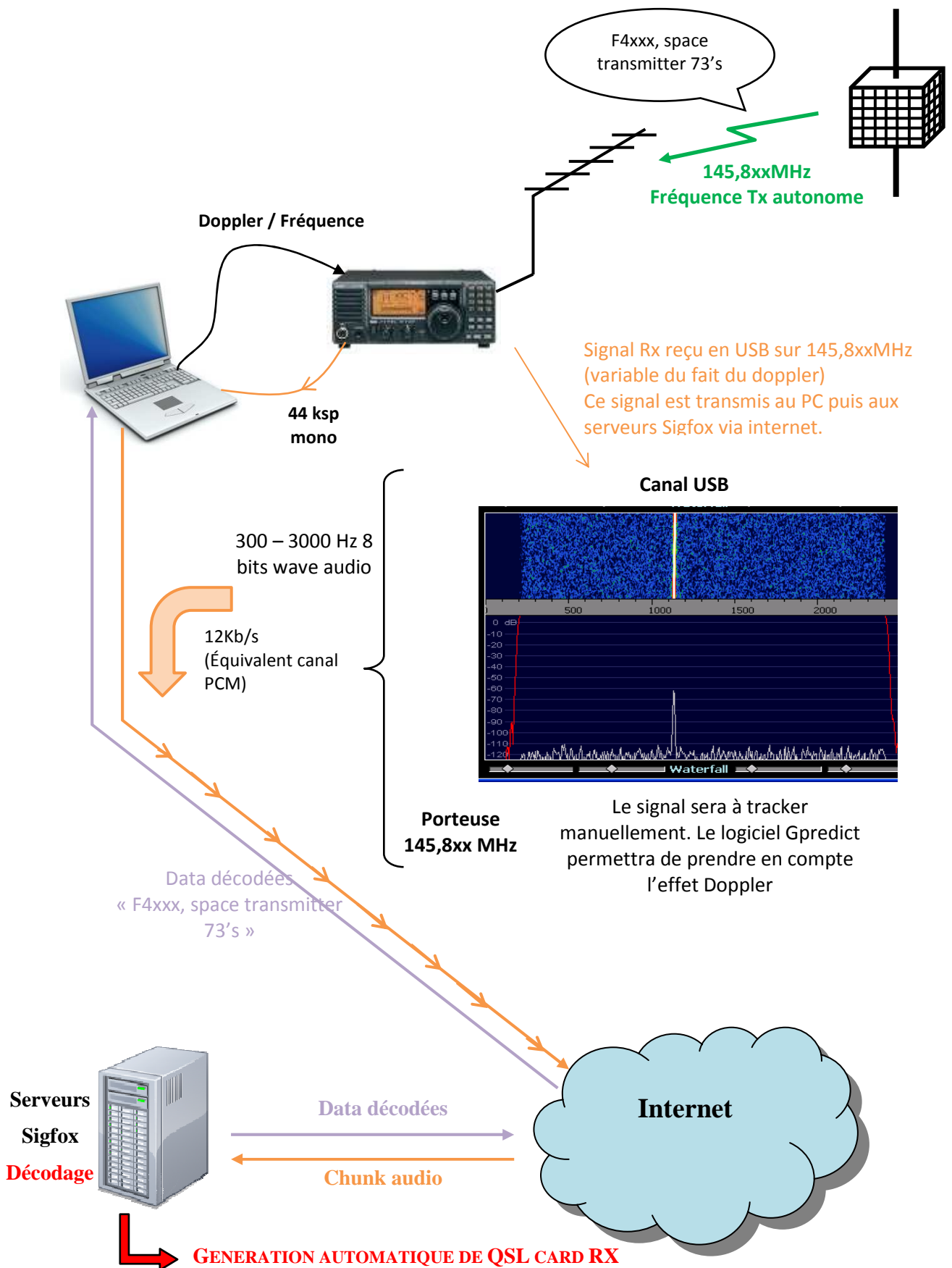


Figure 15 : Fonctionnement Tx Autonome

### 7.3.1 Le principe

Pour cette expérimentation un peu plus complexe, mais non moins intéressante, la station OM se transforme en « station de récolte cognitive ».

Pour cela, le TRX de la station, calé automatiquement et pré-compensé en Doppler par le Logiciel GPredict autour de 145.8xx MHz, fournit les échantillons de spectre 300-3000 Hertz reçu au « backend » via internet (le débit restant très bas, une utilisation en mobile est toujours possible...Attention à vos forfaits mobiles ;o))

La démodulation automatique et multiple, se fera directement sur les serveurs, et les résultats seront disponibles par retour de consultation du site : « Signal TX-01 reçu via FxYZ à 13h22 TU \_ Les carottes sont cuites\_73's de NADEGE » (c'est une proposition de format ;o)

Dans une certaine mesure, il sera possible de participer à cette expérience sans compensation du Doppler par Gpredict.

En effet, comme le savent tous les opérateurs par satellite, quand le véhicule vient de l'horizon, ou va vers l'horizon, l'écart de fréquence statique est fort, mais le différentiel (la vitesse d'évolution du Doppler) est faible. Le réglage peut se fixer à la main.

## 8. MODE TRANSPONDEUR RADIO

---

Le nano satellite intégrera une fonction Loopback qui sera déclenchée au cours de la mission, à certains moments prédéfinis de la journée, ce qui allouera le satellite en transparent à 100% aux Radioamateurs. Elle donnera la fonction de transpondeur au CubeSat et permettra donc aux Radioamateurs de trafiquer en phonie librement selon le mode expliqué ci-après : La transmission montante (435.xxx) sera de type FM et sera retransmise sur la voie descendante (145.8xx) en DSB, la réception sera donc possible en LSB,USB ou même DSB.

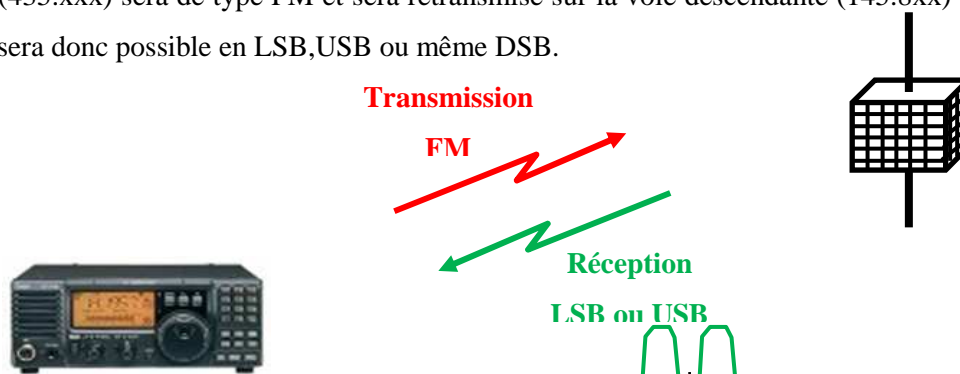


Figure 16 : Formats de communication

Afin de créer un réel engouement dans la communauté, nous proposons l'ouverture d'une association consacrée au projet. En effet l'expérimentation est réalisée à des fins radioamateurs, l'association pourrait être un portail pour le recueil d'informations.

## 9. EN RESUME

---

- Un émetteur BLU voire DSB « maison » vers 435 MHz tout à fait standard, dont la puissance peut être inférieure au Watt
- Une antenne toute bête genre quart d'onde voire « scoubidou »
- Un PC, du Pentium 1 à ce que vous avez
- Une carte son « de base ». Même un dongle USB mono à 2€ convient !
- Le petit logiciel « qui va bien »
- Une éventuelle connexion internet donnant quelques Kb/s (vous pouvez ne pas être connecté et « constater » le résultat plus tard sur internet...), de type modem RTC, ADSL, téléphone portable, iPhone...

Et vous voilà prêt pour participer, où que vous vous trouviez sur notre belle planète !

La participation au contrôle, et/ou le trafic en mode transpondeur, demandent des matériels classiques de stations par satellites (tracking, compensation Doppler, systèmes d'antennes asservies).

## 10. INFORMATIONS GENERALES

---

### 10.1 INFOS UTILES POUR LA CONSTRUCTION D'UN NANO SATELLITE

Quelques informations pour la culture générale, mais certainement bien connues des passionnés de sciences spatiales !

#### 10.1.1 Format

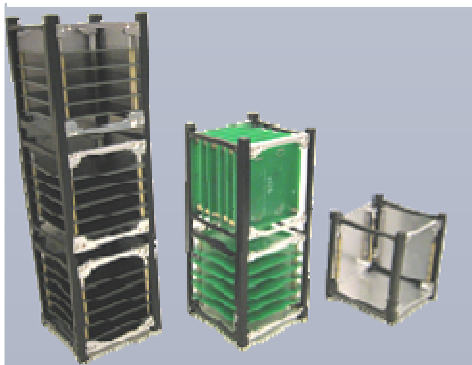


Figure 17 : Formats CubeSat

Un CubeSat est un nano-satellite au format standard de 10cmx10cm (1U) qui ne doit pas dépasser le poids de 1,33kg. Le CubeSat peut être évolutif selon un seul axe en étant incrémenté 1U par 1U. Aujourd'hui des CubeSat de 2U (20x10x10cm) et de 3U (30x10x10cm) ont été réalisés et lancés avec succès.

### 10.1.2 Le dégazage

L'absence d'air en milieu spatial entraîne une forte pression sur les composants qui contiennent des alvéoles ou toutes autres cavités susceptibles de renfermer de l'air. Lorsque les composants sont sous vide, ils vont relâcher les bulles de gaz emprisonnées. Le terme utilisé pour désigner ce phénomène est dégazement.

Le gaz présent cherche à sortir par tous les moyens, pouvant même aller jusqu'à détruire des soudures par pression. Le problème s'est posé dans la réalisation du nano-satellite, lors du passage à vide, les soudures de nos deux boîtiers QFN ont cassé. La solution préconisée pour éviter ce genre de problème est de privilégier les soudures à base de plomb. En effet celle-ci sont plus flexibles et permettent une plus grande résistance aux contraintes exercées.

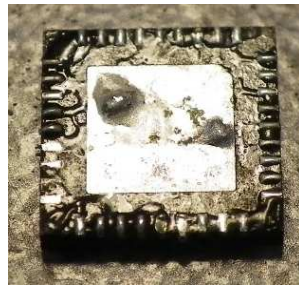


Figure 18 : MAX2021

MAX2021 soudé sans plomb  
dessoudé par le passage au  
vide.

### 10.1.3 Les radiations

Les satellites en orbite sont en permanence exposés à une contrainte radiative susceptible d'endommager les composants électroniques. Ils sont soumis à un flux de particules ionisantes importantes en provenance du soleil ou piégées dans les ceintures de radiation, également appelées Ceintures de Van Allen, susceptibles d'endommager sévèrement l'électronique embarquée. Les composants les plus sévèrement

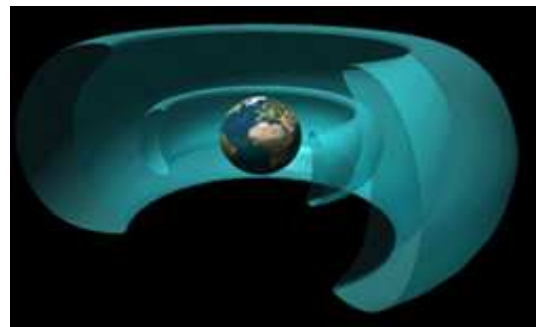


Figure 19 : Ceinture de Van Allen

touchés par ce phénomène sont les processeurs, les radiations détruisant leurs cases mémoire. La solution que nous avons trouvée pour éviter ce problème est de protéger les composants sensibles par une feuille de plomb ou d'aluminium déposées sur leurs surfaces.

#### 10.1.4 Vibrations

Mis à part les contraintes de format, il y a quelques précautions à prendre pour assurer le bon fonctionnement du système. Tout d'abord, il est conseillé de supprimer tous les connecteurs présents sur les cartes et de les remplacer par des connexions filaires. En effet les vibrations subies lors du lancement peuvent être fatales pour les connecteurs. Pour les composants sensibles, il existe une résine spéciale (Solithane) qui peut être coulée dessus, elle aura pour rôle d'absorber les vibrations qui pourraient les détériorer, de plus une soudure au plomb est préférable du fait de sa flexibilité. Les vibrations subies par la fusée au décollage ont une puissance telle, qu'un homme n'y survivrait pas.

#### 10.1.5 Débris spatiaux

Depuis le début de la conquête spatiale en 1957, l'activité de l'homme a amené dans l'espace des objets toujours plus nombreux. On compte aujourd'hui environ 13 000 objets d'une taille supérieure à 10cm qui sont suivis régulièrement par des capteurs, 200 000 objets d'une taille comprise entre 1 et 10cm et 35 000 000 d'objets d'une taille comprise entre 0.1 et 1cm. La pollution créée par l'Homme est maintenant devenue supérieure à l'environnement naturel dû aux météorites. Le niveau de pollution atteint, bien que non dramatique, justifie la mise en place de mesures permettant de préserver l'avenir de l'activité spatiale.

Afin d'éviter une pollution supplémentaire NADEGE sera envoyé en orbite basse (ex. 300km), ce qui permettra une désorbitation naturelle et évitera donc de créer un débris supplémentaire.

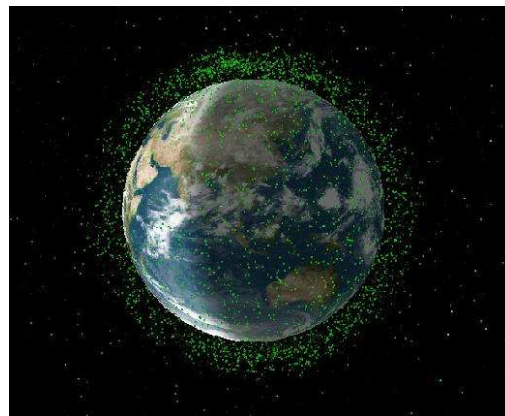


Figure 20 : Débris spatiaux

Source : <http://debris-spatiaux.cnes.fr/>

## 10.2 LANCEUR SPATIAL

Il est prévu de tirer notre CubeSat sur la base de Kourou en Guyane qui héberge actuellement 3 lanceurs Européens : Ariane 5, Soyouz et Vega.

Vega est de la classe des « petits lanceurs » avec une masse au décollage (hors charge utile) de 136 tonnes, et d'une longueur d'environ 30 mètres contre une cinquantaine pour Ariane 5. Il comporte 3 premiers étages à propergol<sup>1</sup> solide, un quatrième à bi-ergols<sup>1</sup> stockables et une coiffe abritant les charges utiles.

Le lanceur Vega avec une charge utile de 2.5t, comprend une quantité maximale d'environ 122 tonnes de matières dangereuses dont 120 tonnes de propergol solide de type Butalane. Ces caractéristiques sont à comparer avec celles du lanceur Ariane 5G, à savoir une masse totale de 694 tonnes de matières dangereuses dont 475 tonnes de propergol solide de type Butalane.

*Nota<sup>1</sup> : Le propergol est un produit de propulsion constitué d'un mélange de comburant et de combustible, les ergols. Il est qualifié de biergol lorsqu'il est constitué de deux ergols stockés séparément.*

Source : <http://www.cnes-csg.fr/web/CNES-CSG-fr/3881-vega.php>



Figure 21 : Vega / Ariane 5

## 11. ET LA SUITE ? ... VERS UN STANDARD M2M OU SMS AMATEUR ?

---

Si il est bien une communauté qui a œuvré dans le domaine de la très grande distance, c'est bien celle des radioamateurs.

De nombreux procédés de transmission (en partant de la bonne vieille CW !) ont été développés dans ce but.

Mais aucun système entièrement automatique, gérant les imperfections de propagation et de dérives fréquentielles (particulièrement aux UHF et Hyper) n'existe aujourd'hui.

Si l'expérience est un succès et que l'engouement est bien là, une déclinaison amateur des principes en gestation dans l'industrie du M2M et de la télémétrie « faible trace » est possible (moyennant la résolution des éternels soucis de propriété intellectuelle bien sûr... Mais quand on veut, on trouve toujours une solution !)

### Imaginez :

- Un RDV « sans peine » à 10 ou 24 GHz (vous nous direz... Ca supprime le piment ! Bon oui, certes !)
- Du packet genre SMS avec une petite boîte « pas chère » qui ne sort que 100 mW, au fond d'une vallée du Cantal
- De L'APRS en pédestre où l'on est vu partout avec les mêmes 100 mW
- A vous d'imaginer le futur ...