



QB50
Kit communication Télémétries

Version 4
10 Mai 2017

1	Le projet QB50	5
1.1	Pour quoi la thermosphère?	5
2	Présentation des satellites.....	6
2.1	Modes de fonctionnement et fréquences.....	6
3	Capture & analyse des télémetries.....	7
4	Définitions des trames de télémetries.....	7
4.1	Trame WODEX.	7
4.1.1	Explication des données.....	8
4.2	Trames capteurs ADCS :.....	11
4.2.1	Gyromètre :	12
4.2.2	Magnétomètre :	12
4.2.3	Capteurs solaires :	12
4.3	Trames FIPEX :.....	13

Liste des figures

Figure 1 : Découpe de l'atmosphère..... 5

Liste des tableaux

Tableau 1 : Historique du document 4

Tableau 2 : Trame Wodex 10

Tableau 2 : Matrice Modes / Threads 11

Tableau 4 : Axe satellite 13

Tableau 5 : Commande des bobines 13

Historique du document

Version	Date	Auteur	Commentaires
1	22 Décembre 2016	G. Auvray	Création du document
2	17 avril 2017	G.Auvray	Mise à jour bits de statuts trame WODEX
3	8 mai 2017	GA + CM	Légères corrections
4	10 mai 2017	GA	Addition JANUS

Tableau 1 : Historique du document

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://www.amsat-francophone.org>. Consultez ce site pour avoir la dernière version de ce document.

1 Le projet QB50

Le projet QB50 a été initié par le VKI (Von Karman Institute for Fluid Dynamics). Le VKI, à Rhode-Saint-Genèse (près de Bruxelles), est le centre européen spécialisé dans la simulation et la modélisation des concepts supersoniques et hypersoniques, ainsi que des rentrées dans l'atmosphère.

QB50 est un réseau de 50 double CubeSat (10x10x20cm) pour faire des mesures en multiples points dans la basse thermosphère (90-320 km) et pour la recherche lors de la rentrée atmosphérique.

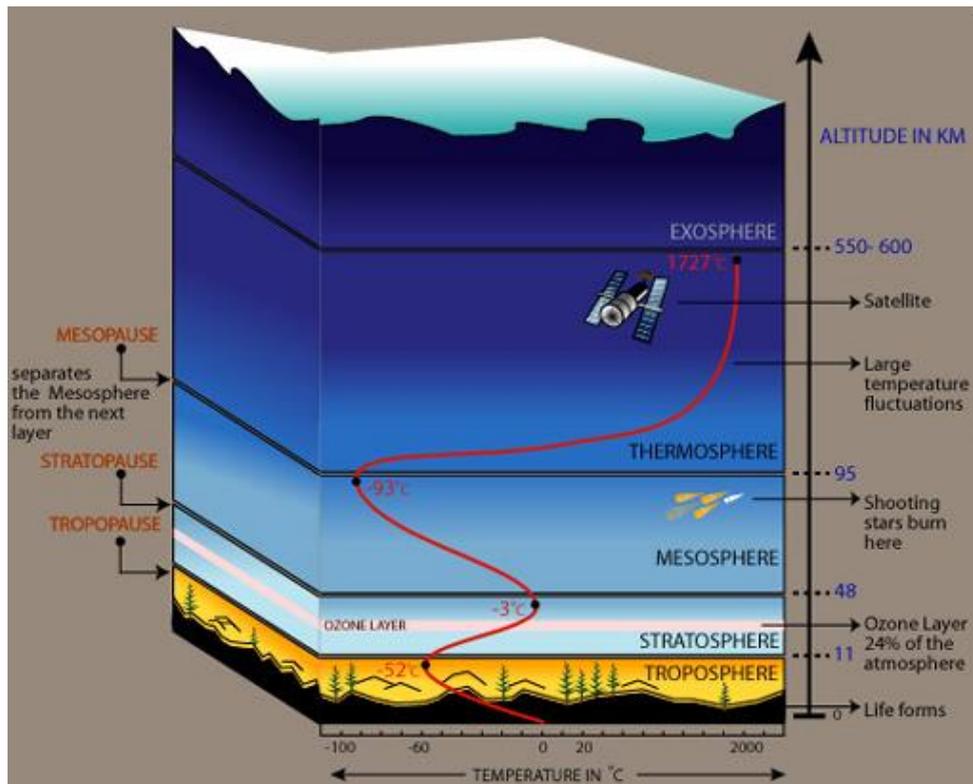


Figure 1 : Découpe de l'atmosphère

1.1 Pourquoi la thermosphère?

La thermosphère est la couche de l'atmosphère la moins étudiée. Les ballons scientifiques ne montent pas plus haut qu'environ 42km, les mesures faites avec des Lidars et radars ne vont que jusqu'à 105 km et les mesures faites par des satellites d'observation de la terre qui sont entre 600 et 800 Km ne mesurent principalement que les constituants dans la troposphère, stratosphère et mésosphère. Dans la basse thermosphère le résidu d'atmosphère est trop raréfié. Il y a aussi les fusées sondes mais ne montent en général que vers 100 km et les fusées sondes ne font qu'une mesure très courte.

Si on voulait faire ce genre de mesure avec des satellites commerciaux, le coût serait trop grand et non justifiable vu la durée de vie de quelques mois seulement (de l'ordre de 6 à 9 mois). Les satellites seront donc faits par des universités dans un cadre éducatif.

Pour plus de détails, je vous invite à visiter le site du projet : www.QB50.eu. Attention, il n'est pas forcément à jour des dernières nouvelles.

La principale mesure sera la quantité d'Oxygène qui est à l'état mono atomique dans cette région.

Ces mesures devraient permettre d'améliorer les modèles d'atmosphère qui servent en particulier pour les prévisions météo et pour les simulations de rentrée d'objets spatiaux dans l'atmosphère.

Trois types d'instruments de mesures seront utilisés sur les 50 satellites :

- Sonde INMS (Ion/Neutral Mass Spectrometer)
- FIPEX (Flux Ø Probe Experiment)
- mNLP (multi Needle Langmuir Probe)

Ces instruments ont été développés par des universités Européennes et seront fournis gratuitement aux universités qui feront un des satellites QB50.

2 Présentation des satellites

Deux satellites totalement identiques vont être mis en orbite :

Un satellite réalisé par l'école Polytechnique. Il aura comme indicatif ON01FR (Oscar November Zéro One Foxtrot Roméo). <https://xcubesat.wordpress.com/>

Un satellite réalisé par l'école Des Mines Paritech . Il aura comme indicatif ON05FR (Oscar November Zéro Five Foxtrot Roméo). <http://www.mines-paritech.fr/Actualites/SpaceCube-a-decolle/2883>

Ces 2 satellites sont équipés de sondes **FIPEX**.

Ces 2 satellites ont obtenu le support du CNES dans le cadre du projet JANUS. <https://janus.cnes.fr/>

2.1 Modes de fonctionnement et fréquences

Les satellites ont 4 modes de fonctionnements :

- CW
- Télémétries
- Relais FM
- Mode Expérience (FIPEX +contrôle d'attitude)

Le mode CW ne sera utilisé qu'exceptionnellement.

Les télémétries peuvent être envoyées en AFSK 1200 bps ou 9600 GMSK codage G3RUH. Le mode courant sera l'AFSK 1200. Le 9600 sera utilisé pour vider la mémoire des données et sera utilisé lorsque le satellite passera en vue des stations sols situés en région parisienne.

Régulièrement le satellite sera mis en mode relais FM pour un temps limité.

Les 2 satellites auront respectivement l'indicatif ON01FR et ON05FR

Mode télémétrie : fréquence de descente :

- ON01FR : 437.020 MHz

- ON05FR : 436.880 MHz

Mode relais FM :

- ON01FR : descente : 437.020 MHz, montée 145.860 MHz, CTCSS 210.7Hz
- ON05FR : descente : 436.880 MHz, montée 145.860 MHz, CTCSS 210.7 Hz

La fréquence de montée étant la même pour les 2 satellites, le mode relais FM ne sera pas activé en même temps. En mode relais il pourra y avoir des coupures régulières pour la descente de quelques télémetries.

3 Capture & analyse des télémetries

- Les télémetries reçues pourront etre envoyés à l'adresse suivante :
telemesure.qb50@amsat-f.org
- Un soft de décodage des télémetries sera disponible sur le site de l'AMSAT-Francophone :
<http://site.amsat-f.org/>

4 Définitions des trames de télémetries

- **Trames WODEX** : Whole Orbit Data Extended. Ces trames correspondent aux valeurs des capteurs internes du satellite, courant, tension, température etc.
- **Trames capteurs ADCS** : valeurs brutes des capteurs pour le contrôle d'attitude.
- **Trames des valeurs des capteurs de la sonde de mesure FIPEX.**

Les trames WODEX sont émises de façon régulière toutes les 15, 30 ou 45 secondes selon le paramétrage envoyé par télécommande. Ces trames sont misent en mémoire pendant l'orbite. Lors du passage au-dessus de la station sol, la mémoire est déchargée. Les trames misent en mémoires ne sont que les trames lues à la minute de l'heure interne.

Une trame est donc transmise plusieurs fois, lors de la lecture des télémetries, mais on ne peut pas la récupérer si le satellite n'est pas en vue d'une station sol et lors du vidage de la mémoire du satellite.

4.1 Trame WODEX.

Trames WODEX :

Exemples :

Trames de 92 caractères :

```
ON01FR>TLM!20160513@152342;0200000b00ffd3d300bacc0bff0000ff000000b967c60100  
0000ffffffffffff
```

Elles peuvent avoir une autre forme en fonction du type de TNC

Avec le TNC KamTronic elles sont de la forme :

Trames de 100 caractères

ON01FR>TLM/1 :
 <UI>:!20160513@152518;0200000c00ffd3d300bacc0bfff0000ff000000b967ab00000000f
 ffffffffffff

Il y a un espace entre le /1 et le :

La découpe de la trame entre le : et <UI est du à Word.

4.1.1 Explication des données

Les données en début de trame (après le !) sont des données en caractères affichables. Après le séparateur point-virgule, les données sont codées en hexa de 00 à FF. Deux caractères = un octet de 0 à 255.

Les 29 dernières valeurs sont les valeurs lues sur des convertisseurs Analogiques/Digital 8 bits avec une référence à 2048mV.

La valeur max (0xFF) correspond à la valeur décimale 255 et à une valeur de tension lue de 2048 mV. Un pas de l'ADC est donc de 8 mV.

CS1/ch 3 = Chip select 1, chanel 3. C'est le canal 3 du boitier 1 des 4 ADC.

ON01FR>TLM :	En tête de décodage du TNC. La forme peut être différente selon le TNC. On peut avoir un CrLf après le : Ce qu'il faut retenir c'est l'indicatif de départ : ON01FR pour le satellite de l'X et ON05FR pour le satellite des Mines. Pour tout autre indicatif, ces données ne nous concernent pas.	TLM : signifie que ce sont des télémétries internes.	
!		Indique que ce sont des télémétries internes au satellite et que c'est le début de la trame de TLM	
20	Nombre de resets ou Latchup	Valeur en hexa de 00 à FF	
160513		Date en clair Année : 16 (de 2016)	

		Mois : 05 Jour : 13	
@		Séparateur	
152342		Heure de l'horloge interne (RTC) du satellite au moment de la lecture des TLM Heure : 15 Minute : 23 Seconde : 42	
;		Séparateur	
020000		3 octets d'état du satellite	Voir tableau ci-dessous
0b	CS1/ch0	V_GS4	$V4(V) = V(V) * 4.4045$
00	CS1/ch1	I_GS4	$I4(mA) = V(mV) * 0.2667$
Ff	CS1/ch2	Temp_GS4	$TGS4(^{\circ}C) = V(mV) * 0.2 - 273$
d3	CS1/ch3	V_GS1	$V1(V) = V(V) * 4.4045$
d3	CS1/ch4	Temp_GS1	$TGS1(^{\circ}C) = V(mV) * 0.2 - 273$
00	CS1/ch5	I_GS1	$I1(mA) = V(mV) * 0.2667$
Ba	CS1/ch6	Temp_Bat	$TBat(^{\circ}C) = V(mV) * 0.2 - 273$
Cc	CS1/ch7	V_Bat	$VBat(V) = V(V) * 4.4045$
0b	CS2/ch0	V_GS2	$V2(V) = V(V) * 4.4045$
Ff	CS2/ch1	T_GS2	$TGS2(^{\circ}C) = V(mV) * 0.2 - 273$
00	CS2/ch2	I_GS2	$I2(mA) = V(mV) * 0.2667$
00	CS2/ch3	V_GS3	$V3(V) = V(V) * 4.4045$
Ff	CS2/ch4	T_GS3	$TGS3(^{\circ}C) = V(mV) * 0.2 - 273$
00	CS2/ch5	I_GS3	$I3(mA) = V(mV) * 0.2667$
00	CS2/ch6	I_shunt	Valeur non significative
00	CS3/ch0	I_ADCS	$I(mA) = V(mV) * 0.17$
b9	CS3/ch1	T_ODB	$TODB(^{\circ}C) = V(mV) * 0.2 - 273$
67	CS3/ch2	I_RX	$IRX(mA) = V(mV) * 0.0533$
C6	CS3/ch3	RSSI	$VRSSI(mV) = V(mV)$
01	CS3/ch4	I_TX	$ITX(mA) = V(mV) * 0.8$
00	CS3/ch5	P_TX	À déterminer
00	CS3/ch6	P_PA	À déterminer
00	CS3/ch7	T_PA	$TPA(^{\circ}C) = V(mV) * 0.2 - 273$
Ff	CS4/ch1	I_1200	$I1200(mA) = V(mV) * 0.0287$
Ff	CS4/ch3	I_3.3V_FIPEX	$I(mA) = V(mV) * 0.0266$
Ff	CS4/ch4	V_3.3V_FIPEX	$V3FIPEX(V) = V(V) * 2$
Ff	CS4/ch5	I_5V_FIPEX	$I(mA) = V(mV) * 0.2424$

Ff	CS4/ch6	V_5V_FIPEX	V5FIPEX(V) = V(V)*4.4045
Ff	CS4/ch7	SU_TH_G0	T(K)=V(mV)/3

Tableau 2 : Trame Wodex

GS : Générateur solaire

ADCS : carte contrôle d'attitude

ODB : Ordinateur de bord

Conversion des octets d'états :

Le premier des 3 octets d'état correspond au mode dans lequel se trouve le satellite au moment du stockage de la télémétrie (au moment du stockage dans la mémoire flash, pas forcément au moment de la transmission):

Nous avons 10 modes en tout. À chaque mode est associée une liste de threads actifs dans ce mode.

Octet #1

Voilà la matrice actuelle modes/threads :

Mode	Valeur octet (hexa)	Thread actifs
INIT	00	InitThread
CW	01	WodexThread CWThread
WODEX	02	WodexTread
Mesure d'attitude	03	WODEXThread ADCSThread
Contrôle d'attitude	04	WODEXThread ADCSThread
FIPEX	05	WODEXThread FIPEXThread
Descente de télémétries	06	WODEXThread ThelemThread

Relais FM	07	WODEXThread CTCSSThread
Économie d'énergie	0e	WODEXThread
Standby	0f	

Tableau 3 : Matrice Modes / Threads

Les modes 8 à 13 (en décimal) ne sont pas utilisés

Octet #2:

bits: 76543210

xxxx| | | |

|||+- P1 (01 décimal)

||+-- P2 (02 décimal)

|+--- P3 (04 décimal)

+---- P4 (08 décimal)

("x": bit non utilisé)

Octet #3:

Non utilisé, toujours à 0

4.2 Trames capteurs ADCS :

Les trames de capteurs ADCS donnent les valeurs brutes du gyromètre, magnétomètre et capteurs solaires. La trame est construite selon le format suivant :

ON05FR>TLM/1: <UI>:%01000101@002116;000000ccb2591e1d4f275d63

% : indique une trame capteurs ADCS

Mode Année mois jour

@

Heure minutes secondes

;

00 : composante X du gyromètre

00 : composante Y du gyromètre

00 : composante Z du gyromètre

cc : composante X du magnétomètre

b2 : composante Y du magnétomètre

59: composante Z du magnétomètre

1e : composante +X du capteur solaire (hexa à transformer en décimal entre 0 et 255)

1d: composante -X du capteur solaire (hexa à transformer en décimal entre 0 et 255)

11

4f: composante +Y du capteur solaire (hexa à transformer en décimal entre 0 et 255)

27: composante -Y du capteur solaire (hexa à transformer en décimal entre 0 et 255)

5d: composante +Z du capteur solaire (hexa à transformer en décimal entre 0 et 255)

63: composante -Z du capteur solaire (hexa à transformer en décimal entre 0 et 255)

4.2.1 Gyromètre :

2 octets signés par axes, 1 bit de signe et 7 bits de mantisse

Représente la vitesse angulaire sur les 3 axes du capteur. Voir table de conversion pour se ramener au repère du satellite.

1 bit = 0.14 degré/seconde

On peut donc mesurer des vitesses angulaires allant de $-128 * 0.14$ degré/seconde = -17.92 DPS à $+127 * 0.14$ DPS = 17.78 DPS.

4.2.2 Magnétomètre :

Les 6 octets sont signés et représente le champ magnétique sur chacun des 3 axes du capteur avec 1 bit = 0.0029 Gauss (0.29 micro Tesla).

Voir table de conversion pour se ramener au repère du satellite.

On peut donc mesurer des valeurs allant de $-128 * 0.29 \mu T = -37.12 \mu T$ à $+127 * 0.29 \mu T = 36.83 \mu T$.

4.2.3 Capteurs solaires :

La tension lue est fonction du cosinus de l'angle avec le soleil. Le capteur contient un ampli log. Il faudra faire la fonction inverse.

La difficulté suivante vient du fait que l'on ne connaît pas la valeur max de la tension lue quand l'angle est égal à 0 (soleil perpendiculaire au capteur). Il faudra essayer de rechercher cette valeur max dans une série de mesure pour extraire cette valeur de référence d'angle égal à 0°.

Le capteur est un SFH 7511 que l'on trouve chez Farnell sous la référence 157 3496.

La tension lue est sur 8 bits avec 3.3V de tension de référence.

Donc 1 pas = $3.3 / 256 = 12.89$ mV

Table de conversion des différents axes dans le satellite :

Simulations Valentin	Satellite	Gyromètre L3GD20H	Accéléromètre + Magnétomètre LS30D	Bobines	Commandes bobines
Z	X	-X	-Y	U1	F2/R2

Y	Y	Y	-X	U2	F3/R3
-X	Z	-Z	-Z	U3	F1/R1

Tableau 4 : Axe satellite

Table pour la commande des bobines :

F	R	Out1 Bx.A	Out 2 BX.B	Sens du champ magnétique
Low	L	High Z	High Z	Standby
High	PWM/	PWM	L	Nord dans l'axe
L	PWM/	PWM	H	Sud dans l'axe

Tableau 5 : Commande des bobines

4.3 Trames FIPEX :

Les données sont des données au format binaire mais transmises en hexa.

Une trame FIPEX commence par le caractère #

Pour le format, comme les trames Fipex peuvent être assez longues (252 octets max d'après l'ICD, donc 504 caractères avec l'encodage hexa), il a été décidé de les découper en segments de 128 caractères max, et d'ajouter un compteur pour savoir où on en est.

Donc une trame "longue" ressemble à:

```

+----- '#' = indicateur FIPEX
|+----- compteur de reset
|| +----- date (AAMMJJ)
|| |      +----- heure
|| |      |      +----- numéro de segment
|| |      |      |+---- nombre de segments dans la trame
|| |      |      || +-- données FIPEX
|| |      |      || |

```

ON01FR>TLM:#01160823@120715;14;7e30c701000000000800000016 ... (segment 1/4)

ON01FR>TLM:#01160823@120715;24;00000000b0bb1520ba00000000 ... (segment 2/4)

ON01FR>TLM:#01160823@120715;34;b0bb1520ba0000000000b0bb15 ... (segment 3/4)

ON01FR>TLM:#01160823@120715;44;ba8000000000b0bb1520ba ... (segment 4/4)

Pour rester cohérent et faciliter le décodage, on a le même format pour les trames "courtes" (sauf qu'il n'y a qu'un seul segment: 1/1):

ON01FR>TLM:#01160823@100340;11;7e03010202

Pour valider la cohérence au moment du décodage:

. On ne devrait jamais avoir plus de 4 segments pour une trame,

. Si on saute un segment (ex.: on passe de "14" à "34"), on jette la trame en cours et on attend la suivante,

. L'heure indiquée est exactement la même pour tous les segments d'une même trame (ça devrait être un critère suffisant, a priori la sonde FIPEX n'envoie pas plus d'une trame par seconde).

Une trame FIPEX commence toujours par le caractère 7 E.

Une trame ADCS contenant les données pour calculer l'attitude du satellite est transmise avant une trame FIPEX.

Normalement la trame ADCS et la trame FIPEX doivent avoir la même heure. Il peut arriver dans quelques cas que la lecture de l'heure entre la sonde FIPEX et la carte ADCS puisse se faire juste au basculement de la seconde, dans ce cas, il peut y avoir un décalage d'une seconde entre la trame ADCS et la trame FIPEX.