

 	<p>Réf. : IGOSAT-Spec_05012015 Edition : 1 Date : 05-01-2015 Révision : 0 Date :</p>
 	 <p>Ionospheric and gamma-ray Observations Satellite</p>

PROJET DE DIMENSIONNEMENT SYSTEME

	Date	Signature
Préparé par : Hana BENHIZIA et Sebastien DURAND Master 2 OSAE	05/ 01/ 2015	
Approuvé par :		
Pour application :		



Ionospheric and
gamma-ray
Observations
Satellite

Réf. : IGOSAT- IGOSAT-Spec_05012015

Edition : 1 Date : 05-01-2015

Révision : 0 Date :

Page : 2

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Ed.	Rev.	Date	Modifications	Visa
1	0	05/01/2015	Création du document	


Diffusion

Liste de diffusion	Restreint	Non restreint
Equipe IGOSAT		Non restreint



TABLES DES MATIERES

1. INTRODUCTION	4
2. RESUME	4
3. ORGANISATION	4
4. AVANCEMENT	4
4.1. LISTE DES COMPOSANTS ELECTRONIQUES/NUMERIQUES D'IGOSAT	4
4.1.1. Alimentation	4
4.1.2. Communication	10
4.1.3. Contrôle d'attitude	13
4.1.4. Charge utile	14
4.1.5. Commandes et traitement de données	15
4.2. TABLEAU RECAPITULATIF	17
4.2.1. Nombre de fils	18
5. CONCLUSION	19
6. ANNEXES	20
6.1. REFERENCES CARTE COMMUNICATION	20

 <p>Ionospheric and gamma-ray Observations Satellite</p>	<p>Réf. : IGOSAT- IGOSAT-Spec_05012015</p> <p>Edition : 1 Date : 05-01-2015</p> <p>Révision : 0 Date :</p> <p style="text-align: right;">Page : 4</p>
---	---

1. INTRODUCTION

Dans le cadre du projet de dimensionnement système du master OSAE, nous avons choisi de travailler sur le projet nanosatellite étudiant Igosat.

Igosat, acronyme de « *Ionospheric and Gamma Ray Observations Satellite* », a un objectif double : pédagogique et scientifique.

Le but scientifique de ce projet est de mesurer le contenu électronique total (TEC) de l'ionosphère grâce à un GPS bi-fréquence ainsi que de compléter et affiner les mesures existantes sur les populations d'électrons et de photons gammas au niveau des cornées polaires et de l'anomalie de l'atlantique sud (SAA).

Actuellement en fin de phase A, notre contribution dans ce projet est de rédiger les spécifications d'interfaces numériques et électriques, une partie qui n'a pas encore été abordée jusqu'à présent.

2. RESUME

Dans ce rapport à mi projet, nous listerons dans un premier temps le nom de tous les composants électriques (PCB) contenues dans IGOSAT. Nous détaillerons ensuite les entrées et sorties de chaque composant et enfin nous résumerons ces informations dans un tableau récapitulatif.

3. ORGANISATION

Lors du premier mois nous avons réalisé une étude bibliographique afin de comprendre la mission d'IGOSAT et le travail qui a été effectué sur les différentes interfaces.

Puis nous avons étudié les différents sous systèmes d'IGOSAT que nous avons rassemblé afin de pouvoir identifier précisément toutes leurs interfaces. Nous avons définis les entrées sorties de chacun de ses composants.

Enfin, nous avons réalisé un document synthétique regroupant différentes informations liés aux spécifications d'interfaces.

4. AVANCEMENT

4.1. LISTE DES COMPOSANTS ELECTRONIQUES/NUMERIQUES D'IGOSAT

4.1.1. ALIMENTATION

Le Pole alimentation d'IGOSAT est constitué de 4 composants:

- Les panneaux solaires
- Les Batteries
- La carte d'alimentation (EPS)
- La carte de distribution (PDM)

Nous allons détailler chacun des composants du pôle alimentation.

4.1.1.1. BATTERIE

Comparaison batterie IGOSAT :

Contraintes :

- Durée de vie : 1 an (80% de sa capacité)
- Capacité/Poids (Wh/g)
- Taille (longueur <10cm)
- Environnement thermique -18 à 19°C (rapport stage Pedro lopes)
- Compatibilité avec les cellules solaires
- Compatibilité régulateur (charge/décharge)
- Consommation (26.7W (60% de marge rapport moufida))

Deux candidats:

- High capacity LFP26650EV Energy Cell – K2 Energy
- NanoPower Battery 18650 – GomSpace

Specification:

- K2 Energy

Paramètre	Min	Max	Typique	Unité
Voltage	2.5	3.3	3.2	Volt (V)
Courants de charge	~	3.2	1.6	Ampère (A)
Courants de décharge	~	12	3.2	Ampère (A)
Températures de fonctionnements	-20	60	~	Degré Celsius (°C)
Mass	80	84	82	Gramme (g)
Cycle de vie pour 80%	2000	3000	2500	Cycle charge/décharge

(Capacité total de 10.24 Wh (3.2v et 3.2Ah)).



- GomSpace

Paramètre	Min	Max	Typique	Unité
Voltage	3.0	4.2	3.7	Volt (V)
Courants de charge	~	2.5	1.0	Ampère (A)
Courants de décharge	~	3.75	1.2	Ampère (A)
Températures de fonctionnements	-20	60	~	Degré Celsius (°C)
Mass	42	50	46	Gramme (g)
Cycle de vie pour 80%	350	1700	800	Cycle charge/décharge

(Capacité total de 9.62 Wh (3.7v et 2.6Ah)).

- La période orbitale maximum de l'IGOSAT est de 1h24min (~5000s) (**voir STB**).
- La période d'éclairement du satellite est d'environ 3000s et la période de nuit d'environ 2000s.
- Pour que la batterie puisse respecter les contraintes il faut qu'elle puisse charger assez d'énergie en 3000s pour alimenter le système pendant les 2000s de nuit. Avec une marge de 30%
- La durée de vie de la batterie doit être d'un an, c'est-à-dire qu'elle doit supporter 6400 cycles charge/décharge en un an.
- On peut voir que toutes les batteries sont compatibles avec les contraintes thermiques simulées sans nécessiter de header.

4.1.1.2. PANNEAUX SOLAIRES

IGOSAT possède 13 plaques de 2 panneaux solaires. Chaque plaque de panneaux solaires possède les entrées suivantes :

- Deux pôles positifs (optionnels)
- Deux pôles négatifs (optionnels)

Ces entrées sont destinées à brancher un autre panneau en série. Chaque plaque de panneaux solaires possède les sorties suivantes :

- Deux pôles positifs



- Deux pôles négatifs
- Cathode + anode + contrôle des capteurs thermiques
- Alimentation et contrôle du gyroscope un axe (optionnel)
- Alimentation et contrôle du magnetocoupleur un axe (optionnel)

Les sorties optionnelles des panneaux solaires sont contraintes par le type de panneaux solaires retenue.

Les entrées et sorties cités ci-dessus ont été réalisé grâce au document technique des modèles **P110(U)A/B/C** de le marque *GOMSpace*.

Contraintes :

- 4 faces 3U non concourantes et 1 face 1U disponible
- Doit correspondre à la consommation
- Doit correspondre à la batterie
- Compatibilité avec le transformateur/régulateur


Un candidat :

P110 de GomSpace avec deux cellules 3G30A d'Azure Space.

Tous les calculs sont effectués pour un éclairement à 1367W/m²

Paramètres	min	max	Typique	unité
Surface	~	~	30.18	cm ²
Efficacité (booléen)	29.8	30.2	30	%
Maximum Power	2270	2400		mW
Voltage optimal	4.64	4.84		V
Courant au voltage optimal	490	508		mA

A l'aide d'un calcul simplifié on peut estimer qu'au maximum on peut éclairer 7 panneaux de l'IGOSAT et au minimum 3 panneaux dans la configuration actuelle (Janvier 2015). On pourra donc compter sur une puissance maximale de 16.8W et 7.2W au minimum.

 <p>Ionospheric and gamma-ray Observations Satellite</p>	<p>Réf. : IGOSAT- IGOSAT-Spec_05012015</p> <p>Edition : 1 Date : 05-01-2015</p> <p>Révision : 0 Date :</p> <p style="text-align: right;">Page : 8</p>
---	---

On peut voir que ceci est bien loin des 26W de consommation annoncé. Il sera donc nécessaire d'abaisser la consommation ou d'augmenter la surface solaire afin d'avoir assez de puissance pour alimenter l'IGOSAT et recharger les batteries de jour.

La tension délivrée par les panneaux solaires est supérieur à la tension de charge des batteries donc il sera nécessaire d'avoir à bord un régulateur de tension et de courant afin de coïncider avec les tensions et courant de charge des batteries.

C'est un **BMS (Battery Management System)** qui a pour charge cette régulation ainsi que les l'équilibrage des différentes cellules à bord.

4.1.1.3. CARTE D'ALIMENTATION (EPS)

La carte d'alimentation a pour fonction d'accueillir toute les sources d'alimentation et les redistribuer à l'ensemble du satellite.

- **Entrées / Sorties de l'alimentation**

Les sources d'alimentation à bord d'IGOSAT sont les 13 plaques de panneaux solaires ainsi qu'une batterie à 2 ou 4 cellules (voir 6). Toutes ces sources sont branchées sur la carte. Elle possède au moins 2 entrées pour les batteries et 6 pour les panneaux solaires.

Elle possède aussi au moins une sorties à 3.3V, une sorties à 5V et une sortie voltage batterie, chacune contrôlée par un switch On/Off, ainsi qu'une sortie spécifique à l'ordinateur de bord.

- **Entrées / Sorties de contrôle et mesure**

La carte possède aussi une sortie pour chacun des capteurs de température de la carte, une entrée pour le chauffage de chaque carte batterie et une entrée de contrôle thermique.

Elle possède aussi une sortie de mesure pour chaque intensité et courant de chaque sortie et entrée d'alimentation.

Enfin elle possède des entrées de contrôle pour chacun des switch grâce à une interface I2C.

4.1.1.4. CARTE DE DISTRIBUTION (PDM)

Cette carte a pour but de distribuer les courants aux différents sous-systèmes du cubesat. Elle est contrôlée pour une interface I2C et possède en général beaucoup plus de switch que la carte d'alimentation.

Elle devient optionnelle si le nombre de switch de la carte d'alimentation suffit ou si les switch d'alimentation de chaque sous-système suffisent.

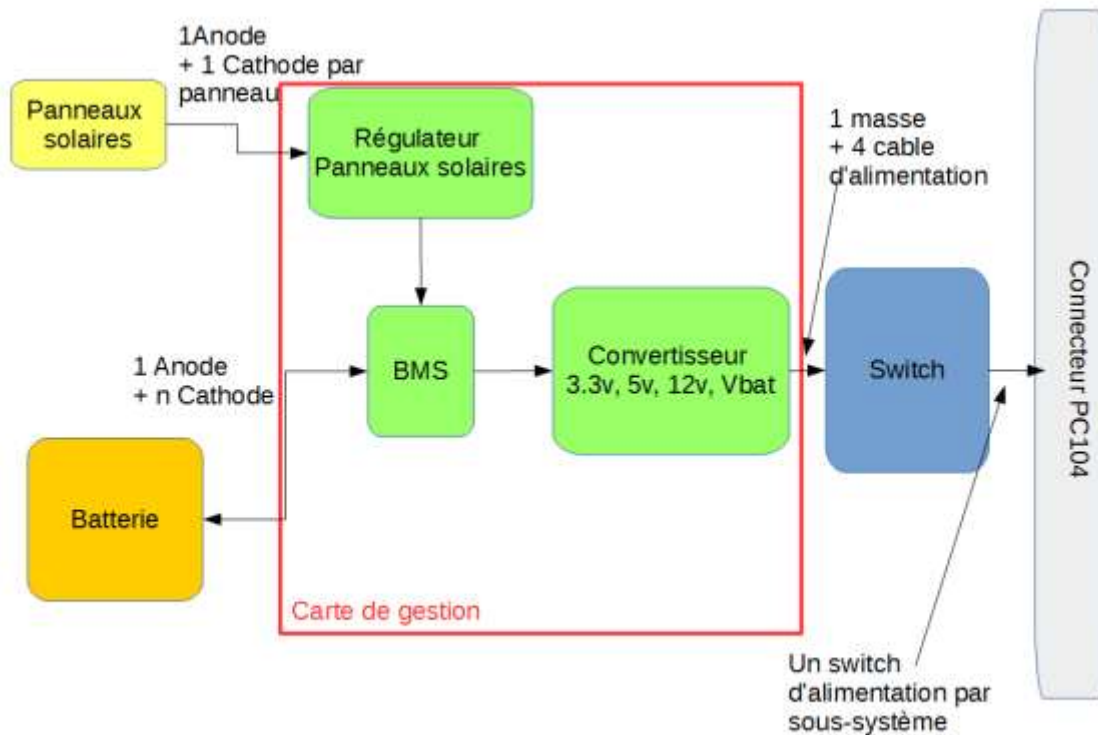
Elle possède donc autant de sorties que de Switch (24 pour la carte de Clyde Space) à 5V, 3.3V et 12V.

Elle est en général directement interfacée en entrée avec l'ordinateur de bord et la carte d'alimentation et en sortie à la plupart des sous-systèmes du satellite.



Régulateur/ Convertisseur/Switch


Ce sous système a pour fonction de contrôler, distribuer et réguler l'alimentation au sein d'IGOSAT, il correspond au cœur du satellite. C'est un des sous-systèmes principaux.



1) Carte de gestion

Contraintes :

- Au moins 3 sorties de puissance (3.3v, 5v et Vbat)
- Une sortie pour l'ODB
- 6 entrées pour panneaux solaires
- Interface de gestion I2C ou RS232
- Une entrée batterie pour 2 à 6 cellules.
- Compatible avec des tensions de batterie de 3.2v à 4.2v.

 <p>Ionospheric and gamma-ray Observations Satellite</p>	<p>Réf. : IGOSAT- IGOSAT-Spec_05012015</p> <p>Edition : 1 Date : 05-01-2015</p> <p>Révision : 0 Date :</p> <p style="text-align: right;">Page : 10</p>
---	--

2 à 3 Candidats :

- NanoPower P31us – GomSpace
- 3G Flex EPS – Clyde Space
- AWT BMS - 4D – ACCUWATT (BMS seulement)

La Carte de gestion est l'élément principale, elle a pour but de superviser la batterie (charge, décharge, température, santé), réguler la tension des panneaux solaires et convertir les courants de sortie vers 4 valeurs de courant standard utilisé dans le Cubesat (12v : TBD)

2) Carte Switch

Contraintes :

- Compatible Tension Vbat, 5v et 3.3v
- Possède au moins un switch pour chaque sous système

2 Candidats :

- 3G Flex EPS –Clyde Space
- CubeSat Power Distribution Module –Clyde Space

La carte de switch a pour but de permettre à l'ODB de contrôler l'allumage ou l'extinction de chacun des sous-systèmes afin de gérer les modes et la consommation de l'IGOSAT.

La carte 3G flex EPS possède 10 switch contre 12 pour la carte PDM. Le gros avantage de la carte 3G Flex EPS, c'est qu'elle rassemble à la fois la carte de gestion et la carte de switch en une seule, limitant aussi les fils et risque de mauvaise connexion.

4.1.2. COMMUNICATION

4.1.2.1. CARTE DE COMMUNICATION

La carte de communication retenue pour IGOSAT est la carte développée par AMSAT-F. Cette carte a été utilisée par les missions précurseurs de QB50.

Le modèle utilisé aura en entrée un signal VHF et en sortie un Signal UHF

Cette carte est constituée de 5 sous-systèmes :

- **Réception** : Il prend en entrée le signal VHF et donne en sortie le signal contenu dans la porteuse
- **Emission** : Il prend en entrée le signal à émettre sans la porteuse et en sortie le signal avec la porteuse.
- **Alimentation** : contient les senseurs de courant et les switch pour la carte d'émission



- **Répéteur** : Prend en entrée le signal sans porteuse de la réception et donne en sorte ce même signal pour l'émission. Cette partie possède aussi un contrôle d'allumage.
- **BUS CSK** : Charger de faire transiter les informations des 4 autres sous-systèmes vers la carte d'alimentation ou l'ordinateur de bord.

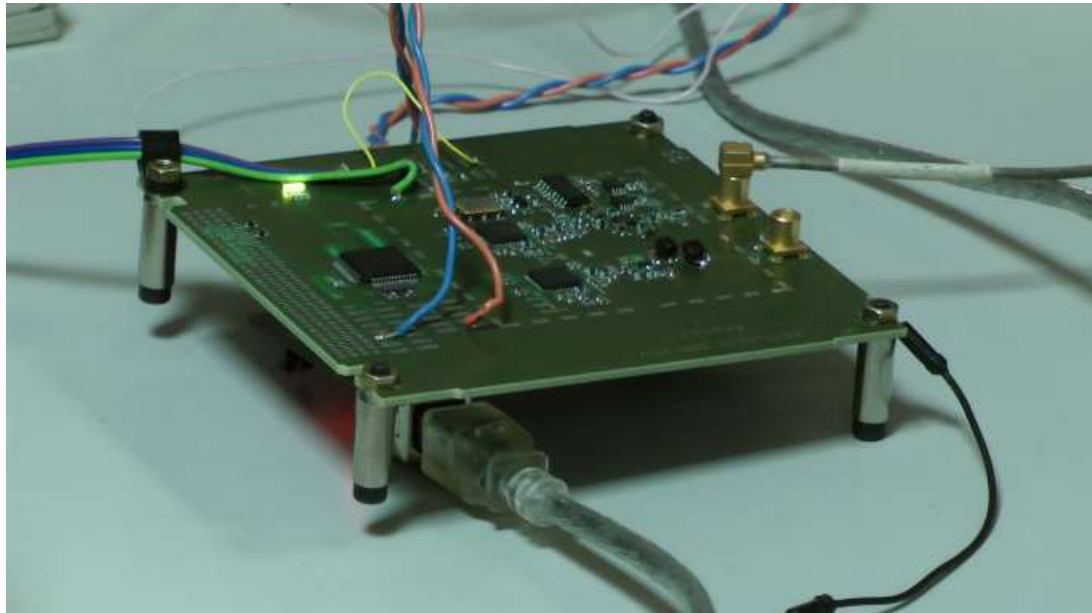
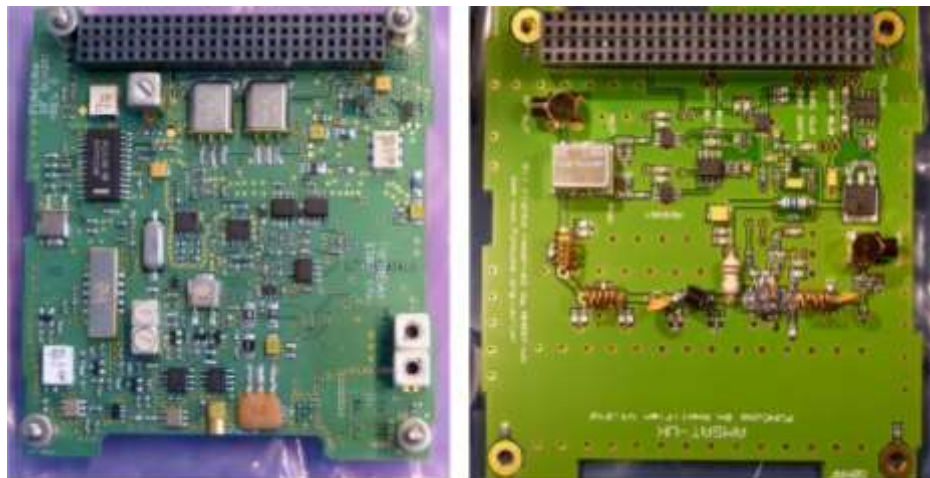


Image de la carte AMSAT-F au format CubeSat pour le CubeSat ESTCUBE

Si la carte de communication AMSAT-F ne convient pas aux spécifications, il existe une carte similaire avec les mêmes entrées / sorties développées par la société ISIS pour le projet QB50 (ISIS VHF downlink / UHF uplink Full Duplex Transceiver).



Radio Frequence board à gauche et Pre Amplifier board à droite du CubeSat FUNcube-1.

Le CubeSat FUNcube-1 et FUNcube-2 possède tous les deux des cartes de type AMSAT (-UK ou -F) comme l'IGOSAT.



A la différence qu'IGOSAT émet en UHF et reçoit en VHF. Ces cartes existent en format CubeSat, il est donc tout à fait possible de pouvoir se passer de carte d'interface.

L'avantage de ces cartes pour cube sat c'est qu'elles utilisent un protocole I2C pour communiquer et fonctionne avec une tension standard de 3.3v.

Pour la suite du projet il serait très intéressant de se rapprocher du projet FunCube pour la partie communication car il utilise des moyens de transmission très proches (antenne ISIS et carte AMSAT) des moyens retenus pour le projet IGOSAT et possède une expérience de vol.

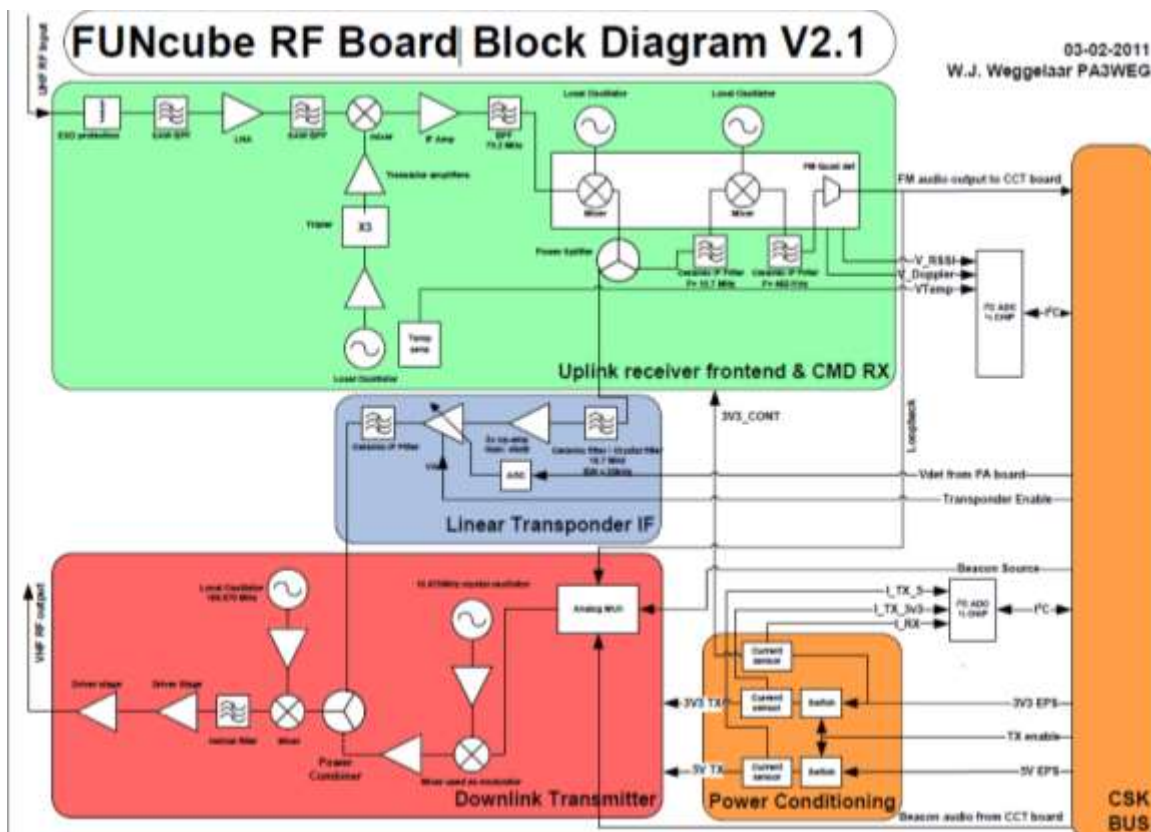



Schéma de la carte RF de FUNcube.

Ce schéma nous permet de bien visualiser le mode de fonctionnement, les interfaces et les différents sous systèmes des cartes AMSAT.

 <p>Ionospheric and gamma-ray Observations Satellite</p>	<p>Réf. : IGOSAT- IGOSAT-Spec_05012015 Edition : 1 Date : 05-01-2015 Révision : 0 Date : Page : 13</p>
---	---

4.1.3. CONTROLE D'ATTITUDE

4.1.3.1. CARTE MAGNETOMETRE

La carte magétoètre retenue par Igosat est de type « *HMC 2003, magneto sensor hybrid* » du constructeur *Honeywell*, trois axes. Cette carte est compatible pour une interface I2C (Inter Integrated Circuit : bus de données série synchrone bidirectionnelle, opère en mode half-duplex¹).

En entrée la carte aura besoin d'une tension de seuil ainsi que d'un vecteur champ magnétique.

En sortie, la carte nous donnera une mesure du flux du champ magnétique et affichera ses données en analogique. Afin qu'elle puisse transmettre ses mesures à l'ordinateur de bord, il faudra prévoir un convertisseur analogique numérique (CAN).

4.1.3.2. LES SENSEURS SOLAIRES

Les senseurs solaires d'Igosat sont de type *CMOS PSD detector* de SSBV. Ils sont composés de 4 photodiodes. Le voltage de chaque photodiode dépend de l'angle d'incidence des rayons du soleil perçus suivant l'axe horizontal et vertical.

Les senseurs solaires possèdent une entrée d'alimentation à 5V et quatre sorties analogiques. La détermination des angles est alors déterminée par l'ODB.

D'autres modèles plus avancés dans cubesatshop disposent de sorties numériques permettant d'obtenir directement les angles d'incidences ainsi que la vitesse angulaire.


4.1.3.3. CARTE MAGNETOCOUPLEUR

La carte magnetocoupleur est de type *ISIS Magneto torquer (iMTQ)* avec 3 axes. Cette carte est adaptée au format PC / 104 et compatible pour une interface I2C.

En entrée, la carte a besoin d'un courant électrique (tension de seuil) et d'un signal numérique (I2C) correspondant au champ magnétique qu'on souhaite généré.

En sortie, la carte génère un champ magnétique qui permettra de contrôler l'attitude du satellite. Avec cette carte, il est possible d'avoir un contrôle direct des actuateurs avec un signal analogique (PWM).

¹ Half duplex : canal bidirectionnel permettant de transporter les informations dans les deux sens mais pas simultanément

 <p>Ionospheric and gamma-ray Observations Satellite</p>	<p>Réf. : IGOSAT- IGOSAT-Spec_05012015</p> <p>Edition : 1 Date : 05-01-2015</p> <p>Révision : 0 Date :</p> <p style="text-align: right;">Page : 14</p>
---	--

4.1.4. CHARGE UTILE

4.1.4.1. CARTE TRAITEMENT SCINTILLATEUR

Dans un premier temps, en entrée du scintillateur nous avons des électrons, des photons gammas ainsi que d'autres particules. Ces photons sont absorbés par la matrice SiPM qui se charge de compter le nombre de micro-pixels absorbant un photon.

Dans un second temps, la carte EASIROC aura pour rôle de traiter le signal, d'enlever le bruit électronique et le bruit du SiPM et donnera une valeur de DAC pour chaque signal vu.

4.1.4.2. CARTE GPS

Le rôle de la carte GPS est de détecter les ondes de gravité présentes dans l'ionosphère qui permettra de mesurer son contenu électronique total (le TEC).

Afin de mesurer le TEC, cette charge utile est constituée d'une antenne GPS qui permettra de mesurer la différence de phase entre deux signaux GNSS reçus par l'antenne GPS d'IGOSAT. C'est la technique de radio occultation.

La carte GPS actuellement choisie est de type **OEM615-D2S-B0G-TT0 de Novatel** (document *GPS/selection_carte_GPS/donnees_GPS*), elle doit être interfacée avec une carte d'adaptation au format PC/104 et possède 20 pins duals.

En entrée, elle a besoin d'une tension de seuil ainsi que d'un signal (fréquences L1 et L2) et en sortie, elle nous donne les coordonnées spatiales du satellite, en l'occurrence, sa position.

Specifications de la carte :

- 7,1 x 4,9 x 11 cm pour 24g
- Consommation type : 1W
- Précision en single point de 1.2m (L1/L2), 0.6m(SBAS), 0.4m (DGPS)
- Acquisition à 20Hz
- Précision de la mesure de la phase: 1,12mm avec la constellation GPS et 1mm avec la constellation GLONASS.
- Possibilité de développer des applications en C/C++ (bibliothèque API)

4.1.5. COMMANDES ET TRAITEMENT DE DONNEES

4.1.5.1. CARTE ORDINATEUR DE BORD (OBD)

La carte d'ordinateur de bord considérée dans ce cas est de type NanoMind A712D OBC du constructeur GomSpace. Elle est compatible au format PC/104 et interfaçable en I2C et SPI (Serial Peripheral Interface : Bus de données série synchrone, opère en mode full-duplex²). Elle possède six entrées analogiques compatibles avec les senseurs solaires et un CAN.

En entrée, l'ODB prend toutes les sorties de tous les composants électriques / électroniques. Il possède six entrées analogiques.

En sortie, l'ODB envoie les données à la station sol via le module de transmission radio. L'ODB contrôle le magnétocoupleur et l'alimentation électrique de tous les composants.

Nous constatons que les senseurs solaires ont 4 sorties analogiques et que l'ordinateur de bord n'a que 6 entrées analogiques. Sachant qu'il nous faudra 5 senseurs solaires, un problème se pose au niveau du nombre d'interfaces.

Une solution envisageable est l'utilisation de multiplexeurs qui permettront de sélectionner le capteur solaire actif.

Comparaison entre deux ordinateurs de bord :

Caractéristiques / Performances	GomSpace Nanomind	ISIS On-Board Computer
Processeur	ARM 7	ARM 9
Fréquence d'horloge	8-40 MHz	400 MHz
Capacité stockages données	4MB + MicroSD 2GB RTC real time	2x2GB (carte SD) 2 horloges redondantes
Capacité stockage code	4MB + MicroSD 2GB	1MB NOR flash
Protocoles de communications (interfaces)	I2C SPI ADC CAN PWM	I2C, SPI Jusqu'à 8 esclaves UART : 2x RS232 ADC: 8 canaux/10bits PWM: 6 canaux
Debug	-	Port de debug: UART 4xLeds pour le test et le debug
Température de fonctionnement	-40°C à 85°C	-20°C à 60°C

² Full duplex : canal bidirectionnel permettant de transporter les informations dans les deux sens simultanément



Consommation moyenne de puissance	-	400mW
Alimentation électrique	3.08 – 3.40 Volt	3.3 Volt
Système d'exploitation	FreeRTOS	FreeRTOS
Dimensions	96 x 90 x 12.4 mm	96 x 90 x 12.4 mm avec carte fille
Masse	50 - 55g	94g avec la carte fille
Coût	4.750\$	4.300\$

Le choix de l'ODB dépendra du besoin attendu en termes de puissance de calculs, de stockages de données et de code, de protocoles de communications, du prix ainsi que de la certification spatiale. Le Nanomind de Gomspace a déjà été utilisé dans des missions nanosatellites (SwissCube) contrairement à l'ODB de ISIS. Le choix le plus sûr serait d'utiliser le NANOMIND.

4.1.5.2. SECURITE

4.1.5.2.1. Carte contrôle thermique

Chaque carte à bord d'IGOSAT est équipée d'un capteur de température interfacé en I2C

Tout est branché sur l'ordinateur de bord ou sur une carte d'interfaçage en fonction du nombre de capteurs. Les chauffages de la batterie sont contrôlés par l'ordinateur de bord.

Liste des capteurs de température :

- 2 à 4 pour Batteries
- Carte d'alimentation
- 13 panneaux solaires
- Ordinateur de bord
- Carte GPS
- Carte communication
- Carte scintillateur
- Carte magnetocoupleur

La carte étant susceptible de servir d'interface entre les capteurs et l'ordinateur de bord peut être : la *Nano Hub* de chez *GomSpace* grâce à ces nombreuses entrées analogiques, ses switch de coupure et son interface I2C et RS232.

4.2. TABLEAU RECAPITULATIF

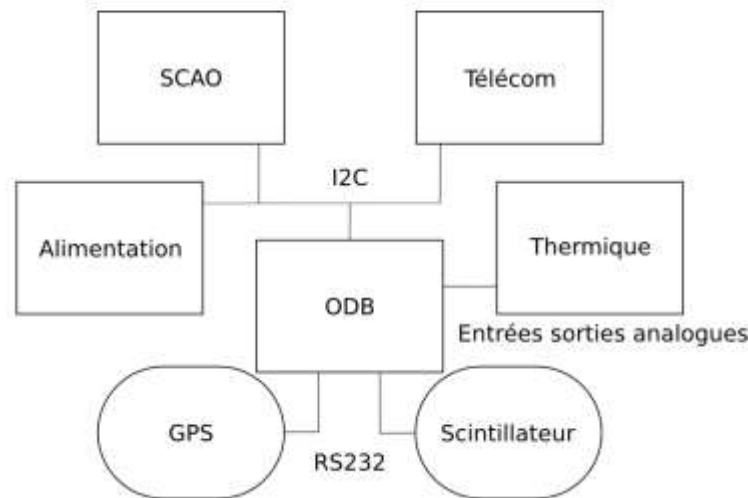
Ci-dessous le tableau résumant brièvement les entrées, sorties et interfaces de quelques composants cité ci-dessus :

Type PCB	Entrées	Sorties	Interfaces
Magnétomètre	Alimentation. Vecteur champ magnétique	Mesure du flux magnétique en Volt	A adapter au format PC/104
Magnétocoupleur	Alimentation. Signal numérique.	Champ magnétique	PC/104 I2C
Senseurs solaires	Alimentation	4 sorties analogiques	Correcteurs nano-D 9 voies
GPS	Tension de seuil Signal	Position	20 pins duals A adapter au format PC/104
Contrôle thermique	Température effective	Signal de température mesurée des composants	I2C / RS232
ODB	Sorties de tous les précédents composants sauf le magnétocoupleur. Alimentation.	Contrôle du magnétocoupleur Contrôle de l'alimentation électrique Envoie des données à la station sol	PC/104 I2C

4.2.1. NOMBRE DE FILS

En résumé, voici une modélisation des protocoles de communications internes du nanosatellite (voir document Moufida Chariet)

Topologie de la communication interne




De façon générale, il a été défini que le protocole de communication entre l'ordinateur de bord et l'ensemble carte communication, cartes SCAO et carte alimentation est un I2C, et entre l'ODB et la charge utile est un RS232.

Pour rappel, l'interface I2C est un bus de données série synchrone bidirectionnelle qui opère en mode half-duplex. Cela nous donne une première information sur le nombre de fils nécessaires reliant les cartes électroniques à l'ODB, sachant que l'interface I2C est en série, on en déduit qu'il suffirait d'avoir un fil par PCB.

Concernant l'interface RS232, son bus de communication est de type série sur 4 fils minimum (électrique, mécanique, protocole et masse). Il suffirait donc un fil par PCB pour le protocole de communication.

RS232, CAN, sont des interfaces plus rapide pour le transfert des données scientifiques qui représente un volume important. Les critères d'analyse pour les bus sont la simplicité, la vitesse et sécurité, la disponibilité dans le commerce.


 <p>Ionospheric and gamma-ray Observations Satellite</p>	<p>Réf. : IGOSAT- IGOSAT-Spec_05012015</p> <p>Edition : 1 Date : 05-01-2015</p> <p>Révision : 0 Date :</p> <p style="text-align: right;">Page : 19</p>
---	--

5. CONCLUSION

Lors de cette étude nous avons commencé à rassembler et identifier les différentes interfaces entre les sous-systèmes. Pour cela, nous avons effectué une étude bibliographique au sein de l'ensemble des documents fournis par le Drive de IGOSAT. Nous avons réalisé un tri dans ce dernier afin d'avoir un accès plus aisé à la documentation qui nous intéressait. Grâce à cela nous avons pu avancer plus rapidement sur les spécifications d'interfaces.

La principale difficulté que nous avons rencontrée pour réaliser ce document fut au niveau des choix des composants. En effet, tous les composants d'IGOSAT n'ont pas été encore choisis. Pour pallier à ce manque, nous avons fait un choix de composants en rapport avec la STB afin de pouvoir définir précisément les interfaces. Grâce à cela nous avons pu approfondir les spécifications, relever des anomalies et formuler des recommandations pour la suite du projet IGOSAT.

Ce projet nous a appris à faire preuve de beaucoup d'autonomie, d'esprit d'organisation et de synthèse. Nous avons eu l'occasion d'avoir une première expérience dans les spécifications d'interfaces des projets spatiaux et de synthétiser une bibliothèque de documentation technique afin d'en extraire les informations essentielles.

 <p>Ionospheric and gamma-ray Observations Satellite</p>	<p>Réf. : IGOSAT- IGOSAT-Spec_05012015 Edition : 1 Date : 05-01-2015 Révision : 0 Date : Page : 20</p>
---	---

6. ANNEXES

6.1. REFERENCES CARTE COMMUNICATION

http://www.ruimtevaart-nvr.nl/media/vk_1223/Website/Presentaties_evenementen/cubesat_12_12_2013/FUNcube-NVR-2013.pdf

http://funcubetest2.files.wordpress.com/2010/11/funcube_rf_board_block_diagramv2-1_pa3weg_open-1.pdf