



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16



Spécification Technique de Besoin

Segment Sol

IGOSAT

	Date	Signature
Préparé par (Rédacteur) : Hongxi TAO OSAE	15/04/16	
Approuvé par (Chef de Projet) : Agnan Marco Université Paris Diderot	27/05/16	
Pour application (Responsable Centre Spatial Etudiants) : Haloïn Hubert Université Paris Diderot		



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 2

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Ed.	Rev.	Date	Modifications	Visa
1	0	15/04/16	Création du document	
2	1	20/04/16	Première version	
3	2	04/05/16	Deuxième version	
4	3	27/05/16	Troisième version	



Table des matières

Objet et domaine d'application.....	6
1. Documents de référence et documents applicables.....	6
1.1. Documents de référence.....	6
1.2. Documents applicables.....	6
2. Définitions et acronymes.....	7
3. Description générale du segment sol.....	8
3.1. Mission du segment sol.....	8
3.2. Définition des composantes du segment sol.....	8
3.3. Définitions des différents types de télémétries.....	10
4. Le Centre de Commande Contrôle (CCC).....	10
4.1. Exigences fonctionnelles.....	11
4.1.1. Commander le satellite.....	11
4.1.1.1. Génération des télécommandes.....	11
4.1.1.2. Gestion des télécommandes du satellite.....	11
4.1.1.3. Emission des télécommandes du satellite.....	11
4.1.1.4. Gestion des acquittements des télécommandes.....	11
4.1.2. Traiter la télémétrie des servitudes.....	12
4.1.3. Fonctions liées à l'attitude et l'orbite du satellite.....	12
4.1.3.1. Restitution d'orbite et traitement des mesures de localisation.....	12
4.1.3.2. Estimation de l'orbite dans le CCC.....	13
4.1.3.3. Extrapolation d'orbite.....	13
4.1.4. Recevoir les données du satellite.....	13
4.1.5. Archiver les données.....	14
4.1.5.1. Contenu de l'archive.....	14
4.1.5.2. Mise à disposition des données de l'archive.....	14
4.1.6. Exploiter le segment sol.....	14
4.1.6.1. Vérifier l'état du segment sol.....	14
4.1.6.2. Gestion du temps.....	14
4.1.6.3. Journal de Bord.....	15
4.2. Exigences opérationnelles.....	15
4.2.1. Fiabilité/Disponibilité/Facteur humain.....	15
4.2.2. Maintenabilité.....	15
4.2.3. Sécurité.....	16
4.2.4. Ergonomie.....	16
5. Les Stations Sol.....	16
5.1. La Station Sol Bande VHF/UHF PARIS DIDEROT.....	16
5.1.1. Exigences fonctionnelles.....	17
5.1.1.1. Acquisition et poursuite.....	17
5.1.1.2. Gestion des télémétries.....	17
5.1.1.3. Gestion des télécommandes.....	17
5.1.1.4. Mesure doppler.....	18
5.1.1.5. Test de la station.....	18
5.1.1.6. Fonction "Temps-fréquence".....	18



5.1.2. Exigences opérationnelles.....	19
5.1.2.1. Hypothèses de fonctionnement	19
5.1.2.2. Durée de vie	19
5.1.2.3. Sûreté de fonctionnement	19
5.1.2.4. Conditions d'environnement.....	21
5.1.2.5. Energie	22
5.2. La Station Sol Bande VHF/UHF HANOï.....	22
5.2.1. Exigences fonctionnelles	22
5.2.1.1. Acquisition et poursuite	22
5.2.1.2. Gestion des télémesures	23
5.2.1.3. Test de la station	23
5.2.1.4. Fonction "Temps-fréquence"	23
5.2.2. Exigences opérationnelles.....	24
5.2.2.1. Hypothèses de fonctionnement	24
5.2.2.2. Durée de vie	24
5.2.2.3. Sûreté de fonctionnement	24
5.2.2.4. Conditions d'environnement.....	25
5.2.2.5. Energie	26
6. Le Centre de Mission (CM)	26
6.1. Définitions des niveaux de produits	26
6.2. Environnement	27
6.2.1. Les acteurs	27
6.2.2. Les Interfaces externes	27
6.3. Exigences fonctionnelles	28
6.3.1. Acquisition et émission de données.....	28
6.3.1.1. Acquisition des données.....	28
6.3.1.2. Emission des données	29
6.3.2. La chaîne de traitement de niveau LO	30
6.3.3. Les chaînes de traitements de niveau L1 et « Quick-Look ».....	31
6.3.4. Les chaînes de traitements scientifiques (L2, L3,...)	32
6.3.5. Les services utilisateurs.....	32
6.3.5.1. Les services d'informations	33
6.3.5.2. Les services d'accès aux données.....	33
6.3.5.3. Les services d'accès aux traitements.....	33
6.3.5.4. Les services généraux.....	34
6.3.6. La gestion et l'archivage des données.....	34
6.3.7. La préparation du plan de travail de la charge utile	34
6.3.8. La génération des télécommandes CU.....	35
6.3.8.1. L'expertise qualité de la mesure instrumentale	36
6.3.8.2. L'expertise qualité scientifique	37
6.4. Exigences de dimensionnement technique.....	37
6.4.1. L'accès aux produits par les utilisateurs.....	38
6.4.2. Puissance de traitement	38
6.4.3. Communications	38
6.5. Exigences opérationnelles	39
6.5.1. Les différentes phases d'exploitation.....	39
6.5.2. Sûreté de fonctionnement.....	40
6.5.2.1. Disponibilité/Facteur humain	40
6.5.2.2. Sécurité	41



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 5

6.5.2.3.	Maintenabilité	41
6.5.2.4.	Ergonomie	42
6.5.3.	Durée de vie	42
6.6.	Exigences de conception et de développement.....	42
6.6.1.	Exigences concernant les logiciels.....	42
7.	Interfaces	43
7.1.	Interfaces Station Sol – CCC.....	43
7.2.	Interfaces Station Sol – Centre de Mission	43
7.3.	Interfaces CCC – Centre de Mission	44
7.4.	Interfaces Centre de Mission – Utilisateurs.....	44



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 6

OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

Ce document présente les exigences applicables au segment sol du nanosatellite IGOSAT.

Ce document couvre les exigences relatives aux performances et à la conception du segment sol dans son ensemble, et ce pour toutes les phases de la mission.

Le chapitre 1 précise les documents de référence et documents applicables.

Le chapitre 2 fournit les définitions et les acronymes utilisés.

Le chapitre 3 donne la description générale du segment sol.

Le chapitre 4 traite du centre de commande contrôle (CCC).

Le chapitre 5 liste les stations sol.

Le chapitre 6 décrit le centre de mission (CM).

Enfin, le chapitre 7 concerne les interfaces existantes.

1. DOCUMENTS DE REFERENCE ET DOCUMENTS APPLICABLES

1.1. DOCUMENTS DE REFERENCE

- DR1 : Spécification Mission IGOSAT
Réf : PR-SM-02
- DR2 : Spécification Technique de Besoin Système IGOSAT
Réf : SYS-STB
- DR3 : Analyse système IGOSat
Réf : SYS-NT-04
- DR4 : Emplacement de l'antenne de communication IGOSat

1.2. DOCUMENTS APPLICABLES

- DA1 : Télécommunications Bord/Sol du satellite IGOSat
Référence du document
- DA2 : Dossier de Contrôles des Interfaces du satellite IGOSat
Référence du document



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 7

2. DEFINITIONS ET ACRONYMES

AFSK	Audio frequency-shift keying
CCC	Centre de Commande Contrôle
CM	Centre de Mission
CU	Charge Utile
DA	Document Applicable
DR	Document de Référence
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GPS	Global Positioning System
IGOSat	Ionospheric and Gamma-ray Observations Satellite
HKTM	House-Keeping TeleMetry
NORAD	North American Aerospace Defense Command
SCAO	Système de Contrôle d'Attitude et d'Orbite
SCI	SCIntillateur
SNR	Signal Noise Ratio
TBC	To Be Confirmed
TC	TéléCommande
TLE	Two-line element set
TM	TéléMesure
TMC	TéléMesure Charge Utile
UHF	Ultra-High Frequency
UTC	Coordinated Universal Time
VHF	Very High Frequency



3. DESCRIPTION GENERALE DU SEGMENT SOL

3.1. MISSION DU SEGMENT SOL

Le segment sol a pour rôle :

- **La surveillance et le contrôle technique du nanosatellite.** Il s'agit de :
 - o Vérifier grâce au traitement de la télémesure de surveillance que l'état du satellite est satisfaisant vis-à-vis du besoin mission
 - o Emettre les télécommandes destinées à maintenir le fonctionnement normal du satellite
- **Les contrôles d'orbite et d'attitude.** Il s'agit de :
 - o Elaborer les lois de guidage en attitude du satellite
 - o Restituer au sol l'orbite du satellite à partir de mesures de Doppler et distance et/ou de données GPS
 - o Restituer l'attitude du satellite à partir des données d'attitude redescendues par la télémesure
- **La gestion des charges utiles.** Il s'agit de :
 - o Assurer la programmation des charges utiles en fonction des besoins mission et la transmettre au satellite
 - o Récupérer, traiter et diffuser les données provenant des charges utiles
- **L'expertise satellite.** Il s'agit de :
 - o Permettre les investigations en cas d'anomalies ou sur des opérations critiques
 - o Permettre l'élaboration de bilans de fonctionnement à des fins de retour d'expérience
- **La mise en configuration du satellite.** Il s'agit de :
 - o Assurer le retour en condition opérationnelle du satellite suite à une anomalie
 - o Assurer les opérations spécifiques de début et de fin de vie

3.2. DEFINITION DES COMPOSANTES DU SEGMENT SOL

Pour remplir sa mission, le segment sol du système IGOSAT est constitué de quatre sous-systèmes tel que défini dans la Spécification Technique de Besoin Système (DR2) :

- Le Centre de Commande Contrôle (CCC)
- Le Centre de Mission (CM)
- De 2 stations sol :
 - une station sol de commande contrôle et réception Sciences UHF/VHF à l'Université Paris Diderot (Paris)
 - une station sol de commande contrôle et réception Sciences UHF/VHF à l'Université de Hanoi (Vietnam)

Les chapitres suivants décrivent dans le détail les fonctions et exigences de chacun de ces sous-systèmes.

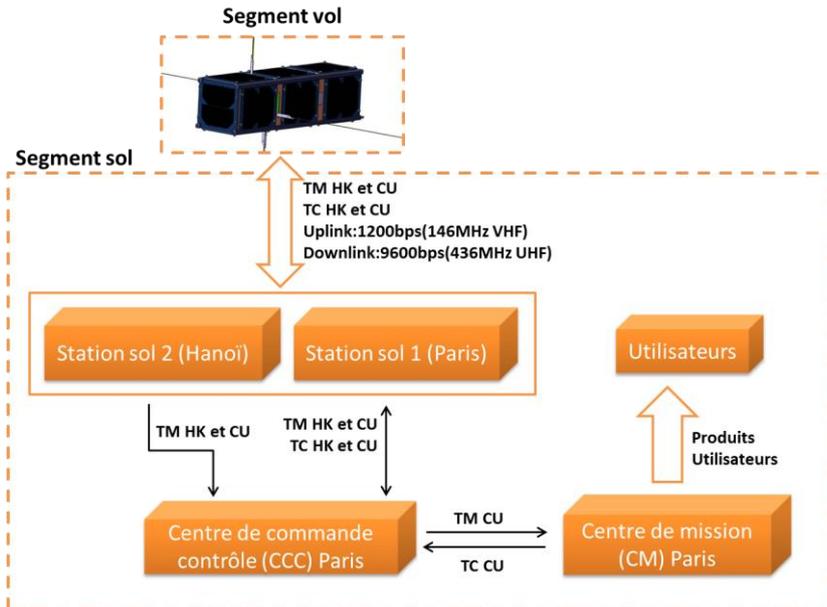


Figure 1: Architecture générale du segment sol IGOSat

Ground Station for IGOSat Nanosatellite

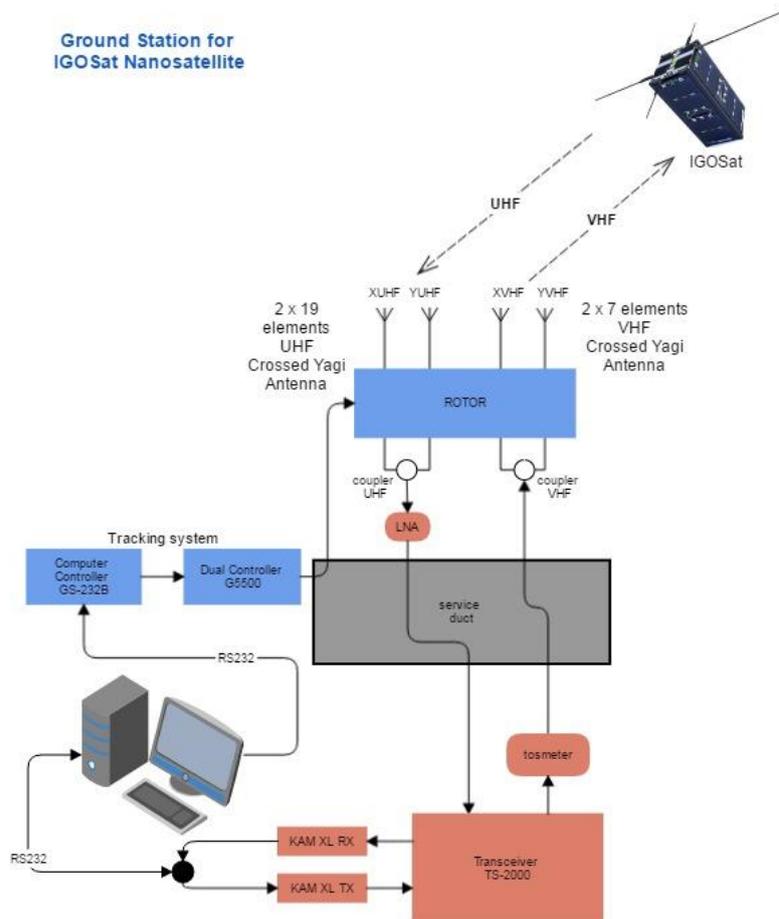


Figure 2: Architecture globale de la station sol IGOSat



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 10

3.3. DEFINITIONS DES DIFFERENTS TYPES DE TELEMESURES

Les différents types de télémesures sont définis dans la spécification d'interface bord/sol, ils sont décrits de nouveau ici à titre de compréhension.

La télémesure de servitude (HKTM) est constituée de paquets décrivant l'état global du satellite, à raison d'au moins un état/minute, 24h / 24h.

La HKTM est enregistrée à bord hors visibilité et pendant la visibilité. La HKTM est systématiquement transmise, enregistrée en station puis reçue en temps différé par le CCC.

La HKTM est en partie répétitive (la structure et le nombre des données se répètent), en partie non répétitive pour tout ce qui concerne les acquittements de commandes et les vidages asynchrones. Suivant le mode satellite considéré, l'acquisition des données sera différente.

La télémesure charge utile (GPSTM et SCITM). Cette télémesure contient les données scientifiques et des données de fonctionnement de la charge utile. Elle est enregistrée à bord hors et pendant les visibilité. Elle est transmise au sol sur commande de vidage provenant du CCC.

4. LE CENTRE DE COMMANDE CONTROLE (CCC)

Comme défini dans la Spécification Technique de besoin Système (DR2), le CCC est chargé d'assurer les fonctions suivantes :

- Générer les télécommandes de gestion de la plate-forme du satellite
- Générer les télécommandes de la charge utile à partir du plan de travail élaboré par le CM
- Générer les télécommandes (TC) de guidage du satellite (quaternions)
- Transmettre l'ensemble des commandes plate-forme et charge utile au satellite
- Surveiller la transmission des commandes et rendre compte de cette transmission au CM
- Surveiller le satellite au travers des télémesures de servitudes (HKTM)
- Archiver les HKTM
- Restituer l'orbite et l'attitude du satellite
- Elaborer les éphémérides satellite pour la désignation des stations sol
- Fournir au CM les données d'aide à l'élaboration du plan de travail
- Exploiter le centre de commande contrôle

Le CCC s'interface avec le CM et les stations sols à Paris et Hanoï.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 11

4.1. EXIGENCES FONCTIONNELLES

4.1.1. COMMANDER LE SATELLITE

4.1.1.1. GENERATION DES TELECOMMANDES

ID	Exigences
STB-SOL-1	Le CCC doit disposer d'un outil de génération automatique et sécurisée des TC permettant de générer toutes les commandes.
STB-SOL-2	Le CCC doit générer : Le GPSTC et le SCITC de la charge utile à partir du plan de travail envoyé par le CM.
STB-SOL-3	Le CCC doit générer : Les TC de guidage du SCA (quaternions).
STB-SOL-4	Le CCC doit générer : Les HKTC plate-forme.

4.1.1.2. GESTION DES TELECOMMANDES DU SATELLITE

ID	Exigences
STB-SOL-5	Toutes les TC seront archivées dans une Base de Donnée IGOSat durant la durée de vie de la mission.
STB-SOL-6	Avant émission, le CCC doit simuler la TC afin de s'assurer de sa pertinence.

4.1.1.3. EMISSION DES TELECOMMANDES DU SATELLITE

ID	Exigences
STB-SOL-7	L'ensemble des TC générées par le CCC doivent être envoyées au satellite via la station sol adéquate en conservant l'ordre chronologique des TC.
STB-SOL-8	L'émission des TCs ne doivent pas en même temps que la réception des TMs.

4.1.1.4. GESTION DES ACQUITTEMENTS DES TELECOMMANDES

ID	Exigences
STB-SOL-9	Le CCC devra disposer des fonctions nécessaires à l'administration des plans de télécommandes, soit la consignation dans un journal de l'état des acquittements des télécommandes.
STB-SOL-10	Le CCC devra transmettre au CM l'état d'acquiescement des télécommandes liées aux charge utile.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 12

4.1.2. TRAITER LA TELEMESURE DES SERVITUDES

L'unité de traitement de la télémétrie est le « paramètre » observable. Un paramètre est dit reçu ou direct lorsque sa valeur est extraite (valeur brute) directement de la télémétrie. Un paramètre est dit dérivé ou calculé lorsque sa valeur est obtenue à la suite d'un calcul faisant intervenir un ou des paramètres reçus et/ou dérivés.

Ce calcul peut être fait à partir du paramètre lui-même. Ce calcul peut consister en la concaténation de plusieurs paramètres digitaux reçus. La valeur brute de chaque paramètre sera transformée en valeur physique à l'aide d'une fonction de transfert, avant application des lois de surveillance.

ID	Exigences
STB-SOL-11	Le CCC doit extraire les paramètres de la HKTM automatiquement. Cette extraction consiste à récupérer dans les paquets les valeurs brutes des paramètres et à y associer la date issue du paquet.
STB-SOL-12	Le CCC doit déclencher des alarmes en cas de mauvais fonctionnement ou d'un incident affectant l'équipement de la station principale ou la performance de lien et permettre l'identification de l'équipement qui est impliqué.
STB-SOL-13	Le CCC reçoit la HKTM sous forme de paquets et la traite en temps réel.
STB-SOL-14	A partir des valeurs brutes et/ou physiques des paramètres reçus, des valeurs des paramètres dérivés et des informations sur le sous-système TM/TC, le CCC visualise l'état du satellite présenté par sous-systèmes, correspondant aux dernières valeurs reçues auxquelles le CCC applique les traitements de surveillance.

4.1.3. FONCTIONS LIEES A L'ATTITUDE ET L'ORBITE DU SATELLITE

4.1.3.1. RESTITUTION D'ORBITE ET TRAITEMENT DES MESURES DE LOCALISATION

ID	Exigences
STB-SOL-15	La restitution d'orbite devra pouvoir être faite directement par les données issues du TLE du NORAD.
STB-SOL-16	La restitution d'orbite devra pouvoir être faite éventuellement par les données issues du GPS embarqué (données Position – Vitesse – Temps).



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 13

4.1.3.2. ESTIMATION DE L'ORBITE DANS LE CCC

ID	Exigences
STB-SOL-17	<p>Quelle que soit la phase de vie, l'initialisation ou la réinitialisation de l'orbite doit pouvoir être effectuée à partir de données externe issues :</p> <ul style="list-style-type: none"> - du TLE venant du NORAD, - du satellite lui-même (au travers de la TM).

4.1.3.3. EXTRAPOLATION D'ORBITE

ID	Exigences
STB-SOL-18	Nominalement, l'orbite doit pouvoir être capable extrapolé l'orbite sur 15 jour sans que cela affecte les performances de la mission.
STB-SOL-19	Les TLE du NORAD doivent être récupérées quotidiennement pour la propagation de l'orbite utilisée par le CCC.
STB-SOL-20	Les TLE qu'on récupère doivent avoir une précision sur l'inclinaison, l'ascension droite du nœud ascendant, l'argument de Périgée et l'anomalie moyenne à 4 décimales après la virgule au degré ainsi l'excentricité à 6 décimales après la virgule.

4.1.4. RECEVOIR LES DONNEES DU SATELLITE

ID	Exigences
STB-SOL-21	La réception, la démodulation, le décodage et le stockage des TM doivent être automatisées par les 2 stations sols.
STB-SOL-22	Les signaux TM (Downlink) seront envoyés à une fréquence de porteuse UHF (430-440 MHz).
STB-SOL-23	Les signaux TM (Downlink) seront modulés en GMSK.
STB-SOL-24	Les signaux TM (Downlink) seront encodés en Reed Solomon.
STB-SOL-25	Les signaux TM (Downlink) seront envoyés au débit de 9600bps.
STB-SOL-26	Les signaux TC (Uplink) seront envoyés à une fréquence de porteuse VHF (140-150 MHz).
STB-SOL-27	Les signaux TC (Uplink) seront modulés en AFSK.
STB-SOL-28	Les signaux TC (Uplink) seront au débit de 1200bps.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 14

4.1.5. ARCHIVER LES DONNEES

4.1.5.1. CONTENU DE L'ARCHIVE

ID	Exigences
STB-SOL-29	Le CCC doit archiver la totalité de la HKTM et des TM scientifiques.
STB-SOL-30	Le CCC doit archiver les paramètres calculés par le CCC.
STB-SOL-31	Le CCC doit archiver le nom de la station de réception.
STB-SOL-32	La base de donnée servant à l'archivage doit avoir une capacité de stockage d'au moins 100 Go.

4.1.5.2. MISE A DISPOSITION DES DONNEES DE L'ARCHIVE

ID	Exigences
STB-SOL-33	Le CCC doit disposer de fonction d'extraction de l'archive au niveau paramètre permettant de visualiser l'évolution de tout paramètre (direct ou dérivé) sur une période de temps spécifié.

4.1.6. EXPLOITER LE SEGMENT SOL

4.1.6.1. VERIFIER L'ETAT DU SEGMENT SOL

ID	Exigences
STB-SOL-34	<p>Le CCC ne dispose d'aucune fonction particulière pour vérifier l'état global du segment sol. Les seules indications qui devront lui être fournies sont :</p> <ul style="list-style-type: none">- Les comptes rendus des services de communication utilisés- Les messages systèmes- Les télé-surveillances des stations- Les résultats des tests stations

4.1.6.2. GESTION DU TEMPS

ID	Exigences
STB-SOL-35	Le CCC devra se synchroniser sur l'heure UTC grâce à Internet.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 15

4.1.6.3. JOURNAL DE BORD

ID	Exigences
STB-SOL-36	Le CCC doit disposer de possibilités d'édition et d'archivage de son journal de bord des événements ayant affecté les stations sols. Il offre des outils de tri de ce journal.
STB-SOL-37	Le journal de bord doit être archivé et mis à jour à chaque fois.

4.2. EXIGENCES OPERATIONNELLES

4.2.1. FIABILITE/DISPONIBILITE/FACTEUR HUMAIN

ID	Exigences
STB-SOL-38	Nominalement le centre de commande contrôle doit pouvoir être disponible 24h/24.
STB-SOL-39	La présence d'un opérateur au CCC n'est requise que pendant les phases critiques ou dégradées de la mission (début et fin de vie, sortie de mode survie et envoi de TC).
STB-SOL-40	Pendant la phase nominale de la mission, l'opérateur n'intervient que pour élaborer le plan de travail pour une durée de 15 jours.
STB-SOL-41	Les opérations de commande contrôle de routine doivent être effectuées automatiquement par le CCC sans présence d'opérateur soit la surveillance satellite au travers de la télémessure HKTM.
STB-SOL-42	Les opérations de commande contrôle de routine doivent être effectuées automatiquement par le CCC sans présence d'opérateur soit l'envoi temps réel accusés de réception.

4.2.2. MAINTENABILITE

ID	Exigences
STB-SYS-32	Les différents logiciels gérant les différents sous-systèmes du segment sol et du segment vol doivent pouvoir être mis à jour à tout moment.
STB-SOL-43	Il faut que le logiciel soit portable, et qu'il ait une fonctionnalité de traçabilité de TC.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 16

4.2.3. SECURITE

ID	Exigences
STB-SOL-44	Le CCC doit assurer un contrôle des accès informatiques suffisant afin d'éviter les problèmes d'intrusion informatique.
STB-SOL-45	Les locaux spécifiques au CCC doivent être protégés contre l'intrusion et organisés de manière à en limiter l'accès aux personnes autorisées.
STB-SOL-46	La protection des TC doit être assurée par les procédures du protocole AX25.

4.2.4. ERGONOMIE

ID	Exigences
STB-SOL-47	Les interfaces homme-machine doivent avoir une documentation.
STB-SOL-48	Le CCC doit permettre l'affichage d'une page synthétique de l'état du nanosatellite et des moyens sol (station sol 1 et station sol 2).

5. LES STATIONS SOL

5.1. LA STATION SOL BANDE VHF/UHF PARIS DIDEROT

La station sol 1 est chargée d'assurer les fonctions suivantes :

- Assurer le pilotage de l'antenne à partir de l'agenda des passages fourni par le CCC
- Etablissement du lien sol bord
- Acquisition, transmission et stockage de la HKTM
- Extraction de la TM des informations relatives au protocole CCSDS et transmission au CCC
- Transmission des TC reçues du CCC
- Recalage horloge bord par top TC
- Mesures du Doppler voie descendante
- Mesures de distance
- Mise à disposition du CCC des mesures de localisation

La station sol 1 s'interface uniquement avec le CCC.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 17

5.1.1. EXIGENCES FONCTIONNELLES

5.1.1.1. ACQUISITION ET POURSUITE

ID	Exigences
STB-SOL-49	La station sol 1 doit recevoir les fichiers élaborés par le CCC pour pouvoir assurer la poursuite du satellite selon l'agenda des passages.
STB-SOL-50	La station sol 1 doit gérer (ajout, suppression) les fichiers élaborés par le CCC pour pouvoir assurer la poursuite du satellite selon l'agenda des passages.
STB-SOL-51	La station sol 1 reçoit les télémesures satellite en polarisation circulaire droite en UHF, à environ 430 MHz.
STB-SOL-52	Entre deux passages, la station sol 1 doit rallier sa position de survie.

5.1.1.2. GESTION DES TELEMESURES

ID	Exigences
STB-SOL-53	La station sol 1 doit acquérir et démoduler le signal AX25.
STB-SOL-54	La station sol 1 doit acquérir le signal GMSK sur la liaison descendante et le signal AFSK sur la liaison montante uniquement à Paris.
STB-SOL-55	La station sol 1 doit démultiplexer les télémesures conformément au protocole AX25 jusqu'au niveau paquets.
STB-SOL-56	La station sol 1 doit router la HKTM vers le CCC.

5.1.1.3. GESTION DES TELECOMMANDES

ID	Exigences
STB-SOL-57	La station sol 1 doit recevoir les ordres de début/fin de session de télécommandes émis par le CCC.
STB-SOL-58	La station sol 1 doit être capable amplifier le signal jusqu'à une puissance RF de 10 W.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 18

5.1.1.4. MESURE DOPPLER

ID	Exigences
STB-SOL-59	La station sol 1 doit calculer la vitesse relative en fonction de l'orbite du satellite (circulaire à partir des TLE).
STB-SOL-60	La station sol 1 doit adapter la fréquence de réception automatiquement.

5.1.1.5. TEST DE LA STATION

ID	Exigences
STB-SOL-61	Une fonction de test de la station sol 1 doit permettre de vérifier périodiquement le bon fonctionnement de la station.
STB-SOL-62	Cette fonction doit permettre de réaliser des tests et des mesures qui permet de vérifier du G/T de l'antenne et de sa précision de pointage.
STB-SOL-63	Cette fonction doit permettre de mesurer la puissance en sortie de l'amplificateur de TC.
STB-SOL-64	Cette fonction doit permettre de mesurer des fréquences porteuses et la largeur de bande (pas plus qu'autorisée par la législation : 16 kHz de mémoire).
STB-SOL-65	Cette fonction doit permettre de mesurer de taux d'ondes stationnaire.
STB-SOL-66	Ces tests devront pouvoir être effectués sur le site par un opérateur depuis le CCC et depuis le CCC de façon automatique.

5.1.1.6. FONCTION "TEMPS-FREQUENCE"

ID	Exigences
STB-SOL- 67	La station sol 1 devra se synchroniser sur le temps UTC via le CCC.
STB-SOL- 68	La station sol 1 devra fournir automatiquement le temps UTC aux équipements de la station.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 19

5.1.2. EXIGENCES OPERATIONNELLES

5.1.2.1. HYPOTHESES DE FONCTIONNEMENT

ID	Exigences
STB-SOL-69	La station sol 1 devra pouvoir supporter typiquement au moins 5 passages nanosatellite par jour.
STB-SOL-70	La station sol devra pouvoir être opérée depuis le CCC.

5.1.2.2. DUREE DE VIE

ID	Exigences
STB-SOL-71	La station sol 1 devra être capable d'être opérée pendant 10 années à partir de la recette site.

Cette station sol pourra servir à d'autres satellites que IGOSat dans le cadre de future activité du campus spatial étudiant ou de ses partenaires.

5.1.2.3. SURETE DE FONCTIONNEMENT

5.1.2.3.1. Fiabilité/Disponibilité/Facteur humain

ID	Exigences
STB-SOL-72	La disponibilité de la station sol devra être au minimum de 95%.
STB-SOL-73	Un opérateur devra pouvoir avoir la possibilité d'intervenir directement sur site pendant les heures ouvrables.

5.1.2.3.2. Maintenabilité

ID	Exigences
STB-SYS-32	Les différents logiciels gérant les différents sous-systèmes du segment sol et du segment vol doivent pouvoir être mis à jour à tout moment.
STB-SYS-33	Les éléments de la station sol doivent être facilement accessibles et interchangeables en cas de panne.
STB-SYS-34	Le simulateur fonctionnel de station sol doit pouvoir être mis à jour.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 20

5.1.2.3.3. Sécurité

ID	Exigences
STB-SOL-74	Les stations sol ne doivent pas présenter de danger humain pour les personnes environnantes.

5.1.2.3.4. Ergonomie

ID	Exigences
STB-SOL-75	L'environnement de travail de l'opérateur (écran, transceiver, etc.) doit être aménagé pour faciliter son travail.
STB-SOL-76	Tous les documents nécessaires aux opérations ou à la maintenance de la station doivent être à portée de l'opérateur.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 21

5.1.2.4. CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT

ID	Exigences
STB-SYS-112	Le segment sol doit pouvoir fonctionner dans son environnement électromagnétique
STB-SYS-113	Le segment sol doit être auto-compatible
STB-SYS-114	Le segment sol ne doit pas polluer son environnement sur le plan électromagnétique
STB-SOL-77	Les équipements extérieurs de la station sol 1 doivent pouvoir fonctionner avec les performances nominales sous les conditions suivantes : <ul style="list-style-type: none">- Température : de 0° à 40°- Humidité : ≤76%- Précipitations : jusqu'à 700 mm/an de pluie- Vent : jusqu'à 120 km/h- Protection de la foudre (TBC)
STB-SOL-78	L'antenne doit pouvoir rallier sa position de survie avec des rafales de vent de 150 km/h.
STB-SOL-79	Les équipements en salle d'exploitation de la station sol 1 doivent pouvoir fonctionner avec les performances nominales sous les conditions suivantes : <ul style="list-style-type: none">- Température : de -15° à 35°- Variation de température : rampe maximal de 5°C/h- Humidité : ≤50%



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 22

5.1.2.5. ENERGIE

ID	Exigences
STB-SOL-80	Au niveau énergétique, la station sol 1 devra fonctionner pour : Tension : 220V +/- 10% Fréquence : 50 Hz +/- 2%
STB-SOL-81	Le site d'installation devra mettre à disposition de la station sol une salle d'exploitation climatisée.
STB-SOL-82	Le site d'installation devra mettre à disposition de la station sol un réseau de communication jusqu'au CCC.

5.2. LA STATION SOL BANDE VHF/UHF HANOÏ

La station sol 2 est chargée d'assurer les fonctions suivantes :

- Etablissement du lien bord sol
- Assurer le pilotage de l'antenne à partir de l'agenda des passages station fourni par le CCC
- Acquisition et transmission de la GPSTM et la SCITM au CM
- Extraction de la GPSTM et la SCITM des informations relatives au protocole AX25 et transmission au CCC

La station sol 2 s'interface avec le CM et le CCC.

5.2.1. EXIGENCES FONCTIONNELLES

5.2.1.1. ACQUISITION ET POURSUITE

ID	Exigences
STB-SOL-83	La station sol 2 doit recevoir les fichiers élaborés par le CCC pour pouvoir assurer la poursuite du satellite selon l'agenda des passages.
STB-SOL-84	La station sol 2 doit gérer (ajout, suppression) les fichiers élaborés par le CCC pour pouvoir assurer la poursuite du satellite selon l'agenda des passages.
STB-SOL-85	Entre deux passages, la station sol 2 doit rallier sa position de survie.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 23

5.2.1.2. GESTION DES TELEMESURES

ID	Exigences
STB-SOL-86	La station sol 2 doit acquérir le signal GMSK sur la liaison descendante.
STB-SOL-87	La station sol 2 doit démultiplexer les télémesures conformément au protocole AX25 jusqu'au niveau paquets.

5.2.1.3. TEST DE LA STATION

ID	Exigences
STB-SOL-88	Une fonction de test de la station sol 2 doit permettre de vérifier périodiquement le bon fonctionnement de la station.
STB-SOL-62	Cette fonction doit permettre de réaliser des tests et des mesures qui permet de vérifier du G/T de l'antenne et de sa précision de pointage.
STB-SOL-63	Cette fonction doit permettre de mesurer la puissance en sortie de l'amplificateur de TC.
STB-SOL-64	Cette fonction doit permettre de mesurer des fréquences porteuses et la largeur de bande (pas plus qu'autorisée par la législation : 16 kHz de mémoire).
STB-SOL-65	Cette fonction doit permettre de mesurer de taux d'ondes stationnaire.
STB-SOL-66	Ces tests devront pouvoir être effectués sur le site par un opérateur depuis le CCC et depuis le CCC de façon automatique.

5.2.1.4. FONCTION "TEMPS-FREQUENCE"

ID	Exigences
STB-SOL-89	La station sol 2 doit fournir de façon autonome la référence de fréquence nécessaire aux équipements de la station.
STB-SOL-90	La station sol 2 devra se synchroniser sur le temps UTC via le CCC.
STB-SOL-91	La station sol 2 devra fournir automatiquement le temps UTC aux équipements de la station.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 24

5.2.2. EXIGENCES OPERATIONNELLES

5.2.2.1. HYPOTHESES DE FONCTIONNEMENT

ID	Exigences
STB-SOL-92	La station sol 2 devra pouvoir supporter typiquement de 2 à 4 passages satellite par jour.
STB-SOL-70	La station sol devra pouvoir être opérée depuis le CCC.

5.2.2.2. DUREE DE VIE

ID	Exigences
STB-SOL-93	La station sol 2 devra être capable d'être opérée pendant l'entièreté de la mission à partir de la station appartenant à une autre institution que le Labex Univearths.

5.2.2.3. SURETE DE FONCTIONNEMENT

5.2.2.3.1. Fiabilité/Disponibilité/Facteur humain

ID	Exigences
STB-SOL-94	La disponibilité de la station devra être de 50%.
STB-SOL-73	Un opérateur devra pouvoir avoir la possibilité d'intervenir directement sur site pendant les heures ouvrables.

5.2.2.3.2. Maintenabilité

ID	Exigences
STB-SYS-32	Les différents logiciels gérant les différents sous-systèmes du segment sol et du segment vol doivent pouvoir être mis à jour à tout moment.
STB-SYS-33	Les éléments de la station sol doivent être facilement accessible et interchangeables en cas de panne.
STB-SYS-34	Le simulateur fonctionnel de station sol doit pouvoir être mis à jour.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 25

5.2.2.3.3. Sécurité

ID	Exigences
STB-SOL-74	Les stations sol ne doivent pas présenter de danger humain pour les personnes environnantes.

5.2.2.3.4. Ergonomie

ID	Exigences
STB-SOL-75	L'environnement de travail de l'opérateur (écran, transceiver, etc.) doit être aménagé pour faciliter son travail.
STB-SOL-76	Tous les documents nécessaires aux opérations ou à la maintenance de la station doivent être à portée de l'opérateur.

5.2.2.4. CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT

ID	Exigences
STB-SOL-95	La station sol 2 doit pouvoir être compatible avec son environnement radioélectrique.
STB-SOL-96	Les équipements extérieurs de la station sol 2 doivent pouvoir fonctionner avec les performances nominales sous les conditions suivantes : <ul style="list-style-type: none">- Température : de 0° à 40°- Humidité : ≥80%- Précipitations : 1678 mm/an de pluie- Vent : jusqu'à 120 km/h
STB-SOL-97	L'antenne doit pouvoir rallier sa position de survie avec des rafales de vent de 150 km/h.
STB-SOL-98	Les équipements en salle d'exploitation de la station sol 2 doivent pouvoir fonctionner avec les performances nominales sous les conditions suivantes : <ul style="list-style-type: none">- Température : de -15° à 35°- Variation de température : rampe maximal de 5°C/h- Humidité : ≤50%



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 26

5.2.2.5. ENERGIE

ID	Exigences
STB-SOL-99	Au niveau énergétique, la station sol 2 devra fonctionner pour : Tension : 220V +/- 10% Fréquence : 50 Hz +/- 2%
STB-SOL-82	Le site d'installation devra mettre à disposition de la station un réseau de communication jusqu'au CCC.

6. LE CENTRE DE MISSION (CM)

Le Centre de Mission (CM) est chargé d'assurer les fonctions suivantes :

- La préparation du plan de travail de la charge utile grâce au simulateur mission et l'émission vers le CCC
- L'acquisition des données
- Le traitement de la télémesure pour obtenir des produits de niveau L0
- Les chaînes de traitement au niveau L1 et Quick-Look
- La gestion, l'archivage et la diffusion des données
- Les services utilisateurs

Le CM s'interface avec le CCC et la station sol 2.

6.1. DEFINITIONS DES NIVEAUX DE PRODUITS

De manière générale les produits sont les suivants à retenir en tout ou partie selon le système :

- Produits de niveau L0
Ils sont obtenus à partir du prétraitement de la télémesure brute de la charge utile après reconstruction des données brutes (décommutation, décompression,...) et additions d'informations complémentaires nécessaires aux traitements ultérieurs, telles que des paramètres de calibration, éphémérides, etc.
- Produits de niveau L1
Il sont obtenus en appliquant des corrections instrumentales (radiométriques ou géométriques) sur les produits de niveau L0 et en rajoutant des informations complémentaires nécessaires aux traitements ultérieurs. Les données de niveau L1 se présentent généralement à pleine résolution spatio-temporelle. Il peut exister des sous niveaux (L1A, L1B, etc.).
- Produits Quick-look
Ces produits sont en général issus des produits de niveau L1 par un sous échantillonnage spatial et/ou temporel (faible résolution).
- Produits de niveau L2
Ce sont des données géophysiques (par exemple: la hauteur des vagues) exprimées avec la même résolution spatio-temporelle que les données de niveau L1 dont elles sont issues après application d'algorithmes d'inversion.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 27

- Produits de niveau L3
Ce sont des données géophysiques obtenues par recombinaison spatio-temporelle de données de niveau L2 ou de niveau L1 (la recombinaison peut se faire par calcul de moyennes, compositions, etc.).
- Produits de niveau L4
Ces produits résultent de l'application de modèles ou s'obtiennent par analyse scientifique des données de niveau inférieur pouvant provenir de différents capteurs. Les données de niveau L4 ne sont donc pas le résultat direct de mesures instrumentales mais dérivent de ces mesures.

6.2. ENVIRONNEMENT

6.2.1. LES ACTEURS

Les différents types d'acteurs qui sont identifiés pendant la phase d'exploitation sont de manière générale pour un système nanosatellite :

- **Des opérateurs** ayant des compétences en informatique, en instrumentation...
Ces opérateurs sont en charge du fonctionnement et de la maintenance du centre de mission.
- **L'équipe projet**, en général réduite dans cette phase, et qui est constituée principalement de compétences en instrumentation, étalonnage et sol.
Cette équipe est chargée d'assurer les évolutions et d'améliorer les fonctionnalités du centre de mission et la qualité des produits.
- **Les scientifiques** qui sont impliqués directement dans la mission et en particulier dans la validation scientifique des produits.
- **Les utilisateurs** définis en fonction de la politique de distribution des produits (communauté restreinte, ouverture à la communauté internationale,...). En général, ils ont accès aux données lorsque la validation des produits est prononcée.

6.2.2. LES INTERFACES EXTERNES

Les différents types d'interfaces externes du centre de mission de manière générale peuvent être (Cf. chapitre 8 « Interfaces »):

- **Le centre de commande contrôle** pour envoyer les télécommandes et recevoir des données d'aide à la préparation du plan de travail charge utile et aux traitements des données
- **Une ou plusieurs stations de réception VHF/UHF** pour récupérer la télémesure charge utile, l'envoi des plans d'utilisation des passages stations
- **Les laboratoires** impliqués dans la mission pour commander, recevoir les produits, récupérer des outils pour l'utilisation des données (documents, logiciels,...)



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 28

6.3. EXIGENCES FONCTIONNELLES

6.3.1. ACQUISITION ET EMISSION DE DONNEES

6.3.1.1. ACQUISITION DES DONNEES

ID	Exigences
STB-SOL-100	Le CM doit récupérer la télémessure brute des charges utiles (GPSTM et SCITM) à partir de la station sol 2. Pour rappel, le GPSTM et le SCITM contiennent les données scientifiques et les données de fonctionnement de la charge utile.
STB-SOL-101	Le CM doit récupérer les données de contrôle des stations de réception (état des stations, compte rendus de passages,...).
STB-SOL-102	Le CM doit récupérer les données nécessaires à la préparation du plan de travail de la charge utile provenant du CCC (acquittement des TC CU, configuration satellite, créneaux d'indisponibilité satellite, créneaux de disponibilités stations, capacité d'enregistrement des données).
STB-SOL-103	Le CM doit récupérer des données d'aide à la fabrication des produits (restitution d'orbite, restitution d'attitude, datation, données de servitude) provenant du CCC.
STB-SOL-104	Le CM doit récupérer des données exogènes (température/pression dans l'atmosphère, quantité d'ozone, catalogues d'étoiles,...) qui sont principalement utilisées dans les chaînes de traitement et distribuées par des centres spécialisés.
STB-SOL-105	Le CM doit récupérer des données techniques de configuration de la charge utile (coefficients de calibration, configuration instrument ...). Ces paramètres doivent être fournis avant le lancement par l'équipe projet et pourront être mis à jour pendant la durée de la mission.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 29

6.3.1.2. EMISSION DES DONNEES

ID	Exigences
STB-SOL-106	Le CM doit émettre un plan de travail à destination du CCC.
STB-SOL-107	Le CM doit élaborer les produits de niveau L0 à partir du prétraitement de la télémessure brute des charges utiles (GPSTM et SCITM)
STB-SOL-108	Le CM doit diffuser les produits de niveau L0.
STB-SOL-109	La mise à disposition des utilisateurs (L1, Quick-look, L2, L3,...) doit être comprise comme l'accès aux produits à travers des réseaux télématiques.
STB-SOL-110	Le CM doit diffuser des données d'aide à l'utilisation des produits. Il peut s'agir de documents de description des produits (format, algorithmes ...), des publications scientifiques, de logiciels permettant l'accès aux paramètres contenus dans les produits (routine de lecture des formats, de visualisation ...).
STB-SOL-111	Le CM doit émettre les télécommandes charge utile à destination : <ul style="list-style-type: none">- du centre de commande contrôle pour envoi vers le satellite.- du banc charge utile pour test et validation avant envoi vers le centre de commande contrôle.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 30

6.3.2. LA CHAÎNE DE TRAITEMENT DE NIVEAU L0

ID	Exigences
STB-SOL-112	<p>La chaîne de traitement de niveau L0 consiste à :</p> <ul style="list-style-type: none">- Synchroniser les formats TM (retrouver les mots de synchro situés en tête de formats)- Reconstituer des séquences homogènes de formats TM- Décoder les formats (codes correcteurs d'erreurs)- Décompresser les données- Décommuter et réorganiser les données- Reconstituer la datation des mesures via des informations provenant du CCC- Localiser les mesures via des informations provenant du CCC
STB-SOL-113	<p>A la fin de ces traitements, les produits L0 sont constitués et contiennent des données auxiliaires qui permettront de pouvoir fabriquer des produits de niveaux supérieurs. Elles seront constituées de données issues :</p> <ul style="list-style-type: none">- De la télémétrie (données auxiliaires contenues dans les formats télémétrie).- Du traitement de niveau 0 (anomalies rencontrées, datation, localisation ...).- Du CM (coefficients de calibration, configuration instrument ...).- Des mesures brutes (radiométrie, photométrie, spectres,...).



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 31

6.3.3. LES CHAINES DE TRAITEMENTS DE NIVEAU L1 ET « QUICK-LOOK »

ID	Exigences
STB-SOL-114	<p>La chaîne de traitement de niveau L1 a pour but de :</p> <ul style="list-style-type: none">- Fournir des données physiques (passage d'un compte numérique à une grandeur physique : luminance, réflectance, intensité lumineuse,...)- Corriger des défauts apportés par l'instrument, le nanosatellite,... que les corrections sont appliquées sur les données L0.
STB-SOL-115	<p>L'utilisation des données de L1 dans les traitements de niveaux supérieurs ne nécessite pas la connaissance des instruments ou de tout autre élément du système.</p>
STB-SOL-116	<p>La chaîne de traitement « Quick-look » doit associer à la chaîne de niveau L1 de fournir des extraits des produits de niveau L1 pour que les utilisateurs :</p> <ul style="list-style-type: none">- Un sous échantillonnage des données sur la même période ou sur une période supérieure à celle du produit de niveau L1.- Les données pleine résolution mais sur une période réduite.



6.3.4. LES CHAINES DE TRAITEMENTS SCIENTIFIQUES (L2, L3,...)

Ces chaînes de traitements sont spécifiques des paramètres physiques que les scientifiques veulent restituer à partir des mesures instrumentales. Il est donc impossible de définir de manière générique une chaîne de traitement scientifique.

ID	Exigences
STB-SOL-117	La chaîne de traitement scientifique doit : <ul style="list-style-type: none">- utiliser en entrée des données de niveau L, des données exogènes voire d'autres.- fournir en sortie des données de niveau L+1.- être constituée par des enchaînements d'algorithmes plus ou moins complexes.
STB-SOL-118	Dans une première phase, la validation des algorithmes doit se faire à partir de données simulées, de données issues de modèles d'instruments aéroportés ou de données de capteurs.
STB-SOL-119	Dans une deuxième phase : <ul style="list-style-type: none">- les algorithmes doivent être recodés afin d'être rendus plus robustes et compatibles d'une utilisation opérationnelle- les algorithmes doivent être intégrés dans les chaînes de traitement opérationnelles- les chaînes puissent fonctionner de manière autonome (sans l'environnement du CM) sur d'autres moyens (dans les labos)
STB-SOL-120	Les chaînes de niveau L4 doivent assimiler en entrée des données provenant d'instruments différents (appartenant à un même satellite ou à plusieurs satellites).

6.3.5. LES SERVICES UTILISATEURS

Les services utilisateurs sont de quatre types :

- Des services d'informations
- Des services d'accès aux données
- Des services d'accès aux traitements
- Des services généraux



6.3.5.1. LES SERVICES D'INFORMATIONS

Les services d'informations doivent être à accès libre. Ils contribuent à la promotion de la mission et à la valorisation des données.

ID	Exigences
STB-SOL-121	<p>Les différents types de rubriques que l'on devra pouvoir trouver par rapport aux services d'informations sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les nouvelles liées au projet et aux événements scientifiques - Les objectifs de la mission - Les objectifs scientifiques - La description du système - La distribution des produits - Les résultats scientifiques - Une liste de publications - Des galeries présentant des exemples de produits

6.3.5.2. LES SERVICES D'ACCES AUX DONNEES

ID	Exigences
STB-SOL-122	Les services d'accès aux données doivent permettre aux utilisateurs de consulter le catalogue des produits
STB-SOL-123	Les services d'accès aux données doivent permettre aux utilisateurs de consulter des « Quick-Look » de produits afin de permettre à l'utilisateur de mieux orienter son choix

6.3.5.3. LES SERVICES D'ACCES AUX TRAITEMENTS

ID	Exigences
STB-SOL-124	Les services d'accès aux traitements doivent être exclusivement à accès contrôlé. Ils seront réservés aux scientifiques impliqués dans la mission.
STB-SOL-125	Les services d'accès aux traitements doivent permettre aux scientifiques impliqués dans la mission de pouvoir simuler un plan de travail charge utile (sans avoir la possibilité de générer les TC associées)



STB-SOL-126	Les services d'accès aux traitements doivent permettre aux scientifiques impliqués dans la mission de pouvoir activer des traitements (« Quick-Look », L1) avec des possibilités de paramétrages
-------------	--

6.3.5.4. LES SERVICES GENERAUX

ID	Exigences
STB-SOL-127	Les services généraux doivent fournir aux utilisateurs l'accès à la documentation projet (à accès contrôlé)
STB-SOL-128	Les services généraux doivent fournir aux utilisateurs une liste d'adresse de personnes à contacter

6.3.6. LA GESTION ET L'ARCHIVAGE DES DONNEES

ID	Exigences
STB-SOL-129	Les produits (L0, L1, « Quick-Look ») doivent être gérés et archivés pendant 10 ans après la fin de vie du nanosatellite.
STB-SOL-130	Les paramètres du système doivent être gérés et archivés. Il s'agit de paramètres de calibration, d'initialisation des algorithmes, de configuration de la charge utile, du satellite ... Ces paramètres évoluent pendant la durée de mission ce qui nécessite une gestion des différentes versions.
STB-SOL-131	Les commandes des utilisateurs doivent être gérées et archivées.

6.3.7. LA PREPARATION DU PLAN DE TRAVAIL DE LA CHARGE UTILE

ID	Exigences
STB-SOL-132	La préparation du plan de travail doit prendre en compte l'énergie disponible à bord du satellite.
STB-SOL-133	La préparation du plan de travail doit prendre en compte les limitations liaison bord/sol pour le transfert de la télémétrie : <ul style="list-style-type: none"> - Volume TM en moyenne/passage Paris : 362.2ko - Volume TM en moyenne/passage Hanoï : 399.6ko - Volume TM en moyenne/passage Paris et Hanoï : 2.6Mo par jour
STB-SOL-134	La préparation du plan de travail doit prendre en compte les caractéristiques orbitales de IGOSat.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 35

6.3.8. LA GENERATION DES TELECOMMANDES CU

La génération des télécommandes CU doit transformer le plan de travail défini, en télécommandes exécutables par la charge utile ou les instruments.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 36

6.3.8.1. L'EXPERTISE QUALITE DE LA MESURE INSTRUMENTALE

ID	Exigences
STB-SOL-135	<p>Pendant la phase de recette en vol, cette fonction doit permettre aux experts instruments de calibrer les mesures. Pour réaliser la calibration l'expert doit avoir des outils lui permettant de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Traiter les données brutes (L0) en données calibrées (L1), en utilisant, soit les algorithmes de calibration de référence (ceux de la chaîne de traitement opérationnel de L1) soit des variantes par modification de certains paramètres - Appliquer des traitements spécifiques sur des données brutes, représentant soit des mesures réelles soit des mesures de calibration réaliser à bord, afin de vérifier et de valider le fonctionnement de l'instrument (calcul d'un courant d'obscurité, calcul d'un offset,...) - Visualiser les données issues de ces traitements, les comparer avec des données de référence - Générer des coefficients de calibration qui seront fournis à la chaîne de traitement de L1 et/ou pour téléchargement afin de configurer les instruments à bord du satellite
STB-SOL-136	<p>Pendant les autres phases, cette fonction doit permettre de faire un suivi de la qualité des mesures instrumentales. Pour cela l'expert doit avoir à sa disposition des outils lui permettant de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vérifier la dérive de certains paramètres instrumentaux pouvant influencer sur la calibration (vieillessement de la réponse de détecteurs, de filtres,...) - Demander régulièrement des mesures spécifiques (mesures sur corps noir, sur site connu, sur des sources bord de référence,..) afin de pouvoir suivre l'évolution des caractéristiques instrumentales. - Comparer régulièrement des mesures instrumentales avec des mesures de référence, - Régénérer éventuellement des coefficients de calibration (idem phase de recette en vol)
STB-SOL-137	<p>Les outils ne nécessitent pas des ressources informatiques supérieures à celles nécessaires pour une chaîne de traitement de L1. Par contre une grande souplesse d'utilisation et de mise à jour, de rajout de ces outils est nécessaire.</p>



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 37

6.3.8.2. L'EXPERTISE QUALITE SCIENTIFIQUE

ID	Exigences
STB-SOL-138	<p>Les experts doivent pouvoir activer les chaînes de traitements scientifiques en parallèle des traitements opérationnels en choisissant des options de lancement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - données d'entrées (une portion de produit, un produit, « L » produits,...) - paramètres de configuration des algorithmes scientifiques - traces des différents traitements effectués - formats des données de sortie (peuvent être différents des formats de diffusion aux utilisateurs)
STB-SOL-139	<p>Les experts doivent pouvoir extraire des produits certains paramètres, les visualiser, les comparer à d'autres paramètres issus d'autres produits ou de campagnes de mesures.</p>

6.4. EXIGENCES DE DIMENSIONNEMENT TECHNIQUE

ID	Exigences
STB-SOL-140	<p>Le volume de données à archiver peut être estimé de la façon suivante :</p> <p>Volume L0 : 2.6Mo par jour</p> <p>Volume L1 : 5.2Mo par jour</p> <p>Volume Quick-look : de 26ko à 2.6Mo par jour</p> <p>Volume L2 : 260ko</p> <p>Volume L3 : 26ko</p> <p>2ème version de produits : de 5.5Mo à 8.1Mo par jour</p> <p>Majoration due à la structure des produits (entête, données auxiliaires,...) est négligeable</p> <p>Volume max archive : 20.8Mo par jour</p>
STB-SOL-141	<p>La mise en archive et l'extraction de l'archive des produits ne doivent pas nécessiter d'intervention opérateur.</p>
STB-SOL-142	<p>Les supports d'archivage devront avoir des taux d'erreur de bits inférieur à 10-15 sur une période d'environ 5 ans.</p>



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 38

6.4.1. L'ACCES AUX PRODUITS PAR LES UTILISATEURS

ID	Exigences
STB-SOL-143	Les utilisateurs pourront commander les produits par transfert de fichiers par les réseaux publics.

6.4.2. PUISSANCE DE TRAITEMENT

ID	Exigences
STB-SOL-144	<p>Pour les chaînes de traitements (L0, L1, L2,...), en une journée ouvrée (environ 8 heures) la puissance de traitement doit être telle qu'au minimum 5 journées de données d'entrée doivent pouvoir être traitées (à tous les niveaux) et les résultats archivés. Ce chiffre 5 se décline de la façon suivante :</p> <ul style="list-style-type: none">- la journée de données reçue- deux journées à retraiter (par exemple pour cause d'évolutions des algorithmes ou de la calibration)- deux journées à rattraper (par exemples : non fonctionnement du contre les week-end, retard pris pour des problèmes de fonctionnement,...)
STB-SOL-145	Pour les chaînes de traitements (L0, L1, L2,...), la possibilité de faire fonctionner les chaînes de traitement en dehors des heures ouvrées mais sans présence opérateurs pour augmenter les capacités de traitement, doit être prise en compte (automatisation maximum des traitements).
STB-SOL-146	Les autres traitements (expertise qualité instrument, programmation de la charge utile, acquisition des données, distribution, services utilisateurs...) doivent pouvoir s'exécuter pendant les heures ouvrées sans occasionner des baisses de performances des chaînes de traitements.

6.4.3. COMMUNICATIONS

Lorsque la télémétrie ou les produits d'entrées sont rapatriés par liaison informatique.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 39

ID	Exigences
STB-SOL-147	Les temps de transfert d'une journée de données ne devra pas dépasser 1 heure afin de garantir la spontanéité de l'envoi d'alerte aux opérateurs.
STB-SOL-148	Les transferts devront pouvoir se faire de manière complètement automatique (pas d'intervention opérateur) en fonction de la disponibilité des données.

6.5. EXIGENCES OPERATIONNELLES

6.5.1. LES DIFFERENTES PHASES D'EXPLOITATION

Après le lancement du nanosatellite, différentes phases d'exploitation du CM se succèdent présentant chacune des contraintes de fonctionnement opérationnel.

- La phase de recette vol

Cette phase doit être la plus courte possible, elle débute après le lancement et dure environ 1 mois.

Elle doit permettre de valider le fonctionnement opérationnel du nanosatellite et de sa charge utile. Cette phase nécessite une mise en œuvre souple de l'ensemble des outils permettant d'assurer la recette en vol de la charge utile.

- La phase de validation scientifique

Cette phase fait suite à la phase de recette en vol et doit permettre aux scientifiques impliqués dans la mission (PIs, CoIs,...) de valider les produits (L2, L3,...). Elle ne doit pas durer trop longtemps (2 à 3 mois) car elle conditionne le début de la distribution et de l'utilisation des données par la communauté scientifique.

La phase d'exploitation opérationnelle

Cette phase s'enchaîne logiquement après la fin de la validation scientifique. On peut considérer que c'est la phase de fonctionnement nominale du CM qui va durer jusqu'à la fin de vie du nanosatellite.

La principale contrainte à prendre en compte dans cette phase est liée aux évolutions des algorithmes scientifiques ou à la calibration des instruments.

- La phase de distribution de produits validés

Cette phase débute lorsque le satellite ne fonctionne plus.

Toutes les fonctions du CM liées au fonctionnement de la charge utile sont inactives (programmation des instruments, traitement des LO, suivi qualité des mesures instrument,...). Pour les autres fonctions qui concernent la fabrication des produits et leur distribution (services utilisateurs, service d'expertise.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 40

ID	Exigences
STB-SOL-149	La phase de recette vol doit être la plus courte possible, elle débute après le lancement et durera au maximum 1 mois.
STB-SOL-150	La phase de recette vol doit permettre de valider le fonctionnement opérationnel du nanosatellite et de sa charge utile et durera au minimum 11 mois.
STB-SOL-151	La phase de recette vol doit permettre une mise en œuvre souple de l'ensemble des outils permettant d'assurer la recette en vol de la charge utile.
STB-SOL-152	La phase de recette vol doit pouvoir calibrer les instruments. Ceci nécessite de mettre à la disposition des services d'expertise instrument, et le plus rapidement possible, les premières données afin de vérifier la qualité des mesures et de déterminer les corrections à appliquer en vol et/ou au sol pour obtenir des produits L1 calibrés (qui sont en général les produits de base pour les traitements supérieurs).
STB-SOL-153	La phase de recette vol doit pouvoir fabriquer des produits de L1 (voire de niveau supérieur) pour validation et/ou « promotion » des produits.
STB-SOL-154	Dans la phase de recette vol, le CM doit présenter une grande souplesse (par exemple : plusieurs retraitements successifs d'un même lot de mesures (une orbite) avec de nouveaux paramètres ou de nouvelles versions de logiciels alors que l'on continue à traiter le flot de télémétrie journalier).
STB-SOL-155	Il faut rajouter que certaines anomalies de fonctionnement du satellite rencontrées pendant la durée de la mission, peuvent amener à reconduire tout ou partie des opérations de recette en vol.
STB-SOL-156	La phase d'exploitation opérationnelle doit refaire une phase de validation des produits (en général moins longue que la première) et la plus part du temps de retraiter l'ensemble des données tout en continuant d'assurer le traitement du flot quotidien de données reçu au sol.
STB-SOL-157	Dans la phase de distribution de produits validés, le CM doit continuer à fonctionner pour la durée de vie pour laquelle il a été conçu avec une réduction des opérations

6.5.2. SURETE DE FONCTIONNEMENT

6.5.2.1. DISPONIBILITE/FACTEUR HUMAIN

ID	Exigences
STB-SOL-158	Le nombre d'exploitants doit être minimum. Cependant la définition des postes d'exploitants doit prendre en compte toutes les activités à assurer pour le



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 41

	<p>maintien en condition opérationnelle du CM :</p> <ul style="list-style-type: none"> - opérations de conduite d'exploitation (lancement de procédures, surveillances, édition de synthèses, statistiques, production de media,...), - activités de maintenance correctrice et évolutive des systèmes informatiques (matériel et logiciel), - activités de gestion de configuration des logiciels, des matériels, - activités informatiques (experts en matériel, en logiciel de base, en SGBD, en communications, en sécurité informatique...), - activités de spécialistes mission (expert instrument, programmation instrument, expert scientifique,...), - activités de services utilisateurs (responsabilité éditoriale d'un serveur Web, interface avec les utilisateurs,...).
--	---

6.5.2.2. SECURITE

ID	Exigences
STB-SOL-159	Le CM doit assurer un contrôle des accès informatiques suffisant afin d'éviter les problèmes d'intrusion informatique.
STB-SOL-160	Les locaux spécifiques au CM doivent être protégés contre l'intrusion et organisés de manière à en limiter l'accès aux personnes autorisées.
STB-SOL-161	Les accès externes ne doivent pas permettre d'atteindre d'autres moyens informatiques que ceux dédiés au CM.
STB-SOL-162	Certains services seront à accès contrôlé (nom utilisateur et mot de passe). La cellule opération aura en charge la gestion des utilisateurs (déclaration, suppression, création des mots de passe,...).

6.5.2.3. MAINTENABILITE



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 42

ID	Exigences
STB-SYS-32	Les différents logiciels gérant les différents sous-systèmes du segment sol et du segment vol doivent pouvoir être mis à jour à tout moment.
STB-SOL-43	Il faut que le logiciel soit portable, et qu'il ait une fonctionnalité de traçabilité de TC.

6.5.2.4. ERGONOMIE

ID	Exigences
STB-SOL-47	Les interfaces homme-machine doivent avoir une documentation.
STB-SOL-48	Le CCC doit permettre l'affichage d'une page synthétique de l'état du nanosatellite et des moyens sol (station sol 1 et station sol 2).

6.5.3. DUREE DE VIE

ID	Exigences
STB-SOL-163	La durée de vie du centre mission doit être 1an au minimum.

6.6. EXIGENCES DE CONCEPTION ET DE DEVELOPPEMENT

6.6.1. EXIGENCES CONCERNANT LES LOGICIELS

ID	Exigences
STB-SOL-164	L'utilisation d'outils ou de langages permettant de minimiser les développements, voire de ne pas en faire, et de minimiser les investissements en terme de coûts et de compétences dans le cadre de l'exploitation, sera recherchée.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 43

7. INTERFACES

7.1. INTERFACES STATION SOL – CCC

ID	Exigences
STB-SOL-165	Les exigences concernant les interfaces entre la station sol 1 et le CCC sont données dans le document d'interface applicable Figure 1.
STB-SOL-166	<p>Le CCC doit envoyer à la station sol :</p> <p>Les télécommandes (TC)</p> <p>La télégestion de la station sol s'effectue au travers de Remote Command (RC). Elle permet la mise en configuration de la station avant un passage (sélection du rythme digital de la TM, montée porteuse ...)</p> <p>Les données de pointage antenne sous forme d'un fichier de points "site, azimut, doppler" par passage</p>
STB-SOL-167	<p>La station sol doit envoyer au CCC :</p> <p>La télémessure de servitude</p> <p>L'acquiescement bord de réception de TC</p> <p>Les données de télésurveillance station émise pendant et hors passage à une fréquence fixe. Elles contiennent des informations sur le fonctionnement des équipements de la station</p> <p>Les données de mesures doppler et mesures de distances (Ranging) effectuées par la station durant les passages</p> <p>Le journal de bord de la station</p>

7.2. INTERFACES STATION SOL – CENTRE DE MISSION

ID	Exigences
STB-SOL-168	La station sol doit envoyer au CM de la télémessure charge utile ou instrument.



Réf. : SOL-STB

Edition : 4 Date : 27/05/16

Révision : 3 Date : 27/05/16

Page : 44

7.3. INTERFACES CCC – CENTRE DE MISSION

ID	Exigences
STB-SOL-169	<p>Le CCC doit fournir au CM de la liste des événements liés à l'orbite. Ces données sont nécessaires à la programmation de la mission.</p> <p>Evénements "orbite"</p> <p>Passages aux points particuliers de l'orbite (nœuds ascendants et descendants)</p> <p>Heure des transitions jour/nuit</p> <p>Evénements station</p> <p>Evénements "satellite"</p> <p>Date d'exécution des TC SCAO</p> <p>Evénements "mission"</p> <p>Date de début et fin d'interdiction de programmation</p>
STB-SOL-170	le CCC doit fournir au CM des paramètres de l'orbite du satellite.
STB-SOL-171	le CCC doit fournir au CM des fichiers de programmation des passages du nanosatellite en visibilité des stations.
STB-SOL-172	le CCC doit fournir au CM un fichier d'acquiescement retraçant les TC charge utile envoyées aux satellites.
STB-SOL-173	le CCC doit fournir au CM des données de restitution d'attitude.
STB-SOL-174	le CCC doit fournir au CM des fournitures de télémessure systématique
STB-SOL-175	Le CM doit fournir au CCC des télécommandes à télécharger au satellite pour la programmation de la charge utile.

7.4. INTERFACES CENTRE DE MISSION – UTILISATEURS

ID	Exigences
STB-SOL-176	Le CM doit fournir les produits aux utilisateurs dès les utilisateurs peuvent accéder aux produits à travers un serveur web grâce à des critères de sélection de ces produits (niveau de produit, date...).

