

 	<b>Réf. : IGOSAT-XX-X-XXX-XXXXX</b> <b>Edition : 1      Date : 12-05-15</b> <b>Révision : 0      Date :</b>
  	 Ionospheric and Gamma-ray Observations Satellite

**Conception de la station sol**

**Résumé**

**Ce rapport présente les travaux réalisés dans le cadre de la conception de la station sol du projet IGOSAT. Une étude de la suite logicielle de gestion de la station sol Ham Radio Deluxe a été réalisée et le transceiver a été acheté. Le LNA a été prédimensionné suivant la plage dynamique du transceiver. Plusieurs manuels d'utilisateur ont été rédigés afin de faciliter l'utilisation de la suite logicielle et un protocole d'installation temporaire de la station sol sur le toit du bâtiment Condorcet est proposé.**

	Date	Signature
Préparé par :  Romain LEGER Tanguy HELLIOT Kévin THEOPHILE Komel JAMAL Geoffrey BONNEVILLE	12 mai 2015	
Approuvé par :		
Pour application :		



Ionospheric  
gamma-ray  
Observations  
Satellite

and

Réf. : IGOSAT-XX-X-XXX-XXXXX

Edition : 1 Date : 12-05-15

Révision : 0 Date :

Page :

2

### HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Ed.	Rev.	Date	Modifications	Visa
1	0	16/04/2015	Création du document	

### DIFFUSION

Liste de diffusion	Restreint	Non restreint
Équipe IGOSAT		Non restreint



## Table des matières

<b>1. PRÉSENTATION DU PROJET .....</b>	<b>4</b>
1.1. L'ÉQUIPE STATION SOL.....	4
1.1.1. <i>L'organigramme de l'équipe .....</i>	<i>4</i>
1.1.2. <i>Organisation du travail .....</i>	<i>4</i>
1.2. NOS OBJECTIFS.....	5
<b>2. LES PRISES DE CONTACT .....</b>	<b>6</b>
<b>3. DESCRIPTION DES TRAVAUX RÉALISÉS .....</b>	<b>7</b>
3.1. SÉLECTION DU TRANSCEIVER .....	7
3.2. DIMENSIONNEMENT DU LNA .....	7
3.3. LE TERMINAL NODE CONTROLLER EXTERNE .....	9
3.4. APPROCHE SYSTÉMIQUE DE LA STATION SOL .....	10
3.5. LA SUITE HAM RADIO DELUXE.....	11
3.6. LA DEMANDE OFFICIELLE POUR L'INSTALLATION.....	16
3.7. LES TESTS DE RÉCEPTION .....	17
<b>4. NOUVEAUX OBJECTIFS .....</b>	<b>17</b>
4.1. PRISE EN MAIN DES ÉQUIPEMENTS.....	17
4.1.1. <i>Comprendre le TS-2000.....</i>	<i>17</i>
4.1.2. <i>Comprendre la modulation/Démodulation GMSK.....</i>	<i>18</i>
4.2. TESTER LA RÉCEPTION DE DONNÉES .....	18
4.3. POURSUIVRE LA PROCÉDURE DE DEMANDE D'INSTALLATION DE LA STATION SOL .....	18
<b>5. CONCLUSIONS.....</b>	<b>18</b>
<b>6. ANNEXES .....</b>	<b>20</b>
6.1. GUIDES D'UTILISATEUR .....	20
6.1.1. <i>Utilisation de la clé Noolec R820T (puce RTL2832U) avec HRD .....</i>	<i>20</i>
6.1.2. <i>Mettre à jour la localisation de la station dans HRD .....</i>	<i>21</i>
6.1.3. <i>Commander le boîtier de commande via Rotator (HRD).....</i>	<i>22</i>
6.1.4. <i>Mettre en place un tracking sur un satellite .....</i>	<i>22</i>
6.2. PROTOCOLE À SUIVRE POUR UNE INSTALLATION TEMPORAIRE SUR LE TOIT (SANS TS2000).....	24
6.3. LISTE DES ACRONYMES ET SIGLES UTILISÉS .....	26
6.4. LISTE D'ACHATS.....	27
6.5. BIBLIOGRAPHIE .....	28



## 1. PRÉSENTATION DU PROJET

Dans cette partie nous présentons le projet “Conception de la Station Sol”, l’équipe attachée à ce projet, son mode de fonctionnement, le déroulement du projet ainsi que les objectifs fixés.

### 1.1. L'ÉQUIPE STATION SOL

#### 1.1.1. L'ORGANIGRAMME DE L'ÉQUIPE

Notre équipe composée des étudiants en deuxième année à l'École d'Ingénieur Denis Diderot Tanguy Héliot, Komel Jamal, Kévin Théophile, Romain Léger et Geoffrey Bonneville était organisée comme suit :

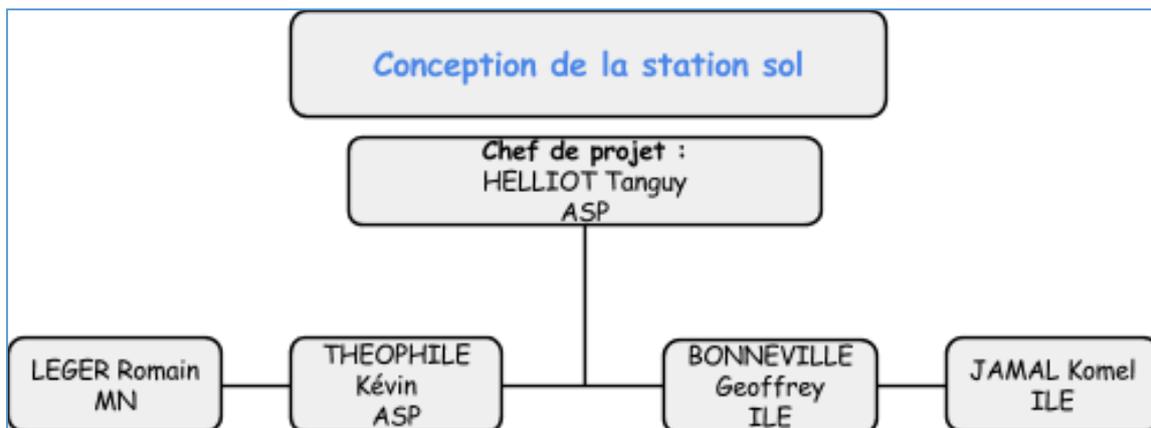


Figure 1 Organigramme de l'équipe Station Sol

Tanguy Héliot a été la personne la plus impliquée parmi les 5 membres de l'équipe depuis le lancement du projet IGOSat, il était le plus apte à occuper ce poste de chef de projet. Par la suite, chacun des membres avait différentes capacités pour remplir les tâches fixées. Geoffrey Bonneville et Komel Jamal se sont concentrés sur les travaux concernant les logiciels, Romain Léger et Kévin Théophile ont beaucoup travaillé sur les recherches de matériels.

#### 1.1.2. ORGANISATION DU TRAVAIL

Chaque semaine en fin de séance nous discutons des tâches à effectuer pour la semaine suivante. Ces tâches étaient alors reportées dans un calendrier des tâches, et étaient assignées à un ou plusieurs membres de l'équipe, dont voici un exemple :

<b>27</b> vendredi		<b>27 MARS 2015</b>
	Contacter Hubert pour communication Montpellier : obtenir contact direct avec membre de l'équipe	Romain Komel
	Faire rapport des tests sur le toit avec Michel Piat et déduire la dynamic range du Ts2000	Tanguy
	Ecrire une note propre du dimensionnement du LNA pour le lien descendant.	Tanguy
	Etudier le lien montant : Lire documentation sur la carte de telecommunication à bord du satellite	Kévin Tanguy
	Déduire la puissance à envoyer par l'antenne (utiliser loi de Friess)	Kévin Tanguy
	Discuter le mode de fixation de l'antenne (Kévin) et voir avec les détaillant Triax (Romain) pour passer commande.	Geoffrey Romain Kévin
	Contacter le fournisseur Yaesu pour savoir à propos des pièces manquantes	Geoffrey

Figure 2 Exemple de calendrier des tâches

Chaque début de séance les membres de l'équipe présentaient tour à tour les résultats des travaux effectués individuellement. Cela permettait à chacun de voir le projet dans sa globalité tout en ayant une spécialisation dans les tâches.

En fin de séance nous rassemblions les travaux effectués au cours de la journée ainsi que les éléments importants. Cela a permis de garder un historique des problèmes rencontrés et de mettre en relation l'avancement du jour avec objectifs fixés la semaine précédente :

13/02/2015	09:30:00-10:00	Description de la modulation GMSK + discussion sur le radioamateur
13/02/2015	09:30:00-10:00	Test de l'ordinateur portable LapTop avec logiciel Nova : protégé par mot de passe
13/02/2015	10:30:00-11:00	Discussion avec Marco au sujet d'une mise en place définitive de l'antenne sur le toit :
13/02/2015	11:30:00-12:00	Il va se renseigner auprès de Michel Piat des possibilités
13/02/2015	12:00:00-12:30	Problème à résoudre : envoyer les données depuis TS2000 vers l'ordinateur : par quel moyen ?
20/02/2015	09:30:00-10:00	Installation de la version d'essai Ham Radio Deluxe
20/02/2015	10:00:00-10:30	Premier bloc diagramme de la communication ordinateur-TNC-Modulateur-antenne
20/02/2015	10:30:00-11:00	Rencontre avec Nicolas Manzini : définition de nombreuses tâches à effectuer
20/02/2015	11:30:00-12:00	
20/02/2015	12:00:00-12:30	
27/02/2015	09:30:00-10:00	récupération des LNA potentiellement utilisables (UHF)
27/02/2015	10:00:00-10:30	Discussion avec Marco et Hubert du gnsk : possible ou non avec kenwood + HRD
27/02/2015	10:30:00-11:00	LNA actuel ne va pas car en VHF : or on recoit en UHF
27/02/2015	11:30:00-12:00	Récupération de LNA VHF utiles au lien descendant
27/02/2015	12:00:00-12:30	

Figure 3 Exemple des comptes rendus de séances

Entre chaque séance nous communiquons par mail et essentiellement de vive voix. Nous avons effectué quelques réunions entre deux séances afin d'avancer au mieux dans notre conception de la station sol. Nous nous sommes également retrouvés pendant les vacances d'avril afin d'effectuer quelques tests de réception sur le toit de Condorcet.

## 1.2. NOS OBJECTIFS

Afin de ne pas se perdre en cours de projet, nous avons défini plusieurs objectifs au début du projet que nous avons actualisé à mi-parcours.

Les objectifs au début du projet étaient les suivants :



- Étudier les différents transceivers existant et choisir celui qui équipera la station sol.
- Étudier un logiciel permettant de faire du tracking de satellite.
- Rencontrer les étudiants de STEP afin de voir avec eux l'avancement de leurs travaux.
- Définir un lieu pour installer la station sol
- Étudier la norme de modulation GMSK

À mi-parcours, nous avons définis de nouveaux objectifs, certains à court terme, d'autres à long terme.

- Voir à l'École polytechnique et aux Mines de Paris la configuration utilisée (Kenwood TS2000 + KAM-XL + HamLib + Gpredict)
- Commander le couple transceiver +TNC
- Commander la suite de logiciels (HRD ou HamLib + Gpredict)
- Faire un « Guide d'utilisateur » de la partie "commande d'antenne" du logiciel (si la commande à lieu rapidement)
- Avoir fait la demande pour l'installation définitive de l'antenne sur le toit de Lamarck
- Si le temps le permet : faire des tests de suivi de satellites et de réception de données avec les éléments commandés

## 2. LES PRISES DE CONTACT

Afin d'obtenir les réponses à nos questions nous avons pris contact avec plusieurs personnes et entreprises. Ces relations, utiles aux futures équipes responsables de la station sol, sont listées ci-dessous :

- Nous avons rencontré le président de l'association radioamateur AMSAT Francophone Gérard Auvray. Mr Auvray est également très actif sur deux projets étudiants de développement de nanosatellite : celui de l'École des Mines de Paris et celui de l'École Polytechnique.
- Nous avons obtenu les adresses mail de responsables et d'étudiants travaillant sur le projet Robusta-2 à Montpellier. Ce projet nous intéresse car leur station sol utilisera la même suite logicielle que celle du projet IGOSat, détaillée plus bas.
- Nous avons contacté deux constructeurs de matériel : l'entreprise Yaesu et l'entreprise Satenco. Yaesu est le fabricant des rotors utilisés pour le projet. Nous avons établi la communication dans le cadre du remplacement des câbles usagés entre les rotors et les antennes. L'entreprise Satenco propose du matériel de télécommunication. Elle propose également du matériel utile à l'installation définitive de la station sol (mat et équipements de fixation). Les références des câbles et des mats sont visibles dans la liste d'achats présentée en annexe.



### 3. DESCRIPTION DES TRAVAUX RÉALISÉS

Cette partie décrit les travaux réalisés entre le 6 février 2015 et le 12 mai 2015 par l'équipe station sol, en lien avec les objectifs fixés.

#### 3.1. SÉLECTION DU TRANSCIVER

Un transceiver (ou émetteur-récepteur) est un appareil radioamateur à la base d'une station sol. Cet équipement permet d'émettre et de recevoir des données via les antennes Yagi. De précédents travaux avaient ciblé le transceiver Kenwood TS2000. Nous avons comparé le TS2000 à d'autres transceivers.



Figure 4 TS-2000 de KENWOOD

Le transceiver que nous avons retenu avec le TS-2000 est l'IC-9100 de l'entreprise ICOM. Nous avons choisi ces modèles car ils sont tous les 2 capables de traiter la modulation GMSK. Après les avoir comparé et vu qu'ils étaient tous les 2 très pertinents, nous avons arrêté notre choix sur le TS-2000. D'abord, parce que les équipes de travail précédentes l'avaient également validé, mais surtout parce qu'il s'agit d'un appareil très utilisé dans le domaine du radioamateur. Son succès et les avis favorables trouvés sur internet nous prouvent qu'il s'agit d'un appareil fiable et de bonne qualité. De plus, d'autres projets étudiants comme celui de l'École des Mines de Paris utilisent le TS-2000. Il s'agit donc d'un appareil qualifié pour répondre à nos besoins d'autant que nous avons la possibilité de poser des questions à d'autres étudiants qui l'utilisent. Enfin M. Auvray connaît cet appareil et est disposé à nous aider en répondant à nos questions. La seule réserve que nous avons est le fait que le TS2000 ne puisse gérer à la fois l'effet Doppler et la modulation/démodulation GMSK. Ce point a été en partie réglé et est expliqué partie 2.4.

Le Kenwood TS2000 et son alimentation ont été commandés puis reçus le 24 avril 2015. Ces équipements sont dans la salle IGOSat.

#### 3.2. DIMENSIONNEMENT DU LNA

Le Low Noise Amplifier (LNA) est un dispositif à placer à la sortie de l'antenne de réception. Il permet d'amplifier le signal directement après réception pour éviter que les bruits apportés par le câblage jusqu'au transceiver ne deviennent trop importants par rapport au signal (diminution du rapport signal à bruit).



Pour dimensionner le LNA, nous avons besoin de connaître la puissance du signal reçue au niveau de l'antenne. Celle-ci a été calculée lors des travaux de Walid Jamal et Salima Arroub et vaut -121 dBm. Nous avons ensuite besoin de connaître les pertes dans le câble coaxial qui relie l'antenne à la station sol. Le type de câble définitif n'ayant pas encore été déterminé, nous prenons une plage de perte allant de 4 à 60 dBm pour 100m, en nous basant sur les données constructeurs. Nous avons également besoin de connaître la plage dynamique d'entrée du TS-2000. Cette plage correspond à la gamme de puissance pour laquelle le TS-2000 fonctionne correctement. Sous la limite basse (noise floor) le TS-2000 ne voit que du bruit et au-dessus de la limite haute il sature.

Le LNA doit être dimensionné de telle sorte que le signal en sortie du LNA soit proche de la limite supérieure dans des conditions optimales (i.e. satellite au zénith avec une atmosphère dégagée). Cela est nécessaire afin de ne pas saturer le transceiver dans le cas optimal et de continuer à recevoir du signal en cas de baisse de puissance imprévue au niveau de l'antenne.

Le noise floor est disponible dans la documentation du TS-2000 et vaut -140 dBm. La limite supérieure n'est pas communiquée par le constructeur. Nous avons cherché la plage dynamique du TS-2000 appelée le Block Dynamic Range (BDR). Celle-ci n'est pas fixe mais dépend de la présence ou non d'un préamplificateur (ici ce sera le LNA) et du frequency spacing. Le tableau suivant présente le BDR pour la fréquence 430.02 MHz, pour différentes valeurs de frequency spacing :

Band	Preamp	Frequency Spacing	BDR (dBm)
430.02 MHz	ON	5 kHz	93.2
430.02 MHz	OFF	20 kHz	122.7*
430.02 MHz	ON	20 kHz	114.7*
430.02 MHz	ON	50 kHz	124.5*

Le frequency spacing est l'écart entre la fréquence à laquelle le signal est réceptionné et la fréquence utilisée la plus proche (parasite). Dans le pire des cas, (i.e. avec un frequency spacing de 5 kHz), le Block Dynamic Range serait de -93.2 dBm.

La limite supérieure de la plage dynamique d'entrée du TS-2000 s'obtient en soustrayant le BDR au noise floor.

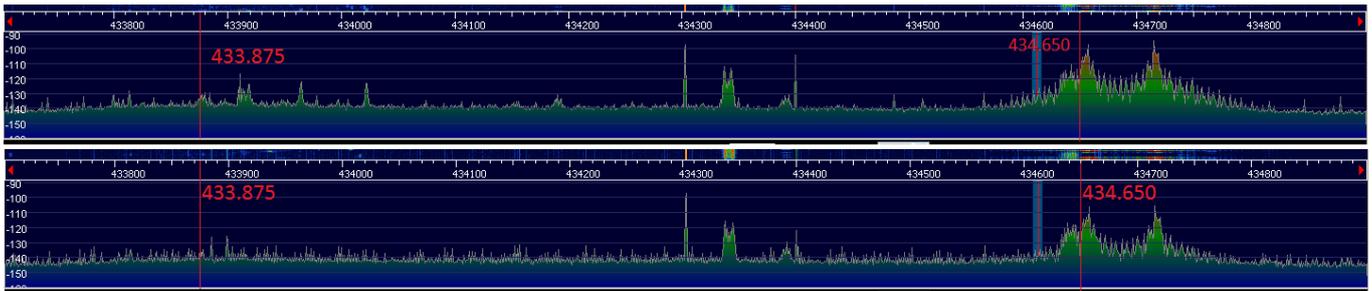
$$-140 - (-93.2) = -46.8 \text{ dBm}$$

Dans le pire des cas, la limite supérieure du TS-2000 est de -46.8 dBm. Il faudra donc dimensionner le LNA de façon à ce que le signal arrive au TS-2000 avec une puissance légèrement inférieure à -46.8 dBm en prenant en compte les pertes dans le câble coaxial qui sera choisi.

$$P_{LNA} = \text{Limite}_{Sup} - P_{Réception} - \text{Pertes}_{Câble}$$



Le 25 Mars 2015, nous avons effectué des tests afin de connaître le frequency spacing.



La gamme de fréquence que nous utilisons en UHF est 433.875MHz - 434.650MHz. Comme nous pouvons le voir, quelques fréquences sont déjà utilisées par d'autres infrastructures proches. Il faudra refaire un test juste avant d'installer définitivement l'antenne pour savoir si d'autres fréquences ne seront pas utilisées. Le frequency spacing pourra alors être déterminé lorsque la valeur exacte de la fréquence que nous utiliserons sera connue. Ce n'est qu'après avoir eu ces 2 informations que le LNA pourra définitivement être dimensionné.

Plusieurs LNA UHF sont disponibles pour le projet et sont situés dans la salle IGOSat.

### 3.3. LE TERMINAL NODE CONTROLLER EXTERNE

Le Terminal Node Controller (TNC) est un appareil qui permet la conversion de données numériques en signaux audio exploitables par le transceiver. Il met aussi en forme les données suivant le protocole AX-25, nécessaire à la communication radioamateur. Le Kenwood TS2000 comprend un TNC interne. Notons le fait qu'il est possible de ne pas utiliser le TNC en utilisant une carte son, à condition d'avoir procédé à l'interfaçage entre la carte son et le TS2000 (procédure expliquée dans la documentation du logiciel Ham Radio Deluxe).

Lors de notre rencontre avec Mr Auvray à l'École des Mines de Paris, nous avons appris qu'il est nécessaire d'utiliser un second TNC en plus de celui déjà présent dans le Kenwood TS2000. En effet, ce deuxième TNC externe serait exclusivement réservé au suivi doppler, tandis que celui du TS2000 serait utilisé pour la modulation-démodulation. Nous ne pouvons utiliser le même TNC pour ces deux tâches car il n'existe qu'un seul port de commande pour contrôler le TNC du TS2000. Il serait donc impossible de contrôler simultanément le suivi doppler et la modulation/démodulation.

Le TNC externe présélectionné est le Kamtronic KAM-XL. Néanmoins, dans un premier temps nous avons considéré que nous pouvions nous contenter du TNC interne du TS2000 pour effectuer les tests en réception.

### 3.4. APPROCHE SYSTÉMIQUE DE LA STATION SOL

Afin de comprendre le fonctionnement de la station sol dans son ensemble nous avons effectué un premier bilan de nos travaux en réalisant deux schémas.

Le premier schéma représente les sous-systèmes de tracking et d'émission/réception :

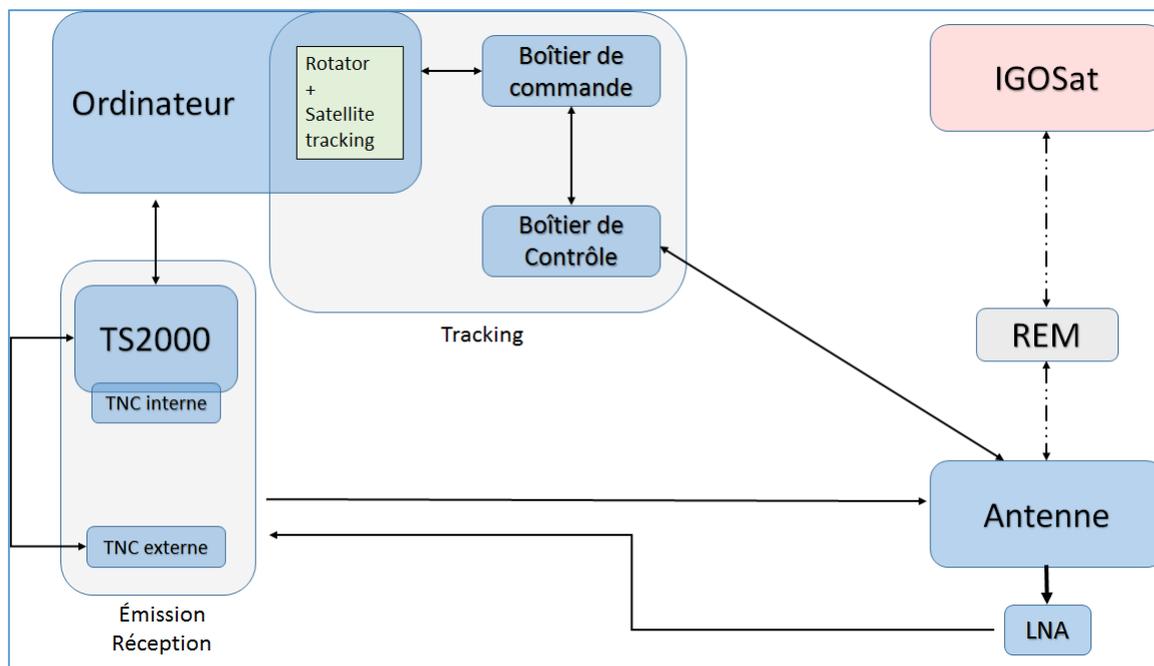


Figure 5 Sous-systèmes tracking et émission/réception

- Le système de tracking permet de contrôler les antennes et à terme de suivre le satellite de façon automatique. Il est composé du boîtier de commande, du boîtier de contrôle et des logiciels Rotator et Satellites Tracking de la suite logicielle Ham Radio Deluxe. Le fonctionnement de ce système est détaillé dans le rapport « Station sol pour IGOSat : tracking du satellite et évaluation de sites d'installation des antennes » rédigé par Charles Bitaud et Nicolas Manzini.
- Le système d'émission/réception est constitué du TS2000, de son TNC interne (et potentiellement du TNC externe) et du logiciel Digital Master 780 de la suite Ham Radio Deluxe. Une étude approfondie doit être mise en place pour ce sous-système car le logiciel Digital Master 780 est très complet et difficile à prendre en main. Cependant il est possible que ce logiciel ne nous soit pas utile car il semble fonctionner uniquement dans le cadre d'une utilisation transceiver-carte son, sans utiliser de TNC, ce qui ne nous concerne pas.

Remarque : la station sol du projet de nanosatellite actuellement en cours de développement à l'École des Mines de Paris utilise deux ordinateurs : un réservé au tracking et un réservé à l'émission/réception. Cela a pour but de faciliter l'utilisation de la station sol. Pour le moment, un seul



ordinateur est prévu pour la station sol du projet IGOSat, mais il sera possible de dédier un deuxième ordinateur pour l'émission/réception plus tard si besoin.

Le deuxième schéma détaille plus spécifiquement l'architecture de la station sol. Nous y avons représenté les câbles ainsi que les types de ports utilisés. Remarquons que l'ordinateur doit bénéficier d'au moins 2 ports série. Les câbles AWG actuellement disponibles sont endommagés et font partie de la liste d'achats que nous avons rédigé, visible en annexe.

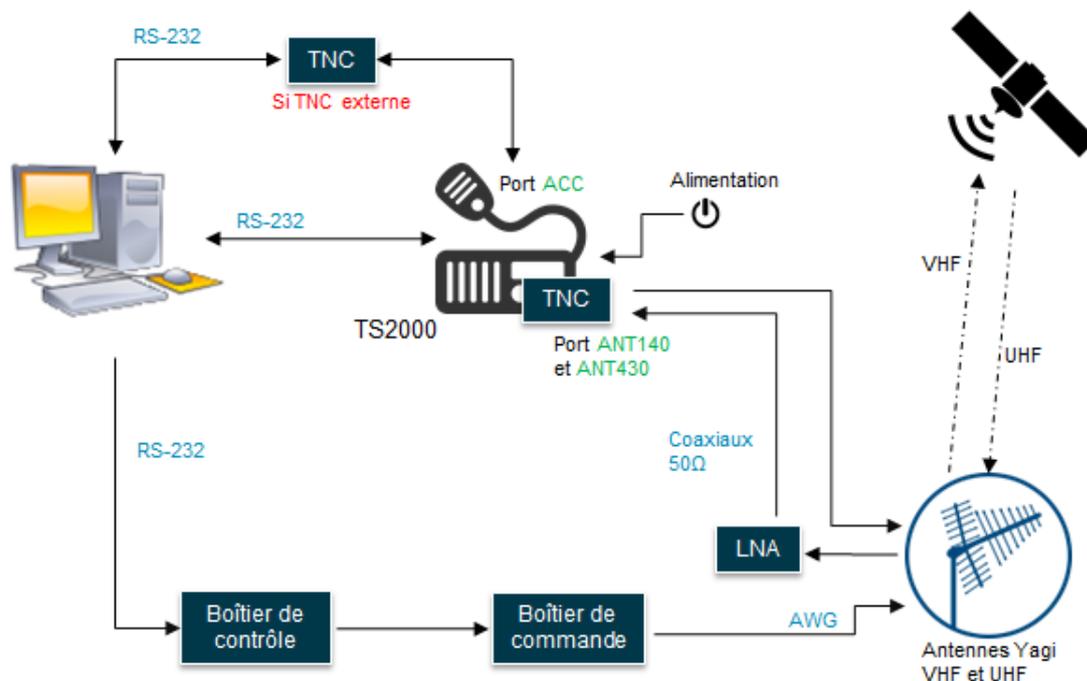


Figure 6 Schéma bilan de la station sol

### 3.5. LA SUITE HAM RADIO DELUXE

La station sol devra être automatisée par informatique. L'antenne doit par exemple constamment être positionnée en direction du satellite, et le suivre en continu lors de son transit. Différentes solutions logicielles ont été examinées pour réaliser cette automatisation. Le rapport des étudiants en STEP Charles Bitaud et Nicolas Manzini traitait du logiciel "Nova". Cependant ce logiciel n'est plus mis à jour depuis 2013. Il existe également d'autres logiciels libres, pouvant fonctionner sur GNU/Linux comme "Gpredict". En rassemblant les logiciels possibles, nous en sommes venus à comparer le logiciel "Ham Radio Deluxe" (HRD) aux autres. HRD a pour avantages d'être très répandu dans le monde des radioamateurs, d'avoir un développement très actif (la dernière version date du 2 avril 2015), et d'avoir un support technique. Surtout, et cela a été notre critère décisif, HRD nous offre la possibilité d'agrèger plusieurs logiciels en un seul. Au lieu d'avoir un logiciel pour le tracking, un autre pour le contrôle du transceiver, et d'un autre pour enregistrer les données, HRD rassemble tous ces logiciels en un seul. En ce qui concerne les points négatifs, HRD n'est compatible qu'avec Windows, et il faut s'acquitter d'une licence (peu chère, \$100). En outre, HRD est utilisé par d'autres projets de nanosatellites.



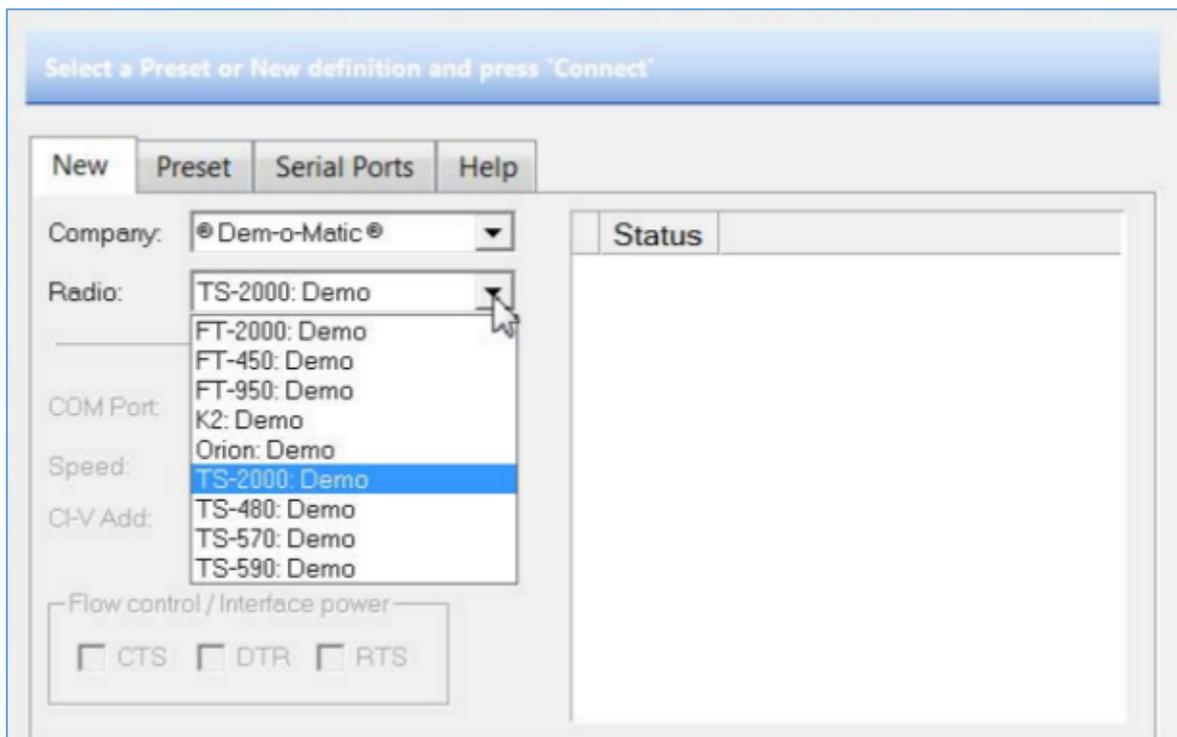
La suite HRD a été achetée et équipée désormais l'ordinateur de la station sol ainsi que l'ordinateur portable réservé au projet IGOSat.

La suite Ham Radio Deluxe est composée de 5 logiciels :

- Rig control: permet le contrôle de l'interface de HRD notamment le TS-2000 par TCP/IP
- Logbook : c'est un journal de bord avec fonctionnalités de sauvegarde et de récupération.
- Digital Master DM-780: fournit des modes numériques de la carte son utilisable avec le logbook.
- Satellite Tracking: permet de suivre plusieurs satellites, il est basé sur la carte Google Earth.
- Rotator Ham Radio Deluxe : offre un contrôle pour 15 modèles de rotor (dont ceux dont nous disposons).

Pour une première prise en main du logiciel il est conseillé de commencer par une démo:

programs > ham radio deluxe > dem-o-matic



Il est préférable de lancer une démo qui se rapproche le plus du matériel qui doit être utilisé. On privilégiera donc la configuration suivante :





Company : Dem-o-Matic

Radio : TS-2000 demo

Speed : faire attention à la vitesse (dans configuration menu), une communication radio à 4800 permet de supporter pratiquement toutes les radios. Cependant pour notre configuration, un speed à 19200 est préférable.

Select a Preset or New definition and press 'Connect'

New Preset Serial Ports Help

Company: Kerwood

Radio: TS-2000

COM Port: COM5

Speed: 19200

CI-V Add: 0-

Flow control / Interface power

CTS  DTR  RTS

Status

Connect  Always connect to this radio when starting HRD Rig Control.

Start HRD Rig Control in Full Screen mode

Auto Exit

HRD Digital Master

HRD Logbook

Entire HRD Suite

Auto Start

HRD Digital Master

HRD Logbook

HRD Rotator

HRD Satellite Track

Plus d'aide à l'utilisation de la suite logicielle HRD est proposée en annexe.

## RIG CONTROL

Le Rig control est le logiciel indispensable à savoir utiliser pour la réception des données. En effet, au lieu de manipuler le TS-2000, il est préférable de régler les paramètres sur l'interface proposé par



Ionospheric  
gamma-ray  
Observations  
Satellite

and

Réf. : IGOSAT-XX-X-XXX-XXXXX

Edition : 1 Date : 12-05-15

Révision : 0 Date :

Page :  
14

Rig Control, pour pouvoir conserver plusieurs calibrations différentes selon les signaux à réceptionner (et donc ne pas manipuler les boutons du TS-2000 pour chaque réception différente).

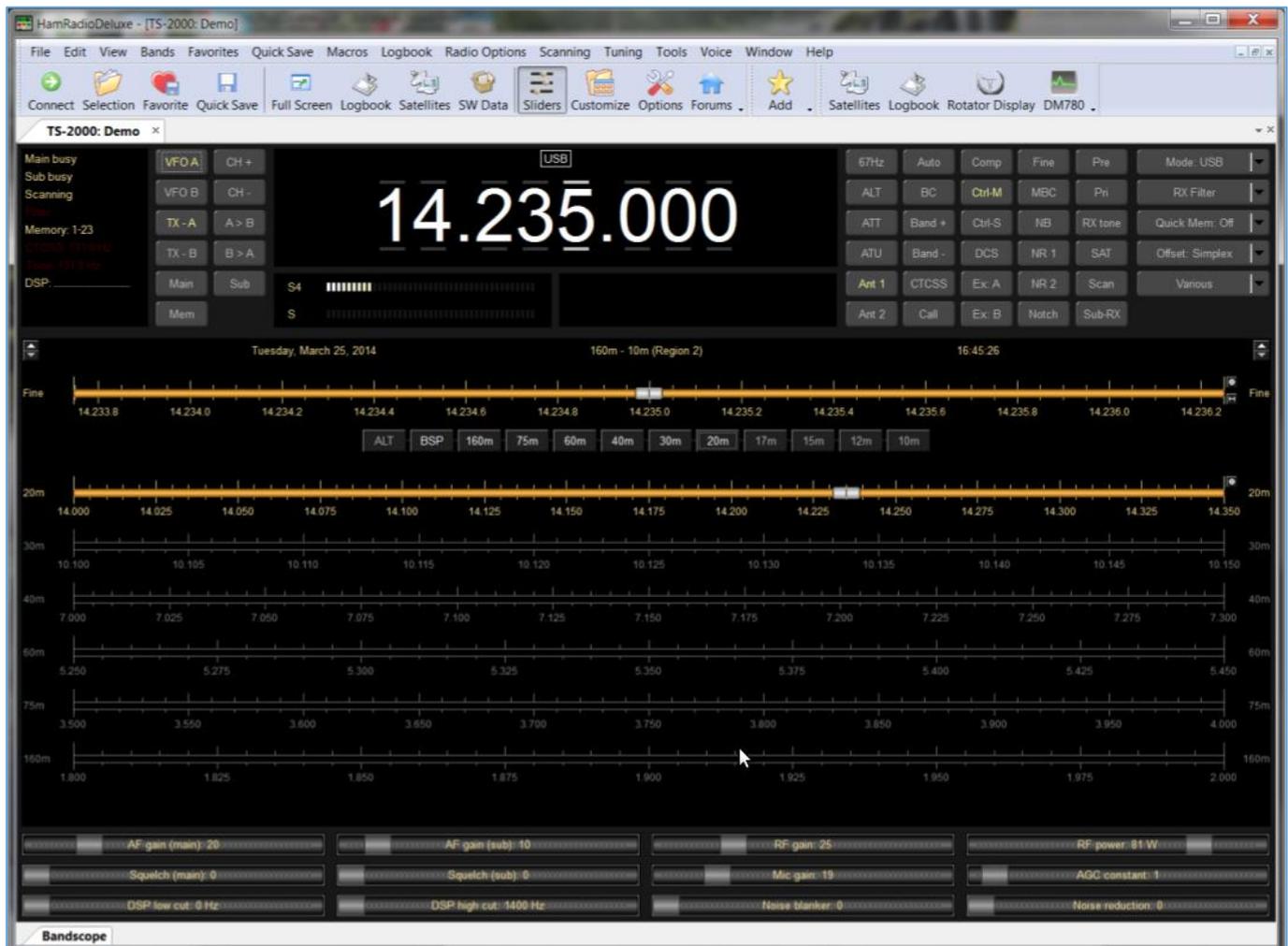


Figure 7 Interface du Rig Control

Quelques commandes, pour une première prise en main :

- Modifier la fréquence d'écoute avec **+** ou **-** sur le clavier ou taper **entrer** pour donner manuellement la bande de fréquence.
- Pour un ajustement plus fin de la fréquence cliquer sur **⏏** (| - |), deux barre-curseurs apparaîtrons pour affiner la fréquence d'écoute.
- **Mode** : AM, FM...
- Le bouton **selection** permet de définir un titre, mode, et fréquence d'écoute que l'on met en favori.

Néanmoins, les favoris ne prennent pas en compte tous les paramètres. Et ce calibrage de l'interface du TS-2000 n'est pas exportable sur une autre machine. Il est donc conseillé de créer des fichiers macros qui décrivent pour chaque paramètre une valeur précise.



Il existe deux manières de créer une macro:

**Manager Macro Cat Command:** Il permet de créer soit même ses macros par des lignes de code. Le TS-2000 a son langage particulier (voir documentation). Voici un petit exemple de macro spécifique au TS-2000:

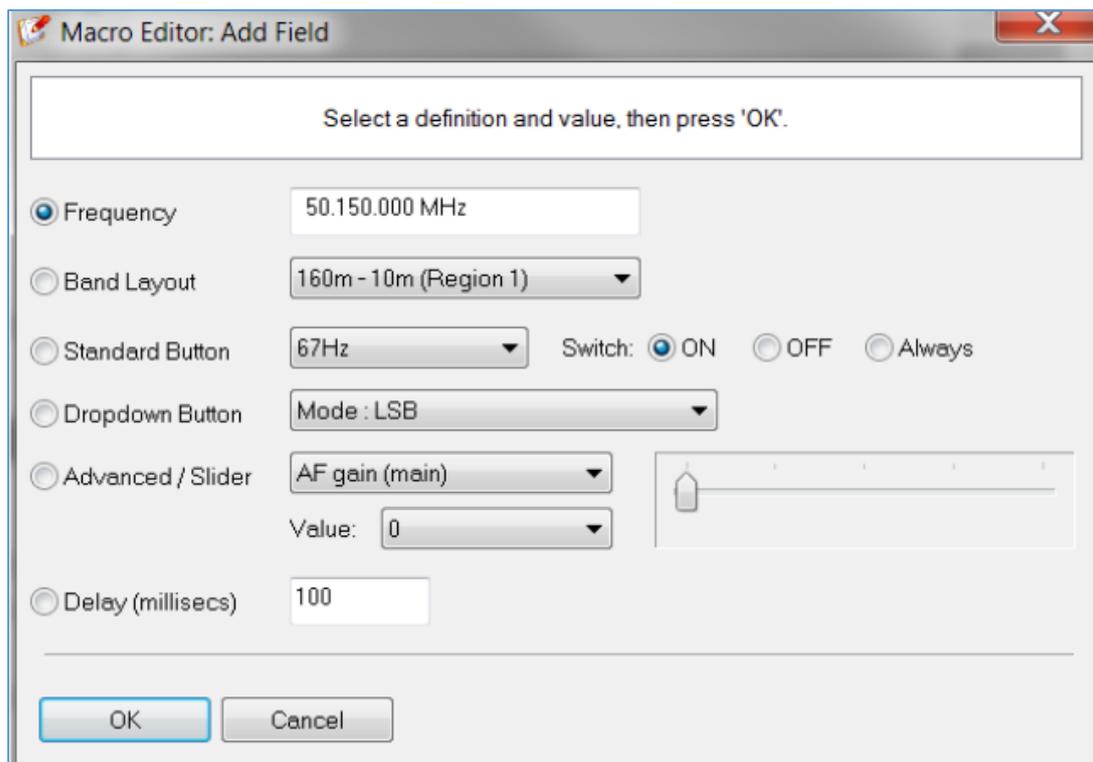
```
# Set mode to USB.
```

```
MD2
```

```
# Set frequency to 50.150 MHz
```

```
FA00050150000
```

**Manager DefaultMenu New:** Il crée une nouvelle macro sans ligne de code dans laquelle on peut définir la fréquence, le mode par avance, et beaucoup d'autres paramètres.





Ionospheric  
gamma-ray  
Observations  
Satellite

and

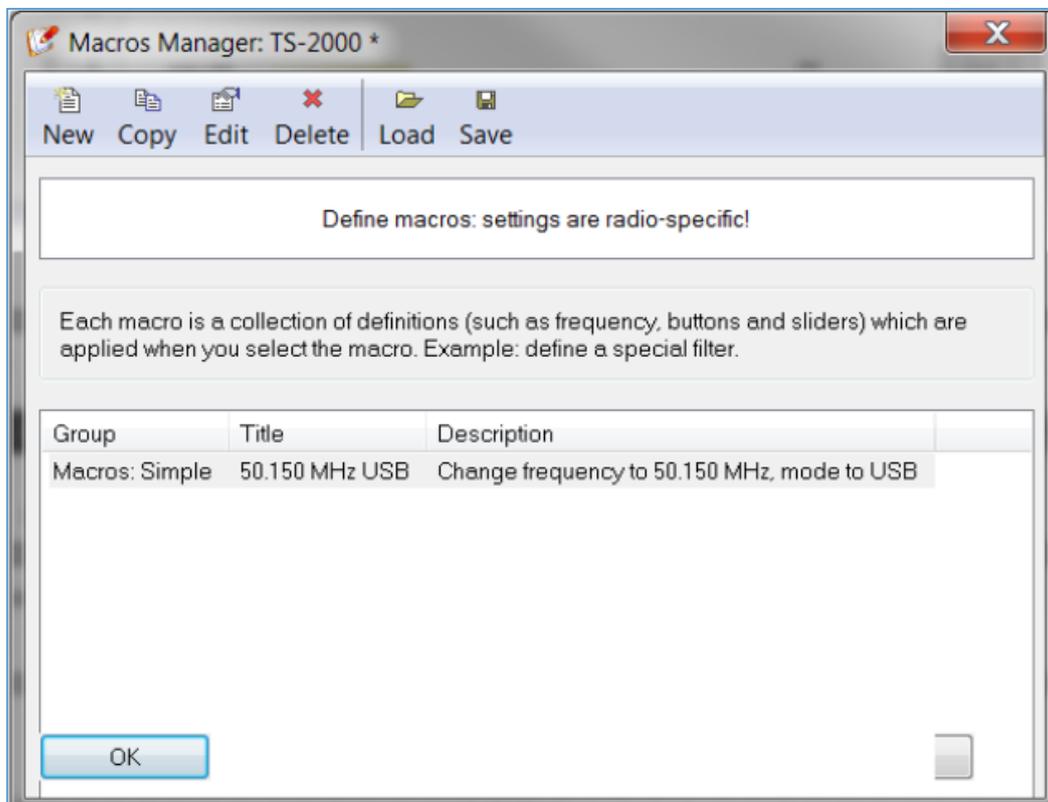
Réf. : IGOSAT-XX-X-XXX-XXXXX

Edition : 1 Date : 12-05-15

Révision : 0 Date :

Page :

16



Lorsque les macros sont créées, il suffit de les lancer sur Rig Control pour calibrer instantanément l'appareil.

### 3.6. LA DEMANDE OFFICIELLE POUR L'INSTALLATION

Afin de permettre la mise en place de l'installation finale sur le toit du bâtiment Lamarck B, nous avons aidé Mr Halloin et Mr Agnan à constituer le dossier de demande d'installation. Nous avons pour cela inclus des photos des antennes UHF et VHF, tout en spécifiant leurs dimensions (taille et poids), de même pour le système de motorisation (rotors). Certaines contraintes ont dû être indiquées : nous avons besoin d'une alimentation électrique pour alimenter l'amplificateur bas bruit (LNA) et la webcam, qui logeront dans un compartiment étanche. Cette webcam est nécessaire pour connaître l'orientation des antennes à tout moment sans monter sur le toit du bâtiment Lamarck, dont l'accès est difficile. Nous avons également des besoins concernant les câbles coaxiaux qui doivent passer du toit jusqu'à la salle 526B du bâtiment Lamarck. Ces câbles, ont été sélectionnés et font partie de la liste d'achat.

Nous avons également pris des photos sur le toit du bâtiment afin de déterminer les différentes localisations possibles de la station. Le détail de ces localisations ainsi que de leurs avantages est dans le dossier de demande d'installation.

	Ionospheric gamma-ray Observations Satellite	and <b>Réf. : IGOSAT-XX-X-XXX-XXXXX</b> <b>Edition : 1    Date : 12-05-15</b> <b>Révision : 0    Date :</b> <b>Page : 17</b>
---	---	--

En comparant notre installation à celle d'autres projets similaires, il apparaît qu'une fixation standard, éventuellement assistée d'un système de hauban suffira pour maintenir l'antenne dans des conditions de vents défavorables.

Le dossier de demande d'installation a été finalisé et transmis par Marco Agnan au début du mois d'avril. Nous attendons l'aval du comité de décision.

### 3.7. LES TESTS DE RÉCEPTION

Avant de recevoir le transceiver nous avons effectué des tests de tracking et de réception sur le toit du bâtiment Condorcet. Ces tests ont été effectués avec une clé RTLSDR et le logiciel SDR v2.2 afin de remplacer le TS2000 manquant. Un manuel d'installation est disponible en annexe, expliquant la procédure à suivre pour faire communiquer le logiciel SDR v2.2 avec la suite Ham Radio Deluxe.

Malheureusement nous n'avons pas réussi à vérifier le tracking et la réception de données suite à des soucis matériels (fusible du boîtier de commande grillé) et logiciel. Néanmoins ces problèmes ont été réglés et nous avons rédigé un protocole d'installation pour tests (visible en annexe). Nous avons également installé tous les logiciels et drivers nécessaires sur l'un des 2 ordinateurs portables réservés au projet IGOSat et une session de tests est organisée le 13 mai 2015 (lendemain de la remise de ce rapport) avec le TS2000 récemment reçu. Les résultats de ces tests seront disponibles sur le serveur du projet.

Afin de faciliter la réalisation de ces tests sur le toit du bâtiment Condorcet, le matériel de la station sol a été déplacé du bâtiment Lamarck pour être stocké dans la salle de montage au rez-de-chaussée du bâtiment Condorcet, c'est-à-dire les boîtiers de commande et de contrôle, les 2 antennes Yagi, les rotors et l'ensemble des câbles. Seul l'ordinateur portable et le transceiver restent dans la salle IGOSat du bâtiment Lamarck.

Remarque : les tests ne sont pas effectués sur l'emplacement définitif (bâtiment Lamarck) car l'accès au toit du bâtiment Lamarck est difficile et soumis à une autorisation spécifique.

## 4. NOUVEAUX OBJECTIFS

### 4.1. PRISE EN MAIN DES ÉQUIPEMENTS

#### 4.1.1. COMPRENDRE LE TS-2000

La réception tardive (24 avril 2015) du Kenwood TS2000 ne nous a pas permis de tester ses fonctionnalités à la date de remise de ce rapport. Il convient de réaliser un montage test de la station sol en y intégrant le TS2000. Ce montage permettra d'utiliser les fonctionnalités du TS2000. Le Kenwood TS2000 est un appareil complet et difficile à prendre en main. Il sera nécessaire qu'un ou plusieurs étudiants se focalisent sur son fonctionnement.

	Ionospheric gamma-ray Observations Satellite	and	<b>Réf. : IGOSAT-XX-X-XXX-XXXXX</b>
			<b>Edition : 1    Date : 12-05-15</b>
			<b>Révision : 0    Date :</b>
			<b>Page : 18</b>

#### 4.1.2. **COMPRENDRE LA MODULATION/DÉMODULATION GMSK**

Bien que plusieurs rapports aient fait état de la modulation GMSK (imposée par la carte Telecom du satellite) nous ne savons pas comment appliquer ce type de modulation avec le Kenwood TS2000 et le logiciel HRD aux signaux à émettre, ni comment démoduler des signaux GMSK. Une étude approfondie doit être menée afin d'étudier les solutions possibles pour effectuer la démodulation de signaux GMSK.

Le logiciel Digital Master (compris dans la suite HRD) disponible sur l'ordinateur dédié à la station n'a pas été testé en réception.

#### 4.2. **TESTER LA RÉCEPTION DE DONNÉES**

Le 13 mai 2015 une séance de test sur le toit du bâtiment Condorcet est organisée. Ces tests ont pour objectif de vérifier le fonctionnement du sous-système de tracking en suivant un satellite (qui sera préalablement sélectionné).

Il conviendra de répondre aux questions soulevées par cette séance de tests et d'exploiter les résultats. Un compte rendu de cette séance de test sera rédigé et accessible via le drive du projet IGOSat.

D'autres séances de tests pourront être organisées. Un protocole d'installation est proposé en annexe.

#### 4.3. **POURSUIVRE LA PROCÉDURE DE DEMANDE D'INSTALLATION DE LA STATION SOL**

Le dossier de demande d'installation de la station sol sur le toit du bâtiment Lamarck B a été transmis aux services capables de valider l'installation au début du mois d'avril 2015. Il convient de tenir compte des retours que feront ces services, et d'installer définitivement le matériel sur le toit. Une équipe extérieure au projet sera chargée de vérifier si le matériel a été installé correctement et ne présente aucun risque.

### 5. **CONCLUSIONS**

Les travaux réalisés par l'équipe station sol EIDD 2015 et Marco Agnan dans le cadre du projet IGOSat concernent l'étude du fonctionnement des logiciels de la suite HRD, le prédimensionnement de l'amplificateur bas bruit au début de la chaîne de réception, l'étude de la pertinence du transceiver Kenwood TS-2000 et la rédaction d'une liste d'achats d'équipements spécifiques à la station, dont certains ont été reçus (transceiver, suite HRD). Une approche systémique de la station sol a été effectuée, et nous avons participé à constituer le dossier de demande d'installation de la station sol auprès des administrations de décision de l'Université Paris Diderot-Paris 7.



Ionospheric  
gamma-ray  
Observations  
Satellite

and

Réf. : IGOSAT-XX-X-XXX-XXXXX

Edition : 1 Date : 12-05-15

Révision : 0 Date :

Page :

19

Ce rapport doit servir aux équipes en charge de la conception de la station sol. Une part importante du rapport vise à aider ses équipes via les instructions dictées dans les guides logiciels et le protocole d'installation de la station sol situés en annexe.

	Ionospheric gamma-ray Observations Satellite	and	Réf. : IGOSAT-XX-X-XXX-XXXXX
			Edition : 1    Date : 12-05-15 Révision : 0    Date :
			Page : 20

## 6. ANNEXES

### 6.1. GUIDES D'UTILISATEUR

#### 6.1.1. UTILISATION DE LA CLÉ NOOLEC R820T (PUCE RTL2832U) AVEC HRD

Ces tutoriels expliquent comment utiliser la clé SDR avec les logiciels de la suite HRD. La clé SDR permet de remplacer le transceiver Kenwood T-2000 dans le cadre de tests de réception et de tracking.

#### Installation de SDR-RADIO (déjà effectuée sur l'ordinateur portable dédié au projet)

- Télécharger **sdr-radio v2** (version stable de préférence) : <http://v2.sdr-radio.com/Download.aspx>
- Télécharger également le fichier de licence sur la même page
- Installer sdr-radio
- Activation de la licence : <http://v2.sdr-radio.com/Download/Version2Licence.aspx>

Il suffit de déplacer le fichier "SDRRadioLicenceKeys" dans le dossier d'installation de sdr-radio

#### Installation des drivers de la clé

- Télécharger la dernière version de **zadig** : <http://zadig.akeo.ie/>
- Connecter la clé à un port USB
- Exécuter **Zadig**
- Activer "**Options -> List all devices**"
- Choisir la clé (RTL2832U) puis cliquer sur "**Replace driver**"
- Télécharger les dll pour la clé : <http://www.aa5sh.com/files/SDR-Radio.com.RTLUSB-20130209.zip>
- Copier/écraser les 3 fichiers dll dans le dossier d'installation de sdr-radio

Exécuter SDR Console et ajouter une nouvelle radio. Cliquer sur "**Search**" et choisir "RTL SDR (USB)". La clé devrait être reconnue. La sélectionner et cliquer sur **ok**.

#### Lier HRD et SDR-RADIO

La clé fait maintenant parti des radios sélectionnables.

- La sélectionner et cliquer sur **start**
- Télécharger et installer **VSPE** : <http://www.eterlogic.com/Downloads.html>

Ce logiciel va permettre de simuler un port COM sur l'ordinateur afin de faire communiquer les 2 logiciels.



- Cliquer sur “**Create new device**”, puis choisir **device type “pair”**
- Relier le port COM de la clé (COM1 ou COM2 en général) à un autre port non utilisé (COM10 par exemple)
- Retourner dans **SDR console**
- Sélectionner **Tools -> program options -> Onglet serial port**
- Choisir “**selection**” et cocher le port COM de la clé (Com 10 par exemple)

Ouvrir HRD.

- Sélectionner SDR-RADIO pour la radio et choisir Com10 (le port secondaire)
- Cliquer sur **connect radio**

HRD est désormais en mesure de piloter les fréquences de la clé à travers SDR-RADIO.

Liens utiles :

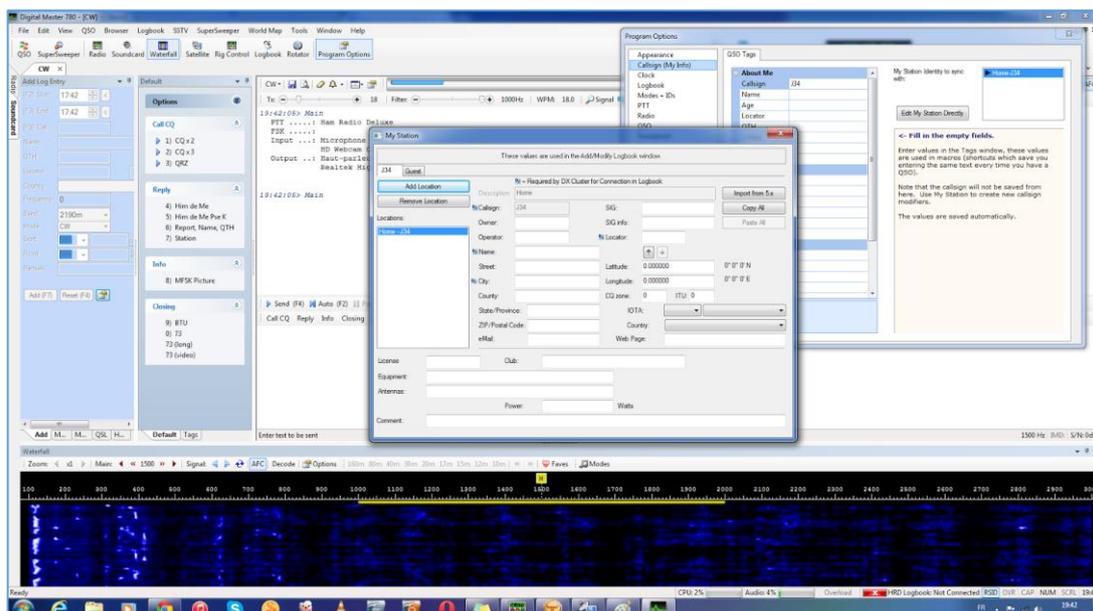
<http://www.hamradioscience.com/alternate-rtl2832u-install-for-sdr-radio-com/>

[http://www.aa5sh.com/?page\\_id=65](http://www.aa5sh.com/?page_id=65)

## 6.1.2. METTRE À JOUR LA LOCALISATION DE LA STATION DANS HRD

Le logiciel HRD doit être configuré afin de connaître la position de l'utilisateur. Cette configuration permet au logiciel Rotator de localiser les satellites à portée.

- Ouvrir **Digital Master**
- Cliquer sur =>**Program options** => **callsign (My info)**
- Mettre **locator** (JN185ET)
- Cliquer sur =>**Edit my station** et changer la **latitude** et la **longitude**





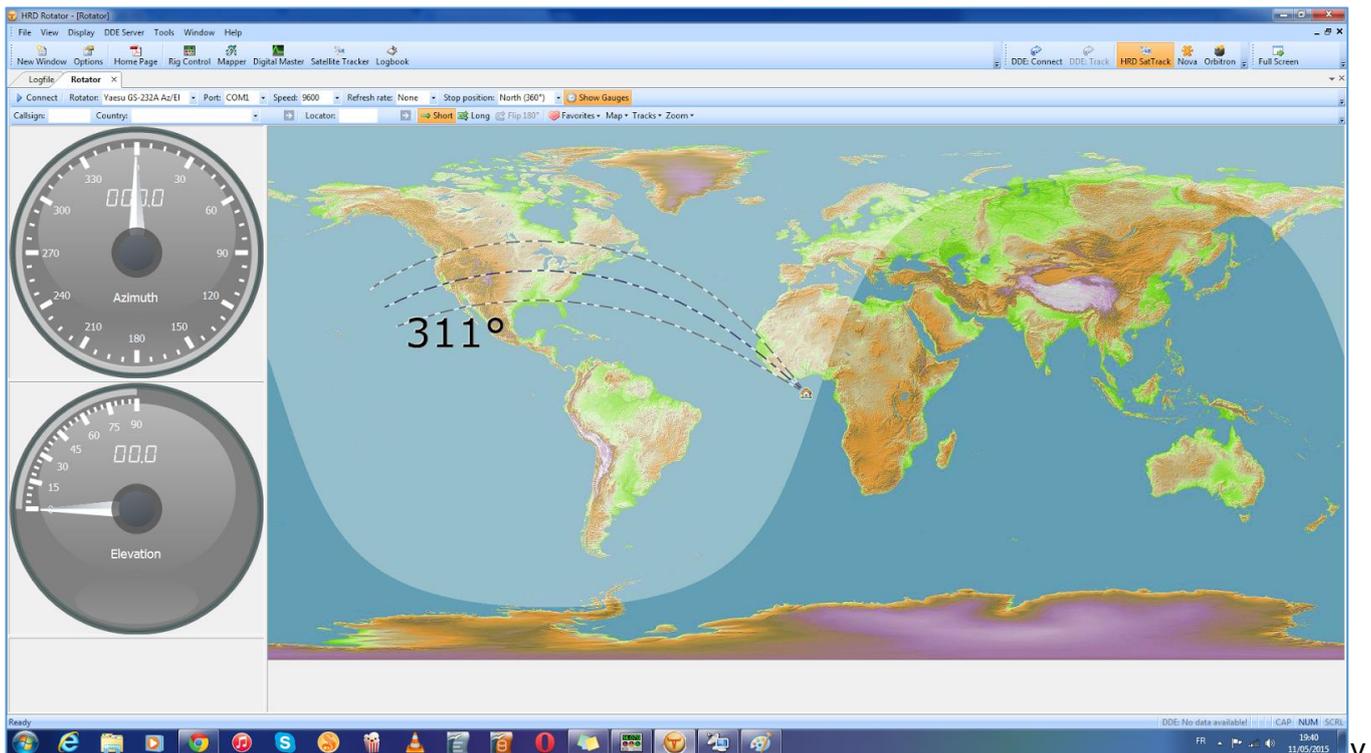
Il est possible d'ajouter plusieurs localisations.

### 6.1.3. COMMANDER LE BOÎTIER DE COMMANDE VIA ROTATOR (HRD)

Les rotors peuvent être commandés directement via le logiciel Rotator de la suite HRD sans utiliser les commandes physiques du boîtier de commande.

- Ouvrir **HRD Rotator**
- Sélectionner le modèle de rotator **Yaesu GS-232B a/e**
- Mettre speed à **9600**
- Cliquer sur **connect**

Il suffit alors de double-cliquer sur l'écran pour que le rotor se positionne automatiquement.



### 6.1.4. METTRE EN PLACE UN TRACKING SUR UN SATELLITE

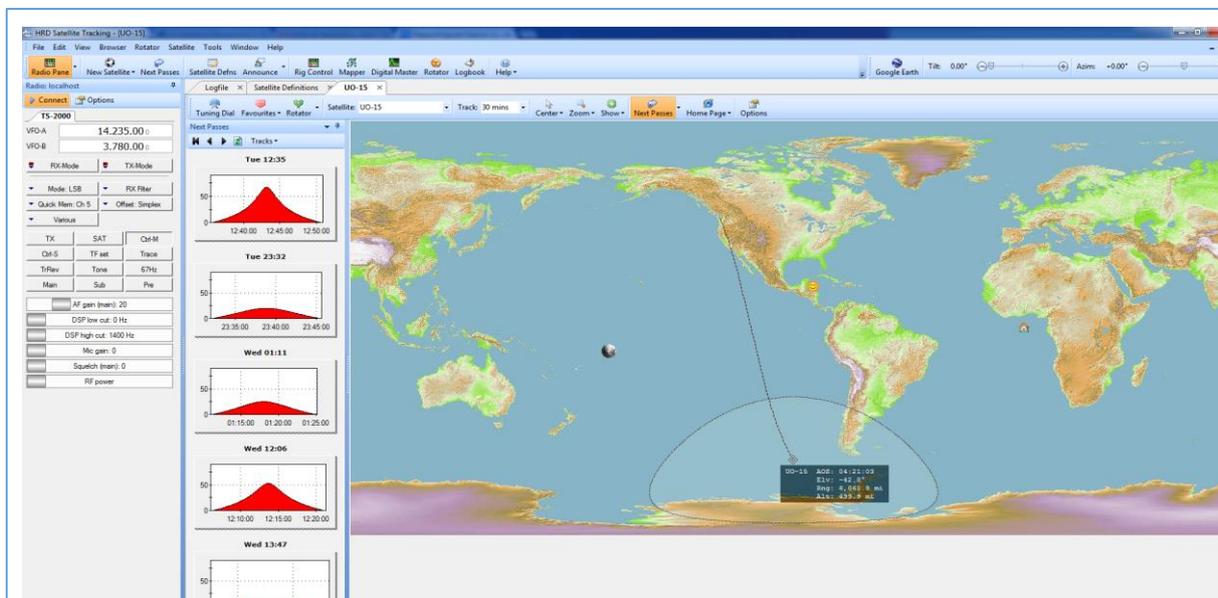
- Choisir le satellite à tracker dans **Satellite Tracking**
- Ouvrir **HRD Rotator**
- Cliquer sur **DDE connect** et **DDE Track**
- Sélectionner un satellite présent dans la base de données



Le logiciel va maintenant “tracker” le satellite automatiquement en faisant bouger les antennes.

Il est également possible d’observer les prochains passages des satellites pour les jours suivants, en cliquant sur la flèche **Next Passes**, on peut alors fixer une date et un horaire précis pour monter le matériel et effectuer des tests de réception.

Remarque : Les antennes vont suivre le satellite tenant compte des informations d’orbite présentes dans la base de données du logiciel HRD. Ces informations sont mises à jour régulièrement de façon automatique, mais nous n’avons pas vérifié la précision du tracking.





## 6.2. PROTOCOLE À SUIVRE POUR UNE INSTALLATION TEMPORAIRE SUR LE TOIT (SANS TS2000)

Matériel nécessaire à la mise en place temporaire de la station sol IGOSAT sur un toit :

- Les deux antennes YAGI (3 parties)
- Le trépied
- Le tube
- Le rotor
- Le boîtier de contrôle du rotor YAESU G-5500 et les câbles qui vont avec
- Le boîtier interface Rotor/Ordinateur YAESU GS-232B
- Un ordinateur portable provenant de la salle IGOSat à Lamarck (et son chargeur)
- Un câble RS232
- Une rallonge multiprise
- Une clé SDR avec adaptateur câbles coaxiaux
- Câbles coaxiaux (3 minimums)
- Deux bagues de serrage
- Une clé anglaise 6°

Les antennes, le tube, le trépied, le rotor, les câbles et les boîtiers se trouvent actuellement dans le hangar de montage dans le bâtiment Condorcet. Pour l'instant, nous empruntons :

- la clé SDR et une rallonge multiprise à M. PIAT
- un adaptateur pour clé SDR-câble coaxial

Logiciels nécessaires au tracking devant se trouver sur l'ordinateur portable :

- Ham Radio Deluxe
- SDR-Radio v2
- VSPE

Mise en Place :

Contactez préalablement M. HALLOIN afin d'obtenir l'accès au Hangar. Un monte-charge se trouve juste à côté du hangar. L'accès au toit de Condorcet s'effectue au bâtiment B soit via le 6ème étage, en sortant du monte-charge (un escalier à prendre, peu pratique pour tout transporter), soit directement au 7ème étage en prenant un ascenseur. Nous avons décidé de placer l'antenne à cet emplacement sur le toit de Condorcet pour une orientation optimisée.





- Dans un premier temps, installer le trépied en vérifiant bien la stabilité au niveau du sol.
- Ensuite, installer le rotor sur le trépied puis serrer les boulons avec la clé anglaise.
- Glisser le tube dans le rotor. En le serrant grâce aux bagues prévues.

On peut alors fixer les antennes grâce aux attaches qui sont sur les antennes, ne pas hésiter à serrer. Encore une fois la stabilité est primordiale car elles seront en mouvement.

Afin d'avoir le montage le plus équilibré possible, il est recommandé de fixer chaque antenne au mât de support par leur centre de gravité, et de faire en sorte que le centre de gravité de l'ensemble se situe au niveau du moteur d'élévation.

À noter également, puisque les antennes sont disposées aux extrémités du support en rotation de la station, il faudra veiller à être particulièrement vigilant quant au positionnement des câbles : il est nécessaire d'éviter que les câbles puissent s'enrouler ou se coincer dans le support lors des rotations, notamment après plusieurs opérations de tracking successives.

- placer dans l'axe NS afin de calibrer le 0° (notre rotor est par défaut à 0;0 le positionnement initial de nos antennes est donc primordial).

On peut alors commencer les branchements. Attention : observer si les 12 fils sont correctement connectés au boîtier de commande. Dans le cas contraire, le fusible risque de faire les frais d'une mise sous tension.

- Brancher les câbles du rotor au rotor (vérifier s'ils sont bien en azimut ou élévation en faisant un test)
- Ne pas oublier de brancher le boîtier d'alimentation du rotor au boîtier d'interface rotor/ordinateur. Ce dernier communique à notre ordinateur portable grâce à un câble série.

	Ionospheric gamma-ray Observations Satellite	and	<b>Réf. : IGOSAT-XX-X-XXX-XXXXX</b>
			<b>Edition : 1    Date : 12-05-15</b> <b>Révision : 0    Date :</b>
			<b>Page :</b> <b>26</b>

### 6.3. LISTE DES ACRONYMES ET SIGLES UTILISÉS

**HRD** : Ham Radio Deluxe

**TNC** : Terminal Node Controller

**LNA** : Low Noise Amplifier

**DM** : Digital Master

**SDR** : Software Define Radio

**TS-2000** : Transceiver Kenwood, modèle TS-2000

**BDR** : Block Dynamic Range

**UHF** : Ultra High Frequency

**VHF** : Very High Frequency

**MN** : Filière de l'école d'ingénieur Denis Diderot : Matériaux et Nanotechnologies

**ILE** : Filière de l'école d'ingénieur Denis Diderot : Informatique et Logiciels embarqués

**ASP** : Filière de l'école d'ingénieur Denis Diderot : Architecture des systèmes physiques

	Ionospheric gamma-ray Observations Satellite	and <b>Réf. : IGOSAT-XX-X-XXX-XXXXX</b> <b>Edition : 1    Date : 12-05-15</b> <b>Révision : 0    Date :</b> <div style="text-align: right;"><b>Page :</b> <b>27</b></div>
---	---	---

## 6.4. LISTE D'ACHATS

- 2 mâts de 2m (diamètre : 38-63 mm et 32-43mm)  
<http://www.satenco.com/fr/fixation-parabole/3759-cahors-mat-emboitable-hauteur-150-cm-o-50-mm.html>
- Plaque de fixation au mur  
<http://www.satenco.com/fr/fixation-parabole/3783-triax-ptg101.html>
- Câble coaxial H1000 (le moins de perte à 435Mhz) : longueur >25m
- Câble coaxial CF 5/8" Cu2Y (le moins de perte à 145 Mhz) : longueur >25m  
[http://www.sardif.com/shop/product\\_info.php?products\\_id=4294](http://www.sardif.com/shop/product_info.php?products_id=4294)
- 2 câbles pour le rotor : longueur >25m
  - Si + 30m REF : AWG18
  - Si - 30m REF : AWG20

Ci-dessous le lien du fournisseur du rotor qui vend des câbles adéquats, soit au mètre, soit pour 40m. Les connecteurs peuvent également être achetés  
[http://www.yaesu.fr/shop/product\\_info.php?products\\_id=4804](http://www.yaesu.fr/shop/product_info.php?products_id=4804)
- Webcam extérieure (à mettre sur le toit)
- Boîtier étanche avec vitre (pour placer au moins le LNA et la webcam à l'abri)
- Antenne fictive (charge non rayonnante) VHF (TC)  
D-ORIGINAL AV-DL200M  
CHARGE FICTIVE PL259  
[http://www.sardif.com/shop/product\\_info.php?products\\_id=3919](http://www.sardif.com/shop/product_info.php?products_id=3919)
- Casque d'écoute :  
VELLEMAN HPD26 CASQUE D'ECOUTE CONFORTABLE  
[http://www.sardif.com/shop/product\\_info.php?products\\_id=4727](http://www.sardif.com/shop/product_info.php?products_id=4727)
- Non urgent : TNC externe (Kamtronic KAM-XL)



Ionospheric  
gamma-ray  
Observations  
Satellite

and

Réf. : IGOSAT-XX-X-XXX-XXXXX

Edition : 1 Date : 12-05-15

Révision : 0 Date :

Page :

28

## 6.5. BIBLIOGRAPHIE

Documentations :

*HRD Manual*

*YAESU GS232B Manual*

*TS-2000 Manual*

*Yaesu G-5500 Manual*

Lexique radio amateur :

<http://electronique-radioamateur.fr/radio/emission-reception/lexique.php>

<http://electronique-radioamateur.fr/>

<http://equasim.perso.neuf.fr/>

<http://www.arrl.org/home>

<http://www.amsatuk.me.uk/iaru/spreadsheet.htm>

Nano-satellite utilisant le GMSK

[http://www.leodium.ulg.ac.be/cmsms/uploads/08-09\\_Henrard.pdf](http://www.leodium.ulg.ac.be/cmsms/uploads/08-09_Henrard.pdf)

Modulation GFSK et interface TS2000

<http://amsat-uk.org/2012/01/31/masat-1-satellite/#more-4249>

<http://www.amsat-f.org/spip/index.php>

Documentation LNA

<http://hamradio.online.ru/ftp2/ts-2000.pdf>

[http://www.kenwood.com/i/products/info/amateur/pdf/TS-590S\\_IDM.pdf](http://www.kenwood.com/i/products/info/amateur/pdf/TS-590S_IDM.pdf)