

**Université Pierre et Marie Curie (UPMC) – Sorbonne universités**  
**Laboratoire d'Electronique et d'Electromagnétisme (L2E)**  
**Centre spatial étudiant CurieSat – Projet Meteorix**

## **Rapport de stage master 1**

**Installation et mise en service de la station sol de  
radiocommunication en bandes VHF/UHF  
du centre spatial étudiant CurieSat**



### **Réalisé par :**

- Ben Kemmoum Salem  
Master 1 informatique, parcours SESI (UPMC)  
Ingénieur automaticien (Algérie)  
[benkemmoumsalem@hotmail.com](mailto:benkemmoumsalem@hotmail.com)

### **Responsables du projet :**

- Dimitri Galayko  
- Nicolas Rambaux  
- Gabriel Guignan  
- Lionel Lacassagne

### **Encadrants au L2E :**

Yves Chatelon, Frédérique Deshours, Muriel Darces

Année universitaire : **2016-2017**

Durée du stage : **2 mois**

## Table des matières

Liste des figures.....	3
Liste des tableaux.....	4
<b>I. Introduction.....</b>	<b>5</b>
<b>II. Description de la station sol.....</b>	<b>6</b>
<b>III. Sous système de Tracking.....</b>	<b>17</b>
<b>III.1 Etalonnage du rotor.....</b>	<b>17</b>
A. Orientation des antennes.....	17
B. Réglage du minimum et du maximum des échelles.....	18
<b>III.2 Le logiciel SatPC32.....</b>	<b>19</b>
A. Téléchargement et installation.....	19
B. Test de la liaison série RS232.....	19
C. Tracking (poursuite) d'un satellite en mission.....	22
<b>IV. Sous système de télécommunications.....</b>	<b>26</b>
<b>IV.1 Contrôle du transceiver par PC.....</b>	<b>26</b>
A. Gestionnaire des périphériques.....	26
B. Logiciel ARCP 2000.....	26
C. Logiciel SatPC32.....	27
D. Logiciel MixW.....	28
<b>IV.2 Entraînement à MixW par une liaison audio entre deux PCs.....</b>	<b>29</b>
A. Préparation des deux PCs.....	29
B. Configuration de MixW sur les deux PCs.....	31
C. Envoi d'un CQ.....	33
D. Envoi d'un message texte.....	34
E. Envoi d'un fichier texte.....	35
F. Envoi d'une image en couleur avec le mode SSTV.....	36
G. Envoi d'une image en couleur avec le mode MFSK.....	37
<b>V. Test et mise en service de la station sol.....</b>	<b>38</b>
<b>V.1 Ecoute de conversation radio de radioamateurs.....</b>	<b>38</b>
<b>V.2 Conversations radio avec la station sol IGOSAT de Paris VII.....</b>	<b>38</b>
<b>V.3 Réception et décodage de paquets APRS de stations terrestres.....</b>	<b>39</b>
<b>V.4 Emission d'un message CQ en mode Packet et sa réception par IGOSAT.....</b>	<b>41</b>
<b>V.5 Tracking et réception des balises de télémétrie des satellites chinois XW-2x.....</b>	<b>42</b>
<b>V.6 Tracking et réception des signaux du satellite japonais FO-29.....</b>	<b>43</b>
<b>V.7 Procédure de choix de satellites à traquer.....</b>	<b>44</b>
<b>VI. Conclusion et perspectives.....</b>	<b>45</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>46</b>

## Liste des figures

<b>Figure II.1</b> : Schéma synoptique de l'architecture de la station sol.....	6
<b>Figure II.2</b> : Architecture de la station sol du centre spatial CurieSat.....	7
<b>Figure II.3</b> : Antennes croisées VHF/UHF de la station sol CurieSat.....	8
<b>Figure II.4</b> : Effet masquage de la tour Zamansky.....	8
<b>Figure II.5</b> : Coupleur et diviseur de puissance.....	9
<b>Figure II.6</b> : Amplificateur pour la bande UHF avec son séquenceur.....	9
<b>Figure II.7</b> : Protection contre les décharges électrostatiques.....	10
<b>Figure II.8</b> : Parafoudre SP3000 Diamond Antenna.....	10
<b>Figure II.9</b> : Transceiver Kenwood TS2000.....	11
<b>Figure II.10</b> : TNC Signalink USB.....	12
<b>Figure II.11</b> : Rotor Yaesu, son contrôleur GS-5500 et son interface PC Yaesu GS232B.....	13
<b>Figure II.12</b> : Caméra IP et routeur de la station sol CurieSat.....	14
<b>Figure II.13</b> : Installation de la caméra IP sur un mât d'antenne.....	14
<b>Figure II.14</b> : Câbles de commande du rotor.....	15
<b>Figure II.15</b> : Câbles et connecteurs coaxiaux utilisés.....	15
<b>Figure II.16</b> : Connecteur DB9 de la liaison série RS232.....	16
<b>Figure III.1</b> : Orientation des antennes vers le nord géographique.....	17
<b>Figure III.2</b> : Quadrant d'affichage ° AZ – vis avant détériorée.....	18
<b>Figure IV.1</b> : Liaison audio entre deux ordinateurs.....	29
<b>Figure IV.2</b> : Liaison audio PC1 – Carte son externe – PC2.....	29
<b>Figure IV.3</b> : Envoi d'un CQ du PC1 vers le PC2.....	33
<b>Figure IV.4.a</b> : Envoi d'un texte du PC1 vers le PC2.....	34
<b>Figure IV.4.b</b> : Réception du texte par le PC2.....	35
<b>Figure IV.5.a</b> : Envoi d'une image en couleur depuis le PC1 – mode SSTV.....	36
<b>Figure IV.5.b</b> : Réception de d'image par le PC2 – mode SSTV.....	36
<b>Figure IV.6</b> : Envoi d'une image en couleur du PC1 au PC2 - mode MFSK.....	37
<b>Figure V.1</b> : Orientation des antennes de CurieSat et IGOSAT durant les tests.....	38
<b>Figure V.2</b> : Réception et décodage de paquets radio APRS en bande VHF.....	40
<b>Figure V.3</b> : Envoi d'un CQ par la station sol CurieSat en mode Packet 1200 bauds.....	41
<b>Figure V.4</b> : Réception du CQ par la station sol IGOSAT et son affichage sur PUTYY.....	41
<b>Figure V.5</b> : Réception de la balise du satellite chinois XW-2C en mode CW.....	42
<b>Figure V.6</b> : Tracking du satellite japonais FO-29.....	43

## Liste des tableaux

<b>Tableau II.1</b> : Caractéristiques des antennes de la station sol CurieSat.....	8
<b>Tableau II.2</b> : Câblage du contrôleur du rotor GS-5500.....	13
<b>Tableau II.3</b> : Soudure des fils sur le connecteur DB9 de la liaison RS232.....	16

## **I. Introduction :**

Le projet du centre spatial étudiant CurieSat [1] à l'UPMC et sa première mission Meteorix s'inscrivent dans le cadre du programme JANUS (Jaune en Apprentissage pour la réalisation de Nanosatellites au sein des Universités et des écoles de l'enseignement Supérieur) lancé par le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) en 2016 [2]. Ce programme a pour objectif de promouvoir le spatial auprès des étudiants.

Le centre spatial étudiant CurieSat de l'UPMC est doté d'une salle de travail au sein du bâtiment Esclagan et d'une station sol de radiocommunication avec les nanosatellites installée sur le toit de la tour 65 et le laboratoire d'électronique et d'électromagnétisme (L2E).

La mission Meteorix vient de franchir avec succès la phase A de spécification suite à la revue qui a eu lieu en septembre 2017 à l'UPMC en présence d'un jury constitué d'expert du centre national d'études spatial (CNES).

L'installation de la station sol CurieSat a été finalisée en cours de mon stage d'été 2017 et elle est maintenant opérationnelle. Dans ce rapport je vais faire une description détaillée de l'installation ensuite j'expliquerai son mode d'utilisation sous forme de simples tutoriels, et enfin je présenterai mes résultats de test.

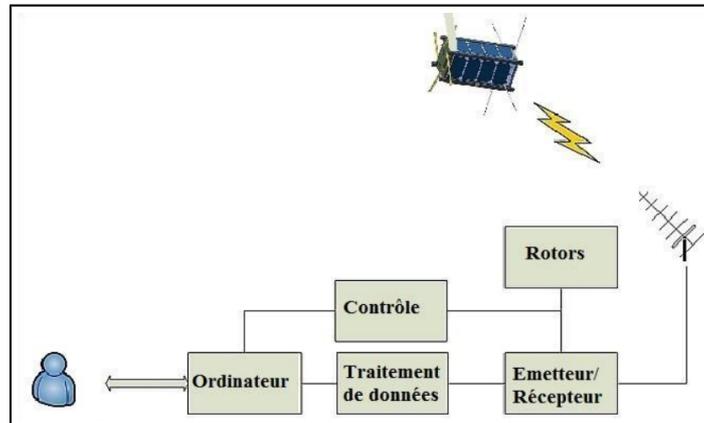
Cependant la lecture de ce rapport n'est pas suffisante pour maîtriser tous les aspects de l'installation comme l'utilisation du transceiver Kenwood TS2000 et du TNC Signalink. En effet j'ai trouvé que les manuels d'utilisation de ces équipements sont assez clair et complet, raison pour laquelle je vais joindre à ce rapport un CD et un lien vers un Cloud [3] dans lesquels vous trouverez tous les manuels et datasheets des équipements de la station, des anciens rapports de stage de différents projets similaires, ainsi que des logiciels et des vidéos de notre station sol en fonctionnement.

Je note aussi que mon travail est la continuité des travaux qui ont été fait par les deux stagiaires Amireeza [4] et Aredjal [5] entre 2015 et 2017 et que certains points n'ont pas été répétés dans mon rapport, comme le critère du choix de la modulation pour les voies montante et descendante ainsi que le calcul du bilan de liaison. Il est donc primordial pour ne pas omettre aucun détail que le prochain stagiaire ou utilisateur de la station utilise nos trois rapports de stage qui sont complémentaires comme support en plus de la documentation des équipements et logiciels de la station sol.

## II. Description de la station sol

La station sol du campus spatial CurieSat de l'UPMC est localisée dans la tour 65, les antennes sont installées sur le toit de cette dernière et le poste de commande dans la salle faraday du laboratoire d'électronique et d'électromagnétisme (L2E) au 2<sup>e</sup> étage, couloir 65-66.

La figure II.1 suivante montre un schéma synoptique de l'architecture de cette station sol.



**Figure II.1 :** Schéma synoptique de l'architecture de la station sol

### L'émetteur/récepteur :

C'est un transceiver Kenwood TS 2000 qui est un émetteur-récepteur en bandes HF/VHF/UHF multimodes, sa sensibilité est de -135 dBm et il contient un préamplificateur pour chaque bande ainsi qu'un TNC interne.

Ordinateur : L'ordinateur est utilisé pour effectuer plusieurs tâches telles que :

- Le pilotage manuel ou automatique du rotor d'antennes grâce à un logiciel de tracking.
- Configuration de la caméra IP installée sur le toit de la tour 65 et visualisation de ses images.
- Contrôle de l'émetteur-récepteur (transceiver Kenwood TS2000) grâce à divers logiciels de tracking, de transmission radio et même un logiciel spécifique au TS2000 (ARCP 2000).
- Décodage des signaux reçus avec un logiciel de radiocommunication en mode digital.

### Traitement de données :

Encodage et décodage des signaux à transmettre/recevoir grâce à des logiciels de transmission radio en modes numériques et une liaison par TNC externe (Signal Link USB) entre l'ordinateur et le transceiver. Une des tâches principales du TNC consiste à convertir les paquets de données en tonalités audio et vice versa.

Contrôle : On fait deux types de contrôle avec l'ordinateur via des logiciels et une liaison RS232 :

- Le pilotage du rotor grâce à son contrôleur et une carte d'interface avec l'ordinateur.
- Le contrôle de l'émetteur-récepteur radio (Kenwood TS2000) grâce à divers logiciels.

**NB :** au moment du tracking d'un satellite on a un asservissement de position des antennes et des fréquences du transceiver en mode satellite (voie montante et voie descendante).

La figure II.2 suivante montre l'architecture détaillée de notre station sol, le quadrant rouge englobe les éléments qui se trouvent sur le toit de la tour 65 et le vert les éléments à l'intérieur de la salle faraday au laboratoire d'électronique et électromagnétisme (L2E).

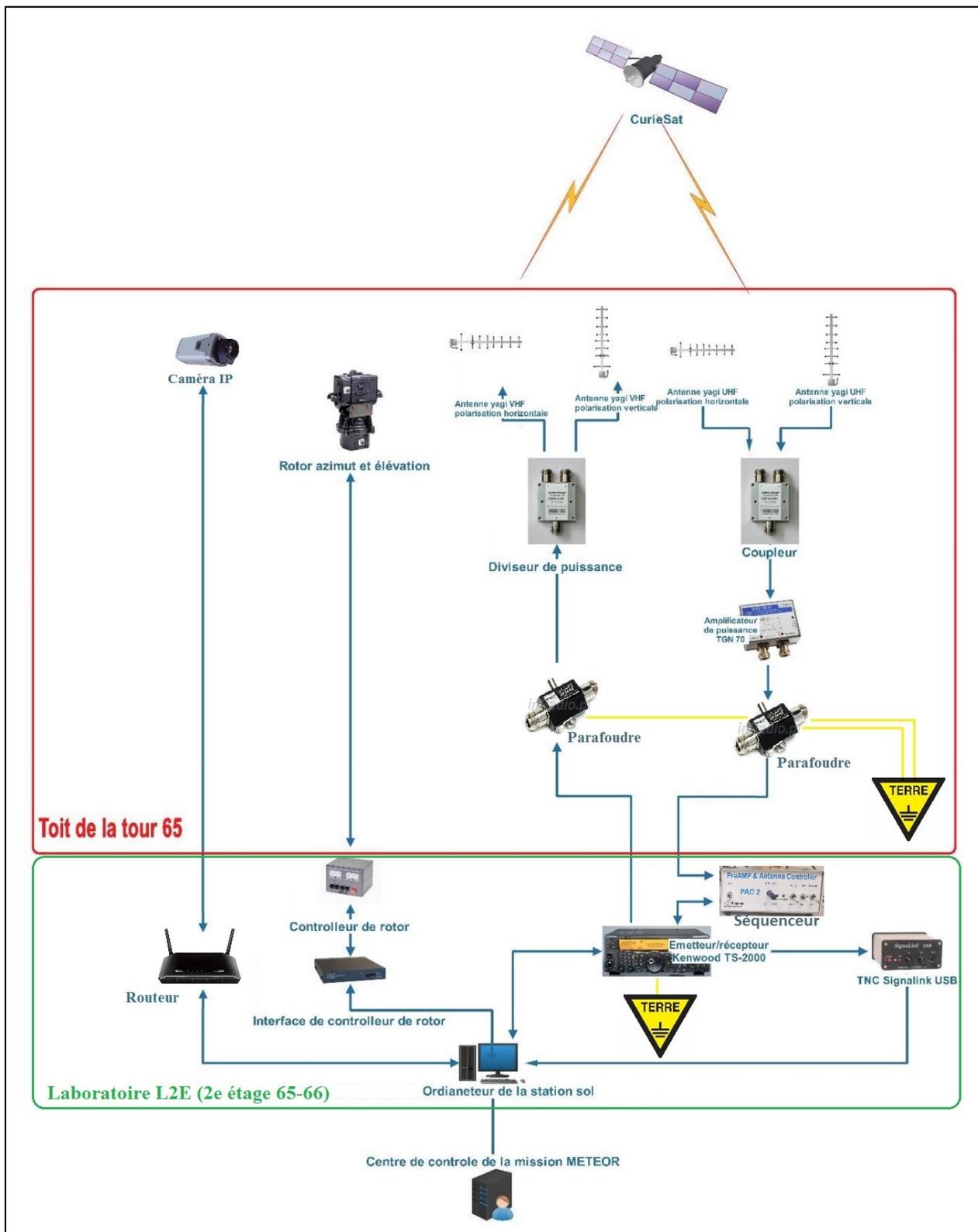


Figure II.2 : Architecture de la station sol du centre spatial CurieSat

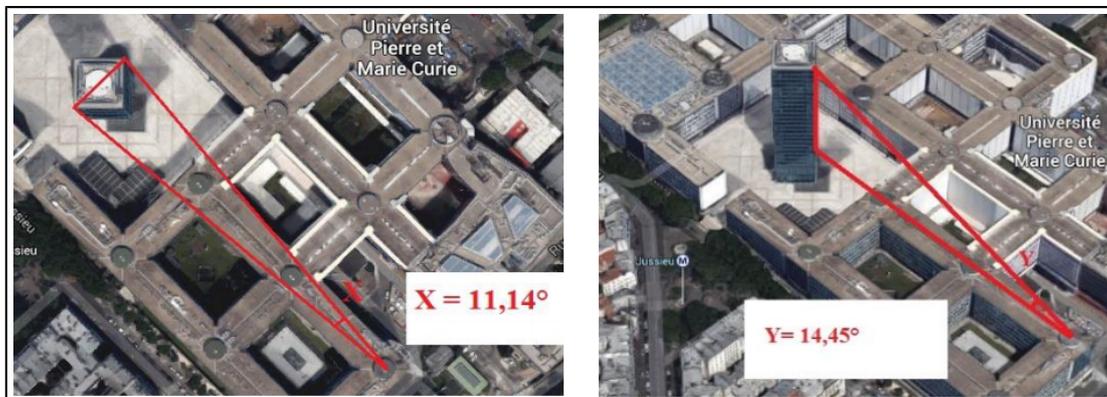
## II.1 Antennes :

Les antennes utilisées sont de type Yagi croisées (cf. Figure II.3) afin d'obtenir une polarisation circulaire qui offre une communication à faibles pertes avec un nanosatellite en mouvement.



**Figure II.3 :** Antennes croisées VHF/UHF de la station sol CurieSat

La tour Zamansky du campus Jussieu gêne la vue de nos antennes. En effet nous avons un effet masquage de  $11,4^\circ$  en azimut et  $14,45^\circ$  en elevation (cf. Figure II.4).



**Figure II.4 :** Effet masquage de la tour Zamansky

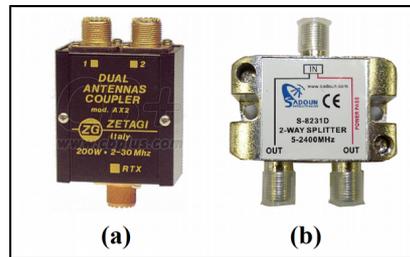
Le tableau suivant résume les caractéristiques techniques de ces antennes.

Bande	Taille antenne	Nombre d'éléments	Gain	Puissance maximale HF admissible	Constructeur
VHF	4,62 m	2x11	14 dBi	1000 W	AFT
UHF	3,25 m	2x19	16 dBi	1000 W	AFT

**Tableau II.1 :** Caractéristiques des antennes de la station sol CurieSat

## II.2 Coupleur et diviseur de puissance :

Le coupleur (cf. Figure II.5 (a) ) et le diviseur de puissance (cf. Figure II.5 (b) ) sont utilisés pour coupler les parties verticales et horizontales des deux antennes (VHF et UHF) afin de réaliser des polarisations circulaires pour chacune d'elles.



**NB :** les composants sur cette figure sont juste à titre indicatif, ils ne sont pas forcément les mêmes que ceux installés sur notre station.

Figure II.5 : Coupleur et diviseur de puissance

## II.3 Amplificateur :

La réception des signaux du satellite se fera en UHF (liaison descendante) et l'émission vers celui-ci en VHF (liaison montante). L'amplificateur (cf. Figure II.6 (a)) permet d'amplifier les signaux en réception UHF. C'est un amplificateur à faible bruit avec un gain de 20 dB et un facteur de bruit de 0,7 dB. Il a été construit par la compagnie TGN, sous le nom de MVV70.

Il sera alimenté par un séquenceur (cf. Figure II.6 (b)) branché en série sur le câble coaxial UHF et commandé par l'émetteur-récepteur de la station sol.

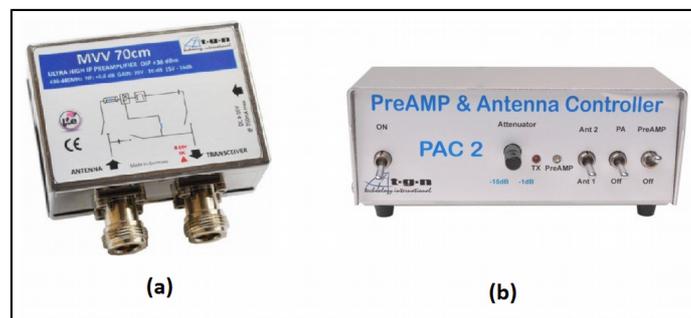


Figure II.6 : Amplificateur pour la bande UHF avec son séquenceur [6]

Le séquenceur permet d'alimenter l'amplificateur quand on est en mode réception et la lui couper quand on fait une émission en UHF

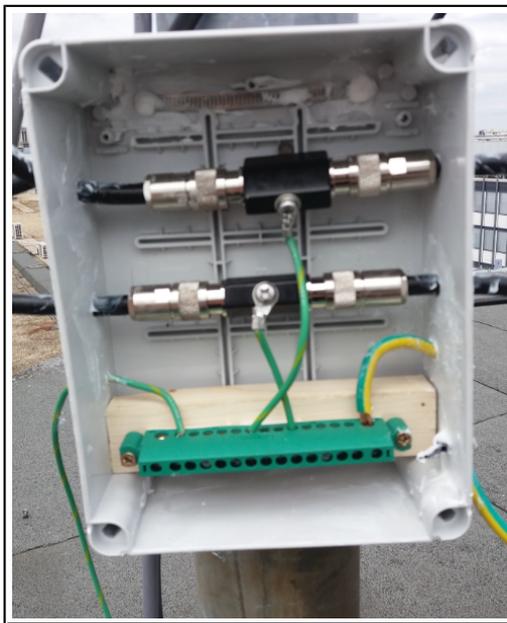
Pour notre station sol on utilise seulement un seul amplificateur, que pour la bande UHF, car c'est notre voie descendante, tout de même on a préféré brancher le câble de commande du séquenceur au transceiver afin de nous permettre de tester des émissions en UHF avec des radioamateurs ou d'autres stations sol de projets spatiaux étudiants comme IGOSAT de Paris VII.

**NB :** Il faut faire attention si vous acheter un amplificateur pour une autre bande, il faut bien lire la documentation du TS2000 et souder le fil de commande du séquenceur sur la bonne PIN du connecteur DIN 7 et brancher ce connecteur sur la bonne prise sur le TS2000.

## II.4 Protection contre les décharges électrostatiques :

Pour protéger le transceiver et les autres éléments du poste de commande on a installé une protection contre les décharges électrostatiques. En effet durant des orages on avait remarqué que les câbles coaxiaux se chargeaient considérablement en électricité statique, nous avons donc installé un parafoudre (cf. Figure II.7) pour chacun des deux et nous avons relié à la terre le mât des antennes ainsi que la masse du transceiver Kenwood TS2000.

Cette protection protège seulement contre les décharges électrostatiques et non pas contre un impact direct de la foudre sur les antennes. Pour protéger contre la foudre il faut installer un paratonnerre à une distance bien étudiée des antennes, et nous pensons que la tour Zamansky de l'UPMC offre cette protection.



**Figure II.7 :** Protection contre les décharges électrostatiques

Les parafoudres que nous avons installés sont du fabricant Diamond Antenna, modèle SP3000 (cf. Figure II.8 ).



**Figure II.8 :** Parafoudre SP3000 Diamond Antenna

## II.5 Tranceiver Kenwood TS 2000 :

Cet émetteur-récepteur se distingue par son double dispositif de traitement numérique des signaux (DSP) pour signaux FI et AF. Par une exploitation judicieuse de la technique DSP, le TS2000 (cf. Figure II.9) permet de mieux réduire les interférences et d'améliorer la qualité sonore émise, et ce, sans adjonction de filtres analogiques [7].



**Figure II.9 :** Transceiver Kenwod TS2000

Pour alimenter le TS 2000 on a utilisé une alimentation DC stabilisée. Il est relié à l'ordinateur d'une part avec une liaison RS232 pour permettre aux différents logiciels utilisés de le piloter et d'autre part avec une liaison audio moyennant une carte son externe (TNC externe Signalink USB) pour permettre d'effectuer des émission-réception en modes numériques moyennant des logiciels de transmission radio.

Le câble coaxial de l'antenne VHF terminé par un connecteur PL259 mâle est branché à la prise ANT 144 en arrière du TS2000 et le câble UHF terminé par un connecteur N mâle à la prise ANT 430.



### AVERTISSEMENTS

1. Ne jamais effectuer une émission sans avoir branché les antennes ou charges fictives de 50  $\Omega$ .
2. Ne tentez pas de rendre inopérantes les protections (parafoudres et mise à la terre du TS2000).
3. Ne pas entraver la ventilation du TS2000. Ne placez aucun livre ou matériels sur le TS2000.
4. Ne branchez pas d'écouteurs sur les prises audio haut-parleurs externes en arrière du TS2000. La sortie audio d'intensité élevée pourrait endommager votre système auditif.
5. Evitez l'utilisation du TS2000 en cas de fort orage. Débranchez les câbles coaxiaux et évitez que les connecteurs de ces câbles ne soient en contact avec les autres équipements ou le TS2000.

## II.6 TNC Signalink USB :

Le Terminal Node Controller (TNC) est un appareil qui permet d'effectuer des communications en mode numérique par un logiciel installé sur ordinateur. En effet dans notre projet Meteorix nous allons communiquer avec notre satellite en mode Packet qui utilise le protocole AX.25 pour coder l'information.

Pour se faire nous avons donc besoin de cet appareil qui va convertir en numérique les signaux démodulé par l'émetteur-récepteur, décodé l'information véhiculée grâce à son firmware et la transmettre à l'ordinateur par une liaison série RS232 ou USB selon le modèle du TNC.

Il fait aussi l'opération inverse en émission, récupération des données à transmettre depuis l'ordinateur, leur codage et conversion en tonalité audio compréhensible par l'émetteur-récepteur qui à son tour fait la modulation à la fréquence de la porteuse choisie pour enfin transmettre le signal radio.

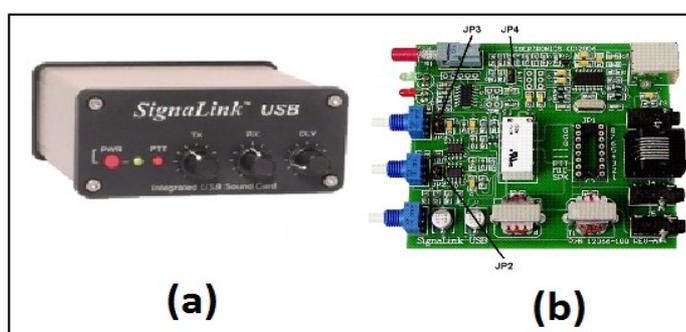
Notre TNC est le Signalink USB de chez tigertronics (cf. Figure II.10 (a)), c'est un TNC de bonne qualité qui prend en charge tous les modes de son numérique et mode vocaux telle que RTTY, SSTV, CW, PSK31, MT-63, JT65, ROS, EchoLink et bien sur le mode Packet qui nous intéresse le plus dans le cadre de ce projet.

Pour recevoir/envoyer des messages en chaine de caractères vers/depus l'ordinateur on peut utiliser directement une application de communication série comme PUTTY grâce à l'interface en ligne de commande du TNC ou bien utiliser directement un logiciel de radiocommunication en mode numérique qui effectue la liaison automatiquement avec le TNC moyennant un pilote.

Pour perfectionner la qualité de la communication numérique il y a des réglages à faire, notamment le calibrage de la carte son intégrée dans notre TNC (voir le manuel d'utilisation dans le CD que je vais joindre à ce rapport). Les trois potentiomètres sur la face avant du TNC permettent de régler le niveau en réception (RX), émission (TX) ainsi que le délai (DLY) que prend le TNC pour revenir au mode réception quand on effectue une émission.

A l'intérieur du TNC (figure II.10 (b)) nous avons des fils jumpers à raccorder sur les bonnes PINs selon le modèle de l'émetteur-récepteur utilisé (réglage déjà effectué pour le nôtre).

Aussi des cavaliers permettent d'augmenter encore les niveaux RX et TX si nous pensons que les réglages des potentiomètres au maximum ne suffisent plus (pas encore utilisés par nous et je ne pense pas que c'est nécessaire).



**Figure II.10 : TNC Signalink USB**

## II.7 Rotor Yaesu GS-5500 :

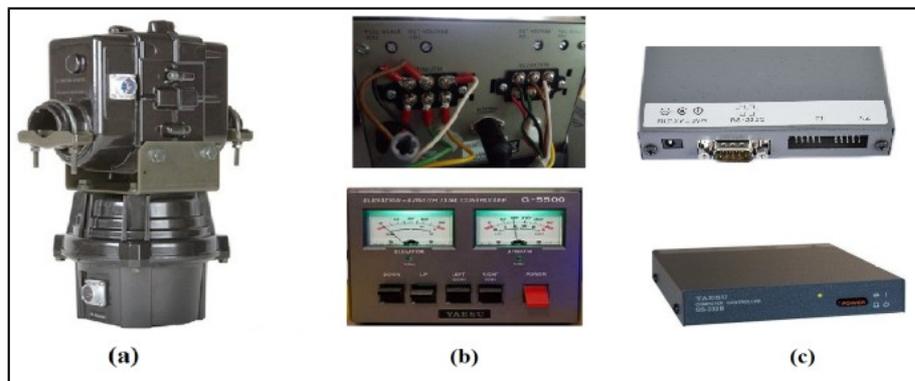
Ce rotor (cf. Figure II.11 (a) ) possède deux moteurs électriques qui lui permettent d'avoir à la fois une rotation en azimut et une rotation en élévation de façon simultanée et avec des vitesses variables. Il offre donc de bonnes performances point de vue asservissement de position (poursuite d'un satellite).

En effet on a à faire ici à un système asservi dont la consigne est variable (position du satellite), la mesure de la course du rotor (orientation des antennes) se fait avec des capteurs de position potentiométriques tandis que la position du satellite poursuivi (la consigne) est récupérée via une base de données en ligne à laquelle sont connectés les logiciels de tracking.

La commande se fait à la fois par des signaux ON/OFF pour le choix de la direction de rotation et une modulation de la puissance électrique fournis à chacun des deux moteurs afin de varier la vitesse et corriger l'erreur d'asservissement rapidement.

En face avant le contrôleur du rotor GS-5500 (cf. Figure II.11 (b) ) est doté de quatre interrupteurs pour la commande manuelle de la position du rotor et deux s-mètres qui affichent la position actuelle en azimut et en élévation. Au-dessous de chaque s-mètre il y a une vis pour ajuster le zéro. En arrière on trouve quatre vis, deux pour ajuster le maximum de l'échelle, et deux pour ajuster le signal de mesure en voltage transmis à l'interface PC GS232B (cf. Figure II.11 (c)).

on trouve aussi les fiches de connexions des câbles et un fusible de protection remplaçable.



**Figure II.11 :** Rotor Yaesu, son contrôleur GS-5500 et son interface PC Yaesu GS232B

Pour le branchement des fils de commande et de mesure il faut respecter les indications suivantes :

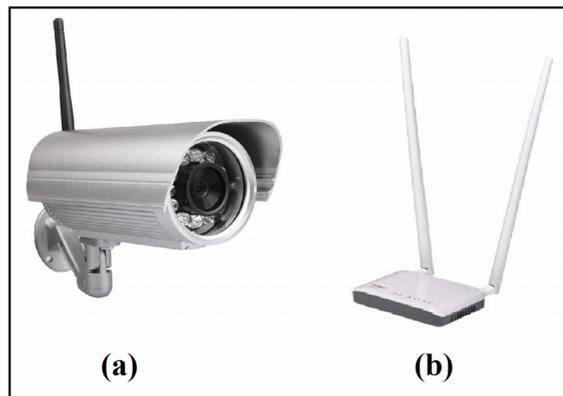
N° PIN	1	2	3	4	5	6
Couleur fil	Noir	Marron	Blanc	Rouge	Vert	Jaune
Fonction	Vcc capteur (6 V DC)	Mesure capteur (0 à 6 V DC)	GND capteur (0 V DC)	Commande moteur 24 V AC EL : Down AZ : Left	Commande moteur 24 V AC EL : UP AZ : Right	Neutre alimentation moteurs

**Tableau II.2 :** Câblage du contrôleur du rotor GS-5500

## II.8 Caméra IP :

La caméra IP est utile pour avoir un visuel des antennes durant le tracking d'un satellite. Le routeur a été nécessaire car le réseau local du laboratoire n'offre que des adresses IPs fixes sans une possibilité d'attribution dynamique (pas de fonction DHCP). Le routeur possède la fonction DHCP, il est branché à une prise Ethernet déjà brassée et attribue automatiquement deux adresses IPs, une pour la caméra et une pour l'ordinateur de la station sol.

La caméra IP que nous avons installée (cf. Figure II.12 (a) ) est fabriquée par Foscam sous la référence Fi9804W et nous avons utilisé le routeur Wifi multifonction BR-6428nC de chez Edimax (cf. Figure II.12 (b) ).



**Figure II.12 :** Caméra IP et routeur de la station sol CurieSat

Pour adapter la fixation offerte par Foscam qui était murale sur un mât d'antenne à installer sur le toit nous avons bricolé une petite pièce à l'atelier de mécanique au sous-sol de la tour 65.

Aussi pour protéger la prise secteur 220 V AC qui permettra d'alimenter la caméra, ses fils, et la fiche ethernet nous avons installé un boîtier étanche sur ce mât à l'intérieur duquel on a tout encastré (cf figure II.13).

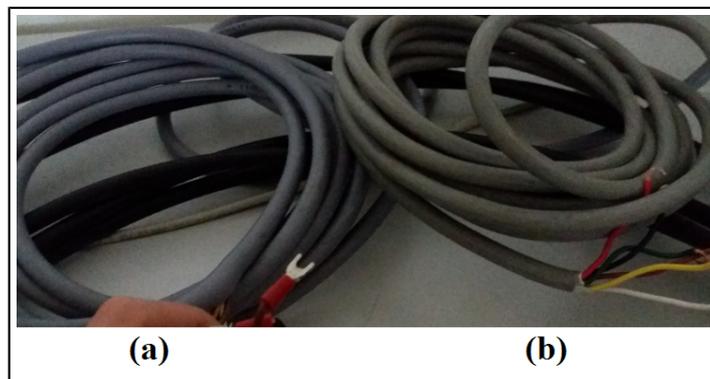


**Figure II.13 :** Installation de la caméra IP sur un mât d'antenne

## II.9 Câblage et connecteurs :

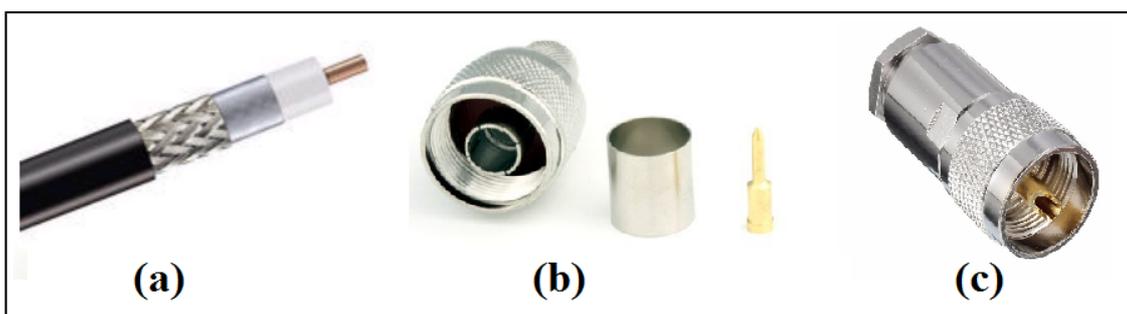
En tout six câbles d'environ 50 m de longueur chacun font la liaison entre les éléments installés sur le toit de la tour 65 et le poste de commande au 2<sup>e</sup> étage du laboratoire L2E :

- Un câble téléphonique de 4 paires torsadées terminé par une fiche RJ45 de chaque côté. Il sert à relier la caméra IP au routeur.
- Un câble d'alimentation électrique 220 V AC terminé par une prise femelle 220 V AC sur le toit et par une fiche mâle au laboratoire. Il sert à alimenter la caméra IP.
- Deux câbles de commande à six fils chacun, de couleurs différentes. Ils servent à câbler les deux moteurs du rotor et ses capteurs de position au contrôleur GS-5500. Il faut noter que pour distinguer les deux câbles, celui du moteur azimut est de couleur bleue (cf. Figure II.14(a)) et celui d'élévation de couleur grise (cf. Figure II.14(b)).



**Figure II.14:** Câbles de commande du rotor

- Deux câbles coaxiaux du type Andrew CNT-400 (cf. Figure II.15(a)) reliés aux antennes VHF et UHF sur le toit. Le câble de l'antenne UHF est terminé côté laboratoire par un connecteur N mâle (cf. Figure II.15(b)) et celui de l'antenne VHF par un connecteur PL259 mâle (cf. Figure II.15 (c)).



**Figure II.15:** Câbles et connecteurs coaxiaux utilisés

D'autre part plusieurs connecteurs coaxiaux ont été utilisés pour connecter les différents éléments au chemin des câbles coaxiaux :

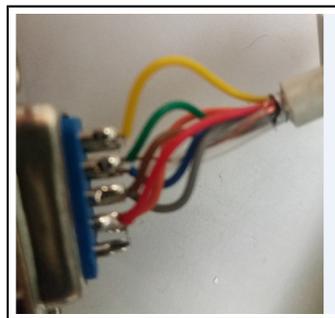
- Quatre connecteurs N mâle pour l'installation des parafoudres.
- Quatre connecteurs N mâle pour l'installation de l'amplificateur et son séquenceur.

Au niveau du poste de contrôle nous avons un câble de mise à la terre de la masse du transceiver TS2000 qui doit être branché à la terre.

Nous avons aussi trois équipements qui sont branchés à l'ordinateur. Le TNC externe Signalink USB est relié par un câble USB de type B, il permet à la fois de l'alimenter et effectuer le transfert des données. Le Transceiver TS 2000 et l'interface de contrôle du rotor GS-232B sont reliés à l'ordinateur par une liaison série RS232 via un adaptateur USB.

Les adaptateurs USB-to-RS232 utilisés sont actuellement fonctionnels, en cas de soucis nous avons leurs CD d'installation de pilotes à notre disposition.

Un des câbles RS232 a ses fils et points de soudure sur le connecteur DB9 (cf. Figure II.16) qui sont visibles, il risquent de s'arracher, je suggère donc de remplacer ce câble. Entre-temps voici la correspondance des couleurs de ces fils avec les numéros de PIN sur le connecteur si jamais un fils s'arrache.



**Figure II.16:** Connecteur DB9 de la liaison série RS232

N° PIN	Couleur fil	Fonction
1	NC	DCD : Data Carrier Detect
2	Rouge	RXD : Received Data
3	Marron	TXD : Transmitted Data
4	Vert	DTR : Data Terminal Ready
5	Jaune	GND : Signal Ground
6	Orange	DSR : Data Set Ready
7	Gris	RTS : Request To Send
8	Bleu	CTS : Clear To Send
9	NC	RI : Ring Indicator

**Tableau II.3 :** Soudure des fils sur le connecteur DB9 de la liaison RS232

**NB :** ces couleurs ne représentent pas une norme de câblage des différentes PINs à mon avis et ça risque d'être différent avec l'autre câble. Donc faites attention.

### III. Sous système de Tracking :

#### III.1 Etalonnage du rotor :

##### A. Orientation des antennes :

- ✓ Nous avons utilisé les commandes manuelles du contrôleur GS-5500 pour amener le rotor à l'origine ( $0^{\circ}$ AZ,  $0^{\circ}$ EL) en appuyant sur DOWN et LEFT jusqu'à ce que le rotor arrête de tourner.

- ✓ On a dévissé et réglé les booms des deux antennes de façon qu'elles soient parfaitement en parallèle et toutes les deux orientés vers la même direction. L'arrière d'une antenne est le côté sur lequel sont branché les câbles coaxiaux, c'est à dire du coté des éléments réflecteurs.

- ✓ Réglage du  $0^{\circ}$  EL :

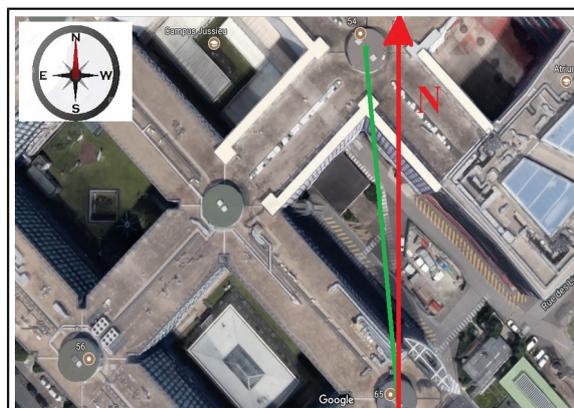
Une fois les antennes en parallèle et orientées vers la même direction on a dévissé un peu la tige transversale fixée au rotor qui porte les deux booms d'antennes et nous avons fait en sorte que les antennes soient horizontales. C'est ce qui permettra au antennes de balayer tous le ciel d'horizon en horizon grâce à la course maximale de  $180^{\circ}$  en élévation de notre rotor.

- ✓ Réglage du  $0^{\circ}$  AZ :

On a ensuite dévissé la partie du mât qui porte le rotor et tourner les antennes de façon qu'elles soient orientées vers le vrai nord. Dans notre cas en France la déviation magnétique entre le nord géographique et le nord magnétique est négligeable (moins de  $1^{\circ}$ ) il a suffi donc d'orienter les antennes vers le nord magnétique moyennant une boussole.

En utilisant google map on a déterminé que le nord géographique est presque la diagonal entre la tour 65 et la tour 54.

Contrairement au Québec par exemple où la déviation magnétique est de  $15^{\circ}$  en aurait eu besoin d'une carte géodésique et des repères exacts pour bien orienter les antennes.



**Figure III.1:** Orientation des antennes vers le nord géographique

## B. Réglage du minimum et du maximum des échelles :

Maintenant que les antennes sont orientées vers la bonne direction au point origine ( $0^\circ\text{EL}, 0^\circ\text{AZ}$ ) il faut s'assurer que les signaux de mesures envoyés par les capteurs de position correspondent bien aux valeurs exactes des courses du rotor en AZ et EL. Sans cet étalonnage notre asservissement de position (tracking de satellite via logiciel) fonctionnera mais avec une erreur qui peut être énorme.

Pour effectuer cet étalonnage nous avons pour chacun des deux moteurs trois vis ou potentiomètres de réglage d'échelle et de niveau de tension électrique sur le contrôleur GS-5500.

- ✓ Nous avons positionné les antennes au point d'origine ( $0^\circ\text{EL}, 0^\circ\text{AZ}$ ) et nous avons réglé moyennant les deux vis avant l'indication sur les s-mètre des quadrants d'affichage sur la face avant du contrôleur pour qu'ils indiquent  $0^\circ$  en AZ et en EL.
- ✓ Nous avons réglé moyennant les vis arrière de réglage de la tension électrique l'indication  $0^\circ$  en AZ et en EL sur le logiciel de tracking.
- ✓ Nous avons tourné le rotor en élévation avec le bouton UP jusqu'à la fin de la course et nous avons réglé l'indication du maximum sur le quadrant d'affichage et sur le logiciel.
- ✓ Nous avons tourné le rotor en azimut avec le bouton Right jusqu'à la fin de la course et nous avons réglé l'indication du maximum sur le quadrant d'affichage et sur le logiciel.

La procédure d'étalonnage et de premiers tests du rotor est donnée dans le manuel d'utilisation du GS-5500 que vous pouvez trouver dans le CD que je vais joindre à ce rapport ou bien le Cloud. [3]

**NB :** Au moment de cette opération nous avons remarqué que la vis avant qui permet de régler le zéro en azimut est détériorée, nous avons dû alors ouvrir le contrôleur GS-5500 pour accéder à l'aiguille du s-mètre pour la bouger directement à la main (cf. Figure III.2).

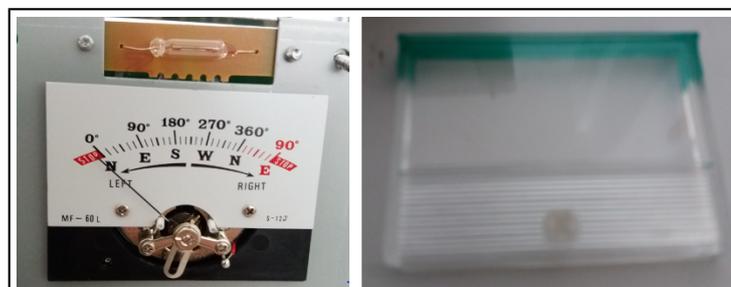


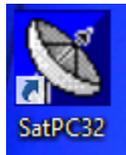
Figure III.2: Quadrant d'affichage  $^\circ\text{AZ}$  – vis avant détériorée

## III.2 Le logiciel SatPC32 :

### A. Téléchargement et installation :

Vous pouvez télécharger une version gratuite de ce logiciel facilement sur internet, il suffit de faire une recherche sur google et vous aurez plein de liens de téléchargement généralement depuis des sites internet de radioamateurs.

Une fois l'installation terminée vous aurez ce raccourci sur le bureau



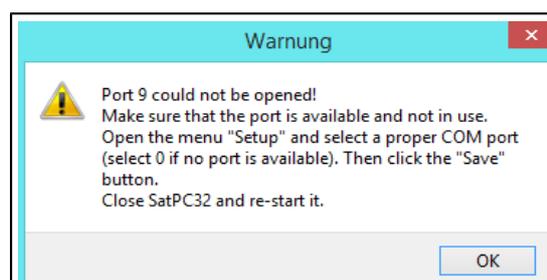
### B. Test de la liaison série RS232 :

Dans un premier temps nous allons tester la liaison série entre l'ordinateur et l'interface PC YAESU GS232B du contrôleur de notre rotor. Le logiciel SatPC32 possède des applications supplémentaires pour différentes marques de contrôleurs, pour notre cas c'est l'application ServerSDX.

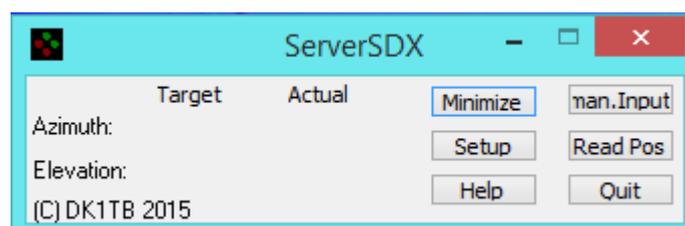
- ✓ Allez dans le dossier d'installation du logiciel SatPC32 puis dans le dossier SDX et créer un raccourci dans le bureau pour cette application.



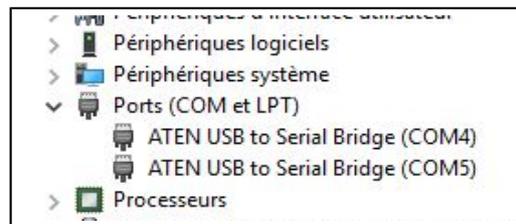
- ✓ Double-cliquez sur le raccourci ServerSDX.exe et si un message de Warning s'affiche et dit que le port série ne peut pas être ouvert continuez quand même en cliquant sur OK.



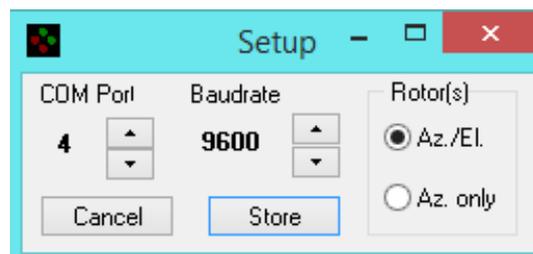
- ✓ Une fois l'application ouverte on aura la fenêtre suivante.



- ✓ Allez dans le panneau de configuration de Windows et ouvrez le gestionnaire des périphériques.
- ✓ Branchez l'interface du contrôleur GS232B en arrière du contrôleur G-5500 sur sa fiche **external control** et sur l'ordinateur avec un câble RS232 et un adaptateur USB-to-RS232 (Les PC récents ne possèdent pas de prise DB9 ou RS232).  
Allumez les deux appareils (GS232B et G-5500).
- ✓ Une fois les appareils allumés et les branchements effectués un nouveau port COM apparaît dans le gestionnaire des périphériques comme le montre la capture d'écran suivante



- ✓ Dans ServerSDX allez dans **setup** et sélectionnez le bon port COM, par exemple pour notre station sol le contrôleur est branché actuellement sur le port COM4.

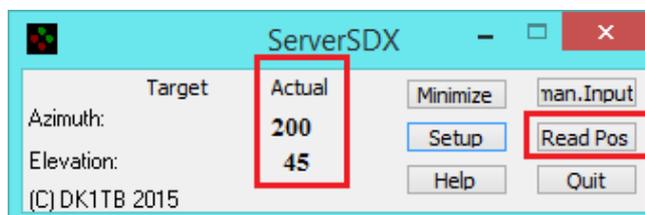


- Dans **Rotor(s)** il faut sélectionner Az/El car on a deux degrés de liberté en rotation.
- La vitesse de transmission est de 9600 bauds par défaut, si on veut la changer il faut également faire la même chose dans les paramètres du port COM4 dans le gestionnaire des périphériques.
- ✓ Cliquez sur **store** pour sauvegarder la configuration.
- ✓ La configuration du port COM4 dans le gestionnaire des périphériques est la suivante :
  - Bits par seconde : 9600
  - Bits de données : 8
  - Parité : Aucune
  - Bits d'arrêt : 1
  - Contrôle de flux : aucun

- ✓ Fermez ServerSDX.exe car les modifications ne sont prises en compte par le logiciel qu'au prochain démarrage.
- ✓ Démarrez à nouveau ServerSDX.exe et s'il y a un message de Warning qui dit que le port COM4 ne peut pas être ouvert il faut aller dans le gestionnaire des périphériques, désactiver le port COM4, le réactiver puis essayer à nouveau de démarrer ServerSDX.exe (en général ces erreurs arrivent quand un périphérique est utilisé par plusieurs applications, dans notre cas il y a plusieurs logiciels de tracking et parfois quand on ferme un pour utiliser un autre le premier ne libère pas forcément le port COM4).

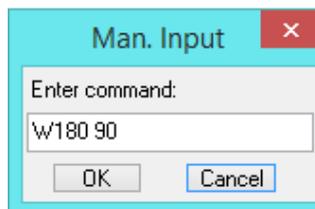
**NB :** ne jamais débrancher le câble série sur l'interface ou changer de prise USB pour l'adaptateur sur le PC, vous pouvez juste vérifier si les fiches sont bien enfoncées dans les prises. En effet vous risquez de griller le circuit intégré MAX232 à l'intérieur de l'interface. Ce dernier permet de convertir les signaux de l'ordinateur en TTL, il a été déjà grillé et remplacé. J'ai soudé à sa place un support pour que si la prochaine fois vous aurez à le changer il suffit juste de le remplacer directement sans avoir à faire de la soudure (deux circuits MAX232 ont été achetés comme réserve pour notre station sol).

- ✓ Une fois que ServerSDX démarre sans le Warning du port COM cela veut dire que le port était libre et que notre application a pu l'ouvrir, maintenant pour tester la liaison cliquez sur **Read Pos** et vous devriez voir les positions actuelles des deux moteurs s'afficher au-dessous de **actual**.

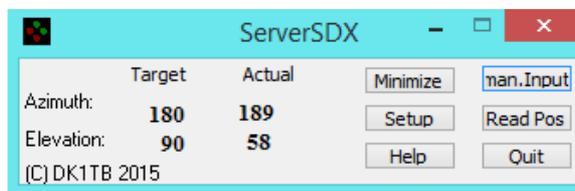


Si ça marche ça veut dire que la liaison fonctionne et que le logiciel a réussi à lire les positions des deux moteurs de notre rotor.

- ✓ Vous pouvez aussi commander le rotor pour aller dans une autre position en allant dans **man.Input** et introduire la commande sous la forme **W[Azimuth][espace][Elevation]** par exemple dans cet exemple la commande est d'aller à 180° en azimuth et 90° en élévation.



- ✓ Dès que vous appuyez sur OK les deux moteurs du rotor commencent à bouger et la consigne s'affiche au-dessous de **Target** sur la fenêtre du logiciel, la position actuelle quant à elle, elle varie et s'affiche en temps réel sous **Actual**.



- ✓ Maintenant fermez ServerSDX et dans ce qui suit je vais vous présenter comment traquer un satellite. Les prochaines fois il suffit juste d'ouvrir SatPC32 et ServerSDX démarrera tout seul et se fermera tout seul aussi en arrêtant SatPC32

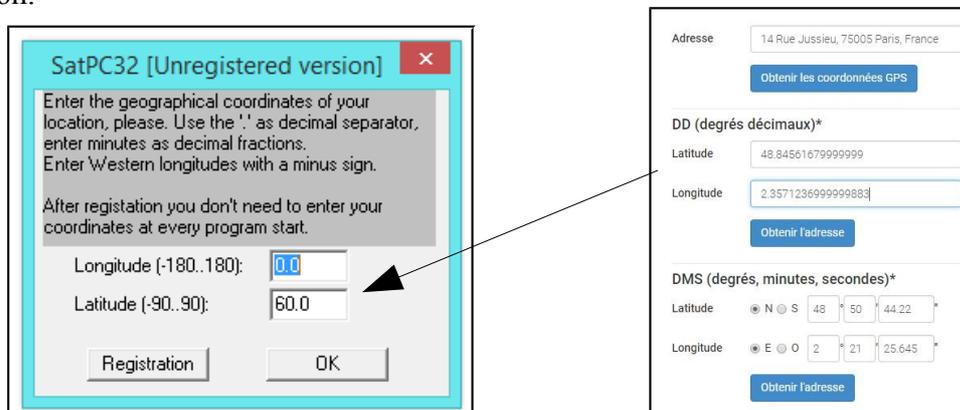
### C. Tracking (poursuite) d'un satellite en mission :

Dans le logiciel SatPC32 il y a des dizaines de satellites en mission qu'on peut traquer avec nos antennes, il faut juste savoir choisir un satellite qui passe au-dessus de la France au moment de votre test et qui sera fonctionnel, en effet 50% environ des nanosatellites en mission sont en panne, avant de choisir un satellite il faut aller sur le site de l'AMSAT où des status de satellites sont continuellement mis à jour par les radioamateurs [8].

Le logiciel offre aussi la possibilité de rajouter des nouveaux satellites en introduisant des informations supplémentaires dans des fichiers dédiés au niveau du dossier d'installation du logiciel (voir le help du logiciel). C'est ce que nous devons faire pour notre satellite CurieSat une fois qu'il sera lancé.

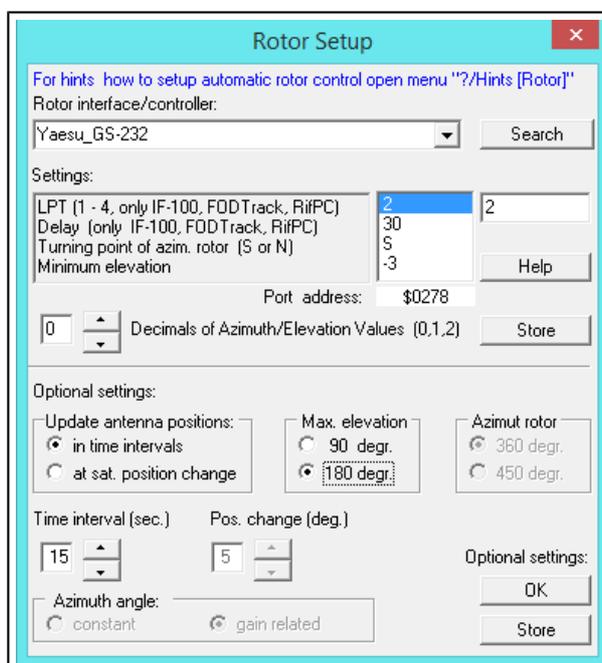
- ✓ Ouvrez le logiciel SatPC32, une fenêtre s'affiche et vous demande d'introduire les coordonnées GPS de la station sol. J'ai utilisé un site internet [9] pour récupérer la localisation des antennes de notre station sol.

L'une des limitations de la version gratuite du logiciel SatPC32 est le fait qu'on est obligé d'introduire ces coordonnées GPS en DD (degrés décimaux) à chaque démarrage de l'application.

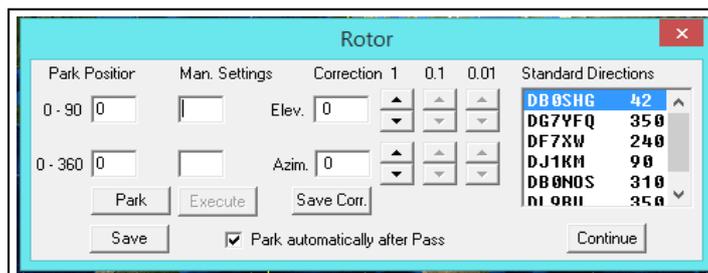


- ✓ Une fois les coordonnées GPS introduites cliquez sur **OK**, ensuite si vous aurez un message Warning qui indique que le port COM ne peut pas être ouvert ignorez-le pour l'instant en cliquant sur **OK**, en fait ce message concerne la liaison RS232 de l'ordinateur et notre transceiver qu'on verra plus tard dans la partie radiocommunication.
- ✓ Une grande fenêtre SatPC32 s'ouvre avec une carte géographique du monde et différents menus, options et indications.

Allez dans **Setup** puis **Rotor Setup**, puis choisissez notre contrôleur **Yaesu\_GS-232** dans **Rotor/interface controller** et **180 deg** pour **Max. elevation**



- ✓ Une fois les changements effectués, cliquez sur **Store** puis sur **OK**, ensuite il faut redémarrer SatPC32 pour que ces changements prennent effet.
- ✓ Allez dans **Rotor** dans la barre des menus, la fenêtre suivante s'ouvre.



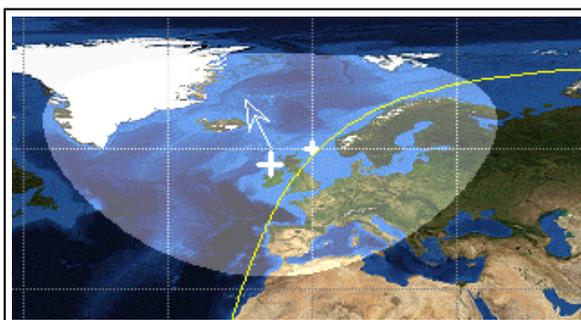
Choisissez la position initiale du rotor (**Park Positor**) et cochez **Park automatically after Pass**, cela permettra de faire revenir les antennes dans la position initiale une fois que le tracking est fini.

- ✓ Vous pouvez aussi commander la position du rotor manuellement en introduisant vos consignes en degrés dans les textbox au-dessous de **Man. Setting** puis cliquez sur **Execute**.
- ✓ Allez dans **Satellites** dans la barre des menus de SatPC32 et sélectionnez les satellites à traquer. Ce logiciel permet de sélectionner 12 satellites à traquer et assigne une lettre de A à L pour chacun d'eux. Ces lettres sont affichées sur le coin droit en bas de la fenêtre principale. Pour choisir un satellite dans cette liste de 12 il suffit de cliquer sur la lettre qui lui a été associé.

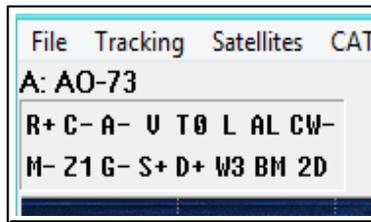


Quand certaines de ces lettres sont en blanc cela veut dire que les satellites associés sont à la portée de nos antennes et qu'on peut lancer un tracking et une communication radio.

- ✓ Sélectionnez un satellite et vous allez le voir entrain de se déplacer sous forme d'un signe "+" entouré d'une ellipse qui représente les régions qui sont à sa portée. Aussi une flèche indique la direction dans laquelle le satellite se déplace.



- ✓ En haut de la fenêtre principale de SatPC32 il y a un quadrant avec des lettres, il s'agit de raccourcis d'options qu'on peut activer et désactiver rapidement en cliquant dessus. Le signe "-" devant chacune d'elle indique que l'option est désactivée et le signe "+" qu'elle est activée. Par exemple pour activer la fonction du tracking automatique il faut cliquer sur **R**.



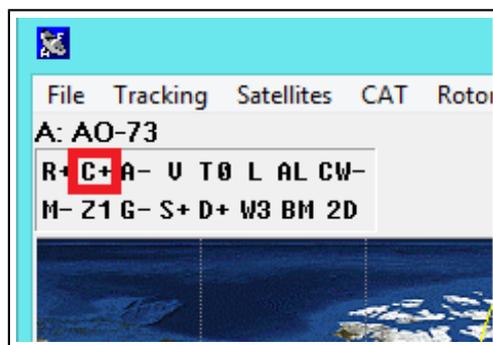
Le **A : AO-73** au-dessus de ce quadrant veut dire que le satellite sélectionné est le **AO-73** et que la lettre (raccourci en bas à droite de la fenêtre) qui lui a été attribué et le **A**.

- ✓ Une fois que l'option tracking est activée si le satellite sélectionné est à la portée le rotor démarrera immédiatement pour traquer le satellite sinon il faut attendre que le satellite arrive à notre zone ou bien sélectionner un autre satellite qui a sa lettre raccourcie en blanc.

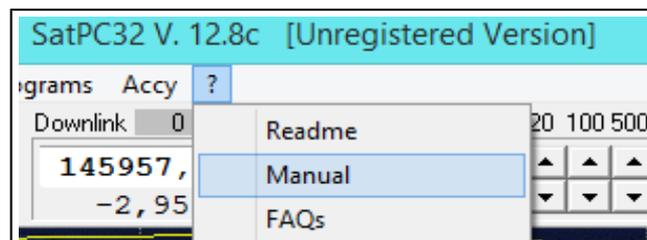
Vous pouvez à tout moment désactiver l'option tracking pour arrêter le tracking du satellite.

**NB :** Au moment du tracking le logiciel SatPC32 permet aussi de faire basculer le transceiver TS2000 au mode satellite, sur le bon type de modulation/démodulation et corriger continuellement les fréquences de voies montante et descendante afin de compenser l'effet doppler. Pour cela il faut aller dans **Radio Setup** et faire la configuration nécessaire. Nous allons voir ce point dans la partie télécommunication.

Pour activer cette option il faut cliquer sur le raccourci **C** dans le quadrant des options en haut à gauche.



Pour plus d'informations allez dans le **help (?)** puis **Manual**

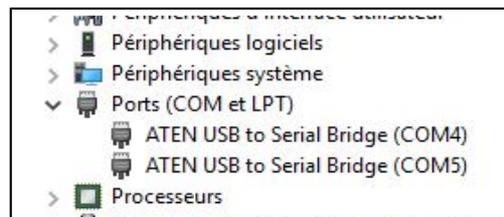


## IV. Sous système de télécommunications :

### IV.1 Contrôle du transceiver par PC :

#### A. Gestionnaire des périphériques :

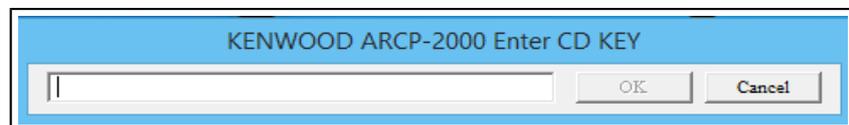
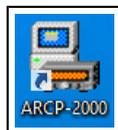
Allez dans le gestionnaire des périphériques puis notez le numéro du port COM affecté au transceiver Kenwood TS2000 une fois qu'il est branché à l'ordinateur par le câble RS232 et l'adaptateur USB-to-RS232. Par exemple pour notre cas c'est le port COM5 comme le montre la capture d'écran suivante.



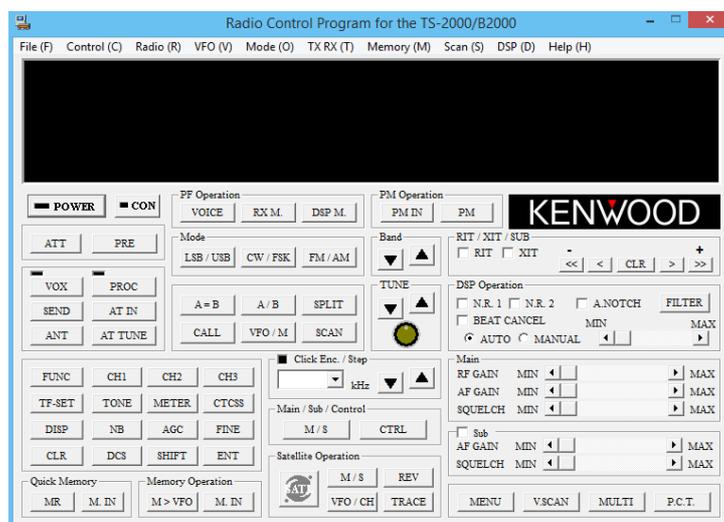
#### B. Logiciel ARCP 2000 :

Ce logiciel est téléchargeable sur le site de KENWOOD [10] et il est dédié spécialement à notre transceiver Kenwood TS2000, il permet de le contrôler par ordinateur grâce à une liaison RS232. Ce logiciel n'est pas gratuit il faut donc acheter une licence pour pouvoir l'utiliser. Il nous sera particulièrement utile si on veut contrôler l'ordinateur de la station sol à distance via TeamViewer.

- ✓ Une fois téléchargé et installé sur le PC l'icône suivante apparaît sur le bureau.  
à l'ouverture il nous demande d'introduire le numéro de série de la licence.



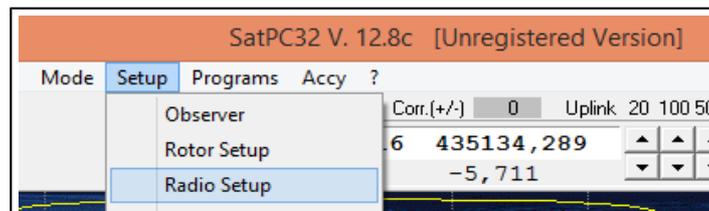
- ✓ Une fois ouvert on obtient la fenêtre principale suivante qui possède quasiment tous les boutons et commandes manuelles de la face avant de notre transceiver Kenwood TS2000.



### C. Logiciel SatPC32 :

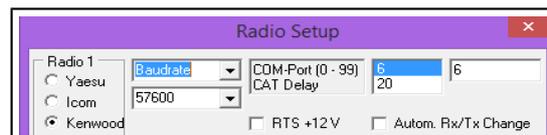
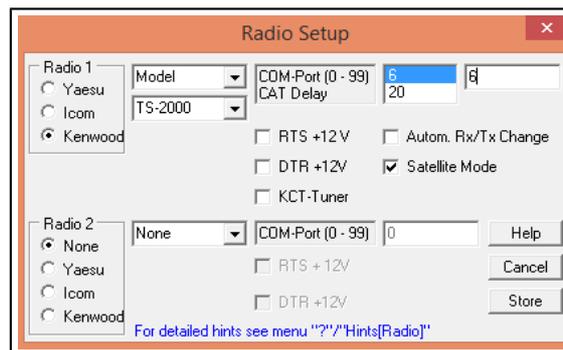
Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre précédent, le logiciel SatPC32 permet de contrôler le transceiver via la liaison RS232 au moment du tracking d'un satellite afin de corriger les fréquences de réception et d'émission en mode satellite dans le but de compenser l'effet doppler. Cette option s'appelle le **CAT Tuning**, pour l'activer il suffit de cliquer sur le raccourci **C** dans le quadrant des options en haut à gauche.

- ✓ Dans SatPC32 allez dans **Setup** puis **Radio Setup**



- ✓ Choisissez votre transceiver (Kenwood TS2000 pour notre cas), le **port COM** sur lequel il est branché à l'ordinateur ainsi que le **CAT delay**.

D'après le manuel qui se trouve dans le help de ce logiciel pour notre transceiver il faut mettre un délai de 20 et une vitesse de transmission pour la liaison RS232 de 57600.

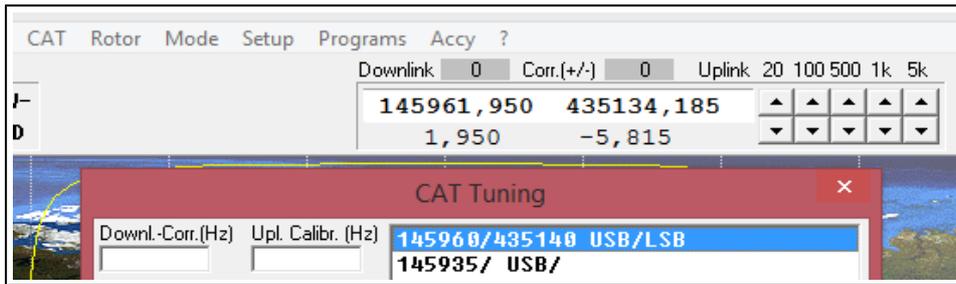


**NB :** laissez **Radio 2** à **None** si vous n'utilisez pas un deuxième transceiver.

Cliquez sur **store** puis redémarrer le logiciel pour que les changements prennent effet.

- ✓ La plupart des satellites possèdent plusieurs fréquences d'utilisation, pour choisir les fréquences à utiliser allez dans **CAT** dans la barre des menus.

Dans la capture d'écran suivante on voit les fréquences choisies s'afficher sur la fenêtre principale du logiciel et en dessous de celles-ci sont affichées les erreurs dues à l'effet doppler.



#### D. Logiciel MixW :

MixW est un logiciel de radiocommunication en mode numérique. Il permet de visualiser le signal reçu sous forme spectrale ou en chute d'eau et décoder et encoder les signaux dans un mode numérique donné qu'on sélectionne (par exemple le mode Packet).

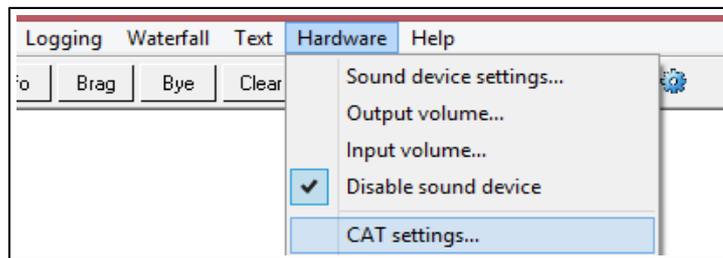
Ce logiciel permet aussi de contrôler le transceiver par une liaison série.

- ✓ Vous pouvez télécharger la dernière version de ce logiciel sur leur site officiel [11].

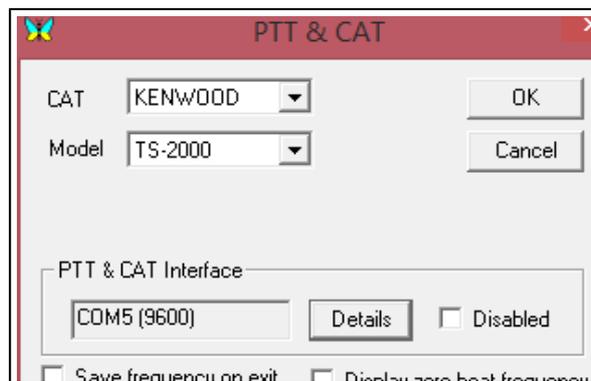
Une fois installé l'icône de ce dernier est la suivante.



- ✓ Pour contrôler le transceiver avec ce logiciel il faut aller dans **Hardware** puis **CAT settings**



Ensuite sélectionner votre transceiver et les bons paramètres de la liaison RS232



**NB :** Un seul logiciel peut contrôler le TS2000 à la fois, deux applications ne peuvent pas utiliser le même port COM au même temps. Un seul logiciel suffit et je préfère le faire par le SatPC32.

## IV.2 Entraînements à MixW par une liaison audio entre deux PCs :

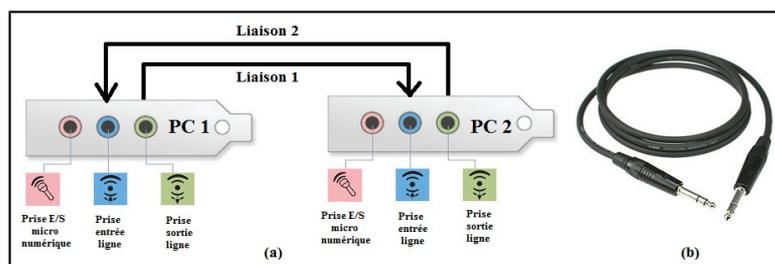
### A. Préparation des deux PCs :

Les émissions satellitaires et des stations terrestres sont souvent sporadiques. Aussi les durées de passage des satellites au-dessus de notre station sol sont courtes, il est donc fastidieux de s'entraîner directement sur la réception de ces signaux.

Dans cette partie je vais vous présenter une méthode qui permet de s'entraîner sur les modes digitaux de transmission radio en utilisant deux ordinateurs interconnectés par leurs cartes son.

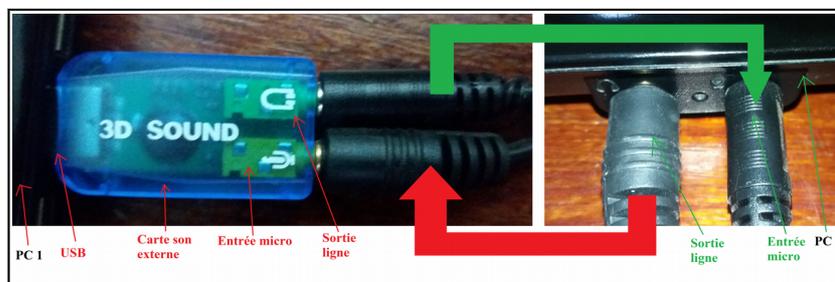
Le but est de se familiariser avec les logiciels de transmission radio et prendre en main les différents modes numériques existant tout en sachant les reconnaître à travers leur son.

- ✓ Le mieux est d'utiliser deux PCs qui possèdent une sortie ligne (sortie HP) et une entrée ligne (LINE IN) pour pouvoir faire deux liaisons, c'est-à-dire faire des émission-réception dans les deux sens. Les liaisons se font avec un cordon audio de type jack 3.5 mm (mâle-mâle) (figure V.1 (b) ). La sortie ligne du PC1 est reliée à l'entrée ligne du PC2 et la sortie ligne du PC2 est reliée à l'entrée ligne du PC1 (figure V.1 (a) ).



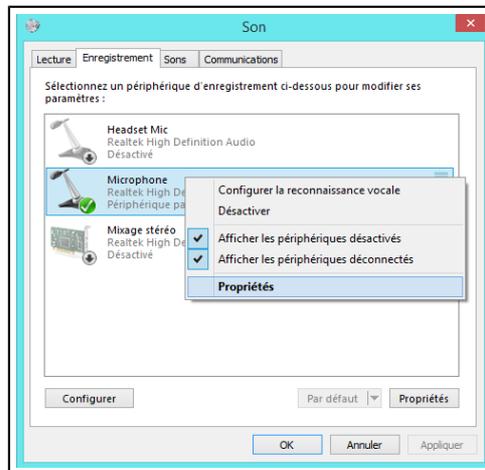
**Figure IV.1 :** Liaison audio entre deux ordinateurs

- ✓ Dans mon cas je n'ai pas à ma disposition deux PCs qui possèdent des entrées lignes, mais en cherchant sur internet j'ai trouvé que pour certaines cartes son de PCs portables on peut utiliser les prises d'entrées micro comme entrées lignes à condition de mettre leurs gains à 0dB et de bien régler les niveaux du son pour ne pas saturer ou griller la carte son. Aussi un des deux PC que j'ai utilisé possède une seule prise jack, j'ai donc acheté un adaptateur USB-Audio (carte son externe basique à 10 euros) et j'ai effectué le montage suivant :

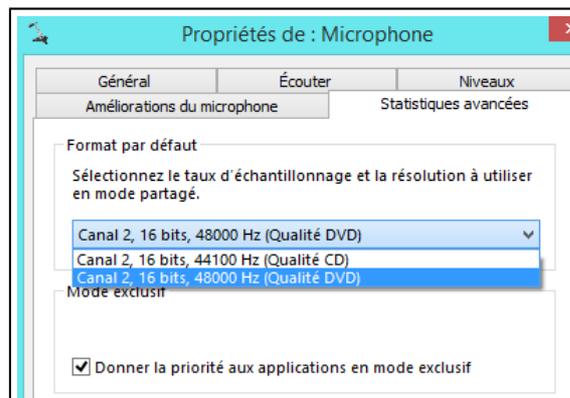


**Figure IV.2 :** Liaison audio PC1 – Carte son externe - PC2

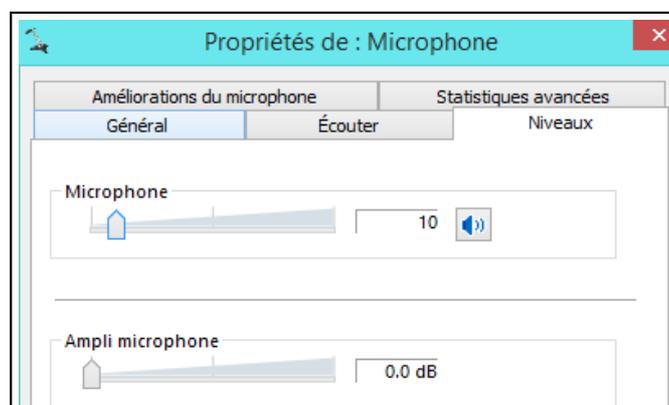
- ✓ Pour vérifier si la carte son d'un PC portable peut être utilisée pour cette manipulation il faut aller dans l'icône du son sur la barre des tâches Windows, cliquer sur le bouton droit puis sur **périphériques d'enregistrement**, une liste de microphones s'affiche, activez le microphone à utiliser puis allez dans **propriétés**.



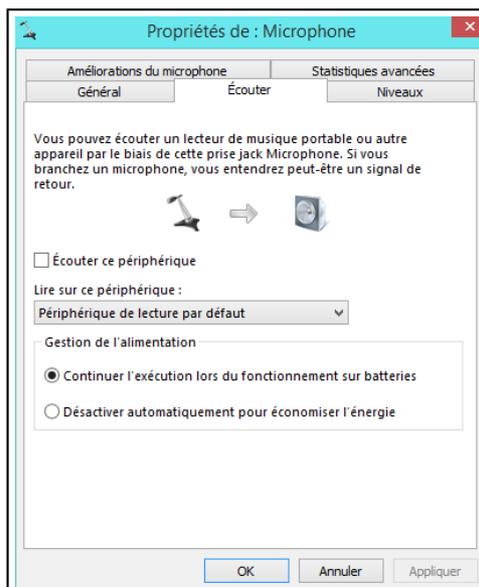
- ✓ Allez dans **statistiques avancées** puis sélectionnez **Canal 2, 16 bits(Qualité CD ou DVD)**. Si vous trouvez que c'est marquer seulement Canal 1 vous ne pouvez pas effectuer la manipulation avec le PC en question.



- ✓ Allez dans **niveaux** et mettez le gain de l'amplificateur du microphone à 0dB et le niveau audio à une valeur faible (10 par exemple).



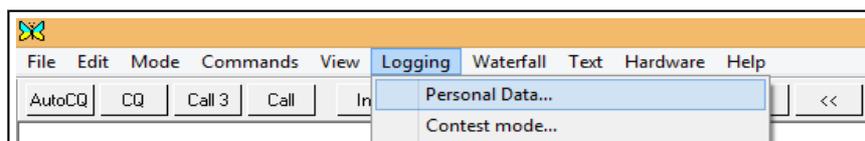
- ✓ Allez dans **écouter**, cocher **écouter ce périphérique**, puis cliquez sur **appliquer** et **OK**.



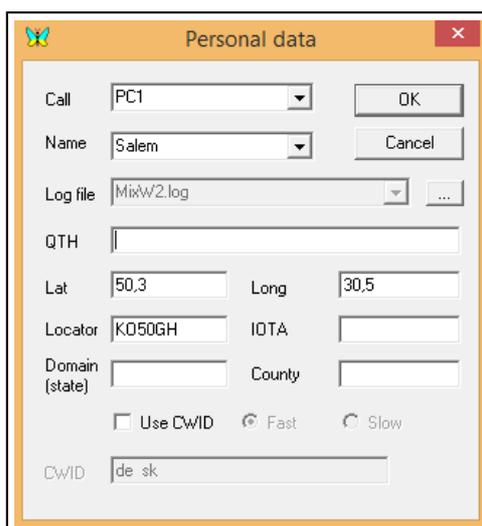
- ✓ Une fois que les configurations et les vérifications effectuées sur les deux PCs installez et ouvrez le logiciel MixW dans chacun des deux PCq.

## B. Configuration de MixW sur les deux PCs :

- ✓ Allez dans **Logging** puis **Personal Data** et introduisez vos informations



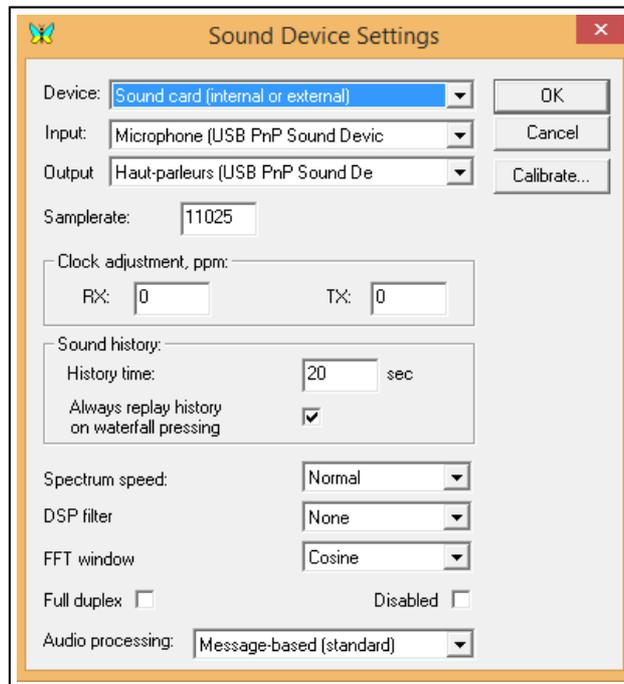
- ✓ Si vous ne possédez pas de licence radioamateur et donc pas d'identificateur (Call Sign) mettez juste "PC1" et "PC2" car il s'agit jute d'un test avec deux cartes son et vous n'allez pas émettre réellement avec des antennes de toute manière.



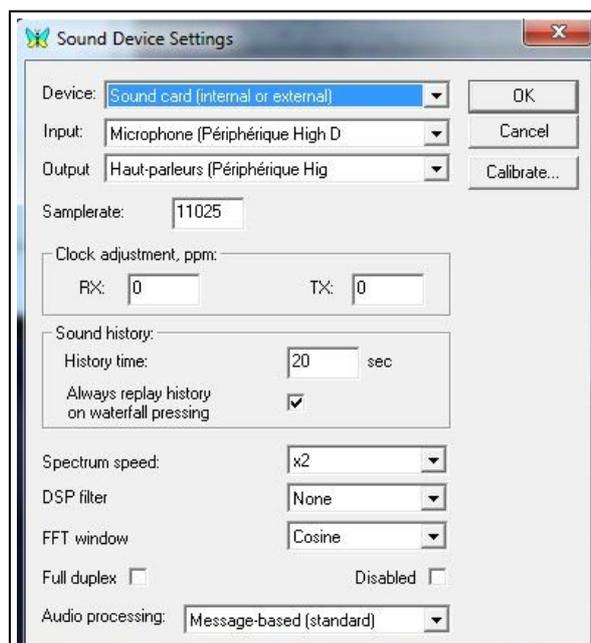
- ✓ Allez dans **Hardware** puis **Sound Device settings** et sélectionnez la carte son utilisée



Dans mon cas la configuration pour le PC 1 (carte son externe USB) est la suivante :



La configuration du PC2 est la suivante :



### C. Envoi d'un CQ :

CQ est un message qui permet de faire un appel général à toutes les stations à notre portée et attendre des réponses de leur part [12].

Pour entendre le son durant la transmission débranchez le cordon jack de la prise sortie ligne (HP) du PC récepteur afin que le son puisse sortir des haut-parleurs.

Si vous remarquez que sur le terminal RX du logiciel il y a des lettres et symboles qui s'affichent de façon hasardeuse cela veut dire que le cordon jack capte certains signaux qui peut-être proviennent de l'autre PC ou même de l'environnement (un câble peut capter des signaux radio).

Mais ces signaux sont faible , on peut les considérer comme du bruit

- ✓ Allez dans mode sélectionnez BPSK31 dans les deux PC.

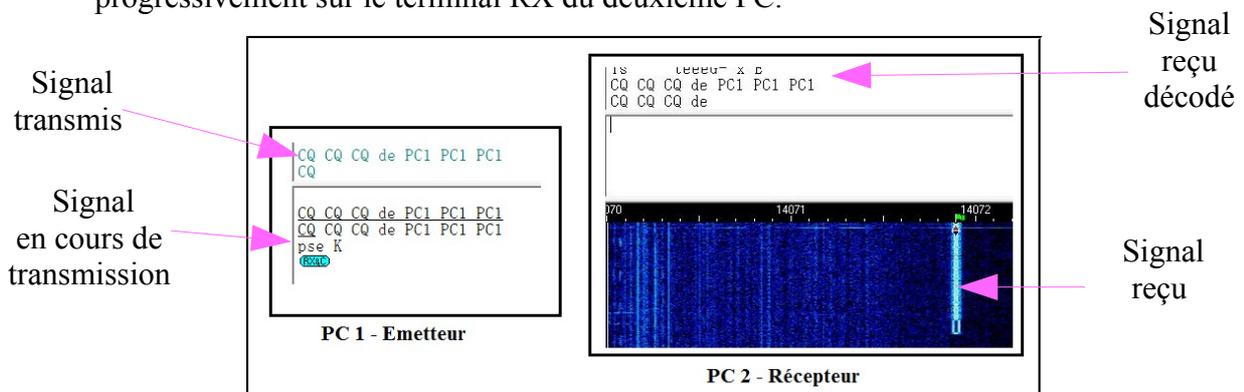


- ✓ Sur le PC émetteur, c'est-à-dire celui pour lequel vous n'avez pas débranché le cordon jack de sa prise sortie ligne (sortie HP) cliquez sur CQ



si tout va bien vous allez vite entendre le signal sur l'autre PC (augmenter le volume si nécessaire) et vous remarquerez le signal reçu en couleur foncé sur la chute d'eau.

- ✓ Pour que le PC récepteur décode le message il faut placer le curseur (drapeau vert) sur le signal reçu. Au moment de l'émission vous allez remarquer le message s'écrire progressivement sur le terminal RX du PC émetteur et le même message réapparaître aussi progressivement sur le terminal RX du deuxième PC.

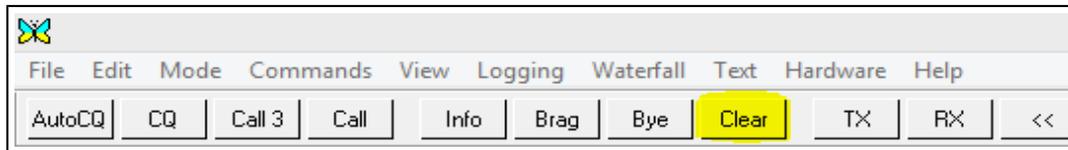


**Figure IV.3 :** Envoi d'un CQ du PC1 vers le PC2

**NB :** vous pouvez refaire l'opération et envoyer des CQ avec plusieurs autre modes digitaux disponible dans MixW (voir la vidéo dans le Cloud [3]).

#### D. Envoi d'un message texte :

- ✓ Pour supprimer le texte aléatoire déjà affiché, cliquez sur le terminal RX pour positionner le curseur de la souris à l'intérieur puis cliquez sur **Clear** dans la barre des menus.



- ✓ Dans chaque PC allez dans **Mode** et sélectionnez **BPSK31** par exemple puis dans le PC émetteur positionnez le curseur de la souris dans le terminal TX et tapez le texte que vous voulez transmettre. Si vous voulez arrêter la transmission dès la fin du message cliquez sur **RX** pour rajouter la commande RX à la fin de votre message qui va faire en sorte de remettre le PC émetteur en mode réception une fois le message transmis (mode par défaut).
- ✓ Cliquez ensuite sur **TX** sur la barre des menus et vous allez voir le texte entrain de s'afficher sur le terminal RX de l'autre PC.

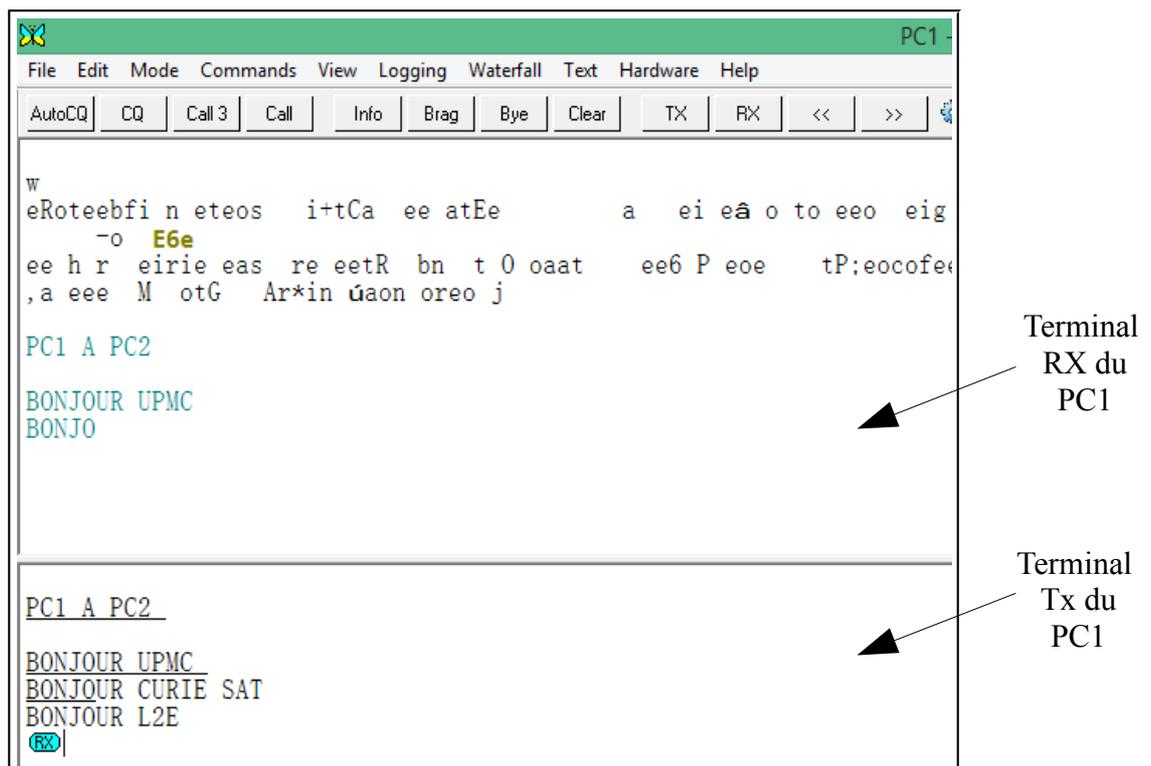
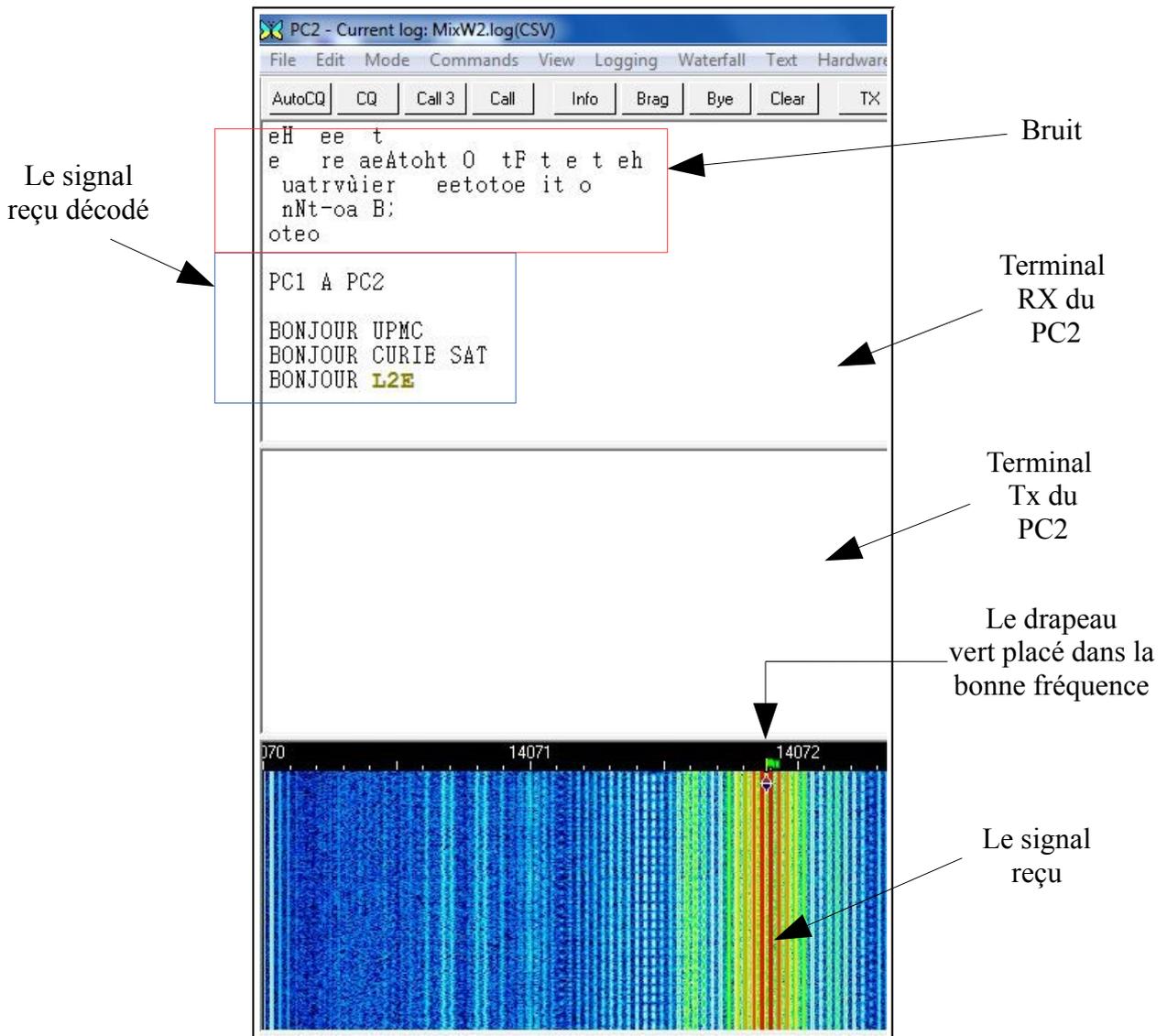


Figure IV.4.a : Envoi d'un texte du PC1 vers le PC2

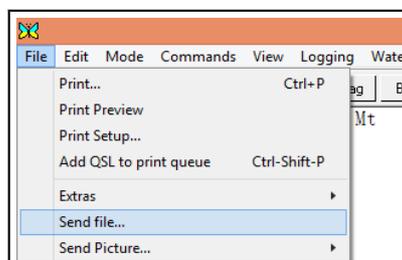


**Figure IV.4.b** : Réception du texte par le PC2

Pour effacer les terminaux RX et TX positionner le curseur de la souris dedans et cliquez sur **Clear**.

#### E. Envoi d'un fichier text :

- ✓ Créez un fichier **.txt** dans le PC émetteur et écrivez ce que vous voulez dedans.
- ✓ Toujours en mode BPSK31 allez dans **File** puis **Send file** et ouvrez votre fichier



Une fois le fichier **.txt** ouvert son contenu s'affiche sur le terminal TX, cliquez donc sur le bouton **TX** sur la barre des menus pour transmettre ce texte.

## F. Envoi d'une image en couleur avec le mode SSTV :

- ✓ Sur les deux PCs allez dans **Mode** et sélectionnez **SSTV**, une petite fenêtre s'ouvre.
- ✓ Dans le PC1 émetteur ouvrez une image de votre choix puis cliquez sur **TX**.

L'envoi commence alors en balayant l'image de haut en bas



Figure IV.5.a : Envoi d'une image en couleur depuis le PC1 – mode SSTV

- ✓ Au même moment le PC2 récepteur commence à recevoir l'image :

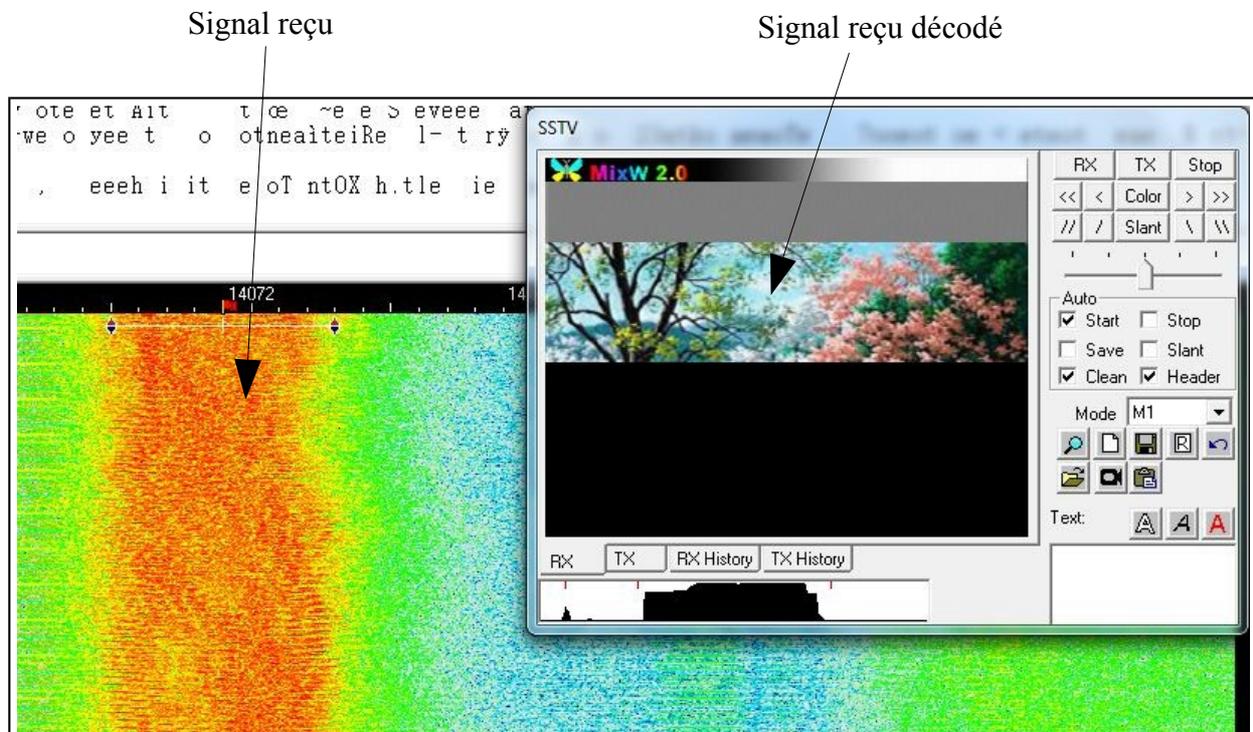
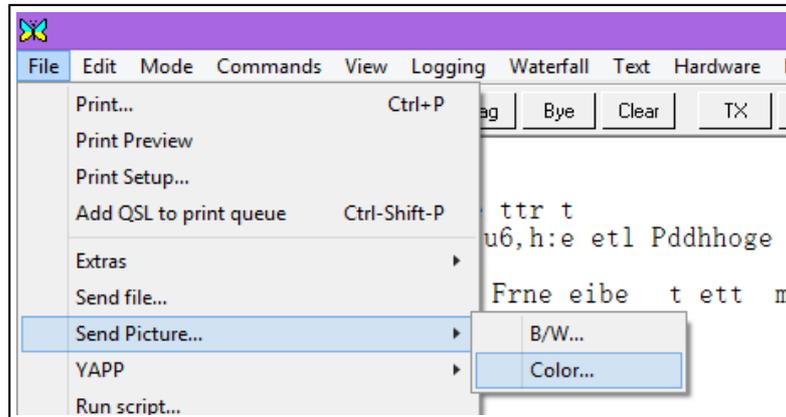


Figure IV.5.b : Réception de d'image par le PC2 – mode SSTV

### G. Envoi d'une image en couleur avec le mode MFSK :

- ✓ Sur les deux PC allez dans **Mode** et sélectionnez **MFSK**.
- ✓ Sur le PC1 émetteur allez dans **File -> Send Picture** puis **Color**



- ✓ Une fois l'image chargée, une icône apparaît dans le terminal RX et quand on clique sur **TX** on voit l'information **Pic:284x177C:** s'afficher sur le terminal TX, cela indique qu'une image d'une taille de 284x177C est en cours d'envoi.

Au même moment le PC2 récepteur commence à afficher l'image petit à petit.

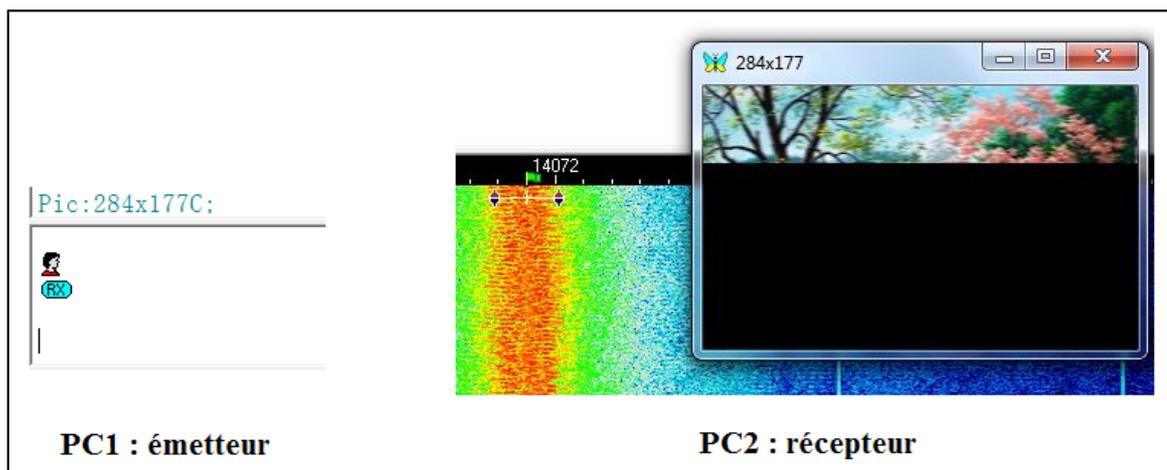


Figure IV.6 : Envoi d'une image en couleur du PC1 au PC2 - mode MFSK

## V. Test et mise en service de la station sol :

### V.1 Ecoute de conversation radio de radioamateurs :

Plusieurs fois durant mon stage j'ai pu écouter des conversations de radioamateurs en bande VHF sur les fréquences 145.5 MHz, 145.745 MHz, 145.750 MHz et 145.520 MHz [3].

Si vous voulez essayer orientez les antennes vers le sud par exemple ( $180^{\circ}\text{AZ}$ ,  $0^{\circ}\text{EL}$ ) et suivez les instructions dans le chapitre 3 du manuel du transceiver kenwood TS2000 [3].

Je précise que pour faire cette manipulation nous n'avons pas besoin de l'ordinateur, il faut juste bien configurer le transceiver et si vous n'arrivez pas à capter des signaux utiliser le bouton **Scan** sur la face avant du transceiver pour scanner toutes les fréquences dans la bande choisie.

### V.2 Conversations radio avec la station sol IGOSAT de Paris VII :

La station sol du centre spatial IGOSAT de l'université Paris VII est située à  $135^{\circ}$  Azimut environ au sud-est de notre station sol, j'ai donc orienté nos antennes à ( $135^{\circ}\text{AZ}$ ,  $0^{\circ}\text{EL}$ ) et la stagiaire de IGOSAT a orienter leurs antennes à ( $315^{\circ}\text{AZ}$ ,  $0^{\circ}\text{EL}$ ).

Nous avons effectué des conversations vocales en VHF sur la fréquence 145.9 MHz et en UHF sur la fréquence 433.9 MHz.

Dans les deux cas les signaux étaient de très bonne qualité et le mode utilisé était le FM.

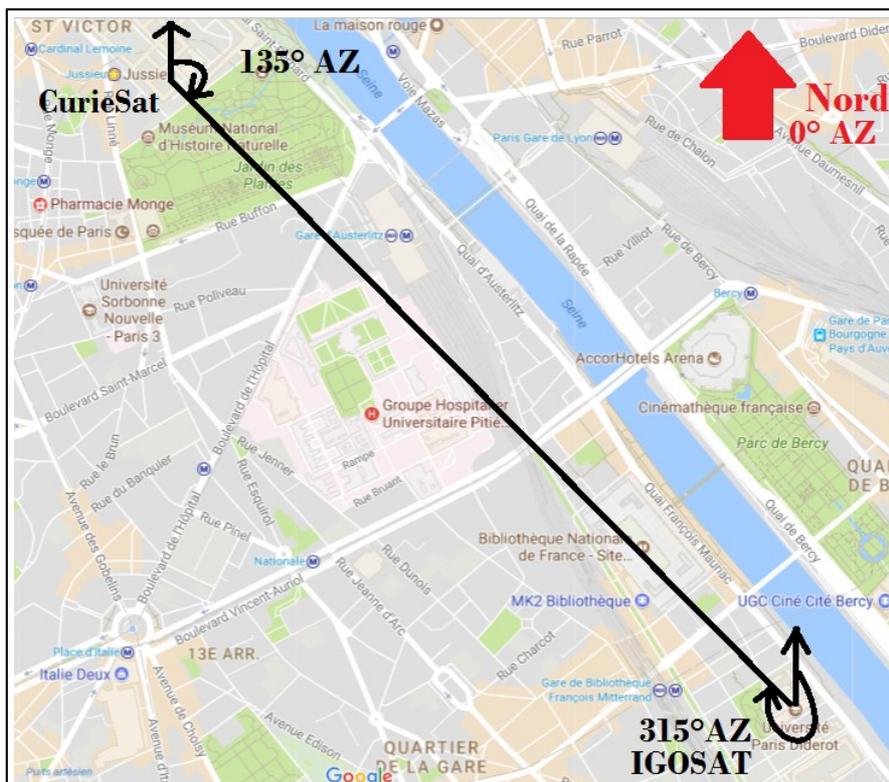


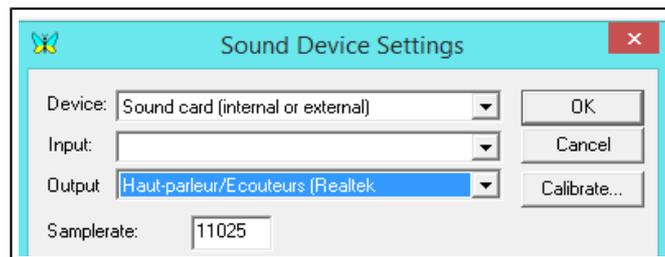
Figure V.1 : Orientation des antennes de CurieSat et IGOSAT durant les tests

### V.3 Réception et décodage de paquets APRS de stations terrestres :

Les paquets APRS sont des données de géolocalisation que les radioamateurs transmettent pour indiquer la position de leurs stations sols fixes ou mobiles [13]. La fréquence utilisée en Europe pour ces transmissions est la 144.8 MHz. Elle possède un trafic assez important durant toute la journée et vous pouvez à tout moment recevoir ces signaux.

- ✓ Orientez les antennes vers le sud de la France par exemple (0°EL, 180°AZ).
- ✓ Réglez le transceiver TS 2000 sur la bande VHF à la fréquence 144.8 MHz au mode FM.
- ✓ Réglez bien le gain RF et les autres paramètres nécessaires (voir le manuel du TS2000).
- ✓ Ouvrez le logiciel MixW, dans **Hardware** allez à **Sound Device Setting** et choisissez la carte son de notre TNC externe Signalink USB pour le **Input** ainsi que pour le **Output**.

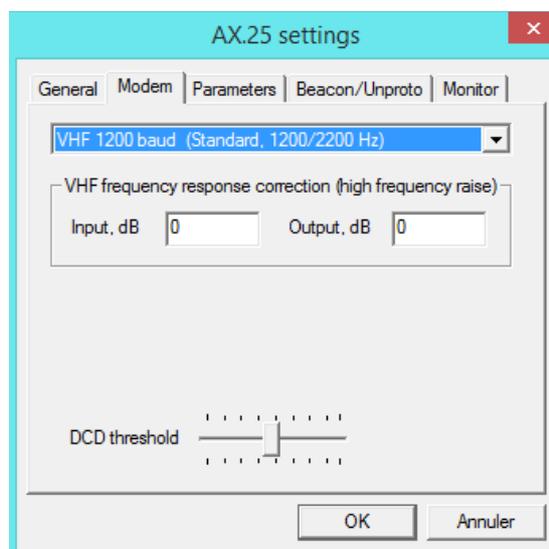
Le nom de cette carte son est "**USB Audio Codec**"



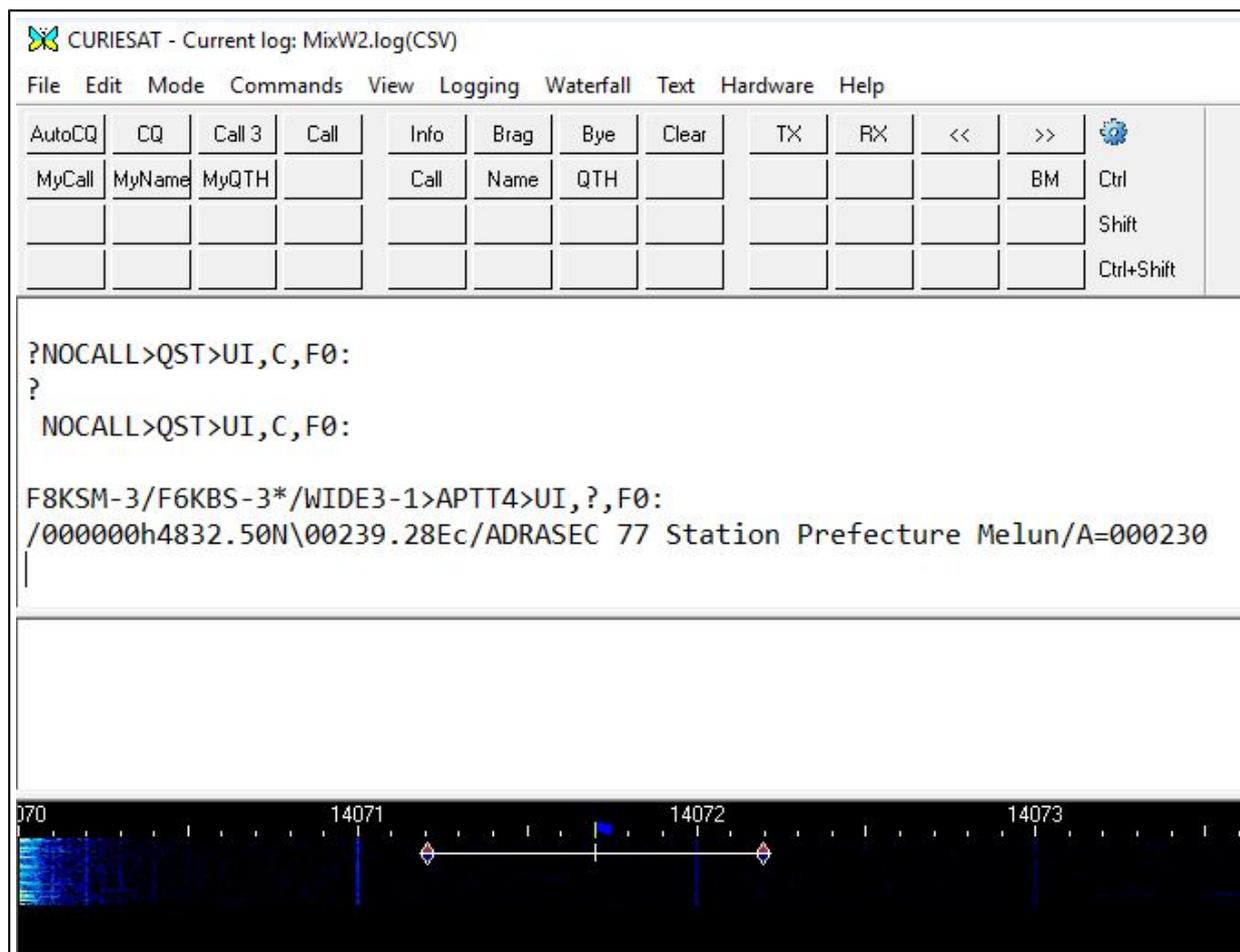
- ✓ Toujours dans **Hardware** allez dans **Input volume** puis dans les propriétés du périphérique d'enregistrement de cette carte son cochez **écouter ce périphérique**.

À cette étape vous devriez commencer à visualiser la chute d'eau qui représente le signal reçu en temporel et fréquentiel.

- ✓ Allez dans **Mode** et sélectionnez **Packet** puis toujours dans **Mode** allez dans **Mode Settings** une fois la fenêtre des settings ouverte allez dans **Modem** et sélectionnez **VHF 1200 bauds (Standar, 1200/2200 Hz)**.



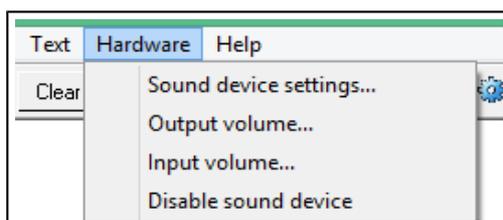
- ✓ Maintenant vous devriez recevoir et décoder les paquets APRS des radioamateurs et les décoder comme le montre la figure suivante.



**Figure V.2 :** Réception et décodage de paquets radio APRS en bande VHF

J'ai réalisé une petite vidéo de démonstration dans laquelle je montre comment procéder pour recevoir ces signaux. Vous pouvez la trouver dans le CD ou le Cloud que je vais joindre à ce rapport de stage [3].

**NB :** il faut bien vérifier tous les réglages nécessaires à la transmission en mode packet à la fois sur le logiciel MixW et sur le menu du transceiver TS2000. Aussi il faut s'assurer que la carte son est bien activée, c'est-à-dire que la fonction **Disable sound device** dans **Hardware** n'est pas cochée.



#### V.4 Emission d'un message CQ en mode Packet et sa reception par IGOSAT :

Durant ce test j'ai transmis depuis notre station sol un message CQ (appel à toutes les stations) et la station sol IGOSAT l'a bien reçu et décodeur comme le montre les figures suivantes :

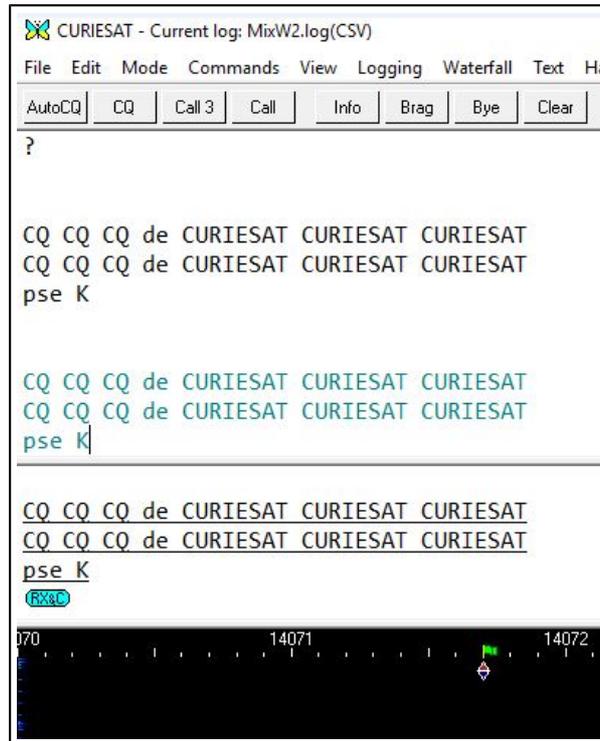


Figure V.3 : Envoi d'un CQ depuis la station sol CurieSat en mode packet 1200 bauds.

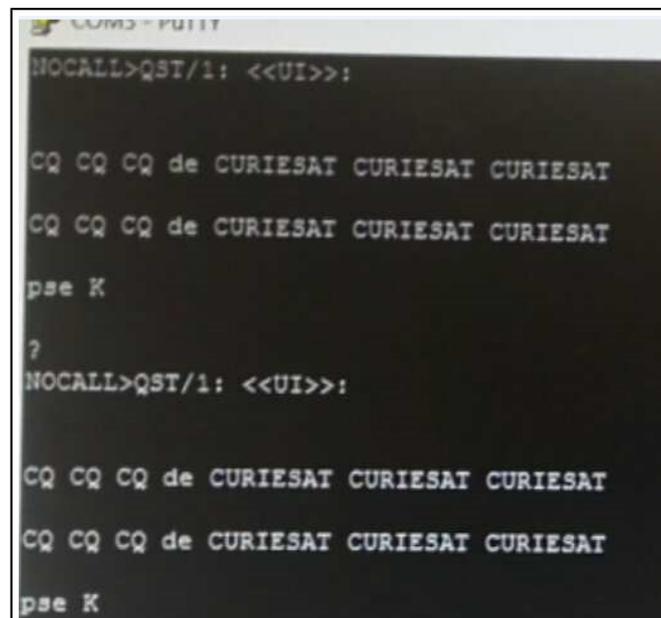


Figure V.4 : Réception du CQ par la station sol IGOSAT et son affichage sur PUTYY.

**NB :** IGOSAT possèdent des TNC à liaison RS232 et utilisent PUTTY pour communiquer avec.

### V.5 Tracking et réception des balises de télémétrie des satellites chinois XW-2x :

Durant mon stage j'ai réussi à traquer pas mal de satellites ainsi que la station spatiale internationale, néanmoins je n'ai pas pu recevoir des signaux dans tous les cas. Je présente ici particulièrement les satellites XW-2A , XW-2B, XW-2C, XW-2D, XW-2D, XW-2E et XW-2F [17] qui sont des nanosatellites chinois presque identiques. Je trouve que c'est intéressant d'étudier de près ces satellites, car d'un côté ils sont fonctionnels d'après le site de l'Amsat [8] et ça nous offre beaucoup de temps de passage et donc plus de tests. J'ai traqué ces satellites et j'ai reçu à chaque fois leurs balises de télémétrie. Les modulations et les fréquences utilisées ne sont pas forcément les mêmes pour tous ces satellites, par exemple la figure suivante montre la balise du satellite XW-2C que j'ai reçu en mode CW sur la bande VHF et la fréquence 145.771 MHz.

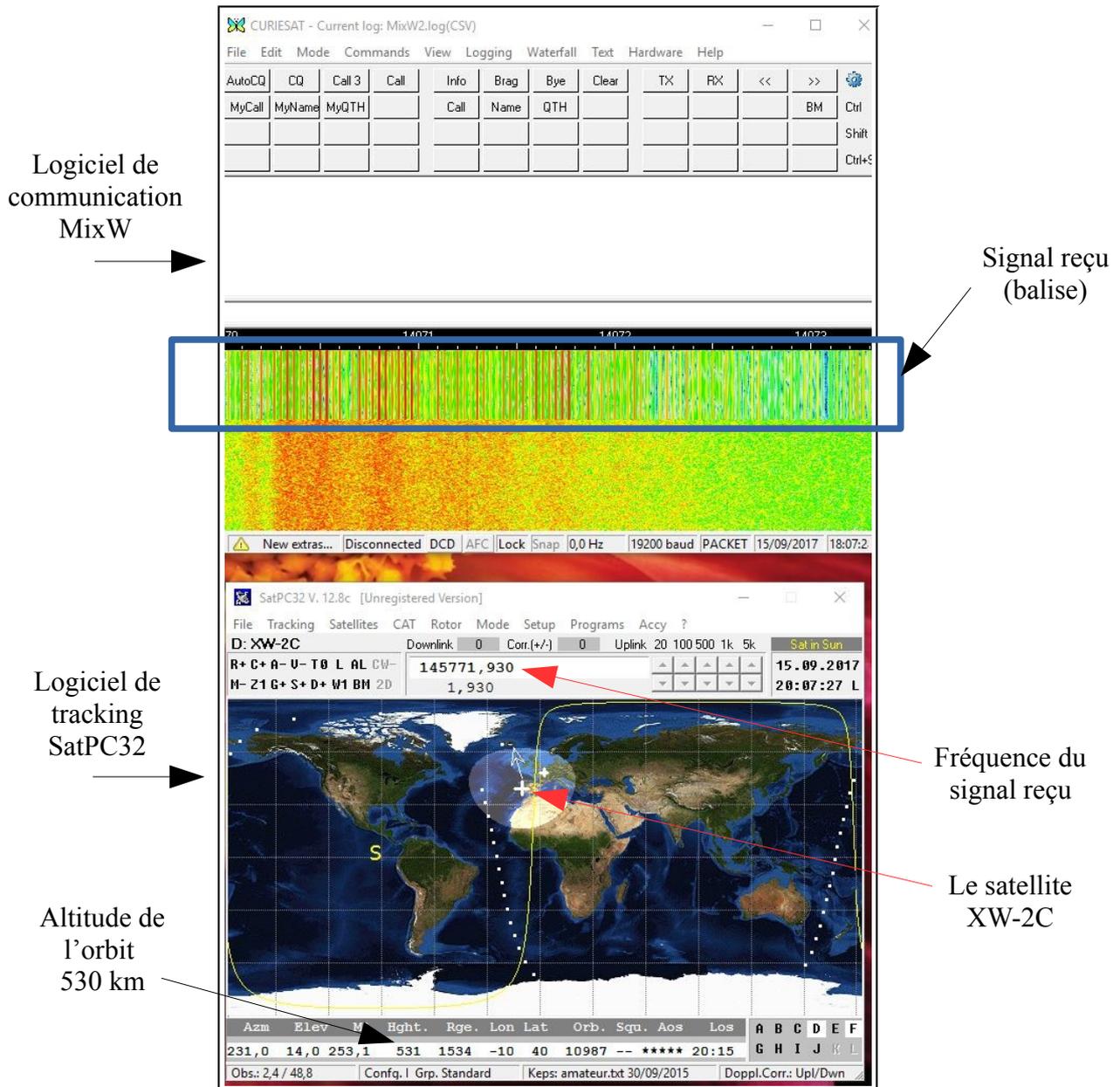


Figure V.5 : Réception de la balise du satellite chinois XW-2C en mode CW

## V.6 Tracking et réception des signaux du satellite japonais FO-29 :

Avec la présence du radiomateur Jean Louis Rault nous avons réussi à traquer et recevoir la balise de télémétrie du satellite japonais FO-29 et écouter des conversations radio en bande UHF avec le mode USB. Seulement le signal était très faible à cause de la distance de ce satellite d'un côté, 1000 Km d'altitude, et d'un autre côté par erreur le préamplificateur externe n'était pas alimenté par le transceiver Kenwood TS2000.

J'ai donc installé le lendemain le séquenceur qui permet de fournir l'alimentation nécessaire à cet amplificateur externe et j'ai traqué à nouveau ce satellite durant mon dernier jour de stage, mais sans recevoir de signal, je ne suis pas sûr mais je pense qu'à l'heure à laquelle j'ai effectué ce dernier test (21h00 environ) il n'y avait pas du trafic sur les fréquences de ce satellite ou bien il était dans un mode de survie dans lequel il économise l'énergie et donc n'effectue pas de transmission.

En effet il faisait nuit et dans le logiciel de tracking SatPC32 j'ai remarqué un message qui disait que le satellite est à l'ombre, c'est-à-dire ne reçoit pas l'énergie du soleil.

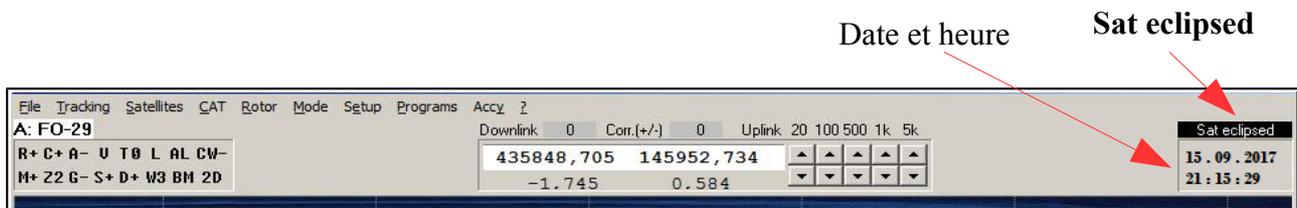


Figure V.6 : Tracking du satellite japonais FO-29

Dans le CD et le Cloud [3] vous trouveriez une vidéo dans laquelle j'ai traqué plusieurs satellites mais sans recevoir de signal malgré que certains satellites étaient bien exposés au soleil (le message **Sat at Sun** s'affichait à la place de **Sat eclipsed**).

Dans cette vidéo vous allez voir que le tracking fonctionne très bien (asservissement de position des antennes et correction automatique des fréquences du transceiver par le logiciel SatPC32), vous allez aussi remarquer que je vais souvent dans **CAT** sur la barre des menus du logiciel et je sélectionne les fréquences à écouter. En effet la plupart des satellites possèdent plusieurs fréquences et quand on choisit une fréquence sur le logiciel SatPC32 le transceiver se met automatiquement à celle-ci et dans le bon mode (FM, USB, CW ..etc).

Je pense que maintenant au lieu de faire ces essais par tâtonnement et choisir des satellites au hasard, il faut s'informer et élaborer une procédure de choix qui tiendra compte des rapports des radioamateurs sur le status des nanosatellites en mission sur leurs sites internet [8] ainsi que les sites des projets ces satellites en mission.

## V.7 Procédure de choix de satellites à traquer :

Pour savoir quel satellite traquer à un moment de la journée afin de réussir une réception je pense qu'il faut répondre à certaines questions.

- ✓ Quels sont les satellites actifs aujourd'hui ? (50% en moyenne sont en panne!).  
=> Voir les status des satellites en mission dans les sites internet des radioamateurs [8]
- ✓ Est-ce que tous ces satellites existent dans mon logiciel de tracking SatPC32 ?  
=> Si oui sélectionnez-les sinon les rajouter dans le fichier dédié (voir le help du logiciel).
- ✓ Est-ce que les fréquences des satellites choisis sont connues par le logiciel ?  
=> Allez dans CAT si vous ne trouvez aucune fréquence il faut les rajouter (voir le help).
- ✓ Est-ce que les satellites choisis passent aujourd'hui au-dessus de notre station sol et à quel heure ?  
=> Voir les sites des radioamateurs de prédiction d'orbit des satellites [15]
- ✓ Est-ce que le fait que le satellite est à l'ombre (Sat eclipsed) a de l'influence sur son mode de fonctionnement ?  
=> Allez dans le site du projet de ce satellite et se renseigner si les transmissions seront désactivées lorsque le satellite est à l'ombre du soleil. Peut-être il y a que la balise qui sera active.
- ✓ Pour un satellite qui a un relais FM, USB ou LSB de conversation radio est ce que je peux forcément écouter une conversation au moment du tracking ou bien ça dépend du trafic (utilisation de la fréquence par les radioamateurs)  
=> J'ai remarqué sur certains groupes Facebook [3] que les radioamateurs posent ce genre de question (par exemple : quel satellite est au-dessus de la France en ce moment et qui trafic dessus ?). Je pense que ces groupes et les forums des radioamateurs vous seront utiles.
- ✓ Pour télécharger des données scientifiques et des mesures de télémétries, un signal de commande est-il nécessaire ? Si oui est-ce que ce signal doit être envoyé que par les propriétaires du satellite ? Existe-il des satellites libre accès ?  
=> Je pense il faut contacter directement les responsables des projets en question ou voir si c'est possible de télécharger des données depuis la station spatiale internationale (ISS) avec un signal de commande rendu public.

## **VI. Conclusion et perspectives :**

Durant ce stage de deux mois nous avons pu régler beaucoup de soucis matériels et logiciels de notre station sol CurieSat, nous avons réussi à finaliser l'installation à temps et effectuer plusieurs tests fructueux. On peut dire que nous avons une station sol opérationnelle prête à recevoir des données de satellites en mission.

Personnellement j'ai trouvé ce projet très intéressant et enrichissant car il m'a permis d'une part de découvrir le monde des télécommunications satellitaires et radioamateurs que d'ailleurs je trouve très passionnant, et d'autre part à pratiquer pas mal de disciplines techniques comme l'instrumentation, l'asservissement, l'électronique, le câblage électrique, et l'informatique.

Comme perspectives je suggère l'achat de la carte de télécommunication qui sera embarquée sur le satellite le plus tôt possible afin de pouvoir faire des tests d'émission-réception avec le transceiver Kenwood TS2000 de notre station sol. En effet on peut faire des tests en local dans le laboratoire seulement en installant des charges fictives de  $50\Omega$  à la place des antennes.

L'achat d'un deuxième transceiver économique en bande VHF/UHF qui supporte le mode Packet (protocole AX.25) ainsi qu'un deuxième TNC sera aussi intéressant car en installant uniquement des charges fictives sur les deux transceivers et en utilisant deux ordinateurs dans le laboratoire on peut s'entraîner sur les logiciels de communication en mode numérique et se familiariser avec les paramètres et réglages des transceivers et TNCs.

Le but est un peu de faire la même chose que moi avec les deux PCs portables interconnectés par leurs cartes son, cela nous évitera de dépendre d'une autre station sol comme IGOSAT pour faire des tests de transmission.

## Références bibliographiques :

- [1] : <http://www.nanosat.upmc.fr/fr/index.html>
- [2] : <https://janus.cnes.fr/>
- [3] : « Station sol CurieSat », dossier google drive, BEN KEMMOUM Salem, UPMC, 2017.  
<https://drive.google.com/open?id=0Bxkqq5v7fTHXS3RWMIhaUjd4ZEE>
- [4] : « Etude, conception et réalisation du sous-système de radiocommunication en bandes VHF/UHF pour nano-satellite », mémoire de fin d'études Master, Amireeza Chobineh, UPMC, 2016.
- [5] : « Etude, conception et réalisation du sous-système de radiocommunication en bandes VHF/UHF pour nano-satellite », mémoire de fin d'études Master, Abdelkrim Aredjal, UPMC, 2017.
- [6] : <http://www.tgn-technology.com>
- [7] : « Kenwood, mode d'emploi émetteur-récepteur multibande tout mode TS 2000 »
- [8] : <http://www.amsat.org/status/>
- [9] : <https://www.coordonnees-gps.fr/>
- [10] : <http://www.kenwood.com/i/products/info/amateur/arcp2000.html>
- [11] : <http://mixw.net/>
- [12] : [https://en.wikipedia.org/wiki/CQ\\_\(call\)](https://en.wikipedia.org/wiki/CQ_(call))
- [13] : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Automatic\\_Packet\\_Reporting\\_System](https://fr.wikipedia.org/wiki/Automatic_Packet_Reporting_System)
- [14] : [http://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/xw-2b.htm](http://space.skyrocket.de/doc_sdat/xw-2b.htm)
- [15] : <http://www.n2yo.com/>