

1. Présentation

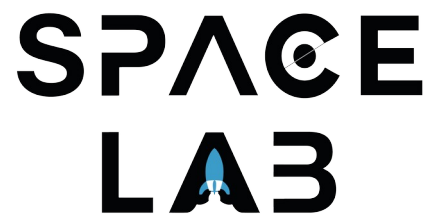


Le Centre Spatial Universitaire de l'Université de Montpellier a été créé en 2011. Il a pour objectif de développer et rassembler des moyens et des compétences en ingénierie, production, opération, test et applications de nanosatellites impliquant des étudiants pour favoriser le développement économique régional, l'innovation et répondre aux besoins de formation dans le domaine spatial. Le CSUM opère les satellites Robusta-1B, Celesta (Robusta-1D), MTCube

(Robusta-1C), MTCube2 (Robusta-1F) et développe les satellites : Hydra, Enso, Méditerranée,...

Le projet Space-Lab de l'IUT de Béziers a débuté en 2019. Il consiste en l'installation de trois centres de contrôle de missions (MCC) à l'IUT de Béziers. Le premier est un réplikat du MCC de Montpellier limité à la bande UHF. Il assure la redondance des systèmes de communication du CSUM. Le second est à visée pédagogique, il permet aux étudiants de travailler sur un MCC complet et opérationnel. Le troisième sert au développement de projets, aux tests, aux essais et aux expérimentations, notamment à visée pédagogiques.

Depuis 2022, l'IUT de Béziers est membre de CSUM.



2. Segment Sol Robusta

L'architecture du segment sol créé par le CSUM s'appelle Robusta, en référence avec le nom de la série de satellites conçus et construits au CSUM.

- A l'aide de la documentation fournie préciser les éléments constitutifs du segment sol Robusta.
- Faire un schéma du segment sol Robusta à Béziers

3. MCC

Un Centre de Contrôle de Missions est une structure qui rassemble les moyens techniques et humains nécessaires à la gestion opérationnelle d'un satellite artificiel ou d'un vaisseau spatial dans l'accomplissement de ses missions.

Sa principale tâche est de gérer le déroulement des missions spatiales du décollage jusqu'à l'atterrissage ou à la fin de la mission. Une équipe de contrôleurs de vol a la charge de surveiller tous les aspects de la mission en utilisant les télémesures. Les échanges avec l'engin spatial se font par radio via les stations terriennes. Les principales tâches assurées sont :

- la surveillance des paramètres de fonctionnement (télémesures) ;
 - la correction des anomalies ;
 - le contrôle et les corrections de la trajectoire ;
 - l'envoi d'instructions à la charge utile ;
 - la collecte et le traitement des données recueillies par la charge utile.
- a) A l'aide de la documentation fournie, identifier les différentes tâches que prend en charge le MCC du CSUM à Béziers.
- b) Produire un schéma synthétique sous forme de schéma bloc.

4. Étage radio

Le segment sol Robusta à Montpellier possède deux étages radios : un étage dans la bande UHF et un étage dans la bande S.

- a) Sans rentrer dans les détails, cela fera l'objet de prochains TP, préciser ce que cela signifie. Autrement dit, donner les caractéristiques de ces deux bandes : fréquences et longueurs d'onde.
- b) D'un point de vue télécoms, qu'est ce que cela impose pour le segment sol ?
- c) A partir de la documentation générale du segment sol, préciser les paramètres télécoms de l'étage radio UHF, seul présent à l'IUT.

5. Les missions

La modularité du MCC « Robusta » lui permet de prendre en charge des missions variées sur des satellites différents, évoluant sur diverses orbites. Cette modularité se matérialise dans l'architecture informatique du MCC.

En pratique le MCC est composé de services réseaux (au sens TCP) interagissant avec un « coordinateur » central appelé interface. Techniquement ce coordinateur est un ensemble de web services s'appuyant sur le SGBD Postgres.

Le coordinateur est basé sur le framework Django qui permet de programmer avec une abstraction des structures de données. C'est-à-dire sans connaître la structure de données a priori.

- a) A la lecture de la documentation, identifier les éléments qui différencient les missions.
- b) Dans votre VM visualiser les différentes missions, les paramètres et les données collectables.

6. Poursuite (tracking)

6.1 Pointage

Dans ce TP nous allons nous focaliser sur la station de poursuite des satellites.

- a) Rappeler la raison qui rend nécessaire un pointage « précis » des satellites.
- b) Rappeler la raison qui oblige à avoir un système de poursuite.
- c) Dans quel cas une poursuite n'est pas utile ?

Le tracker à l'IUT est composé d'un mat sur lequel est montée une antenne Yagi hélicoïdale Helix 70 (docs sur Moodle). Ce mat est fixé à une monture azimutale motorisées sur deux axes par un rotor BIG RAS alimenté et commandées par un contrôleur SPID Rot2Prog (docs sur Moodle).

Le contrôleur peut être piloté manuellement ou par logiciel. Dans l'architecture standard du MCC Robusta le contrôleur est piloté par un daemon TCP *rotctld* faisant office de proxy entre le réseau IP et le système de poursuite.

Pour répondre aux questions appuyez-vous également sur la partie « tracker » de la documentation du MCC.

- a) Dessiner cette architecture
- b) Montrer qu'alors l'antenne motorisée devient un objet IP communiquant.
- c) A partir des caractéristiques électromagnétiques de l'antenne (dire lesquelles), déterminer la précision de pointage nécessaire.
- d) Nos équipements sont-ils compatibles avec cette précision ?

6.2 Calcul des coordonnées

Le pointage correct du satellite en azimut et élévation nécessite une connaissance précise de son orbite. Les TLE (Two Lines Elements) actualisés par le Norad et la Nasa permettent ce calcul à partir des lois de Kepler. Pour mémoire le TLE est une série de données comprenant des données d'identification du satellite et de perturbation de son orbite, les 6 paramètres orbitaux et leur époque (voir wikipedia).

- a) Pour quelle raison les TLE doivent-ils être actualisés régulièrement ?

Outre ces données le calcul prend également en compte des données propres à la station

- b) Lesquels selon vous ?

Enfin, la dynamique des orbites impose une base de temps rigoureuse.

- c) Comment la générer ?

Dernier point, la mise en station du tracker doit être précise.

- d) Selon vous comment régler le zéro de l'élévation ?

- e) Quelle méthode proposez vous pour régler le zéro en azimut ?

6.3 Poursuite d'un satellite

Gpredict est un des logiciels utilisables pour étudier et communiquer avec des satellites en orbite terrestre. Il comprend un client compatible avec le protocole de *rotctld* et permet de paramétrer ce client pour poursuivre un satellite donné. Il permet de sélectionner des satellites et de synchroniser leurs TLE avec les BDD du Norad et de la Nasa. Il est capable de calculer en temps réel l'azimut et l'élévation.

- Sur votre PC installez et configurez gpredict.
- Avec les engins spatiaux déjà programmés identifiez les paramètres nécessaires à la poursuite d'un satellite.
- Sur un des sites : celestrak.org, satnogs.org ou n2yo.com, cherchez un satellite qui est ou sera prochainement visible. Récupérez son identifiant Norad, récupérez son TLE, ajoutez le à Gpredict.

Dans le cadre du segment sol Robusta il a été montré que la précision de pointage de gpredict n'était pas suffisante pour assurer une poursuite fiable des satellites. La station comporte alors un service dédié. Les identifiants officiels et les TLE des satellites sont chargés dans la BDD de la mission et synchronisée avec ceux fournis par le Norad.

- Suite aux questions précédentes dites quelles données il faut fournir au tracker Robusta pour qu'il puisse estimer précisément les coordonnées à pointer ?
- En déduire les aspects informatiques et logiciels impactés.
- Dans la mission générique de votre MCC insérer le TLE du satellite choisi et lancer la mission. Vérifiez que le terminal du tracker affiche presque les mêmes azimuts et élévations que gpredict.

7. Aspects réseaux

A l'aide des commandes unix adaptées, sur le MCC de l'IUT, vérifier l'architecture logicielle découverte dans ce TP :

- process *rotctld*, ports, sockets, ...
- process de tracking, ports, sockets, ...
- process web service, ports, sockets, ...

8. Exploitation du segment sol de l'IUT

- A partir des satellites visibles que vous avez sélectionnés programmez et engagez une mission puis vérifiez que la poursuite est fonctionnelle.
- Comparez les coordonnées calculées par gpredict sur votre PC avec les coordonnées calculées par le MCC.

Annexe 1 : Web service du MCC Robusta

MCC virtualisée

La machine virtuelle VGSEGB permet de démarrer les logiciels du segment sol Robusta. Elle s'appuie sur un OS Gnu/Linux, distribution Ubuntu 20.04 LTS. Bien entendu elle n'est pas interfacée aux équipements électroniques, électromécaniques et radios ce qui conduit à des messages d'erreurs.

Démarrage de l'interface

Login csum

Dans un shell, dans le répertoire ~/git/gseg, lancer ./interface-start.sh

L'interface produit de nombreux logs dans son terminal.

Les web services sont accessibles sur la machine locale sur le port 8000

Vérification de l'interface

Sous firefox connectez vous aux web-services.

Vérifiez que des missions sont paramétrées.

Quelques points d'entrées :

mcc/config

mcc/system

mcc/missions_list

Le SGBD est accessible sur le port 8000 sur /admin , login=admin

Vérifier que cela fonctionne.

Démarrage du tracker

En tant que user csum, dans un shell, dans le répertoire ~/git/gseg, lancer ./tracker-start.sh pour un tracker sans contrôleur physique, ou ./tracker-start.sh GS pour un tracker pilotant un contrôleur.

Le tracker produit de nombreux logs dans son terminal

Vérification du contrôleur

Le point d'entrée mcc/tracker/XX du web service contrôle le tracker. Par exemple XX peut être : status, current_position, target_position, ...