



Stratos Supporting Document

The Stratos mission took place in Australia on April 8, 2017. The goal of the mission was to launch hardware at altitudes of around 40k kilometres and observe the different data that was captured throughout the flight. This document shows and examines the telemetry data obtained from the different sub systems during the mission. The data acquired will be presented and analyzed in this document.

Acronyms

The following acronyms are used throughout this document.

GPS	Global Positioning System
RTC	Real Time Clock

Dictionary

UBlox	A GPS used during the flight to collect and record data.
Novatel	A GPS used during the flight to collect and record data.

Document d'information

Stratos

La mission Stratos a été effectuée en Australie le 8 avril 2017. L'objectif de la mission était de lancer des appareils à 40'000 kilomètres en altitude pour collecter des données. Plusieurs appareils d'enregistrements ont été utilisés afin de collecter les données télémétriques (exemple : appareil GPS, caméra, etc.). Les informations obtenues durant la mission vont être présentées et analysées dans ce document.

Acronymes

Les acronymes suivants sont utilisés dans le présent document.

Dictionnaire



Raw Data Files Used

The data recorded from each device were dumped into a file which were then sorted and separated into different files. Each file represents a single device. The files are:

Fichiers de données brutes utilisés

Les données obtenues durant la mission ont été conservées dans différents fichiers. Chaque fichier représente un sous-système. Voici la liste des fichiers :

ID / Identité	Filename / Nom du fichier
BCM_ADU	bcm_adu.txt
BCM_HKP	bcm_hkp.txt
BCM_TLM	bcm_tlm.txt
DAM_HARDW	dam_hardware.txt
DAM_HKPNG	dam_housekeeping.txt
DAM_INFO	dam_info.txt
DAM_RTCLK	dam_realtime_clock.txt
DAM_NOVATEL	novatel_gpgga.txt
DAM_UBLOX	ublox_gpgga.txt
DAM_UBLOX	ublox_gprmc.txt



GPS Introduction

Two different GPSs were used to record the position of Stratos during its flight.

- GPS 1: Novatel (Interpreted sentence: \$GPGGA)
- GPS 2: Ublox (Interpreted sentence: \$GPGGA)

In this section, we will analyze the different values obtained from both devices and compare them with each other.

Novatel and Ublox both had the responsibility to record and output its data to their own respective files. The analysis of the data focused on three main values: the latitude, longitude, and altitude. Other data was also recorded such as the timestamps, current mode set, units used etc.

Introduction au GPS

Deux GPS ont été utilisés à bord de Stratos afin d'observer la position du ballon.

- GPS 1: Novatel (Interpreted sentence: \$GPGGA)
- GPS 2: Ublox (Interpreted sentence: \$GPGGA)

Dans cette section, une analyse a été faite en lien avec les deux GPS.

Novatel et Ublox avaient les responsabilités d'enregistrer leurs données dans leurs propres fichiers respectifs. L'analyse des données s'est concentrée sur trois valeurs principales : la latitude, la longitude et l'altitude. D'autres données, par exemple le temps d'observation, le mode du GPS et les unités, ont également été enregistrées.



GPS Modes

Novatel has only one mode while Ublox has multiple different modes. The list of different modes that were tested during the flight on the GPS Ublox are:

- Air1
- Air2
- Air3
- Stationary
- Portable
- Pedestrian

During the mission, the Ublox had its mode changed midflight in order to examine the behaviour caused by the constant switching of modes. The results show that the stationary, portable and pedestrian modes all interrupted the recording of the data. *air1*, *air2*, and *air3* were the only modes that allowed the GPS to maintain data recordings. Figure 1 shows the altitude of Stratos at a given time with the different modes.

Modes GPS

Le GPS Novatel a seulement un mode tandis que le modèle Ublox contient plusieurs modes de configuration. Les modes qui ont été testés durant la mission avec le GPS Ublox sont :

Pendant la mission, les différents modes du modèle Ublox ont été changés plusieurs fois. Le but de changer les modes est d'analyser la performance du GPS en relation avec le mode sélectionné. Les résultats démontrent que les modes stationnaires, portables et piétons ont tous interrompu l'enregistrement des données. Les modes *air1*, *air2*, et *air3* sont les seuls modes qui ont maintenu l'enregistrement des données du GPS. La figure 1 démontre l'altitude de Stratos avec les différents modes choisis.

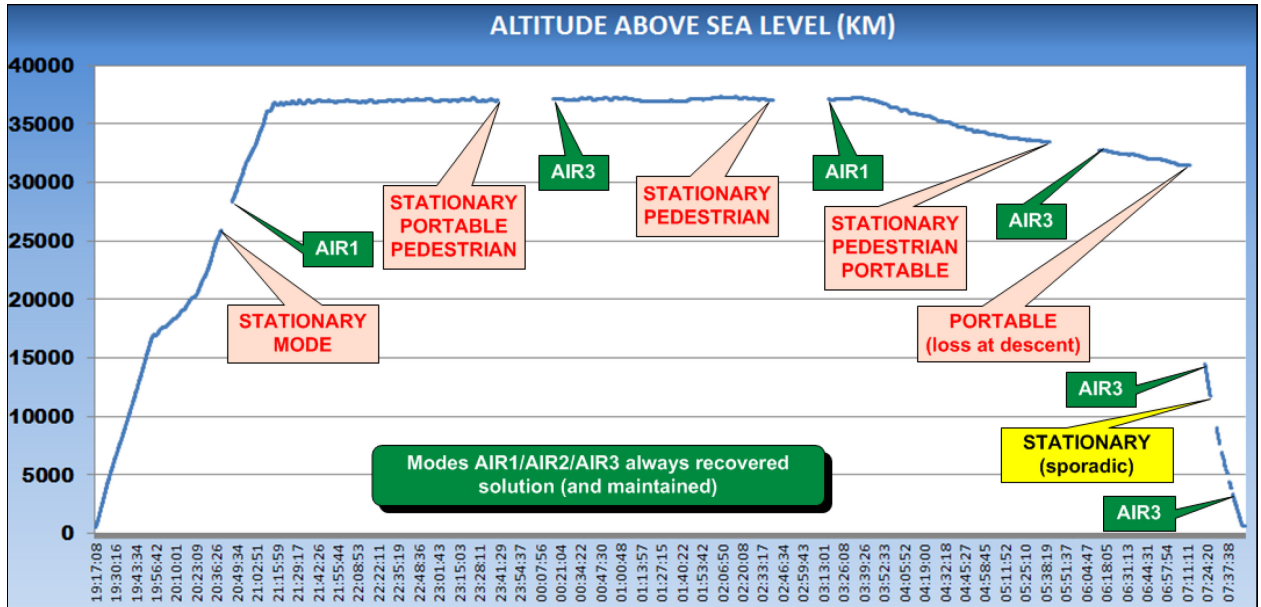


Figure 1- Altitude above Sea Level with given modes

Figure 1 – Altitudes au-dessus du niveau de la mer avec des modes données



Figure 2 shows the altitude without the gaps created by the stationary, pedestrian and portable modes. Note that the blue line is sitting underneath the red line.

La figure 2 montre l'altitude sans avoir les trous créés par les modes non fonctionnels. Notez que la ligne bleue de Novatel se situe en dessous de la ligne rouge.

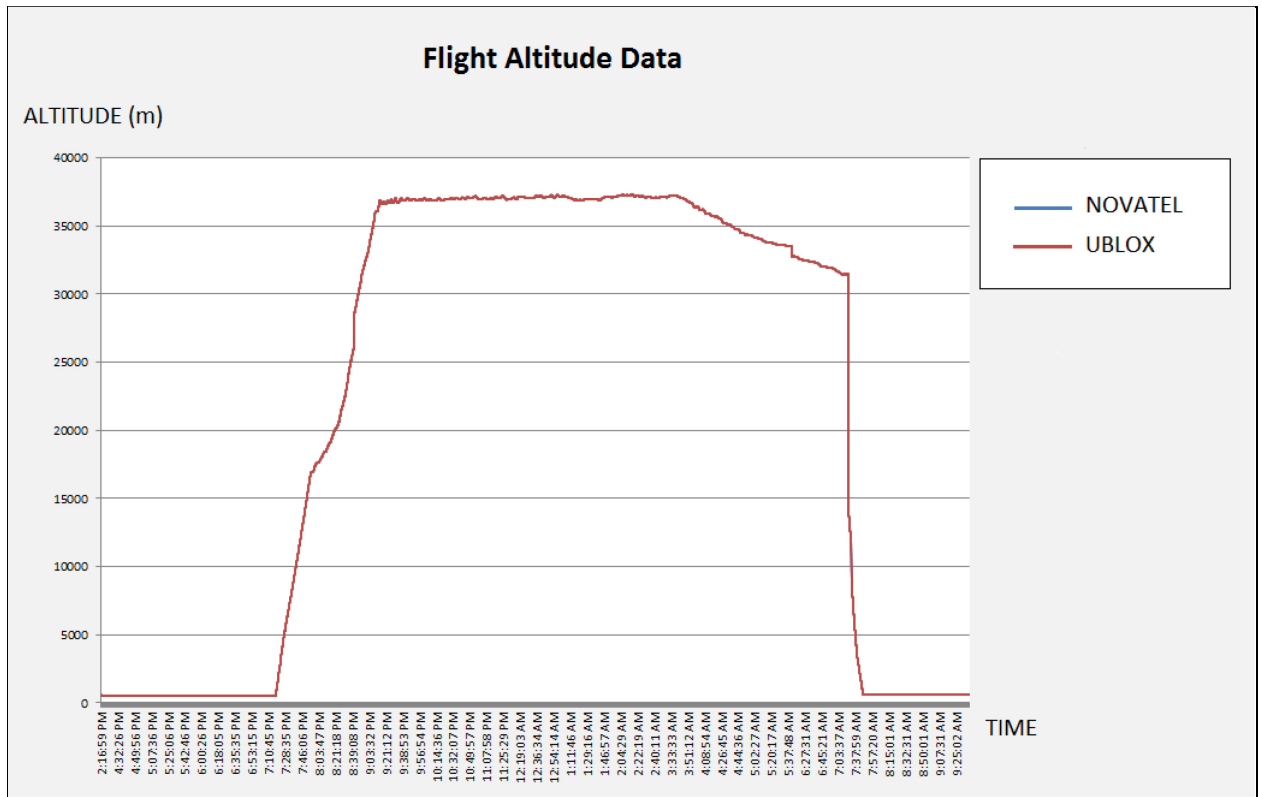


Figure 2- flight altitude data

Figure 2 – Données d'altitude de vol



The Timestamps

The timestamps are an important role in terms of comparing the data between the Novatel and Ublox GPSs.

Timestamps mark the moment a segment of data is recorded from a GPS. After collecting all the data during the flight, the data was sorted to match the timestamps between the two GPSs. However, segments of data from the Ublox GPS were unrecorded leading to areas of missing data. To compensate the missing data, a linear interpolation was necessary to fill in the gaps as well as distribute the data evenly.

Les heures d'acquisition

L'heure de l'acquisition des enregistrements de données a un rôle important pour la comparaison des informations entre les deux GPS. Les heures d'acquisition identifient le moment où un segment de données est enregistré à partir d'un GPS. Après avoir collecté toutes les données durant le vol, les données des deux GPS ont été ordonnées afin que les heures d'enregistrement des deux GPS soient égales. Par contre, des parties des données du GPS Ublox ont été perdues à cause de certains modes configurés. Pour compenser, une interpolation linéaire a été effectuée pour remplir les données manquantes et aussi pour avoir des données uniformément distribuées.



The comparison overall

La comparaison générale

The latitude measured between both GPS were very close. See figures 3 and 4.

Les latitudes mesurées des deux GPS sont très proches. Voir les figures 3 et 4.

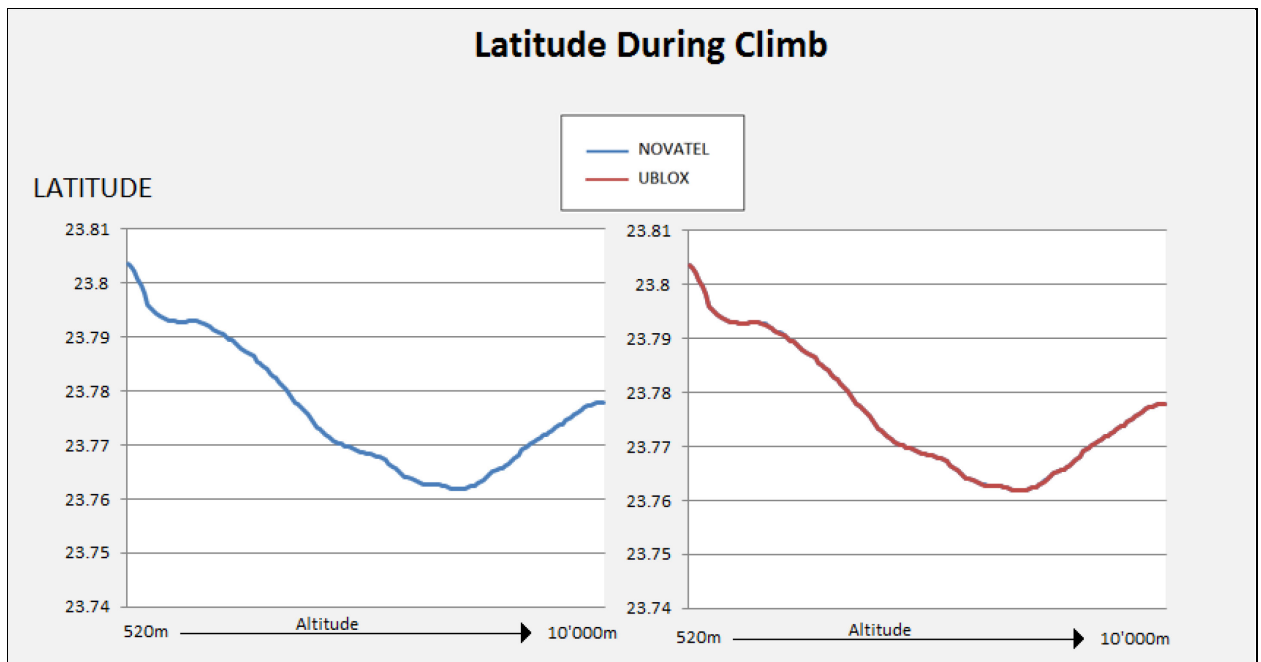


Figure 3 – The latitude of Novatel and Ublox for a given range of altitude

Figure 3 – La latitude de Novatel et Ublox pour une portée d'altitude donnée

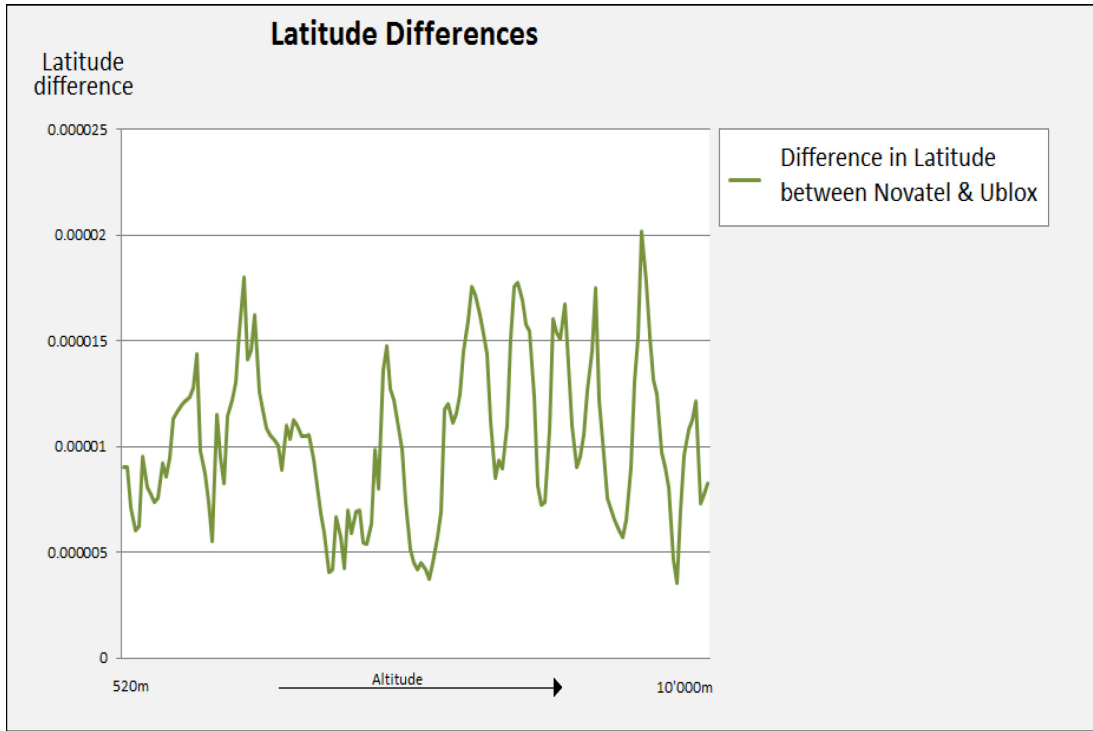


Figure 4 – The difference in latitude of Novatel and Ublox for a given range of altitude

Figure 4 - La différence de latitude de Novatel et d'Ublox pour une gamme d'altitude donnée



The longitude measured between both GPS were also very close. See figures 5 and 6.

Les longitudes mesurées des deux GPS sont aussi très proches. Voir les figures 5 et 6.

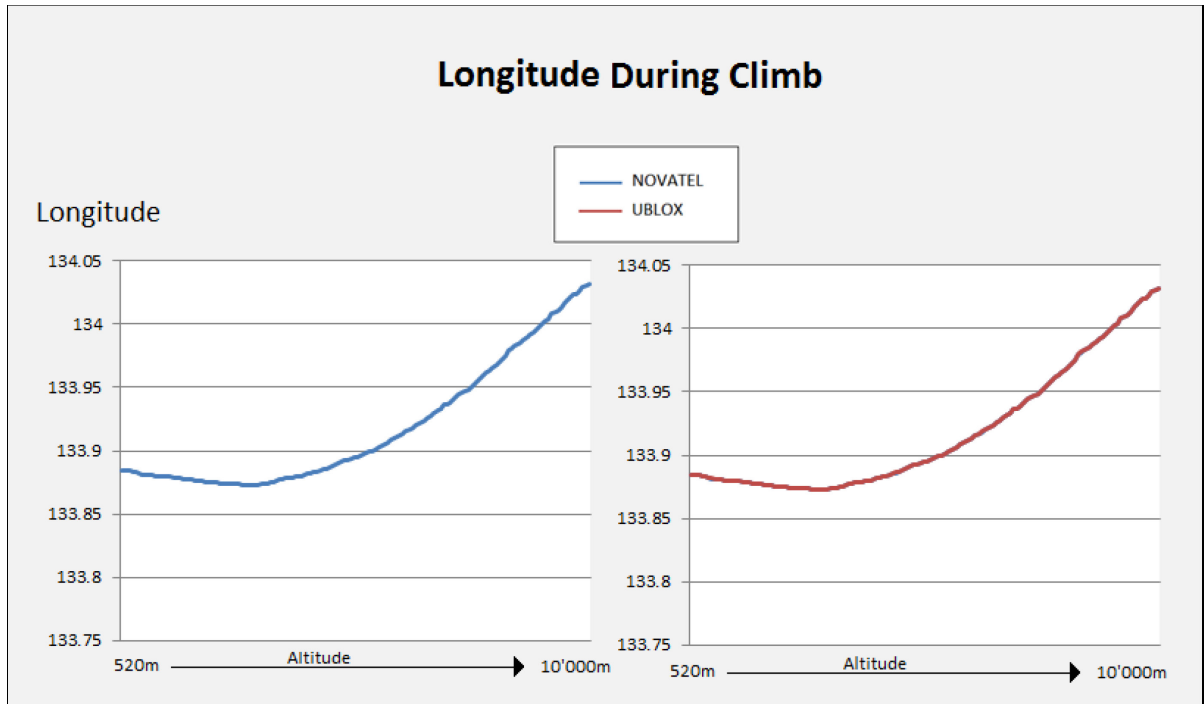


Figure 5 – The latitude of Novatel and Ublox for a given range of altitude

Figure 5 – La latitude de Novatele t Ublox pour une gamme d'altitude donnée

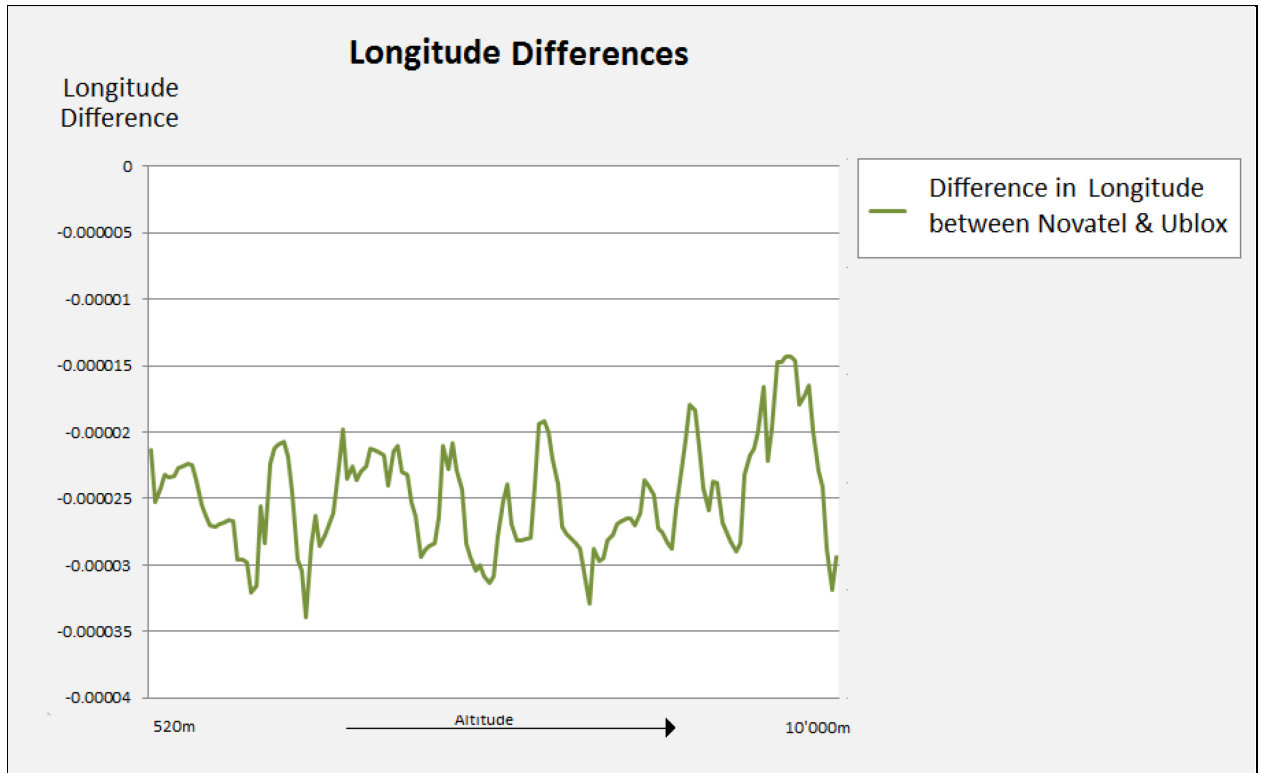


Figure 6 – The difference in longitude of Novatel and Ublox for a given range of altitude

Figure 6 - La différence de longitude de Novatel et Ublox pour une gamme d'altitude donnée



The Haversine formula was also applied to the latitude and longitude of both GPSs. Samples of the results are shown on figure 7.

La formule de *Haversine* a aussi été appliquée à la latitude et la longitude des deux GPS. Voir la figure 7.

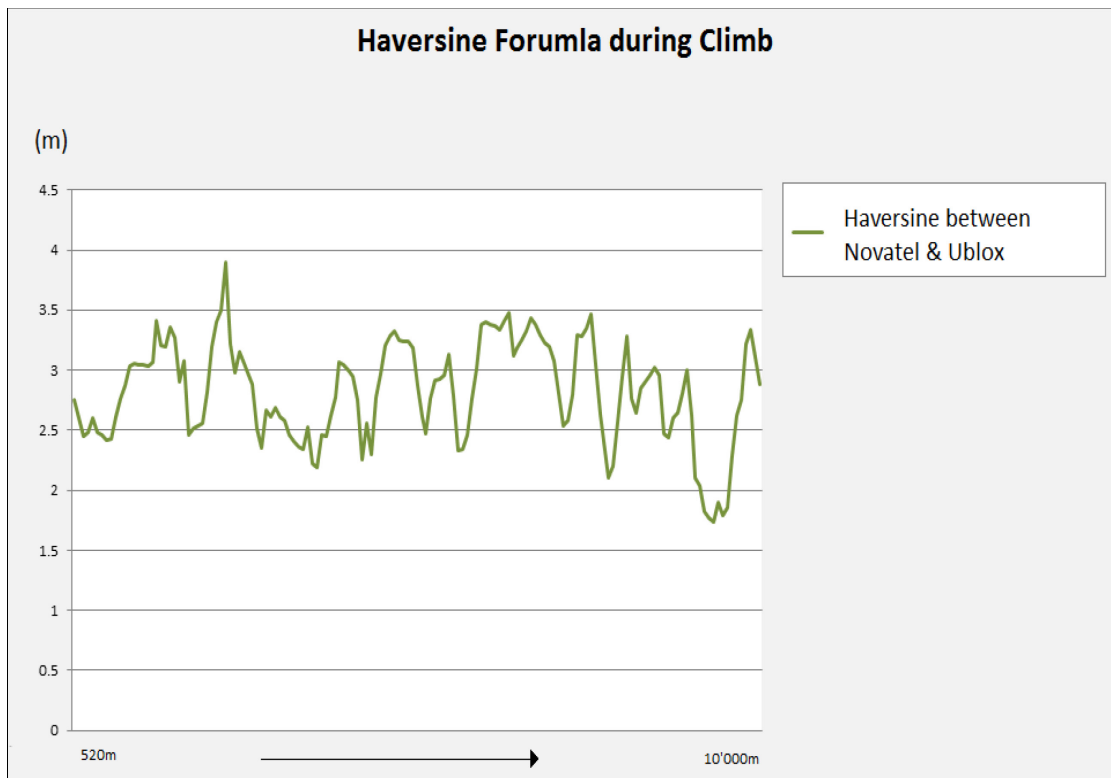


Figure 7 – A sample of the Haversine formula during the climbing of Stratos

Figure 7 - Un échantillon de la formule de Haversine lors de l'ascension de Stratos



The altitude measured between Novatel and Ublox can be seen on Figure 8 and Figure 9.

Les altitudes mesurées par Novatel et Ublox peuvent être observées sur les figures 8 et 9.

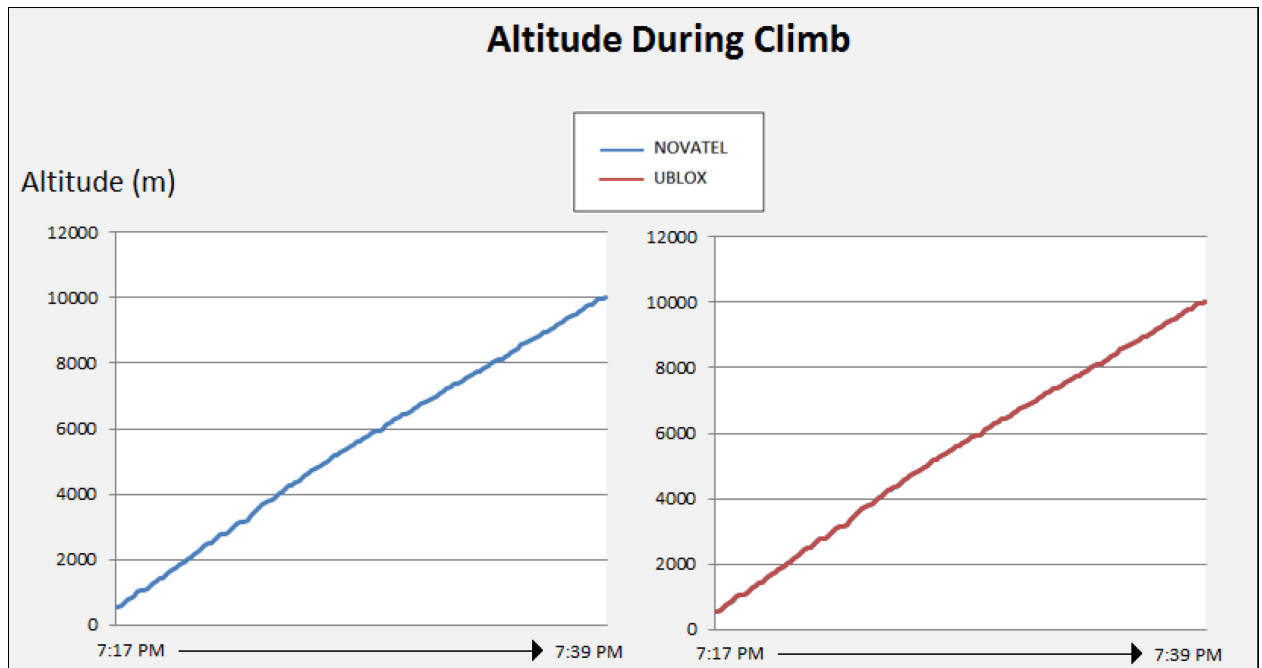


Figure 8 – The difference in altitude of Novatel and Ublox for a given range of time.

Figure 8 - La différence d'altitude de Novatel et Ublox pour une plage de temps donnée

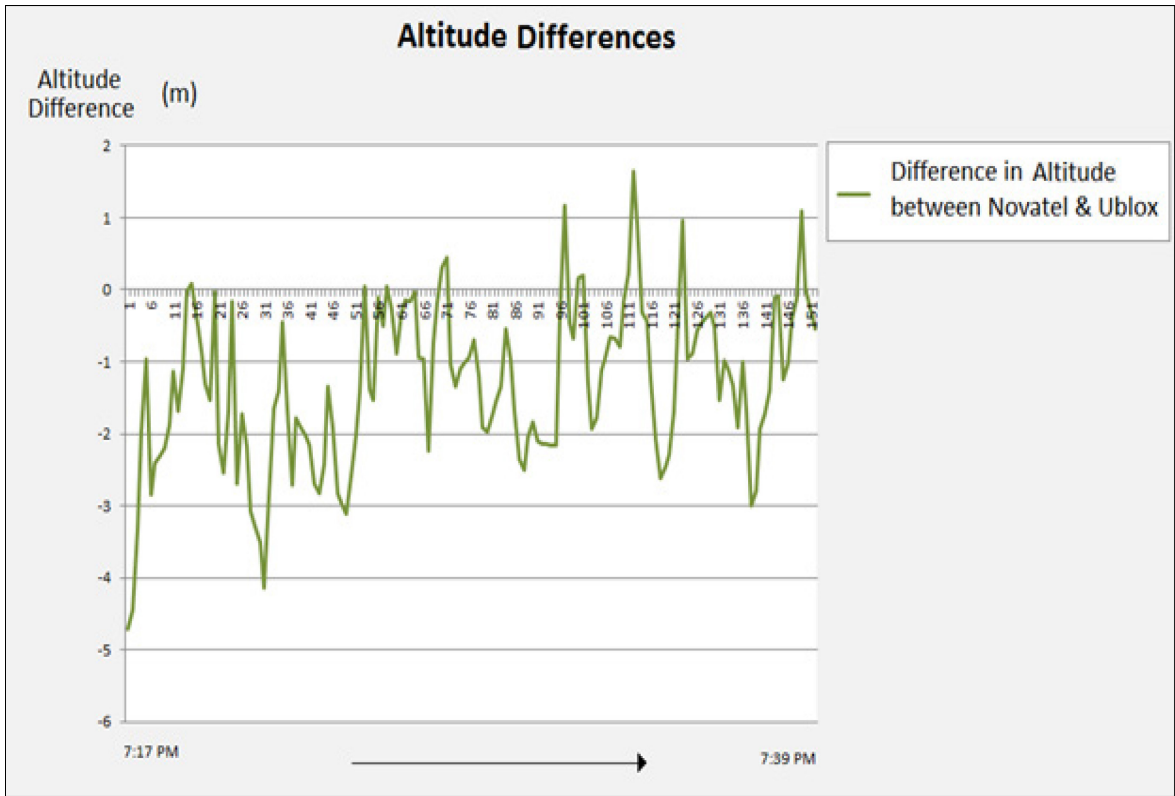


Figure 9 – The difference in altitude of Novatel and Ublox for a given range of time (during climb, from 540m to 10'000m)

Figure 9 - La différence d'altitude de Novatel et Ublox pour une plage de temps donnée (en montée, de 540m à 10'000m)



The comparison by mode (air1, air2 & air3)

Ublox has different modes that can be set. This section will contain a series of tables showing the statistics between the different modes. The tables will represent strictly the different modes air1, air2 and air3. (Figures 10, 11, 12)

La comparaison par mode (air1, air2 & air3)

Ublox a différents modes qui peuvent être définis. Cette section contiendra une série de tableaux montrant les statistiques entre les différents modes. Les tableaux suivants montrent plusieurs calculs statistiques pour différents modes de configuration du GPS Ublox. (Tableaux 10, 11, 12)

MODE: AIR 1

LATITUDE		
Calculation / Calcul	Value / Valeur	Differences With Novatel / Différences avec Novatel
Mean	23.60105637	1.34347E-06
Median	23.46995185	-1.74548E-06
Standard Deviation	0.211527534	2.08024E-05
Minimum	23.33301813	-2.97833E-05
Maximum	23.83456381	9.793E-05
LONGITUDE		
Calculation / Calcul	Value / Valeur	Differences With Novatel / Différences avec Novatel
Mean	133.8343757	-1.09228E-05
Median	133.8840878	-1.127E-05
Standard Deviation	0.405768093	1.66289E-05
Minimum	132.9574951	-5.762E-05
Maximum	134.3088054	6.5463E-05



ALTITUDE (m)		
Calculation / Calcul	Value / Valeur	Differences With Novatel / Différences avec Novatel
Mean	27144.52318	3.153683098
Median	36385.78457	2.471258815
Standard Deviation	15203.47365	2.664153702
Minimum	531.242	-5.74632
Maximum	37282.3	20.09726
Haversine (m)		
Calculation / Calcul	Value / Valeur	
Mean	3.041105851	
Median	2.773424785	
Standard Deviation	0.430057083	
Min	2.668295384	
Max	4.178510528	

Figure 10 – Statistics during air1 mode.

Tableau 10 – Statistiques au cours du mode air1

MODE: AIR 2

LATITUDE		
Calculation / Calcul	Value / Valeur	Differences With Novatel / Différences avec Novatel
Mean	23.54032562	2.08918E-05
Median	23.45622211	1.1112E-05
Standard Deviation	0.218103808	3.2503E-05
Minimum	23.333096	-2.72135E-05
Maximum	23.83338391	0.000116377
LONGITUDE		



Calculation / Calcul	Value / Valeur	Differences With Novatel / Différences avec Novatel
Mean	133.6370238	-2.99332E-05
Median	133.881766	-1.278E-05
Standard Deviation	0.439170297	4.65389E-05
Minimum	133.0755487	-0.000173444
Maximum	134.2483416	3.982E-05
ALTITUDE (m)		
Calculation / Calcul	Value / Valeur	Differences With Novatel / Différences avec Novatel
Mean	16875.72178	0.879927129
Median	4746.76	0.65822
Standard Deviation	17462.83618	3.221953627
Minimum	537.22	-8.642686392
Maximum	37082.986	16.43311
HAVERSINE (m)		
Calculation / Calcul	Value / Valeur	
Mean	4.874302554	
Median	2.537046046	
Standard Deviation	5.160486392	
Min	0.007785844	
Max	19.46054774	

Figure 11 – Statistics during air2 mode.

Tableau 11 – Statistiques au cours du mode air2.



MODE: AIR 3

LATITUDE		
Calculation / Calcul	Value / Valeur	Differences With Novatel / Différences avec Novatel
Mean	23.58258515	8.56958E-06
Median	23.4726494	6.73619E-06
Standard Deviation	0.196529366	1.95844E-05
Minimum	23.33565347	-3.4152E-05
Maximum	23.81480322	9.13174E-05
LONGITUDE		
Calculation / Calcul	Value / Valeur	Differences With Novatel / Différences avec Novatel
Mean	133.8063582	-5.68397E-06
Median	133.8840685	-6.59136E-06
Standard Deviation	0.425560092	1.757E-05
Minimum	132.91541	-0.000163686
Maximum	134.3440093	5.192E-05
ALTITUDE (m)		
Calculation / Calcul	Value / Valeur	Differences With Novatel / Différences avec Novatel
Mean	24571.56762	0.400381284
Median	34268.04163	-0.184923671
Standard Deviation	15030.16829	3.410992258
Minimum	538.5	-13.25772381
Maximum	37303.22	31.94056
HAVERSINE (m)		
Calculation / Calcul	Value / Valeur	
Mean	2.390009215	
Median	2.013179083	



Standard Deviation	1.868095838
Min	0.108973624
Max	16.7230745

Figure 12 – Statistics during air3 mode.

Tableau 12 – Statistiques au cours du mode air3.



Raspberry pi

The raspberry pi is a collection of mini-board computers that can be used for various tasks. During the mission, the hardware was used to connect various subsystems as well as to store the data that was recorded from several components during the launch.

Raspberry pi

Un *raspberry pi* est un nano-ordinateur à carte unique qui peut être utilisé pour accomplir plusieurs tâches. Durant la mission, le *raspberry pi* a été utilisé pour connecter les sous-systèmes et a aussi été utilisé comme disque dur pour sauvegarder les données pertinentes.

Specs

Spécifications

Component / Composantes	Value / Valeur
Solid State Drive (SSD)	8 GB
Memory	1024 MB
CPU	ARM Cortex-A7

Figure 13 – Raspberry PI specs

Tableau 13 – Composantes Raspberry PI

Storage

The raspberry pi has an 8GB hard drive. Right before launch, the hard drive had a usable disk space of 3.067 GB. Figure 14 shows the different type of files that were stored during the mission.

Espace

Le *raspberry pi* a un disque dur de 8GB. Juste avant le vol, le disque dur avait un total de 3.067GB de libre. Le tableau 14 montre les différents types de fichiers



qui ont été sauvegardés pendant la mission.

Raw Data / Données brutes	
datadump.txt	223'556 KB
TOTAL:	223'556 KB
Pictures / Figures	
Camera 1 (Horizon)	12'119 KB
Camera 2 (Nadir)	374'162 KB
TOTAL:	386'281 KB

Figure 14 – Type of files on Raspberry PI

Tableau 14 – Type de fichiers sur le Raspberry PI

Figure 15 below shows the storage capacity used during the flight. The graph demonstrates normal activity and expected results up until around 6:40:15 AM where the capacity of storage actually goes back up.

One theory is that the cache on the disk was automatically cleared which allowed the hard drive to increase in size during this time.

La figure 15 montre la capacité du disque dur durant le vol. Pour la plupart du temps, le graphique semble avoir une activité normale. Par contre, à 6:40:15 AM, la capacité du disque dur augmente.

Une théorie à ce phénomène est que le cache du disque a automatiquement été effacé ce qui a libéré de l'espace.

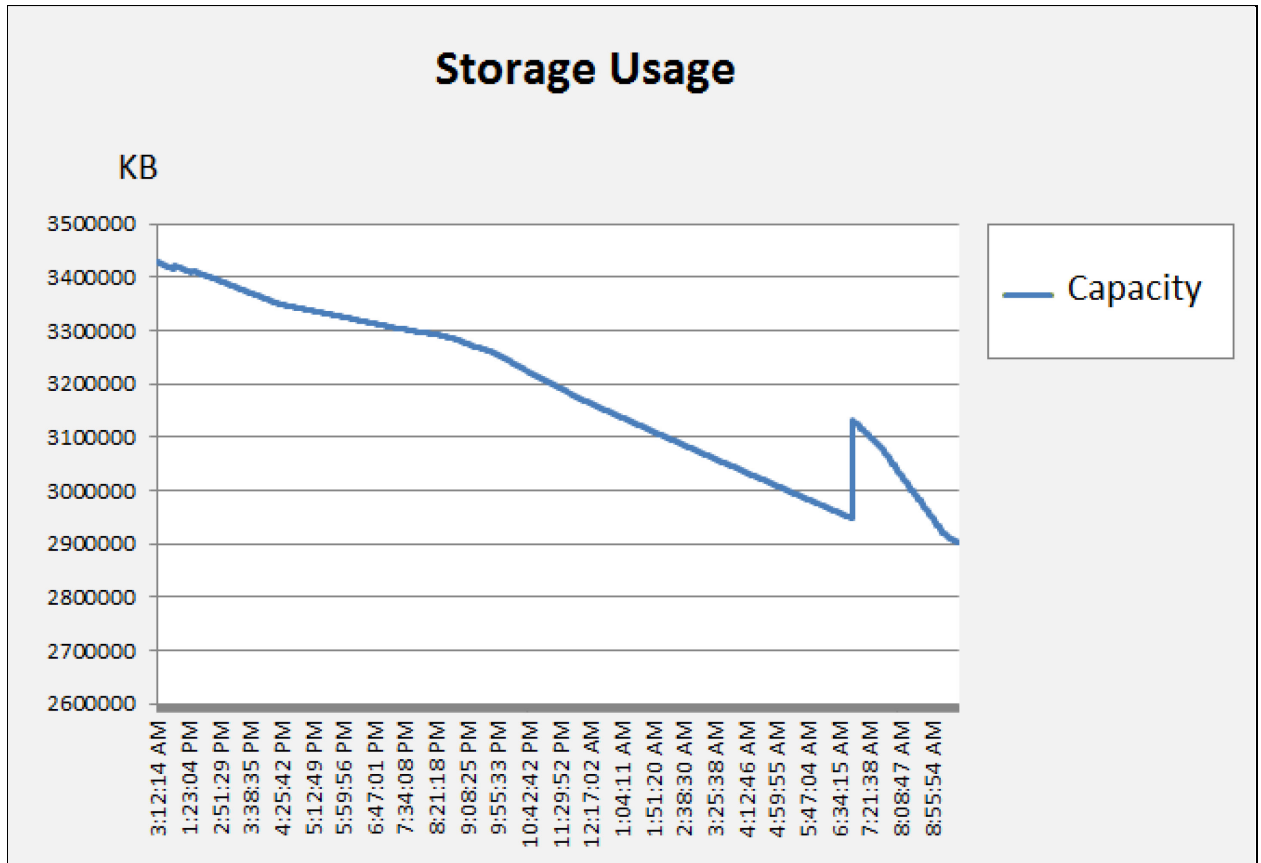


Figure 15 – Disk capacity during the mission

Figure 15 – Capacité du disque au cours de la mission

Pictures

Two cameras were installed and deployed to take photos during the mission. Camera 1 was designed to take pictures along the horizon while Camera 2 was mounted underneath the hardware which it took pictures at the ground. Screenshots provided below :

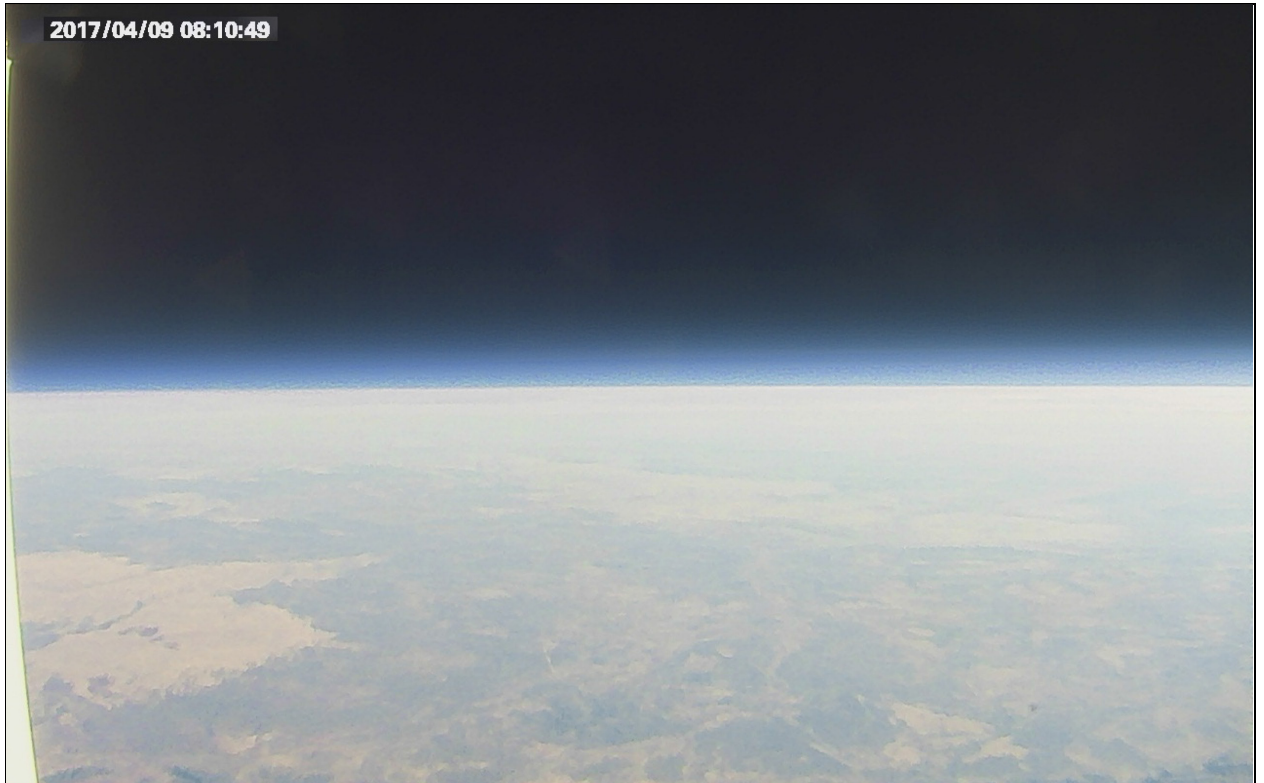
Images

Deux caméras ont été installées pour prendre des photos pendant la mission. La caméra numéro 1 a été conçue pour prendre des photos à l’horizon tandis que la caméra numéro 2 a été installée pour voir directement au sol. Voir les photos qui suivent :



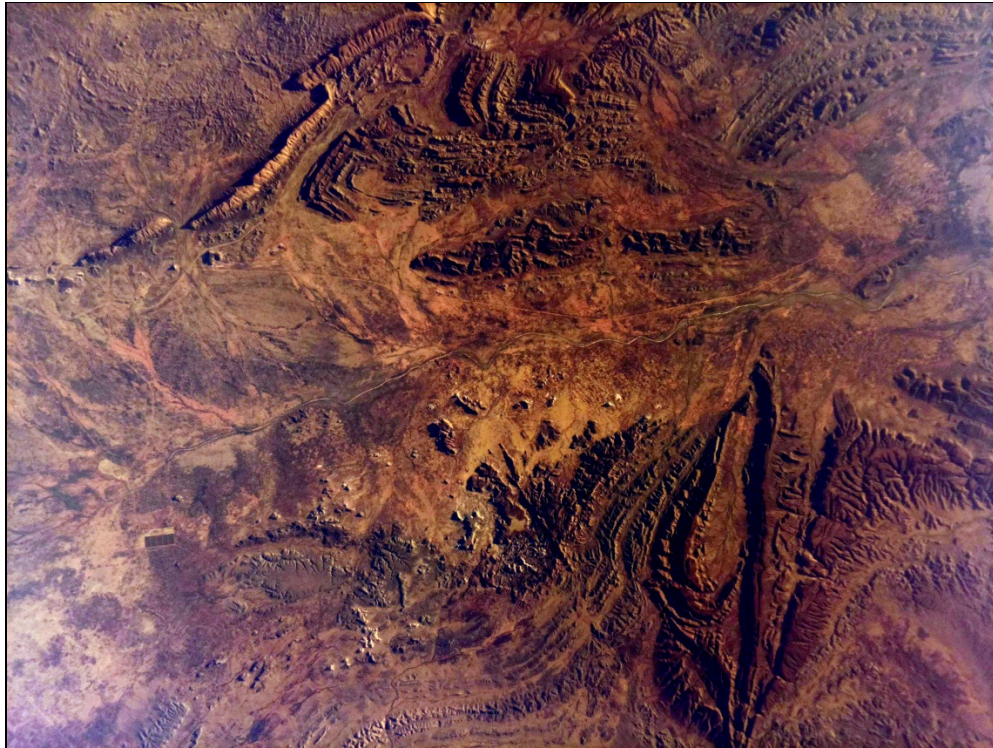
CAMERA 1 (Horizon):



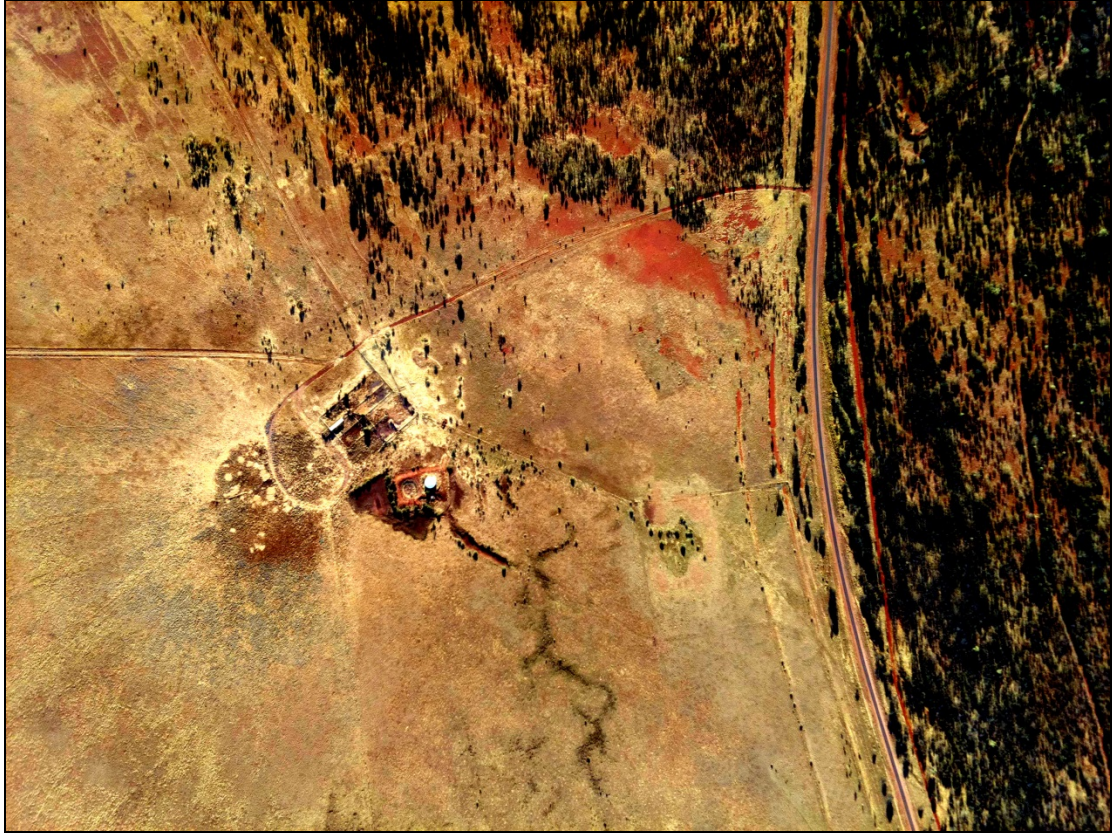




CAMERA 2 (Straight Down / Directement vers le bas):









Memory

The total memory (RAM) available before the mission was 765'220 KB. The memory used during the mission can be seen on figure 16. This figure shows memory consumption up until around 6:48:45 AM where the memory is cleared which usually occurs when a working resource is terminated. (For example, closing a connection from a database will clear memory.)

Mémoire

La mémoire vive totale disponible avant la mission est 765 220KB. La figure 16 contient un graphique qui montre l'utilisation de la mémoire en lien avec le temps de vol. Une observation à 6:48:45AM montre que l'utilisation de mémoire diminue à un instant. Ceci a sûrement été causé par une application qui a terminé ses opérations et qui a été fermée ce qui a libéré de la mémoire (par exemple, fermer une connexion avec une base de données va effectivement libérer de la mémoire).

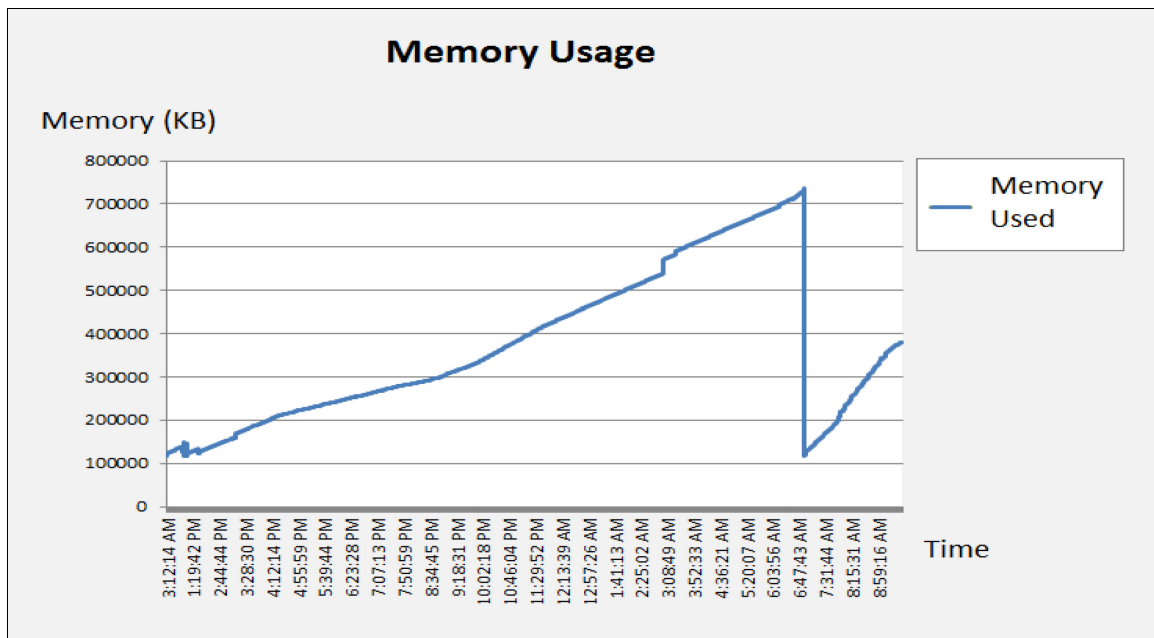


Figure 16 – Memory Usage

Figure 16 – Utilisation de la mémoire



Temperature

Température

Figure 17 shows the temperature reads during the flight.

La figure 17 montre la température pendant le vol.

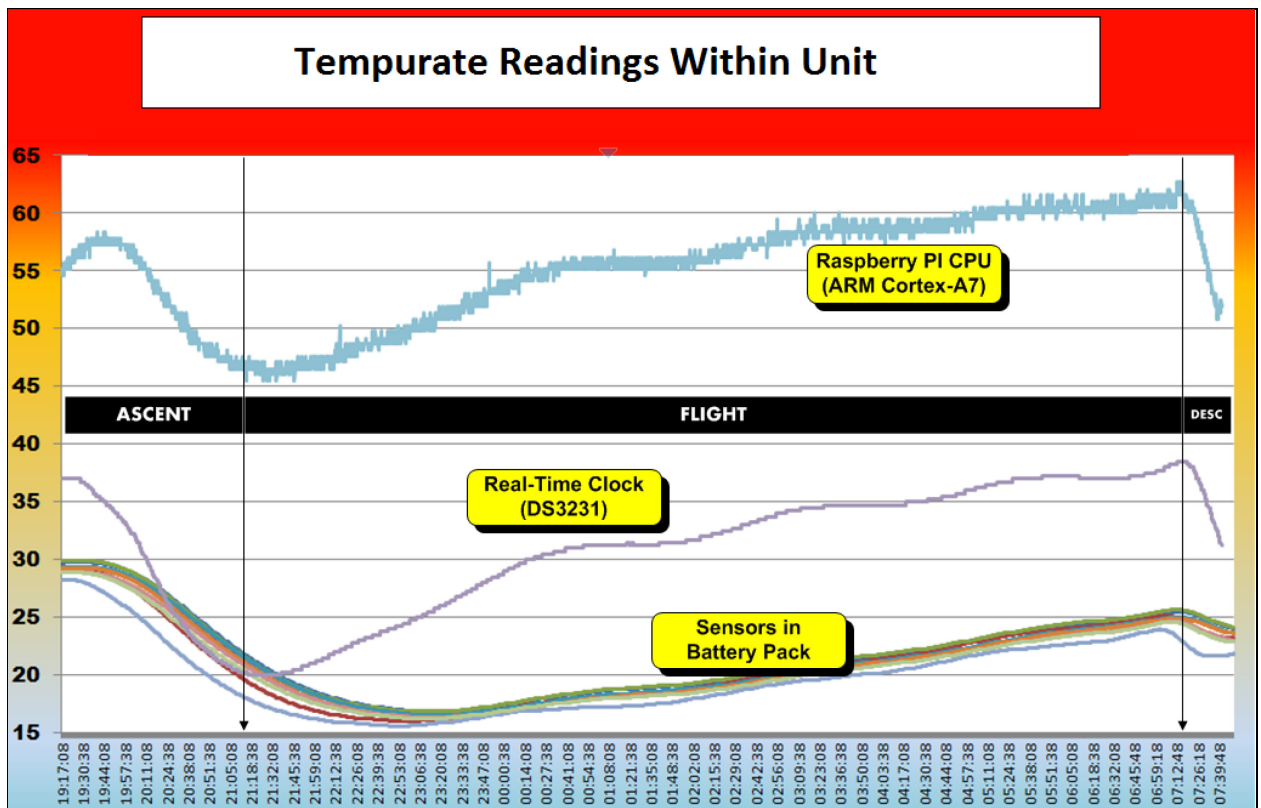


Figure 17 – Temperature readings within the unit

Figure 17 – Température notée à l'intérieur de l'unité



Battery

The battery is a crucial part of the mission as it is responsible for supporting multiple subsystems with a power source.

Batterie

La batterie est un élément important dans la mission puisqu'elle a la responsabilité d'alimenter tous les sous-systèmes.

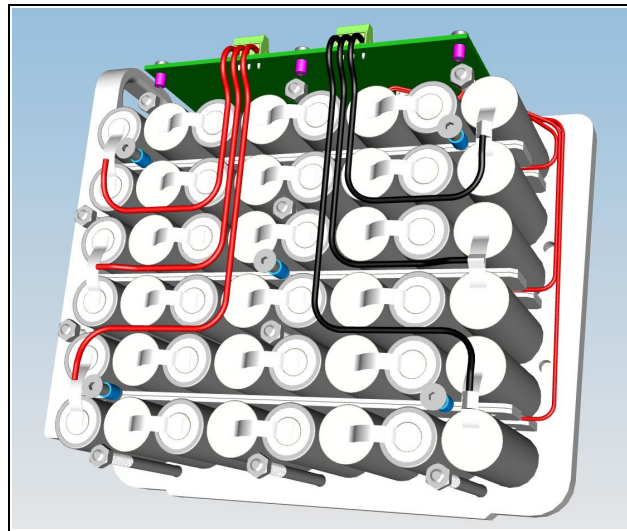


Figure 18 – Battery concept

Figure 18 – Concept de la batterie



Temperature

During the mission, three different regions of the battery had temperature sensors. Multiple sensors were installed in these regions to get the hot and cold temperature at any given moment.

This gave a total of 6 different values (3 hot, 3 cold) every 10 seconds. The figures below show the data from each section. The reason sensors were distributed across different regions of the battery is to determine if the battery had a difference in temperature based on a given area.

Température

Durant la mission, trois régions de la batterie avaient des capteurs de température. Plusieurs capteurs ont été installés dans ces régions pour avoir accès à la température à un moment précis.

Cela permettait d'obtenir un total de 6 mesures (3 froides et 3 chaudes) à chaque 10 secondes. Les figures ci-dessous montrent les données de chaque section. La raison pour laquelle les capteurs ont été répartis dans différentes régions de la batterie est de déterminer si la batterie avait une différence de température basée sur une zone donnée.

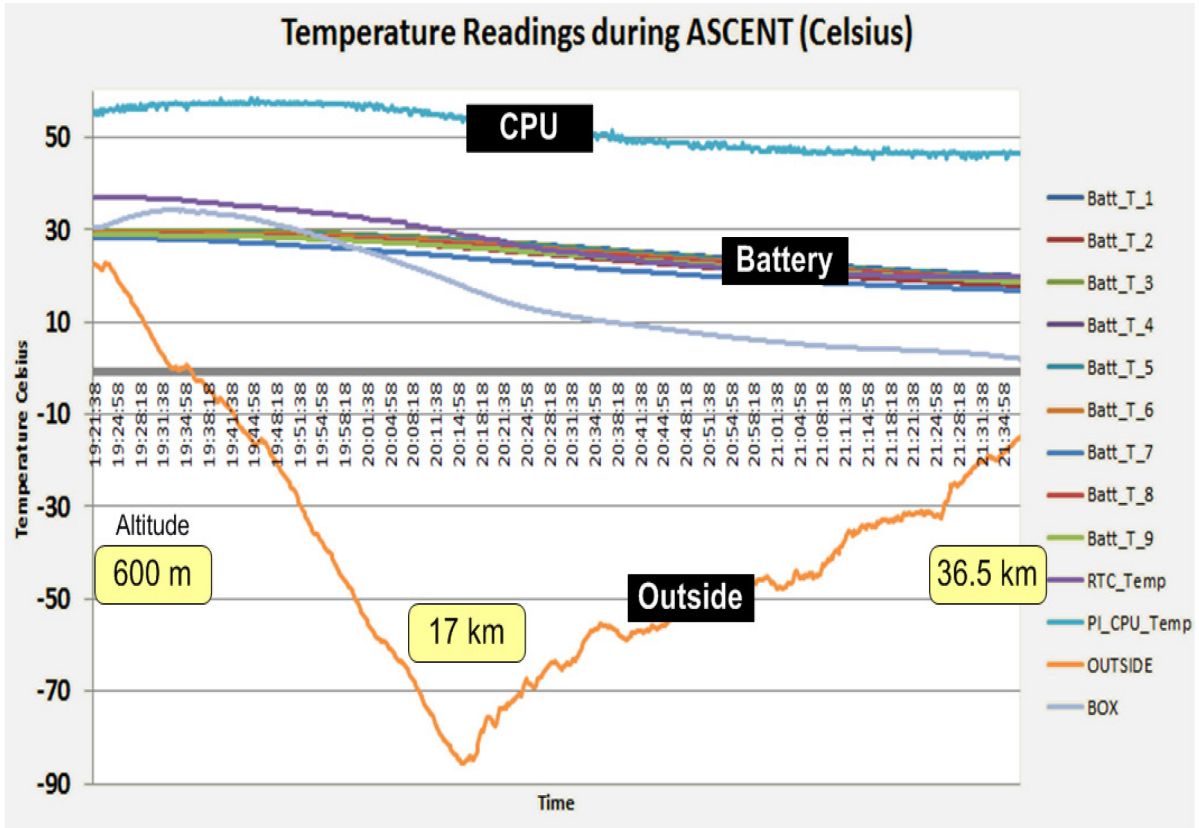


Figure 19 – Temperatures of several subsystems

Figure 19 – Températures de plusieurs sous-systèmes



Voltage and current

As expected, the battery voltage decreases during the mission since no charging mechanism was installed. The duration of the flight wasn't long enough hence charging the battery during mission was not necessary. Figure 20 shows the voltage and current during the flight.

Voltage et courant

Comme prévu, le voltage de la batterie diminue au cours de la mission puisqu'elle n'a pas de mécanisme de recharge. La longueur du vol n'était pas assez longue pour justifier un système de recharge. La figure 20 montre le courant et le voltage pendant la mission.

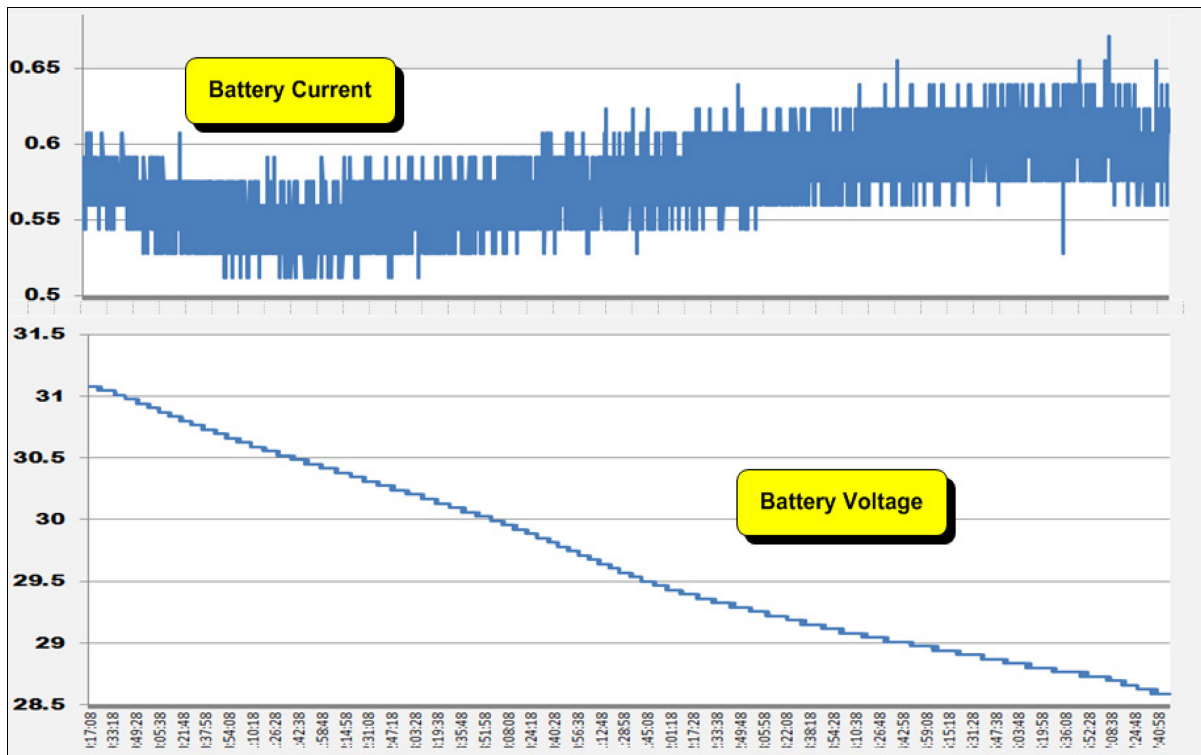


Figure 20 – Voltage and current during the mission

Figure 20 – Voltage et courant au cours de la mission



Inside unit

Figure 21 shows the temperature inside the unit obtained from the real-time clock sensor (RTC).

Unité interne

La figure 21 montre la température obtenue par le *real-time clock sensor* (RTC).

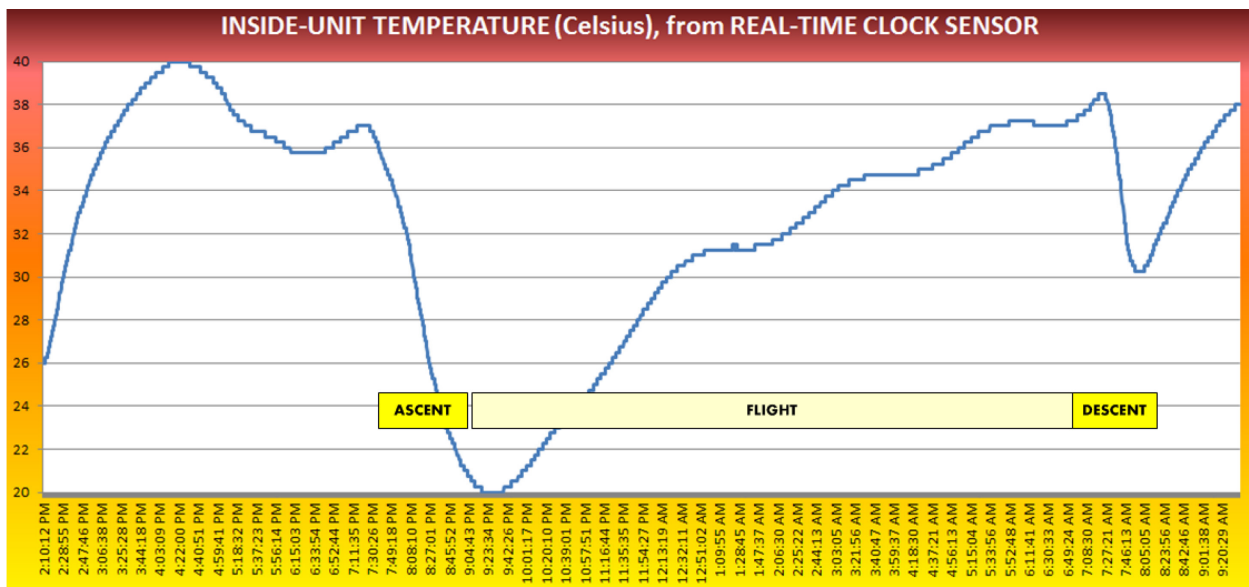


Figure 21 – Temperature inside the unit from RTC

Figure 21 – Température interne de l'unité du RTC