

CULIANEZ Séverine
MÉDOC Caroline
FAURE Kylian
LANDON Anthony



Rapport du projet Ballon-sonde « Baumgartner »

Session
2016 - 2017

Terminale
Scientifique SI

Lycée
Louis Aragon
69700 Givors



Sommaire

Présentation globale du projet	p. 3
La chaîne de vol	p. 4
Cahier des charges fonctionnel	p. 5
• Expression du besoin	p. 5
• Graphe d'interactions	p. 6
• Identification des fonctions de service	p. 7
• Description des critères et niveaux	p. 8
Répartition du travail	p. 10
Gestion commune des documents	p. 11
Recherches communes	p. 12
• Les contraintes	p. 12
• Travail préliminaire	p. 13
• Le diagramme Fast	p. 14
Travaux sur le GPS : Introduction commune à Séverine et à Caroline	p. 16
Travaux réalisés par Séverine Culianez	p. 18
Travaux réalisés par Caroline Médoc	p. 30
Travaux réalisés par Kylian Faure	p. 40
Travaux réalisés par Anthony Landon	p. 48
Annexes	p. 58

Présentation globale du projet

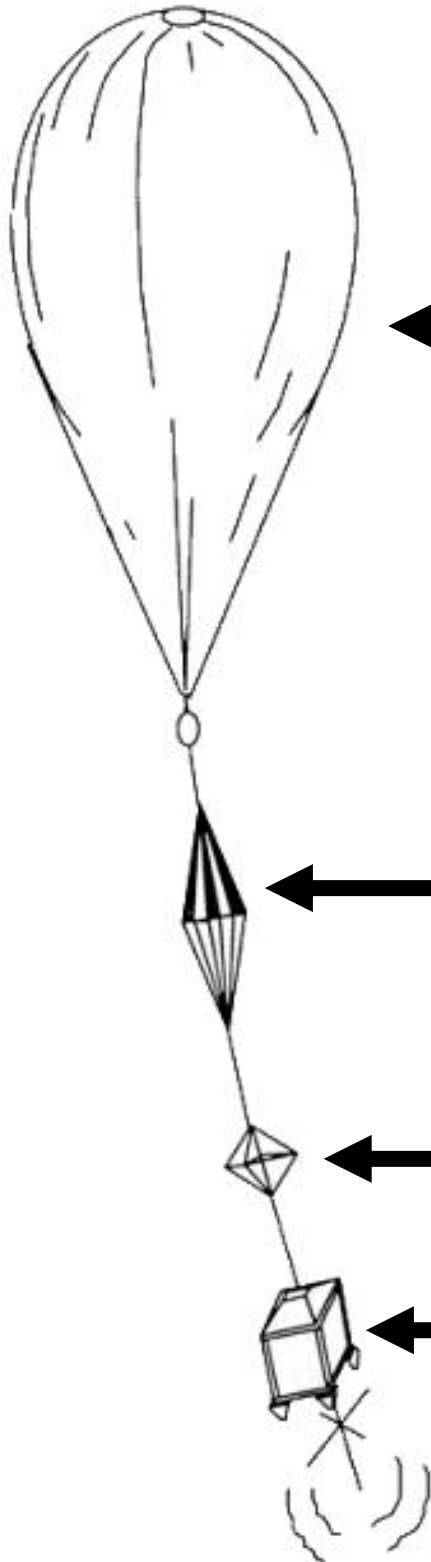
Notre projet consistait à réaliser un ballon sonde, avec notamment une nacelle contenant des expériences scientifiques, que nous allions lâcher pour un vol de trois heures. Nous avons donc lâché le ballon le 6 avril. Il est monté pendant deux heures jusqu'à environ 30 kilomètres d'altitude, le ballon a ensuite éclaté et sa chute a duré une heure, pour ensuite atterrir en Ardèche.

Notre projet s'appelle « Baumgartner » en référence à Felix Baumgartner. En effet, Felix Baumgartner est un autrichien né en 1969. Ancien militaire parachutiste fan de sensations extrêmes, il a établi le record du monde du plus haut saut en parachute en 1999 depuis un immeuble en sautant des tours Petronas de Kuala Lumpur en Malaisie. Il est surtout connu pour ce qui s'est passé le 14 octobre 2012. En effet, il est le premier homme à franchir le mur du son en chute libre après avoir sauté d'une altitude de 39 376 mètres. Sa chute libre a duré 4 minutes et 19 secondes et 36 529 mètres où la vitesse maximale sera de 1 342 km/h. Le nom de notre projet est donc dû à ce saut à plus de 39 kilomètres d'altitude, car notre ballon sonde est monté à plus de 30 kilomètres d'altitude.



La chaîne de vol

Elle est composée de quatre éléments principaux :



Le ballon : qui était pour nous en latex. Il était gonflé avec de l'hélium, un gaz moins dense que l'air, ce qui a permis à la nacelle de décoller. Le ballon gonflait au fur et à mesure de l'ascension à cause de la baisse de pression de l'air et a fini par éclater et retomber sur Terre.

Le parachute : fourni par Planète Sciences, a ralenti la descente de la nacelle après l'éclatement du ballon

Le réflecteur-radar : il a permis aux avions de connaître la position du ballon pour, dans la mesure du possible, éviter une collision.

La nacelle : Elle contenait les expériences scientifiques que nous avons réalisées au cours de l'année sur la température, la pression, les données GPS etc.

Cahier des charges fonctionnel

1. Expression du besoin

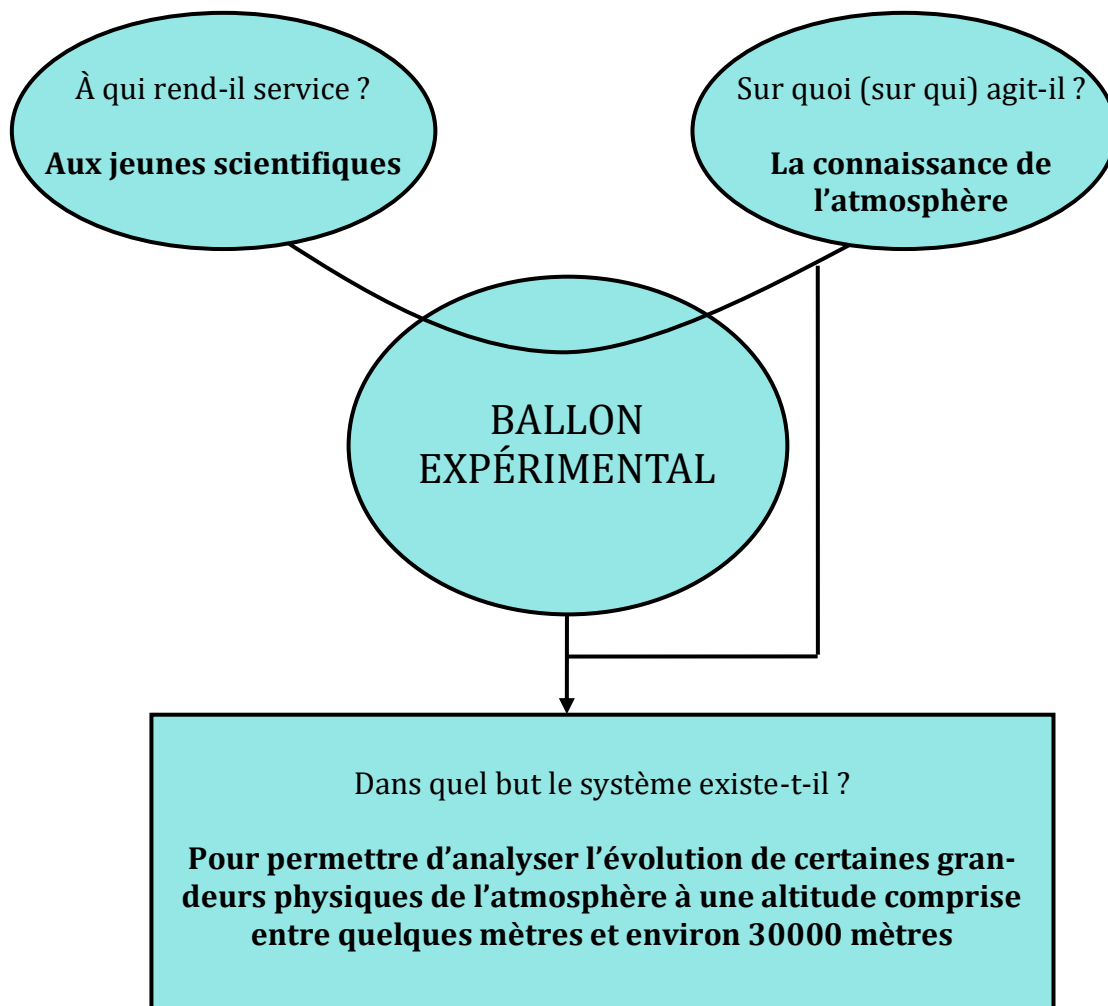
Contexte, mise en situation :

L'association planète sciences, en partenariat avec le CNES (Centre National d'Étude Spatiale) propose d'encadrer un lâcher d'un ballon sonde.

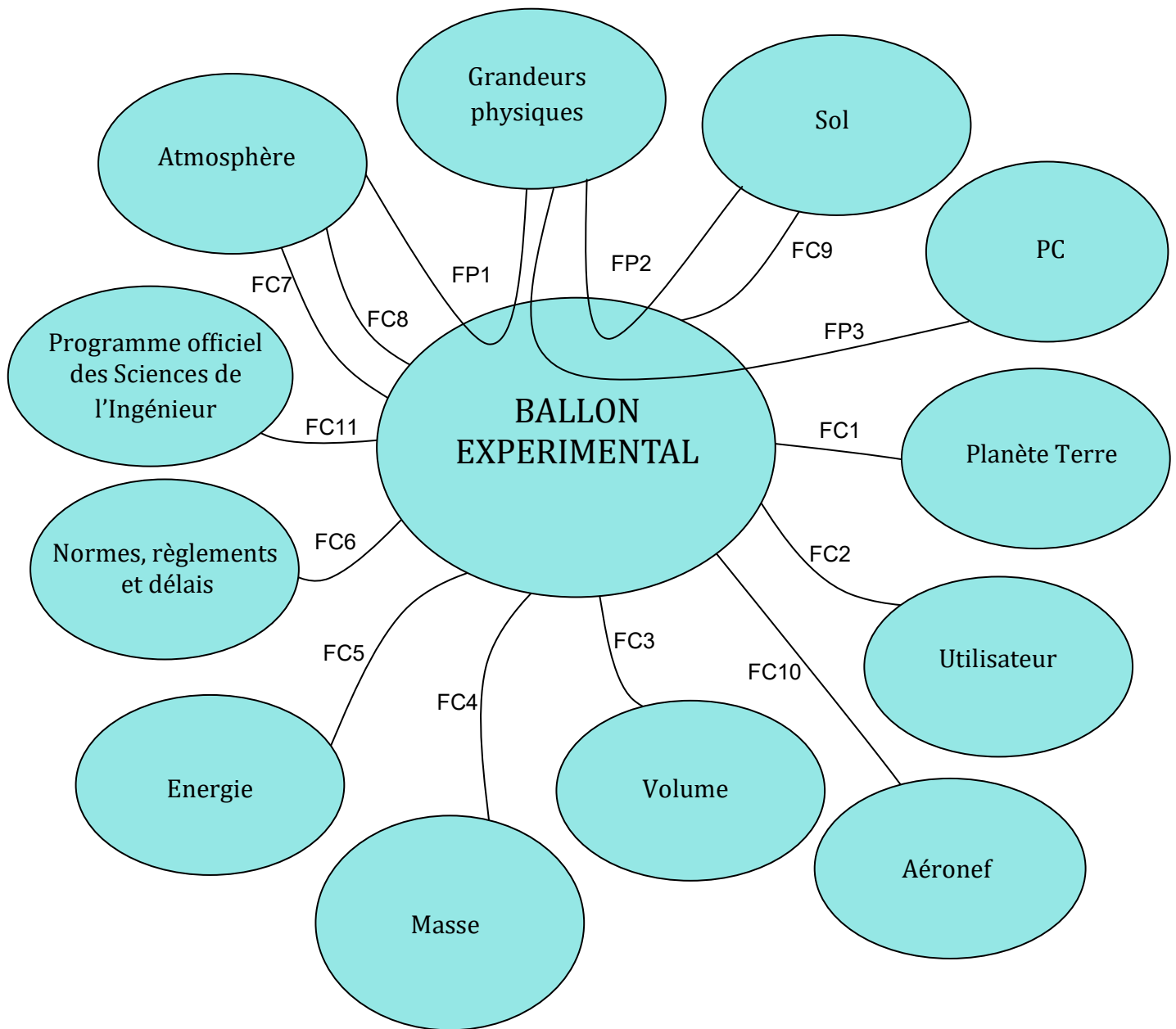
Cette activité permet à des jeunes scientifiques de mettre en place des systèmes de mesure de certains paramètres liés à l'atmosphère, de concevoir et réaliser une nacelle.

Le suivi du projet et le lâcher sont encadrés par des personnes agréées.

Diagramme de validation du besoin



2. Graphe d'interactions



3. Identification des fonctions de service

FP1 : Mesurer l'évolution de grandeurs physiques de l'atmosphère, du sol jusqu'à 30 km d'altitude

FP2 : Transmettre les mesures au sol

FP3 : Stocker et afficher les mesures

FC1 : Obtenir des images de la terre et de l'environnement proche de la nacelle

FC2 : Etre simple à mettre en œuvre

FC3 : Respecter un volume minimum

FC4 : Ne pas dépasser une masse maximum

FC5 : Utiliser une énergie électrique embarquée

FC6 : Respecter les normes, règlements et délais

FC7 : Résister aux conditions atmosphériques

FC8 : Prévoir la quantité d'hélium à injecter dans le ballon

FC9 : Résister au choc de l'atterrissage

FC10 : Prévoir la collision avec un aéronef

FC11 : S'assurer que chaque lycéen participant au projet travaille sur tous les indicateurs de performance du programme officiel des sciences de l'ingénieur.

4. Description des critères et niveaux

Fonctions	Critères	Niveaux	Flexibilité	Remarques
FP1 : Mesurer l'évolution de grandeurs physiques de l'atmosphère, du sol jusqu'à 30 km d'altitude	Température extérieure de la nacelle en fonction de l'altitude	-50°C à 30°C	1	Voir la fonction FC7 En option pour le Bac
	Température intérieure de la nacelle en fonction de l'altitude		0	
	Pression atmosphérique	De 1015 à 10 hPa	0	
	Les paramètres cinématiques de la nacelle	Position, vitesse, accélération	0	
	Autres grandeurs physiques	Coefficient de dilatation thermique d'un matériau		
FP2 : Transmettre les mesures au sol	Utilisation d'un émetteur radio	Emetteur KIWI	0	Voir les caractéristiques sur la documentation
FP3 : Stocker et afficher les mesures	Logiciel fourni par planète sciences	Kicapt	0	
FC1 : Obtenir des images de la terre et de l'environnement proche de la nacelle	Nombre d'images	Le plus possible	0	Images instantanées et vidéo.
	Type d'images	Images de la terre Images du ballon	0	
FC2 : Etre simple à mettre en œuvre	Temps d'accès à l'intérieur de la nacelle	1 minute maximum	1	
	Temps de montage ou démontage d'un composant	1 minute maximum	1	
FC3 : Respecter un volume minimum	Dimension minimum d'une arête de la nacelle	300 mm	0	Pas de forme pointue
	Arêtes vives	Aucune	0	
	Masse surfacique maximum	13 g /cm ²	0	

Fonctions	Critères	Niveaux	Flexibilité	Remarques
FC4 : Ne pas dépasser une masse maximum	Masse maximum de la nacelle	2.5 Kg	0	
	Position du centre de gravité	Sur l'axe vertical principal	1	
FC5 : Utiliser une énergie électrique embarquée	Autonomie minimum	3h	0	Voir CdCF planète Sciences
	Tension maxi	A définir en fonction des composants	1	
FC6 : Respecter les normes, règlements et délais			0	Voir CdCF planète Sciences
FC7 : Résister aux conditions atmosphériques	Variation de la température de l'atmosphère	-50°C à 30°C	1	Le contrôle devra se faire contre la paroi intérieure verticale et au centre de la nacelle. La nacelle peut se retourner
	Différence de température souhaitée entre l'intérieur et l'extérieur de la nacelle	+ 10°C minimum quand la température extérieure est négative	0	
	Orientation de la nacelle	Quelconque		
FC8 : Prévoir la quantité d'hélium à injecter dans le ballon	Masse de l'ensemble	A définir	1	
	Vitesse ascensionnelle	5 m/s au début du vol	1	
	Prévoir l'évolution du diamètre de l'enveloppe en fonction de l'altitude	Diamètre maxi : 10 mètres environ avant éclatement	1	
FC9 : Résister au choc de l'atterrissage	Vitesse d'impact	4 m/s	1	
FC10 : Prévoir la collision avec un aéronef	Force de rupture des suspentes en traction	230 N	0	
FC11 : S'assurer que chaque lycéen participant au projet travaille sur tous les indicateurs de performance du programme officiel des sciences de l'ingénieur	Chaque lycéen aura une note pour chaque indicateur	Valeur de chaque note : 0, 1, 2 ou 3	0	Les indicateurs de performance sont indiqués dans le tableau ci-après

Répartition du travail

Après avoir pris connaissance des différents documents concernant le ballon sonde, nous nous sommes répartis les tâches en fonction des centres d'intérêts de chacun d'entre nous.

Ainsi, Kylian a choisi de s'intéresser à la pression, Anthony quant à lui s'occupe de l'hélium et enfin Caroline et Séverine se chargeront du GPS. Plus en détails, le travail de chacun consistait à :

- ◆ Kylian devait trouver une relation entre la pression et l'altitude afin d'obtenir des valeurs théoriques. Il s'est occupé également de placer certains capteurs de pression dans la nacelle afin de récolter des valeurs réelles. Suite au lâcher du ballon, il a pu comparer les mesures réelles aux mesures théoriques.
- ◆ D'autre part, Anthony a effectué un certain nombre de calcul permettant de connaître la quantité minimum d'hélium à introduire dans le ballon au moment du lâché afin qu'il n'éclate pas trop tôt. De plus, une caméra était placée dans la nacelle afin de suivre l'évolution du diamètre du ballon en fonction de l'altitude.
- ◆ Quant à Caroline et Séverine, elles se sont occupées de la programmation du GPS qui était placé dans la nacelle. Elles ont effectué certaines recherches afin de savoir quels composants commander et quel langage de programmation utiliser. Ces données cinématiques réelles (position, vitesse...) ont été comparées à celles fournies par le GPS officiel de Planète Sciences et au modèle de prévision de trajectoire fourni la veille du lâcher par un site en lien avec météo France.

Gestion commune des documents

Les documents liés au projet étaient de deux types : les documents fournis par nos professeurs et par Planète Sciences pour nous aider et nous guider et, les documents que nous avons produits avec notre travail. Voici donc comment nous avons organisé cet ensemble.

Les documents fournis :

- Le travail préliminaire : Nos professeurs nous ont préparé un travail préliminaire à réaliser afin d'identifier les couches de l'atmosphère, mais également la pression et la température durant l'ascension jusqu'à 30 km d'altitude. Il fallait donc faire ces recherches par groupe de deux. Nous avons ensuite mis en commun nos résultats.
- Le bon de commande : Chacun a pu sélectionner les composants nécessaires pour les expériences qui seront dans la nacelle. Nous avons commandé ces composants sur Conrad et sur Gotronic.
- Le carnet de bord : Nos professeurs ont réalisé un carnet de bord sur Drive, nous avons donc pu mettre à jour au fur et à mesure ce que nous avons fait durant les séances de travail.
- Les documents techniques fournis par Planète Sciences : Nous avons tous lu le cahier des charges afin de bien cerner toutes les contraintes du lâcher du ballon. Pour les autres documents, chacun a lu ce qui concerne sa partie.
- Les documents techniques fournis par les professeurs : Nous avons tous lu le cahier des charges avec les différents diagrammes qu'ont réalisés les professeurs
- Le site de prévisions météorologiques : qui nous a permis de prévoir la trajectoire du ballon en fonction du vent, nous avons donc réalisé, quelques jours avant le lâcher du ballon-sonde, des simulations pour avoir une idée de l'endroit où allait atterrir le ballon.

Les documents produits :

- Ce dossier : Nous avons réuni tout ce que nous avons réalisé lors de ce projet pour réaliser ce dossier. Caroline s'est occupée de la mise en page avec les conseils et l'approbation des autres membres du groupe.
- Les bons de commande : Nous avons commandé les composants nécessaires pour la nacelle en demandant au deuxième groupe les composants que nous pourrions éventuellement avoir en commun, et nos professeurs ont corrigé les erreurs que nous avons faites puis ils ont commandé les composants les plus pertinents.
- Le carnet de bord : Chacun a rempli au fur et à mesure ce qu'il avait réalisé durant les séances, ce qui nous permet de voir ce qu'il nous reste à faire ainsi que ce que nous avons fait.

Recherches communes

Tout d'abord, notre ballon sonde a été qualifié et lâché par un groupe de personnes agréées venues de Planète Sciences et du CNES en notre présence. Préalablement, nous avons réalisé plusieurs calculs, expériences et montages afin que le lâcher ainsi que le vol et l'atterrissage se déroulent le mieux possible.

Notre groupe s'occupe de la gestion de la quantité d'hélium et de la mesure de la pression atmosphérique. Il a donc effectué tous les calculs en lien avec la quantité d'hélium nécessaire pour remplir le ballon ainsi que l'évolution de la pression au cours du temps. En effet, il est primordial de savoir quelle quantité d'hélium il faut insérer dans le ballon afin de prévoir l'éclatement du ballon en fonction de l'altitude à laquelle il se trouve ainsi que la pression à laquelle il est soumis. Si ce dernier est trop gonflé, il risque d'éclater trop rapidement ce qui gênerait nos expériences. Une mesure de la pression a été effectuée régulièrement à bord de la nacelle grâce à plusieurs capteurs de pression situés dans la nacelle. Ces données ont été stockées mais aussi envoyées par le biais de l'émetteur radio situé dans la nacelle et du récepteur situé au sol et relié au logiciel Kicapt. Afin de contrôler l'évolution de la taille du ballon, nous avons embarqué une caméra à bord de la nacelle, nous n'avons pas eu accès à ces données en temps réel mais nous avons pu visionner ces images après avoir récupéré notre nacelle. Nacelle que nous avons localisée à l'aide des GPS embarqués. L'un des GPS venait d'un club de radio amateur, l'autre a été programmé par deux élèves de notre groupe, un travail autour de la programmation a donc été réalisé.

Les contraintes du ballon sonde

Il y a des contraintes que nous avons dû absolument respecter pour le bon déroulement du lâcher du ballon et ce sont les suivantes :

- Le ballon devait éclater entre 25 et 30 km d'altitude
- La nacelle devait peser au maximum 2,5 kg
- Le vol devait durer trois heures (environ 2 heures d'ascension et 1 heure de descente)
- La chaîne de vol devait avoir une longueur de huit mètres au maximum
- Il fallait adapter les composants aux températures qu'allait ressentir la nacelle (jusqu'à -50°C)
- Il fallait réfléchir à la disposition des composants à l'intérieur de la nacelle pour qu'elle soit équilibrée afin d'obtenir un centre de gravité le plus centré possible.

Travail préliminaire

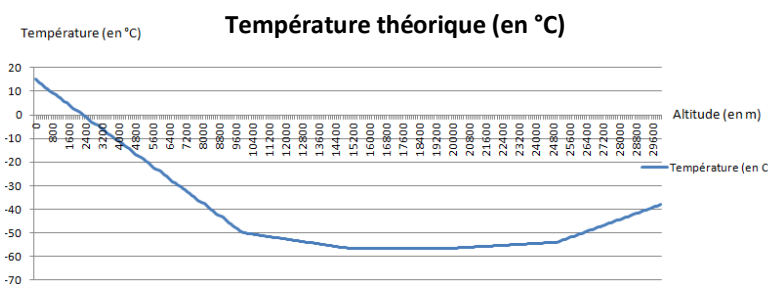
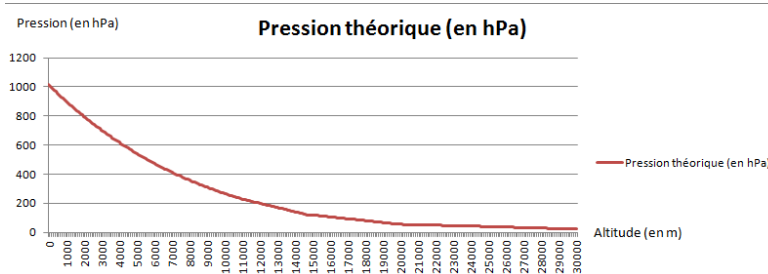
Définition du modèle normalisé de l'atmosphère :

Au début de notre projet nous avons réalisé un travail préliminaire qui avait pour but de servir de base pour comparer les valeurs réelles que nous avons obtenues et les valeurs théoriques trouvées lors de ce travail.

Nous devons donc rechercher l'évolution de la pression et de la température de l'atmosphère entre 0 et 30 kilomètres d'altitude.

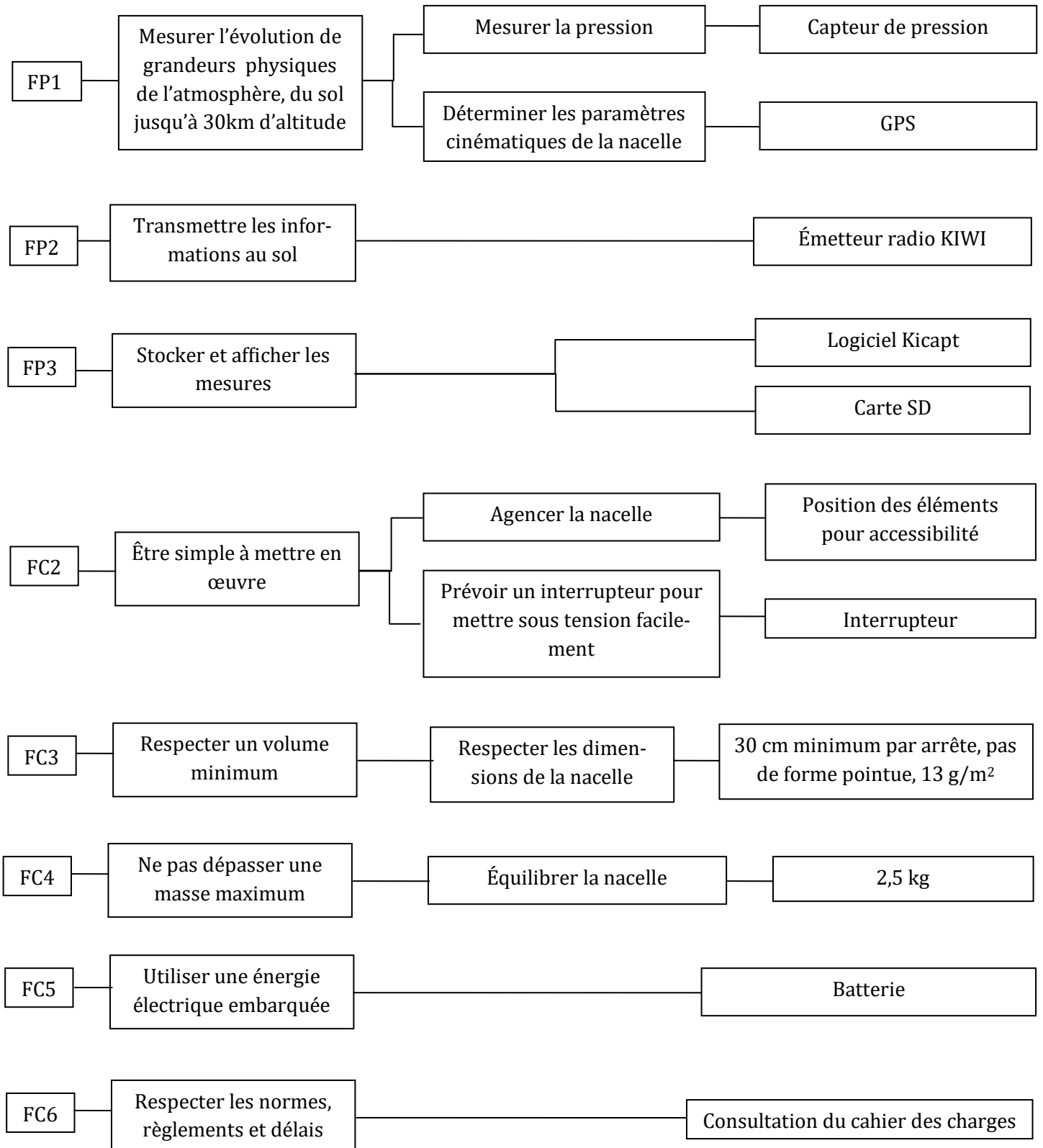
Nous avons donc obtenu un tableur Excel qui regroupait ces données et nous avons également réalisé des courbes à partir de ces données : la courbe de la température en fonction de l'altitude et la courbe de la pression en fonction de l'altitude.

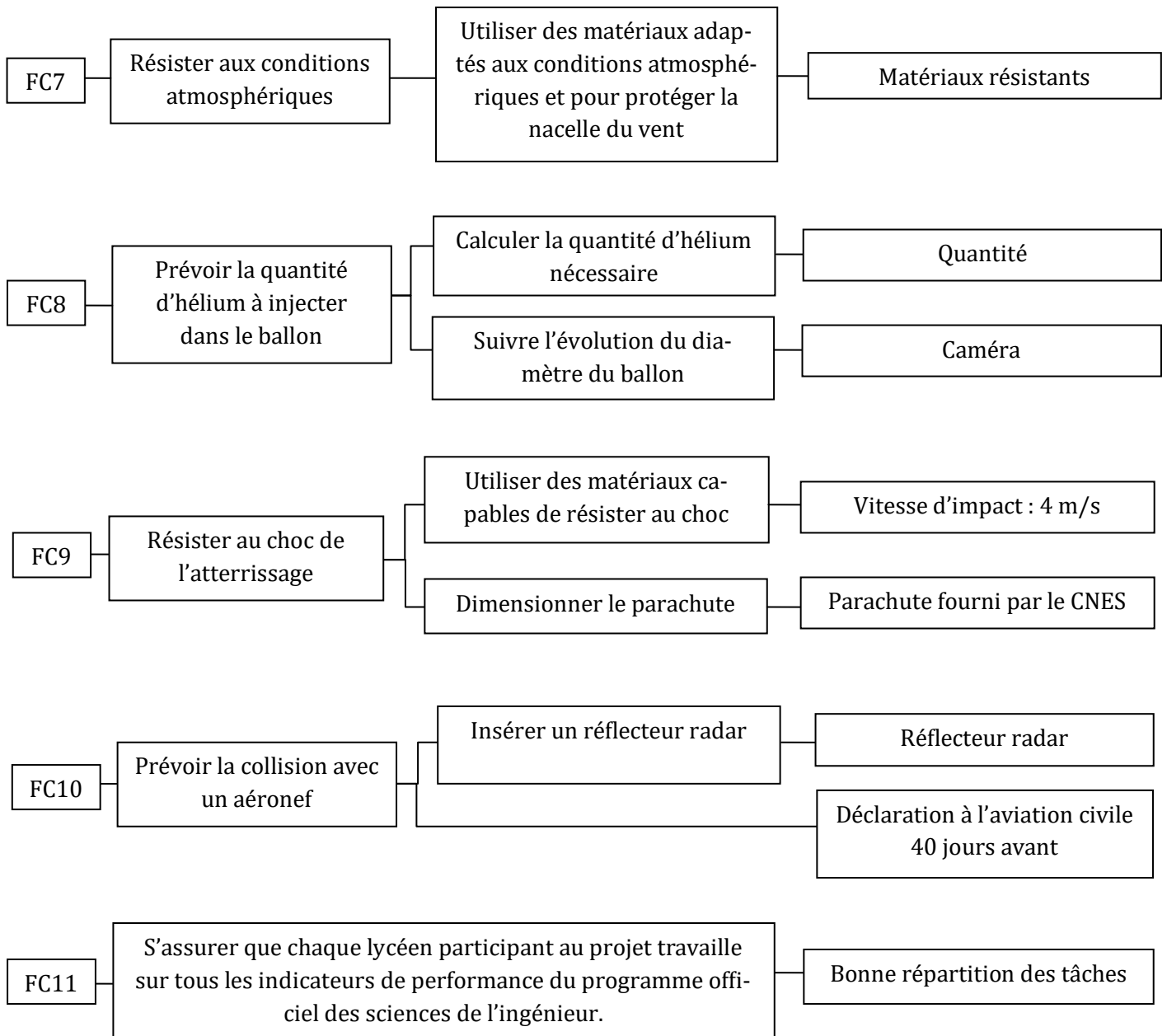
Altitude (en m)	Pression théorique (en hPa)	Température (en °C)
0	1013,25	15
100	1001,358046	14,3
200	989,5792029	13,6
300	977,9126489	12,9
400	966,3575648	12,2
500	954,9131357	11,5
600	943,5785509	10,8
700	932,3530037	10,1
800	921,2356918	9,4
900	910,2258166	8,9
1000	899,3225839	8,5
1100	888,5252034	7,8
1200	877,8328889	7,1
1300	867,2448581	6,4
1400	856,7603329	5,7
1500	846,3785392	5
1600	836,0987068	4,3
1700	825,9200695	3,6
1800	815,8418653	2,9
1900	805,8633358	2,2
2000	795,983727	2
2100	786,2022883	1,3
2200	776,5182736	0,6
2300	766,9309404	-0,1
2400	757,4395501	-0,8
2500	748,0433682	-1,5
2600	738,7416639	-2,2
2700	729,5337103	-2,9
2800	720,4187845	-3,6
2900	711,3961673	-4,1
3000	702,4651435	-4,5
3100	693,6250016	-5,2
3200	684,875034	-5,9
3300	676,2145368	-6,6
3400	667,6428101	-7,3
3500	659,1591576	-8
3600	650,7628869	-8,7
3700	642,4533092	-9,4
3800	634,2297397	-10,1
3900	626,0914971	-10,5
4000	618,037904	-11
4100	610,0682867	-11,7
4200	602,181975	-12,4
4300	594,3783027	-13,1
4400	586,6566072	-13,8
4500	579,0162294	-14,5
4600	571,456514	-15,2
4700	563,9768095	-15,9
4800	556,5764677	-16,6
4900	549,2548443	-17,1
5000	542,0112985	-17,5
5100	534,8451932	-18,2
5200	527,7558948	-18,9
5300	520,7427733	-19,6
5400	513,8052023	-20,3
5500	506,942559	-21
5600	500,1542241	-21,7
5700	493,4395818	-22,4
5800	486,79802	-23,1
5900	480,2289298	-23,6
6000	473,7317062	-24
6100	467,3057475	-24,7
6200	460,9504553	-25,4
6300	454,665235	-26,1
6400	448,4494953	-26,8
6500	442,3026484	-27,5
6600	436,2241099	-28,2
6700	430,2132988	-28,9
6800	424,2696376	-29,6
6900	418,3925522	-30
7000	412,5814717	-30,5
7100	406,835829	-31,2



Jusqu'à 30000 mètres

Le diagramme Fast





Travaux sur le GPS : Introduction commune à Séverine Culianez et à Caroline Médoc

Mise en contexte

L'expérience que nous avons réalisée était de concevoir un GPS pour le mettre dans la nacelle, nous avons donc tout d'abord simulé les paramètres cinématique de cette nacelle puis nous les avons mesurer en réel durant les trois heures de vol du ballon.

Évidemment, nous avons beaucoup de contraintes lors du lâcher du ballon. Notre GPS devait donc correspondre aux fonctions contraintes suivantes issues du cahier des charges :

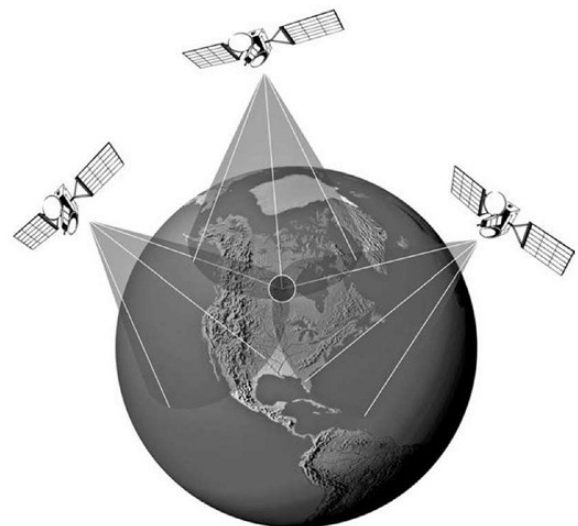
- Mesurer l'évolution de grandeurs physiques du sol jusqu'à 30 km d'altitude, en l'occurrence les paramètres cinématiques (la position et la vitesse)
- Stocker et afficher les mesures
- Ne pas dépasser la masse maximal de 2,5 kg au total pour toute la nacelle
- Utiliser une énergie électrique embarquée
- Respecter les normes, règlements et délais
- Résister aux conditions atmosphériques, c'est-à-dire jusqu'à -50°C et jusqu'à environ 11 hPa

Étude de la fonction technique : « Concevoir un GPS à embarquer dans la nacelle »

Mais avant ça, voici une petite explication du fonctionnement d'un GPS :

GPS signifie Global Positioning System et c'est un système de géo localisation qui repose sur l'utilisation des signaux émis par les satellites en orbite autour de la Terre. On peut donc mesurer la latitude, la longitude et l'altitude avec une grande précision avec un GPS. Et le GPS fonctionne avec le principe de triangulation.

Le GPS va alors détecter des satellites et à partir de trois satellites, il peut déterminer sa position avec précision.



Protocole Expérimental commun à Séverine et Caroline

Objectif de la mesure :

Relever les paramètres cinématiques (longitude, latitude, altitude) au cours du vol du ballon.

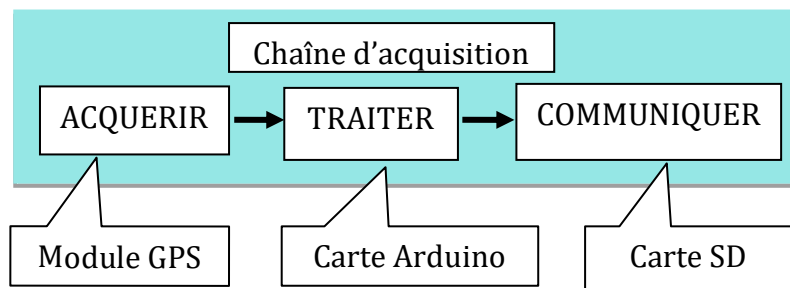
Paramètres à mesurer :

La longitude, la latitude et l'altitude.

Choix des moyens de mesure:

Utilisation d'un module GPS, d'une carte SD et d'une carte Arduino qui sert à programmer le module GPS et la carte pour enregistrer les données transmises par le module GPS.

Identification des composants de la chaîne d'acquisition :



Montage de la mesure :

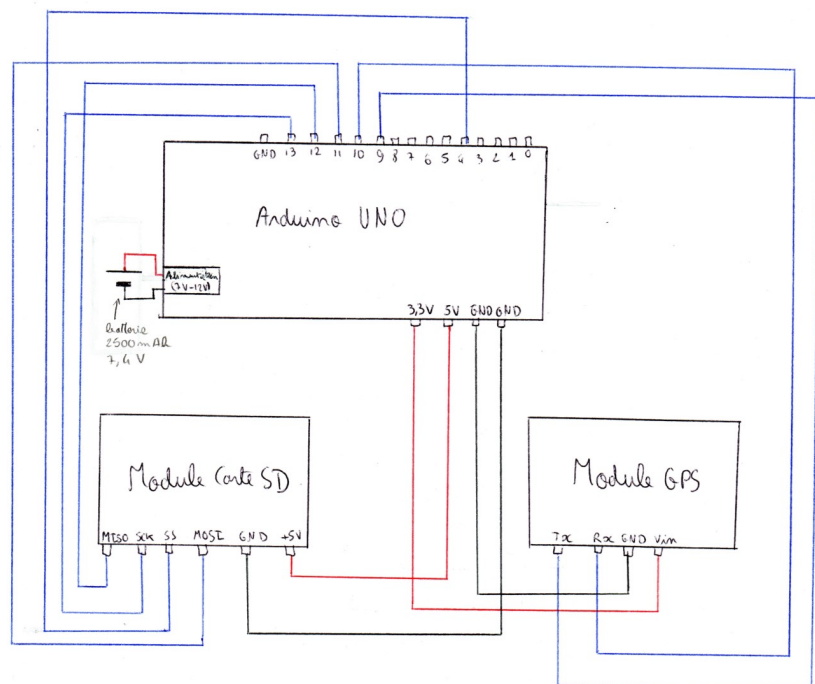
Le module GPS et la carte SD sont reliés à la carte Arduino contenant le programme que l'on a réalisé. Le tout est alimenté par une batterie externe.

Protocole à suivre :

Réaliser un programme, l'implanter dans la carte Arduino et réaliser le montage électrique.

Recueil des résultats :

Tableau avec données obtenues en annexe.



Travaux réalisés par Séverine Culianez

Étude de la fonction technique : Concevoir un GPS à embarqué dans la nacelle qui permettrait de suivre la trajectoire du ballon afin de comparer les données avec celle du GPS amateur et de s'assurer que le ballon monte à une vitesse de 5m/s.

1. Recherches préalables

Tout d'abord, il m'a fallu effectuer quelques recherches concernant la programmation du GPS et les composants dont j'allais avoir besoin.

\$GPGGA : Type de trame
 064036.289 : Trame envoyée à 06h40m36.289s (heure UTC)
 4836.5375,N : Latitude 48,608958° Nord = 48°36'32.25" Nord
 00740.9373,E : Longitude 7,682288° Est = 7°40'56.238" Est
 1 : Type de positionnement

- 0 = invalid
- 1 = GPS fix (SPS)
- 2 = DGPS fix
- 3 = PPS fix
- 4 = Real Time Kinematic
- 5 = Float RTK
- 6 = estimated (dead reckoning) (2.3 feature)
- 7 = Manual input mode
- 8 = Simulation mode

04 : Nombre de satellites utilisés pour calculer les coordonnées
 3.2 : Précision horizontale ou HDOP (Horizontal dilution of precision)
 200.2,M : Altitude 200,2, en mètres
 46.9,M : Height of geoid (mean sea level) above WGS84 ellipsoid
 ,,,,,0000 : D'autres informations peuvent être inscrites dans ces champs
 *0E : Somme de contrôle de parité, un simple XOR sur les caractères précédents

```

13/10/2013;11:53:32;+43.6319;N;+3.8461;E;64.80;6;2.14
13/10/2013;11:53:43;+43.6320;N;+3.8461;E;64.70;6;2.13
13/10/2013;11:53:54;+43.6319;N;+3.8461;E;64.70;6;2.13
13/10/2013;11:54:5;+43.6319;N;+3.8461;E;64.70;8;1.64
13/10/2013;11:54:16;+43.6320;N;+3.8461;E;64.60;8;1.64
13/10/2013;11:54:26;+43.6320;N;+3.8461;E;64.60;9;1.28
13/10/2013;11:54:37;+43.6320;N;+3.8461;E;64.60;9;1.28
13/10/2013;11:54:48;+43.6320;N;+3.8462;E;64.50;9;1.28
13/10/2013;11:54:58;+43.6321;N;+3.8462;E;64.40;9;1.28
13/10/2013;11:55:9;+43.6321;N;+3.8462;E;64.10;9;1.28
13/10/2013;11:55:20;+43.6321;N;+3.8462;E;63.80;9;1.39
13/10/2013;11:55:31;+43.6321;N;+3.8462;E;63.80;9;1.28
13/10/2013;11:55:31;+43.6321;N;+3.8462;E;63.80;9;1.28
13/10/2013;11:55:52;+43.6321;N;+3.8463;E;63.60;9;1.28
13/10/2013;11:56:3;+43.6321;N;+3.8462;E;63.50;9;1.28
13/10/2013;11:56:14;+43.6321;N;+3.8462;E;63.30;9;1.28
    
```

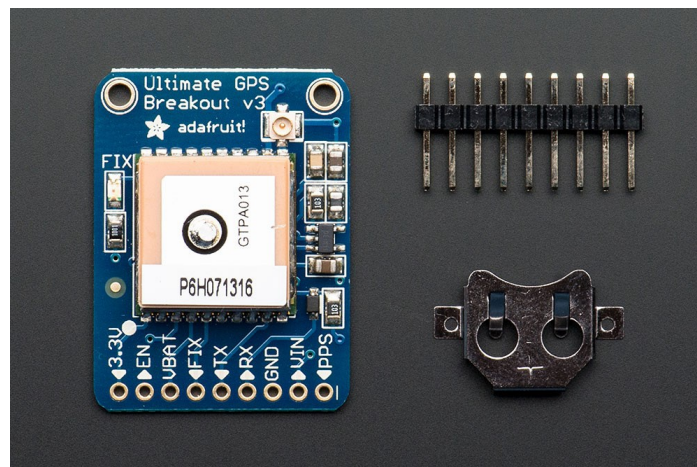
Ces dernières étant complexes à décoder, j'ai donc décidé de les mettre sous la forme d'un tableur Excel, qui sera sauvegardé sur une carte SD, avec une colonne longitude, latitude, altitude, nombre de satellites perçus etc.

	A	B	C	D	E	F	G
1	date	latitude	longitude	Altitude	satellite	Mesure	
2562	0/0/2000 10:11:9	45.60223	4.76048	203.6	6	2560	
2563	0/0/2000 10:11:10	45.60223	4.76049	203.6	6	2561	
2564	0/0/2000 10:11:10	45.60223	4.76049	203.6	6	2562	
2565	0/0/2000 10:11:11	45.60223	4.76049	203.6	6	2563	
2566	0/0/2000 10:11:11	45.60223	4.76049	203.6	6	2564	
2567	0/0/2000 10:11:12	45.60223	4.76049	203.6	6	2565	
2568	0/0/2000 10:11:12	45.60223	4.76049	203.6	6	2566	
2569	0/0/2000 10:11:13	45.60223	4.76049	203.6	5	2567	
2570	0/0/2000 10:11:13	45.60223	4.76049	203.6	5	2568	
2571	0/0/2000 10:11:14	45.60223	4.76050	203.6	6	2569	
2572	0/0/2000 10:11:14	45.60223	4.76050	203.6	6	2570	
2573	0/0/2000 10:11:15	45.60223	4.76050	203.5	6	2571	
2574	0/0/2000 10:11:15	45.60223	4.76050	203.5	6	2572	
2575	0/0/2000 10:11:16	45.60223	4.76050	203.5	6	2573	
2576	0/0/2000 10:11:16	45.60223	4.76050	203.5	6	2574	
2577	0/0/2000 10:11:17	45.60223	4.76050	203.5	5	2575	
2578	0/0/2000 10:11:17	45.60223	4.76050	203.5	5	2576	
2579	0/0/2000 10:11:18	45.60223	4.76051	203.5	5	2577	
2580	0/0/2000 10:11:18	45.60223	4.76051	203.5	5	2578	
2581	0/0/2000 10:11:19	45.60223	4.76051	203.5	5	2579	
2582	0/0/2000 10:11:19	45.60223	4.76051	203.5	5	2580	
2583	0/0/2000 10:11:20	45.60224	4.76051	203.5	5	2581	
2584	0/0/2000 10:11:20	45.60224	4.76051	203.5	5	2582	
2585	0/0/2000 10:11:21	45.60224	4.76051	203.5	5	2583	
2586	0/0/2000 10:11:21	45.60224	4.76051	203.5	5	2584	
2587	0/0/2000 10:11:22	45.60224	4.76051	203.5	5	2585	

2. Commandes des composants

Afin de réaliser le GPS, j'ai donc du procéder à la commande des composants qui me seraient nécessaires, ceux-ci étant :

Module GPS Breakout



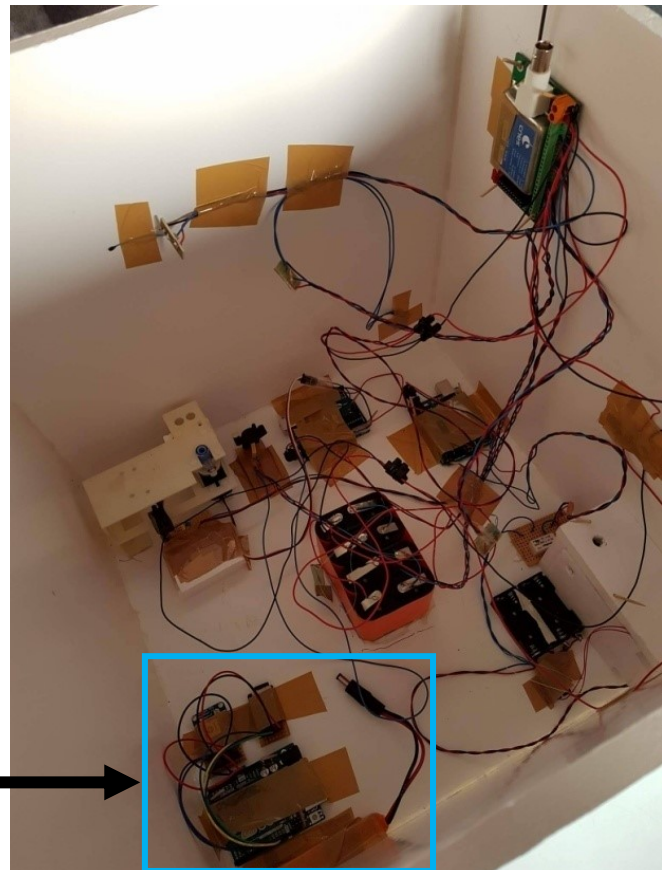
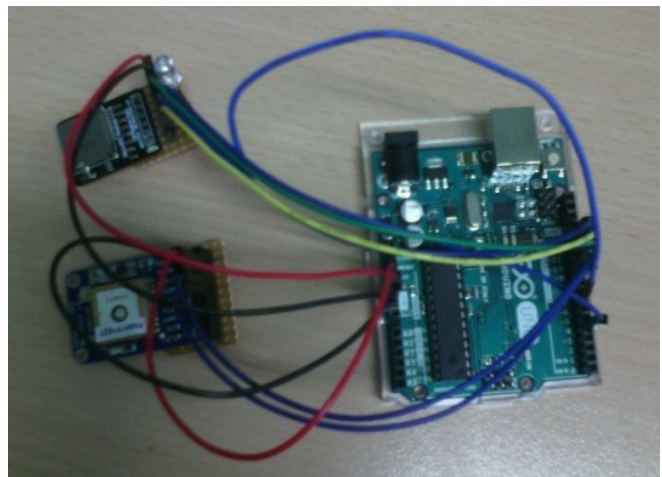
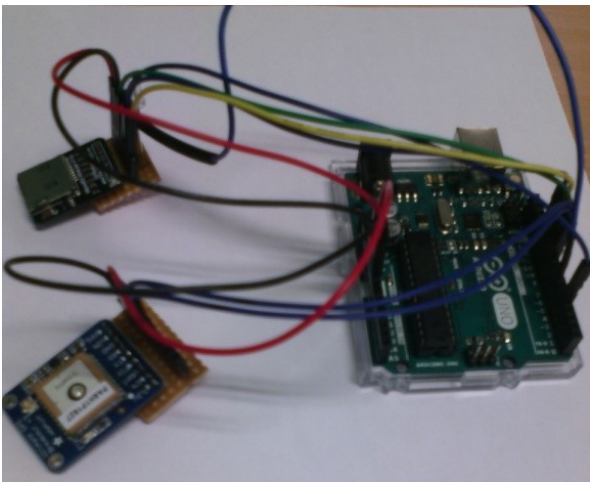
Carte Arduino Uno



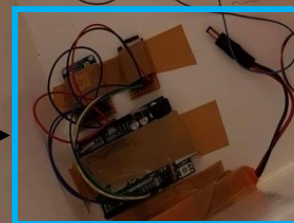
Le module GPS est chargé de relever les données (longitude, latitude, altitude...), la carte Arduino quant à elle est chargée de donner les instructions au module GPS par l'intermédiaire d'un programme que nous avons préalablement réalisé et implanter dans la carte. Les données étaient stockées sur une carte SD, il nous fallait donc également un module carte SD (Caroline s'est chargée de le commander).

3. Réalisation du câblage et du programme

Une fois que j'avais reçu les composants, il fallait que je réalise le câblage. En effet, afin que tout fonctionne, il fallait câbler le module GPS, et le module carte SD à la carte Arduino. Nous avons donc défini les PIN dans notre programme. Voici quelques photos de notre montage :



Ici, on peut voir le GPS une fois fixé dans la nacelle.



Par ailleurs, un travail autour de la programmation de la carte Arduino a été réalisé.

```

//#include <DHT.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <TinyGPS++.h> // http://arduiniiana.org/libraries/tinygpsplus/
#include <SD.h>

```

```

SoftwareSerial SerialGPS(9,10); // RX, TX
TinyGPSPlus gps; // create a TinyGPS object
//#define DHTPIN 3
//#define DHTTYPE DHT22

int chipSelect=4 ;
int LED=7;
unsigned long t1, fix_age;
float lat, lon, alti, vitesse;
int annee,fix,i;
byte c,mois, jour, seconde, minute, heure, centiemes;
String date ="";

```

D'abord, nous définissons les PIN ainsi que les variables dont nous allons nous servir.

```

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  SerialGPS.begin(9600); // GPS devices frequently operate at 4800 baud
  Serial.println("Initialisation...");
  pinMode(chipSelect, OUTPUT);
  pinMode(5,OUTPUT);
  pinMode(10,OUTPUT); // Carte Ethernet
  digitalWrite(chipSelect,LOW);
  digitalWrite(5,HIGH);
  digitalWrite(10,HIGH); // désactiver Carte SD
  pinMode(LED,OUTPUT);
  if (!SD.begin(chipSelect)) Serial.println("Erreur carte SD"); else Serial.println("Carte presente");
  t1=millis();
}

```

J'ai ensuite ajouté une temporisation de 5 heures (18000000 millisecondes) pour que le programme cesse de fonctionner afin que nous puissions débrancher l'alimentation des modules sans risquer de perdre des données.

```

void loop()
{
  // Serial.println("Boucle principale");

  //on fait les mesures
  while ((millis()-t1<18000000) && (SerialGPS.available()))
  {
    //Serial.println("Boucle secondaire");
    c = SerialGPS.read();
    Serial.write(c);
    if (gps.encode(c)){
      Serial.println(" =>Trame ok");
      lireGPS();
    }
  }
}

```

Ici, nous définissons les paramètres que le programme va devoir prendre en compte et pour les trames envoyées par le GPS.

```

void lireGPS()
{
  lat=gps.location.lat();
  lon=gps.location.lng();

  annee=gps.date.year();
  mois=gps.date.month();
  jour=gps.date.day();
  heure=gps.time.hour();
  minute=gps.time.minute();
  seconde=gps.time.second();
  centiemes=gps.time.centisecond();
  date =String(jour) + "/" + String(mois) + "/" + String(annee) + " " + String(heure+2) + ":" + String(minute) + ":" + String(seconde);
  Serial.println("=====");
  Serial.println(gps.satellites.value());
  Serial.println(date);

  Serial.print("Mesure ");Serial.println(i);
  Serial.print("Latitude = ");Serial.println(lat,5);
  Serial.print("Longitude = ");Serial.println(lon,5);
  alti = gps.altitude.meters(); // +/- altitude in meters
  Serial.print("Altitude = ");Serial.print(alti,1);Serial.println(" m");
  vitesse = gps.speed.mps();
  Serial.print("Vitesse = ");Serial.print(vitesse,1);Serial.println(" m/s");

  Serial.println();
  digitalWrite(LED,1);
  if (i==0) entete();
  ecritureSD();
  digitalWrite(LED,0);
  i++;
}

```

Ici, nous définissons les paramètres que le programme va devoir prendre en compte et pour les trames envoyées par le GPS.

```
void entete() {
    // Pour utiliser Google table de fusion séparateur ; stl.janetti@gmail.com
    File GPStab = SD.open("GPS_Tab.csv", FILE_WRITE);
    if (GPStab) {
        GPStab.print("date");
        GPStab.print(",");
        GPStab.print("latitude");
        GPStab.print(",");
        GPStab.print("longitude");
        GPStab.print(",");
        GPStab.print("Altitude");
        GPStab.print(",");
        GPStab.print("satellite");
        GPStab.print(",");
        GPStab.println("Mesure");
        GPStab.close();
    }
}
```

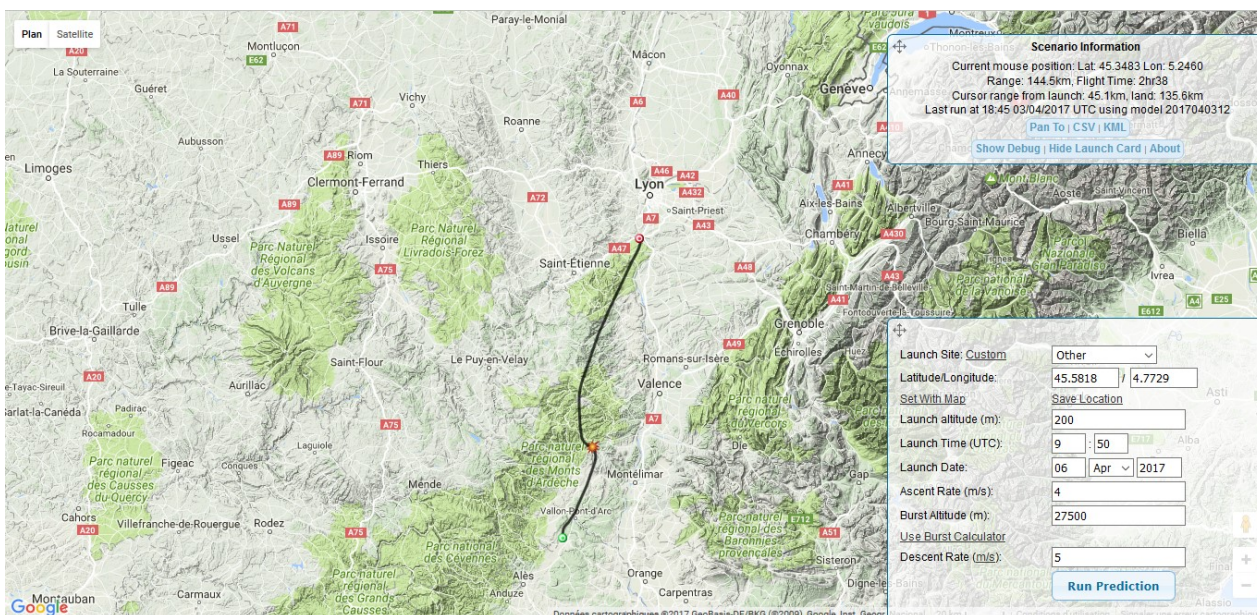
Dans cette partie du programme, on crée le tableur avec les colonnes longitude, latitude etc.

```
void ecritureSD() {
    File GPStab = SD.open("GPS_Tab.csv", FILE_WRITE);
    if (GPStab) {
        GPStab.print(date);
        GPStab.print(",");
        GPStab.print(lat,5);
        GPStab.print(",");
        GPStab.print(lon,5);
        GPStab.print(",");
        GPStab.print(alti,1);
        GPStab.print(",");
        GPStab.print(gps.satellites.value());
        GPStab.print(",");
        GPStab.println(i);
        GPStab.close();
    }
    else {
        Serial.print("Erreur GPS_Tab.csv");
    }
}
```

Pour finir, le programme écrit sur la carte SD les données reçues par le GPS.

4. Interprétation des résultats

Le lâcher a eu lieu le 6 avril à 9h50 et le ballon a atterri à [vallon pont d'arc](#), comme prévu par le site de simulation d'après les conditions météorologiques.



Quand nous avons récupéré la nacelle, nous avons pu également récupérer la carte SD de notre GPS qui contenait toutes les données récoltées au cours du vol. Nous avons donc pu interpréter nos résultats :

Ici, toutes les valeurs sont à zéro, le GPS ne capte encore aucun signal : c'est la mise en route.

	A	B	C	D	E	F	G
1	date	latitude	longitude	Altitude	satellite	Mesure	
2	0/0/2000 25:59:42	0.00000	0.00000	0.0	0	0	0
3	0/0/2000 25:59:43	0.00000	0.00000	0.0	0	0	1
4	0/0/2000 25:59:43	0.00000	0.00000	0.0	0	0	2
5	0/0/2000 25:59:44	0.00000	0.00000	0.0	0	0	3
6	0/0/2000 25:59:44	0.00000	0.00000	0.0	0	0	4
7	0/0/2000 25:59:45	0.00000	0.00000	0.0	0	0	5
8	0/0/2000 25:59:45	0.00000	0.00000	0.0	0	0	6
9	0/0/2000 25:59:46	0.00000	0.00000	0.0	0	0	7
10	0/0/2000 25:59:46	0.00000	0.00000	0.0	0	0	8
11	0/0/2000 25:59:46	0.00000	0.00000	0.0	0	0	9
12	0/0/2000 25:59:47	0.00000	0.00000	0.0	0	0	10
13	0/0/2000 25:59:47	0.00000	0.00000	0.0	0	0	11
14	0/0/2000 25:59:48	0.00000	0.00000	0.0	0	0	12
15	0/0/2000 25:59:48	0.00000	0.00000	0.0	0	0	13
16	0/0/2000 25:59:49	0.00000	0.00000	0.0	0	0	14
17	0/0/2000 25:59:49	0.00000	0.00000	0.0	0	0	15
18	0/0/2000 25:59:50	0.00000	0.00000	0.0	0	0	16
19	0/0/2000 25:59:50	0.00000	0.00000	0.0	0	0	17
20	0/0/2000 25:59:51	0.00000	0.00000	0.0	0	0	18
21	0/0/2000 25:59:51	0.00000	0.00000	0.0	0	0	19
22	0/0/2000 25:59:52	0.00000	0.00000	0.0	0	0	20
23	0/0/2000 25:59:52	0.00000	0.00000	0.0	0	0	21
24	0/0/2000 25:59:53	0.00000	0.00000	0.0	0	0	22
25	0/0/2000 25:59:53	0.00000	0.00000	0.0	0	0	23
26	0/0/2000 25:59:54	0.00000	0.00000	0.0	0	0	24
27	0/0/2000 25:59:54	0.00000	0.00000	0.0	0	0	25
28	0/0/2000 25:59:55	0.00000	0.00000	0.0	0	0	26
29	0/0/2000 25:59:55	0.00000	0.00000	0.0	0	0	27
30	0/0/2000 25:59:56	0.00000	0.00000	0.0	0	0	28
31	0/0/2000 25:59:56	0.00000	0.00000	0.0	0	0	29
32	0/0/2000 9:50:38	0.00000	0.00000	0.0	0	0	30
33	0/0/2000 9:50:38	0.00000	0.00000	0.0	0	0	31
34	0/0/2000 9:50:39	0.00000	0.00000	0.0	0	0	32
35	0/0/2000 9:50:39	0.00000	0.00000	0.0	0	0	33
36	0/0/2000 9:50:40	0.00000	0.00000	0.0	0	0	34

Au bout de quelques minutes, le GPS commence à recevoir des signaux satellites, il parvient donc à relever quelques valeurs.

	A	B	C	D	E	F	G
1	date	latitude	longitude	Altitude	satellite	Mesure	
186	0/0/2000 9:51:54	0.00000	0.00000	0.0	0	184	
187	0/0/2000 9:51:54	0.00000	0.00000	0.0	4	185	
188	0/0/2000 9:51:54	0.00000	0.00000	0.0	4	186	
189	0/0/2000 9:51:55	0.00000	0.00000	0.0	4	187	
190	0/0/2000 9:51:55	0.00000	0.00000	0.0	4	188	
191	0/0/2000 9:51:57	0.00000	0.00000	0.0	4	189	
192	0/0/2000 9:51:57	0.00000	0.00000	0.0	4	190	
193	0/0/2000 9:51:58	45.60260	4.76031	214.1	4	191	
194	0/0/2000 9:51:58	45.60260	4.76031	214.1	4	192	
195	0/0/2000 9:51:59	45.60261	4.76032	215.4	4	193	
196	0/0/2000 9:51:59	45.60261	4.76032	215.4	4	194	
197	0/0/2000 9:52:0	45.60261	4.76032	215.9	4	195	
198	0/0/2000 9:52:0	45.60261	4.76032	215.9	4	196	
199	0/0/2000 9:52:1	45.60260	4.76032	216.0	4	197	
200	0/0/2000 9:52:1	45.60260	4.76032	216.0	4	198	
201	0/0/2000 9:52:2	45.60260	4.76032	215.9	4	199	
202	0/0/2000 9:52:2	45.60260	4.76032	215.9	4	200	
203	0/0/2000 9:52:3	45.60261	4.76032	215.6	4	201	
204	0/0/2000 9:52:3	45.60261	4.76032	215.6	4	202	
205	0/0/2000 9:52:4	45.60261	4.76032	215.5	4	203	
206	0/0/2000 9:52:4	45.60261	4.76032	215.5	4	204	
207	0/0/2000 9:52:5	45.60262	4.76032	215.6	4	205	
208	0/0/2000 9:52:5	45.60262	4.76032	215.6	4	206	
209	0/0/2000 9:52:6	45.60263	4.76032	215.7	4	207	
210	0/0/2000 9:52:6	45.60263	4.76032	215.7	4	208	
211	0/0/2000 9:52:7	45.60262	4.76032	215.7	4	209	
212	0/0/2000 9:52:7	45.60262	4.76032	215.7	4	210	
213	0/0/2000 9:52:8	45.60263	4.76033	215.9	4	211	
214	0/0/2000 9:52:8	45.60263	4.76033	215.9	4	212	
215	0/0/2000 9:52:9	45.60263	4.76033	216.2	4	213	
216	0/0/2000 9:52:9	45.60263	4.76033	216.2	4	214	
217	0/0/2000 9:52:10	45.60263	4.76033	216.4	4	215	
218	0/0/2000 9:52:10	45.60263	4.76033	216.4	4	216	
219	0/0/2000 9:52:11	45.60263	4.76032	216.5	4	217	
220	0/0/2000 9:52:11	45.60263	4.76032	216.5	4	218	

A partir de 10 013.7 mètres d'altitude, les valeurs se sont « figées », pourtant le GPS reçoit encore des signaux. Nous pensons que ce dysfonctionnement est dû au froid présent dans la nacelle. A partir de ce moment, les données sont erronées.

	A	B	C	D	E	F	G
1	date	latitude	longitude	Altitude	satellite	Mesure	
716	0/0/2000 10:45:44	45.26264	4.54142	10169.1	9	6714	
717	0/0/2000 10:45:45	45.26233	4.54124	10175.1	9	6715	
718	0/0/2000 10:45:45	45.26233	4.54124	10175.1	9	6716	
719	0/0/2000 10:45:46	45.26203	4.54105	10181.2	9	6717	
720	0/0/2000 10:45:46	45.26203	4.54105	10181.2	9	6718	
721	0/0/2000 10:45:47	45.26171	4.54084	10188.0	9	6719	
722	0/0/2000 10:45:47	45.26171	4.54084	10188.0	9	6720	
723	0/0/2000 10:45:48	45.26138	4.54063	10194.3	9	6721	
724	0/0/2000 10:45:48	45.26138	4.54063	10194.3	9	6722	
725	0/0/2000 10:45:49	45.26104	4.54042	10200.7	9	6723	
726	0/0/2000 10:45:49	45.26104	4.54042	10200.7	9	6724	
727	0/0/2000 10:45:50	45.26070	4.54022	10207.2	9	6725	
728	0/0/2000 10:45:50	45.26070	4.54022	10207.2	9	6726	
729	0/0/2000 10:45:51	45.26035	4.54004	10213.7	9	6727	
730	0/0/2000 10:45:51	45.26035	4.54004	10213.7	9	6728	
731	0/0/2000 10:45:52	45.26035	4.54004	10213.7	9	6729	
732	0/0/2000 10:45:52	45.26035	4.54004	10213.7	9	6730	
733	0/0/2000 10:45:53	45.26035	4.54004	10213.7	9	6731	
734	0/0/2000 10:45:53	45.26035	4.54004	10213.7	9	6732	
735	0/0/2000 10:45:54	45.26035	4.54004	10213.7	9	6733	
736	0/0/2000 10:45:54	45.26035	4.54004	10213.7	9	6734	
737	0/0/2000 10:45:55	45.26035	4.54004	10213.7	9	6735	
738	0/0/2000 10:45:55	45.26035	4.54004	10213.7	9	6736	
739	0/0/2000 10:45:56	45.26035	4.54004	10213.7	9	6737	
740	0/0/2000 10:45:56	45.26035	4.54004	10213.7	9	6738	
741	0/0/2000 10:45:57	45.26035	4.54004	10213.7	9	6739	
742	0/0/2000 10:45:57	45.26035	4.54004	10213.7	9	6740	
743	0/0/2000 10:45:58	45.26035	4.54004	10213.7	9	6741	
744	0/0/2000 10:45:58	45.26035	4.54004	10213.7	9	6742	
745	0/0/2000 10:45:59	45.26035	4.54004	10213.7	9	6743	
746	0/0/2000 10:45:59	45.26035	4.54004	10213.7	9	6744	
747	0/0/2000 10:46:0	45.26035	4.54004	10213.7	9	6745	
748	0/0/2000 10:46:0	45.26035	4.54004	10213.7	9	6746	
749	0/0/2000 10:46:1	45.26035	4.54004	10213.7	9	6747	
750	0/0/2000 10:46:1	45.26035	4.54004	10213.7	9	6748	

La partie en rouge représente un moment où le GPS a cessé de recevoir les signaux des satellites. Ces pertes de signal ont eu lieu à plusieurs reprises au cours du vol.

	A	B	C	D	E	F	G
1	date	latitude	longitude	Altitude	satellite	Mesure	
6962	0/0/2000 10:47:47	45.26035	4.54004	10213.7	9	6960	
6963	0/0/2000 10:47:48	45.26035	4.54004	10213.7	9	6961	
6964	0/0/2000 10:47:48	45.26035	4.54004	10213.7	9	6962	
6965	0/0/2000 10:47:49	45.26035	4.54004	10213.7	9	6963	
6966	0/0/2000 10:47:49	45.26035	4.54004	10213.7	9	6964	
6967	0/0/2000 10:47:50	45.26035	4.54004	10213.7	9	6965	
6968	0/0/2000 10:47:50	45.26035	4.54004	10213.7	9	6966	
6969	0/0/2000 10:47:51	45.26035	4.54004	10213.7	9	6967	
6970	0/0/2000 10:47:51	45.26035	4.54004	10213.7	9	6968	
6971	0/0/2000 10:47:52	45.26035	4.54004	10213.7	0	6969	
6972	0/0/2000 10:47:52	45.26035	4.54004	10213.7	0	6970	
6973	0/0/2000 10:47:53	45.26035	4.54004	10213.7	0	6971	
6974	0/0/2000 10:47:53	45.26035	4.54004	10213.7	0	6972	
6975	0/0/2000 10:47:54	45.26035	4.54004	10213.7	0	6973	
6976	0/0/2000 10:47:54	45.26035	4.54004	10213.7	0	6974	
6977	0/0/2000 10:47:55	45.26035	4.54004	10213.7	0	6975	
6978	0/0/2000 10:47:55	45.26035	4.54004	10213.7	0	6976	
6979	0/0/2000 10:47:56	45.26035	4.54004	10213.7	0	6977	
6980	0/0/2000 10:47:56	45.26035	4.54004	10213.7	0	6978	
6981	0/0/2000 10:47:57	45.26035	4.54004	10213.7	0	6979	
6982	0/0/2000 10:47:57	45.26035	4.54004	10213.7	0	6980	
6983	0/0/2000 10:47:58	45.26035	4.54004	10213.7	0	6981	
6984	0/0/2000 10:47:58	45.26035	4.54004	10213.7	0	6982	
6985	0/0/2000 10:47:59	45.26035	4.54004	10213.7	0	6983	
6986	0/0/2000 10:47:59	45.26035	4.54004	10213.7	0	6984	
6987	0/0/2000 10:48:0	45.26035	4.54004	10213.7	0	6985	
6988	0/0/2000 10:48:0	45.26035	4.54004	10213.7	0	6986	
6989	0/0/2000 10:48:1	45.26035	4.54004	10213.7	0	6987	
6990	0/0/2000 10:48:1	45.26035	4.54004	10213.7	0	6988	
6991	0/0/2000 10:48:2	45.26035	4.54004	10213.7	1	6989	
6992	0/0/2000 10:48:2	45.26035	4.54004	10213.7	1	6990	
6993	0/0/2000 10:48:3	45.26035	4.54004	10213.7	1	6991	
6994	0/0/2000 10:48:3	45.26035	4.54004	10213.7	1	6992	
6995	0/0/2000 10:48:4	45.26035	4.54004	10213.7	1	6993	
6996	0/0/2000 10:48:4	45.26035	4.54004	10213.7	1	6994	

En vert, le GPS se remet à fonctionner jusqu'à la fin du vol, les valeurs sont cohérentes et le signal est de bonne qualité.

	A	B	C	D	E	F	G
16555	0/0/2000 12:6:36	45.26035	4.54004	10213.7	0	16553	
16556	0/0/2000 12:6:36	45.26035	4.54004	10213.7	0	16554	
16557	0/0/2000 12:6:37	45.26035	4.54004	10213.7	0	16555	
16558	0/0/2000 12:6:37	45.26035	4.54004	10213.7	0	16556	
16559	0/0/2000 12:6:38	45.26035	4.54004	10213.7	3	16557	
16560	0/0/2000 12:6:38	45.26035	4.54004	10213.7	3	16558	
16561	0/0/2000 12:6:39	45.26035	4.54004	10213.7	3	16559	
16562	0/0/2000 12:6:39	45.26035	4.54004	10213.7	3	16560	
16563	0/0/2000 12:6:40	45.26035	4.54004	10213.7	3	16561	
16564	0/0/2000 12:6:40	45.26035	4.54004	10213.7	3	16562	
16565	0/0/2000 12:6:41	45.26035	4.54004	10213.7	3	16563	
16566	0/0/2000 12:6:41	45.26035	4.54004	10213.7	3	16564	
16567	0/0/2000 12:6:42	45.26035	4.54004	10213.7	3	16565	
16568	0/0/2000 12:6:42	45.26035	4.54004	10213.7	3	16566	
16569	0/0/2000 12:6:43	45.26035	4.54004	10213.7	3	16567	
16570	0/0/2000 12:6:43	45.26035	4.54004	10213.7	3	16568	
16571	0/0/2000 12:6:44	45.26035	4.54004	10213.7	5	16569	
16572	0/0/2000 12:6:44	45.26035	4.54004	10213.7	5	16570	
16573	0/0/2000 12:6:45	44.74559	4.54177	9923.5	5	16571	
16574	0/0/2000 12:6:45	44.74559	4.54177	9923.5	5	16572	
16575	0/0/2000 12:6:46	44.74534	4.54163	9920.7	7	16573	
16576	0/0/2000 12:6:46	44.74534	4.54163	9920.7	7	16574	
16577	0/0/2000 12:6:47	44.74507	4.54150	9918.4	7	16575	
16578	0/0/2000 12:6:47	44.74507	4.54150	9918.4	7	16576	
16579	0/0/2000 12:6:48	44.74474	4.54137	9913.5	7	16577	
16580	0/0/2000 12:6:48	44.74474	4.54137	9913.5	7	16578	
16581	0/0/2000 12:6:49	44.74438	4.54123	9911.3	7	16579	
16582	0/0/2000 12:6:49	44.74438	4.54123	9911.3	7	16580	
16583	0/0/2000 12:6:50	44.74401	4.54109	9907.7	7	16581	
16584	0/0/2000 12:6:50	44.74401	4.54109	9907.7	7	16582	
16585	0/0/2000 12:6:51	44.74368	4.54093	9900.0	7	16583	
16586	0/0/2000 12:6:51	44.74368	4.54093	9900.0	7	16584	
16587	0/0/2000 12:6:52	44.74334	4.54078	9894.1	7	16585	
16588	0/0/2000 12:6:52	44.74334	4.54078	9894.1	7	16586	
16589	0/0/2000 12:6:53	44.74299	4.54064	9889.3	7	16587	
16590	0/0/2000 12:6:53	44.74299	4.54064	9889.3	7	16588	

5. Calcul des écarts

Suite à la récupération de ces données, et à l'analyse du tableau Excel, je me suis intéressé aux différents écarts que je pouvais calculer.

En effet, j'ai calculé plusieurs écarts notamment

- L'écart de l'altitude entre le souhaité et le modèle
- L'écart de l'altitude entre le modèle et le réel
- L'écart de l'altitude entre le souhaité et le réel.

L'altitude souhaitée devait augmentée de 5 mètres toutes les secondes, notre modèle était le GPS amateur également présent dans la radio, et le réel correspondait aux valeurs de notre GPS.

Ce travail nous a permis de vérifier les paramètres cinématiques de la nacelle afin de vérifier notre objectif qui était d'avoir une vitesse d'ascension de 5m/s.

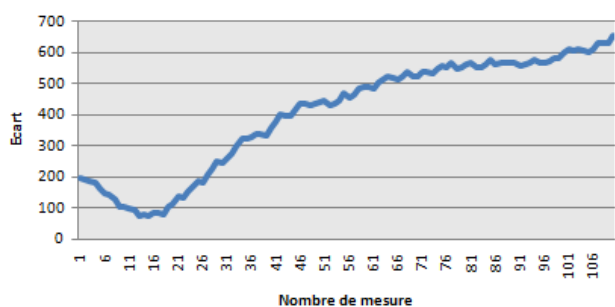
	C	D	E	F	G	H	I
1	Altitude en m (souhaité)		Vitesse en m/s (souhaité)		Altitude GPS radio amateur (modèle)		Altitude GPS expérimental (réel)
35	1850		5		2038		2528,4
36	1900		5		2085		2641,3
37	1950		5		2115		2721
38	2000		5		2152		2813,7
39	2050		5		2196		2880,8
40	2100		5		2231		2956,4
41	2150		5		2258		3030,9
42	2200		5		2306		3098
43	2250		5		2350		3174,2
44	2300		5		2398		3244,5
45	2350		5		2428		3304,8
46	2400		5		2484		3373,3
47	2450		5		2527		3441,1
48	2500		5		2586		3505,7
49	2550		5		2638		3567
50	2600		5		2681		3625,6
51	2650		5		2754		3685,2
52	2700		5		2818		3741,4
53	2750		5		2888		3810,1
54	2800		5		2933		3876,4
55	2850		5		3003		3937
56	2900		5		3067		3995
57	2950		5		3137		4053,5
58	3000		5		3183		4106
59	3050		5		3258		4169,3
60	3100		5		3325		4235,5
61	3150		5		3401		4287,9
62	3200		5		3446		4349
63	3250		5		3512		4406,1
64	3300		5		3578		4463
65	3350		5		3651		4515,4
66	3400		5		3722		4566,1
67	3450		5		3772		4617,8
68	3500		5		3828		4671,4

Tout d'abord, nous avons créé un tableau contenant les valeurs que nous devons comparer.

Suite à cela j'ai réalisé des colonnes contenant les écarts relatifs et absolus de tous les écarts que je voulais calculer.

Ecart absolue entre souhaité et modèle	Ecart relatif entre souhaité et modèle en %	Ecart absolue entre modèle et réel	Ecart relatif entre modèle et réel en %	Ecart absolue entre souhaité et réel	Ecart relatif entre souhaité et réel en %
545	9,167367536	750	11,20238984	1295	19,34279313
556	9,257409257	742,9	11,00771978	1298,9	19,24609936
554	9,150974562	734,9	10,8250232	1288,9	18,98540264
566	9,25441465	714,4	10,45912392	1280,4	18,74560787
549	8,92821021	736,4	10,69509397	1285,4	18,66848694
551	8,885663603	748	10,76413872	1299	18,69333717
563	8,989302251	741	10,57966876	1304	18,61793261
568	8,990186768	737,3	10,45029977	1305,3	18,50098508
550	8,661417323	754,4	10,61877147	1304,4	18,36045268
553	8,636576605	752,9	10,52138795	1305,9	18,24927682
562	8,696997833	749,2	10,38939428	1311,2	18,18282671
578	8,854166667	734,4	10,11235955	1312,4	18,07116105
560	8,536585366	759,2	10,37271833	1319,2	18,02382774
569	8,596464723	752,2	10,20457999	1321,2	17,92381159
567	8,504574771	745,8	10,06097561	1312,8	17,70990719
569	8,468522102	734,7	9,856849618	1303,7	17,49064223
569	8,405968385	731,1	9,747870028	1300,1	17,33443554
559	8,209722426	745,5	9,868290423	1304,5	17,2678536
564	8,216783217	753,6	9,892879647	1317,6	17,29678639
569	8,223731753	758,1	9,874822524	1327,1	17,28647536
577	8,270030099	751,2	9,720245335	1328,2	17,18640822
567	8,080376229	741,9	9,561922437	1308,9	16,86965936
568	8,036219581	739,6	9,472821354	1307,6	16,74778421
571	8,018536722	748,9	9,516004015	1319,9	16,77149646
583	8,116385911	724,6	9,163336537	1307,6	16,53599069

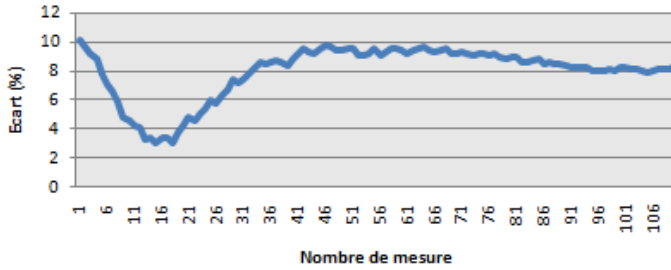
Ecart absolu entre le souhaité et le réel



Afin d'avoir un meilleur aperçu des résultats, j'ai réalisé des courbes de chaque écart calculé.

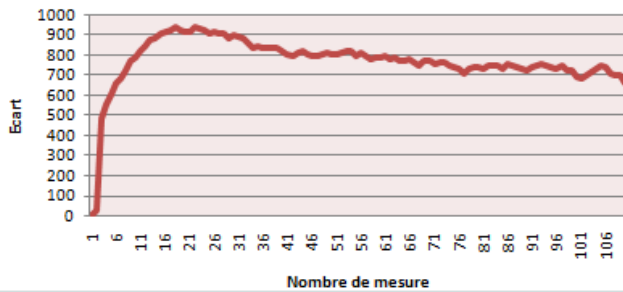
Ici, on remarque que l'écart entre le souhaité (5m/s) et le réel diminue puis augmente, cela signifie que la vitesse d'ascension souhaitée n'est pas celle réellement obtenue. En effet, la vitesse réelle était plus élevée que ce que nous souhaitions.

Ecart relatif entre le souhaité et le modèle (en %)

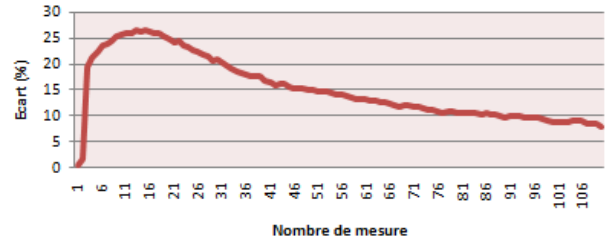


L'écart relatif apporte une précision supplémentaire.

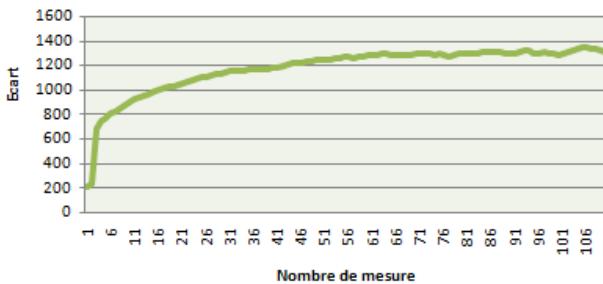
Ecart absolu entre le modèle et le réel



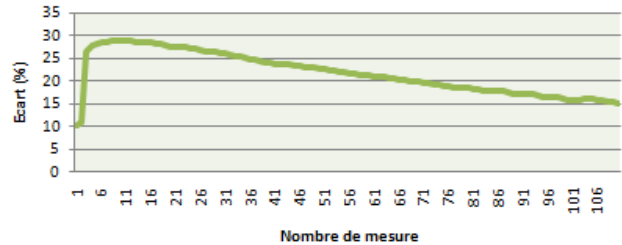
Ecart relatif entre le modèle et le réel (en %)



Ecart absolu entre le souhaité et le réel



Ecart relatif entre le souhaité et le réel (en %)



6. Bilan du travail réalisé

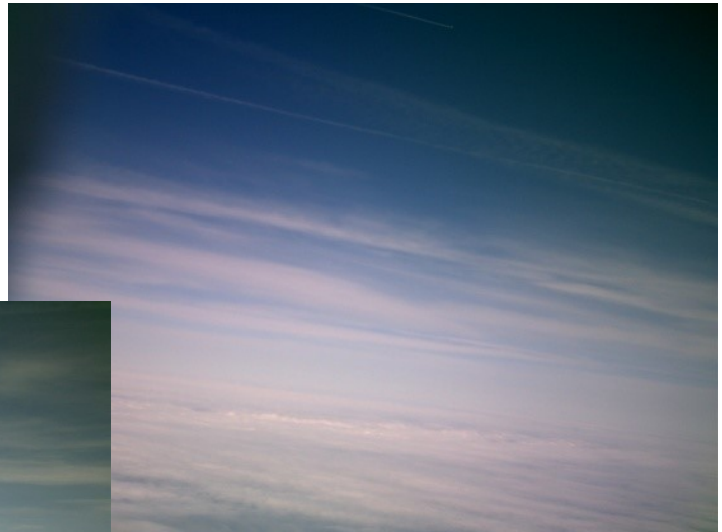
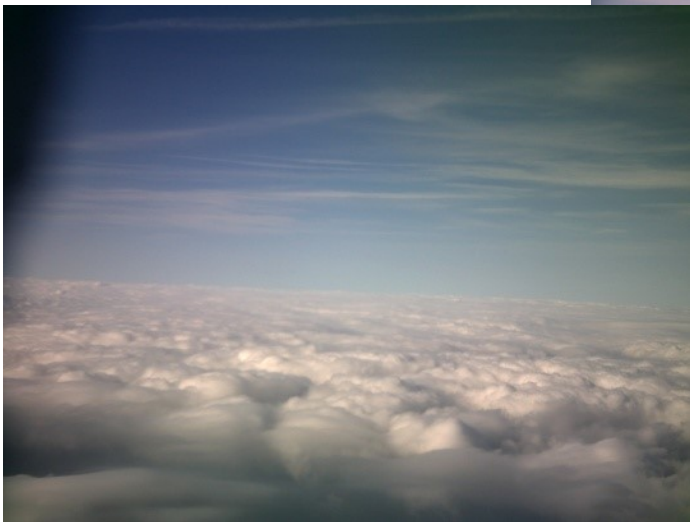
Dans ce projet je me suis chargée de la commande des composants et de leur câblage. J'ai également réalisé la partie du programme chargée de lire les trames reçues par le GPS. J'ai par la suite, interpréter les données reçues par le GPS au cours du vol, suite à cela j'ai calculé les écarts entre le souhaité et le réel.

7. Conclusion

Pour conclure, mon travail a consisté à programmer un GPS qui soit capable de relever les paramètres cinématiques de notre nacelle au cours de son vol. Une fois le lâcher effectué, j'ai récupéré les données du GPS et les ai interprétés cela m'a permis de calculer des écarts et d'en déduire que la vitesse d'ascension du ballon était supérieure à celle souhaitée.

Ce projet m'aura appris à travailler en groupe mais aussi en autonomie, il m'aura permis d'apprendre à trouver des solutions à mes problèmes par moi-même. Ce dernier m'aura également apporté une satisfaction personnelle car il est le fruit d'un travail de toute une année.

Je tiens à remercier mes professeurs qui m'ont encadré et aidé tout au long de cette année, sans qui certaines questions seraient encore en suspend et sans qui nous n'aurions peut-être pas abouti à ce résultat.



Protocole Expérimental Séverine

Objectif de la mesure :

Relever les paramètres cinématiques (longitude, latitude, altitude) au cours du vol du ballon.

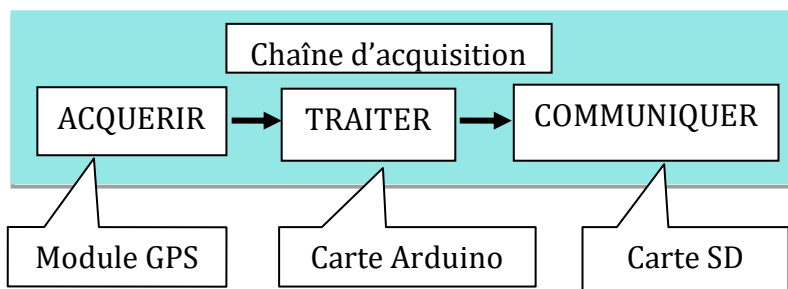
Paramètres à mesurer :

La longitude, la latitude et l'altitude.

Choix des moyens de mesure:

Utilisation d'un module GPS pour ces trois paramètres.

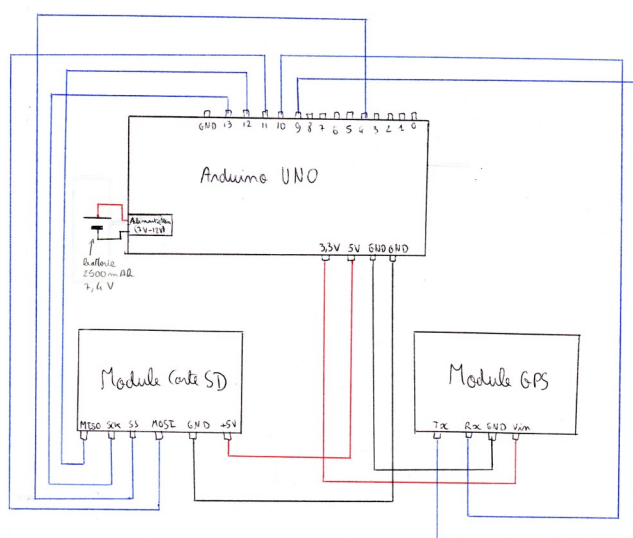
Identification des composants de la chaîne d'acquisition :



Montage de la mesure :

Le module GPS qui est chargé des relever les mesures, est relié à la carte Arduino qui va traiter les informations du module GPS et envoyer ces données à la carte SD.

Schéma électrique du GPS



Protocole à suivre :

Il nous a fallu câbler le module GPS ainsi que le module carte SD à la carte Arduino.

Nous avons préalablement implanté un programme dans la carte Arduino afin qu'elle puisse donner les instructions aux deux modules.

Il nous restait donc plus qu'à alimenter la carte Arduino par le biais d'une batterie externe, pour que notre montage fonctionne.

Recueil des résultats :

Voir en annexe

Travaux réalisés par Caroline Médoc

Étude de la fonction technique : « Concevoir un GPS à embarquer dans la nacelle » et plus précisément « Enregistrer les données émises par le module GPS dans une carte SD »

Je me suis occupée au cours de ce projet de la fonction technique « enregistrer sur la carte SD les données mesurées par le module GPS », j'ai effectué la vérification de l'autonomie de la batterie et j'ai déterminé les écarts entre le modèle voulu et le réel concernant la vitesse d'ascension du ballon-sonde.

1. Recherches préalables

Tout d'abord, j'ai participé à la réalisation du diagramme Fast avec l'aide du cahier des charges fonctionnel que nos professeurs nous ont fourni. Ce diagramme sert à analyser les contraintes liées au ballon-sonde.

J'ai ensuite fait, avec Séverine, des recherches sur le fonctionnement d'un GPS, le résultat de ses recherches se trouve dans notre introduction commune.

J'ai également fait des recherches sur la réalisation du GPS, j'ai donc visualisé des vidéos et lu sur des sites des explications sur la conception d'un GPS. Avec notamment cette vidéo : [youtube.com/watch?v=MoVpROoryIQ](https://www.youtube.com/watch?v=MoVpROoryIQ) et ce site : gis-blog.fr/2013/10/14/creer-facilement-son-gps-logger-avec-arduino-et-visualiser-le-resultat-dans-qgis/. J'avais donc une idée générale des différentes étapes à réaliser. Et d'après ces sites, les résultats que nous allions obtenir seraient de ce type :

\$GPGGA : Type de trame
064036.289 : Trame envoyée à 06h40m36.289s (heure UTC)
4836.5375,N : Latitude 48,608958° Nord = 48°36'32.25" Nord
00740.9373,E : Longitude 7,682288° Est = 7°40'56.238" Est
1 : Type de positionnement

- 0 = invalid
- 1 = GPS fix (SPS)
- 2 = DGPS fix
- 3 = PPS fix
- 4 = Real Time Kinematic
- 5 = Float RTK
- 6 = estimated (dead reckoning) (2.3 feature)
- 7 = Manual input mode
- 8 = Simulation mode

04 : Nombre de satellites utilisés pour calculer les coordonnées
3.2 : Précision horizontale ou HDOP (Horizontal dilution of precision)
200.2,M : Altitude 200,2, en mètres
46.9,M : Height of geoid (mean sea level) above WGS84 ellipsoid
.....0000 : D'autres informations peuvent être inscrites dans ces champs
*0E : Somme de contrôle de parité, un simple XOR sur les caractères précédents



```
13/10/2013;11:54:5;+43.6319;N;+3.8461;E;64.70;8;1.64
13/10/2013;11:54:16;+43.6320;N;+3.8461;E;64.60;8;1.64
13/10/2013;11:54:26;+43.6320;N;+3.8461;E;64.60;9;1.28
13/10/2013;11:54:37;+43.6320;N;+3.8461;E;64.60;9;1.28
13/10/2013;11:54:48;+43.6320;N;+3.8462;E;64.50;9;1.28
13/10/2013;11:54:58;+43.6321;N;+3.8462;E;64.40;9;1.28
13/10/2013;11:55:9;+43.6321;N;+3.8462;E;64.10;9;1.28
13/10/2013;11:55:20;+43.6321;N;+3.8462;E;63.80;9;1.39
13/10/2013;11:55:31;+43.6321;N;+3.8462;E;63.80;9;1.28
13/10/2013;11:55:31;+43.6321;N;+3.8462;E;63.80;9;1.28
13/10/2013;11:55:52;+43.6321;N;+3.8463;E;63.60;9;1.28
13/10/2013;11:56:3;+43.6321;N;+3.8462;E;63.50;9;1.28
13/10/2013;11:56:14;+43.6321;N;+3.8462;E;63.30;9;1.28
```

2. Choix des différents composants

Nous avons du réaliser une commande des composants qu'il serait nécessaire d'utiliser lors de la réalisation de ce projet.

J'ai donc fait des recherches sur les composants que nous allons utiliser pour notre GPS. Et nous avons finalement commandé et utilisé les composants suivants :

- Une carte Arduino, qui est la carte dans laquelle nous avons implanté le programme permettant d'enregistrer les données émises par le module GPS
- Un module lecteur de carte SD, compatible avec Arduino
- Une batterie externe afin d'alimenter tout le circuit.
- Une carte SD, j'ai alors réalisé un calcul pour savoir la capacité qui serait nécessaire, nous avons une carte de 8 Go, d'après les calculs suivants, c'était largement suffisant.

D'après le programme que nous avons réalisé, j'ai pu, avec les tests du GPS réalisés au lycée, calculer la taille théorique du fichier qui a été enregistré dans la carte SD.

D'après nos tests avant le lâcher, j'ai donc compté le nombre d'octet qui a été écrit théoriquement. Il y a donc 59 octets par ligne (une ligne correspond à une donnée émise par le module GPS). Le programme dure 5 heures, soit 18000 secondes et le module émet deux fois par seconde.

Le nombre total théorique s'élève à 2 124 000 octets, soit environ 2,03 Méga octet. (1Mo = 1 048 576 octets).

Dans notre carte nous avons donc 8 Go disponibles et 2.03 Go étaient nécessaires. Entre le voulu et le modèle, il y avait donc une marge de sécurité de 74% $((8-2,03)/8)*100=74,625\%$

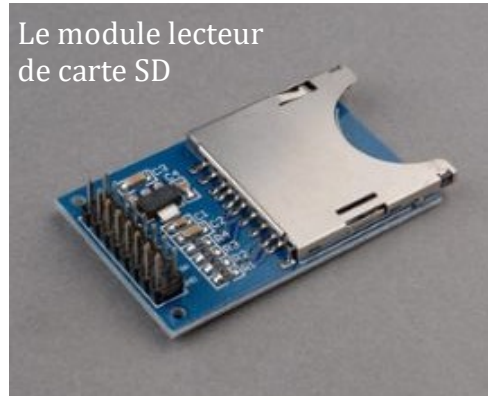
La taille réelle du fichier que nous avons obtenu est de 1,98 Mo.

L'écart absolu est donc de 0.05 Mo et l'écart relatif est de environ 2,46 %. Cet écart est dû au fait que toutes les lignes ne font pas obligatoirement 59 octets, certaines font moins, j'ai pris la valeur maximum d'octets pour ne pas avoir de problème de capacité pour le jour du lâcher.

La carte Arduino



Le module lecteur de carte SD



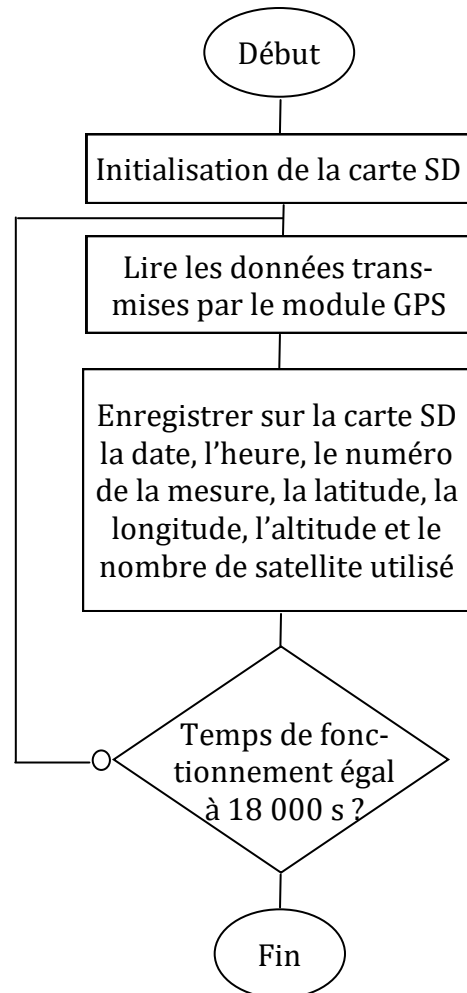
3. La programmation du GPS

Pour la réalisation du programme, j'ai tout d'abord fait des recherches sur la réalisation de la programmation du GPS et du décodage des données transmises par le module GPS. J'ai également recherché comment enregistrer les données transmises par le module GPS dans la carte SD. De plus, notre professeur nous a conseillé un site où l'on peut retrouver un programme qu'un lycée a réalisé un programme pour le GPS : <http://stl.janetti.free.fr/arduino/Prog%20GPS%201.html>.

Ensuite, après ces recherches, nous avons commencé la réalisation du programme du GPS, nous nous sommes aidé de programmes trouvés sur internet, notre professeur nous a également beaucoup aidé lors de la réalisation du programme.

Nous avons réalisé divers test à l'extérieur pour voir si le programme fonctionnait bien. Ce programme servait donc à prendre les données qu'émettait le GPS et de transmettre ça à la carte SD sous forme de tableur Excel, le programme servait également à arrêter d'écrire les données sur la carte SD au bout de 5 heures pour que lors de la récupération de la nacelle et la mise hors tension, il n'y est pas de problèmes avec la carte SD et des éventuelles pertes de données.

Voici donc quelques explications de certaines parties du programme qui me concerne, c'est-à-dire enregistrer les données envoyées par le GPS dans la carte SD, et l'algorithme correspondant.



```
void setup()
{
  Serial.begin(9600); //pour debug sur l'ordinateur
  Serial.println("Initialisation...");

  SerialGPS.begin(9600); // GP
  pinMode(chipSelect, OUTPUT); // Définition des pins de la carte SD
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(10, OUTPUT); // Carte Ethernet
  pinMode(LED, OUTPUT);

  digitalWrite(chipSelect, LOW); // Initialisation de la carte SD
  digitalWrite(5, HIGH);
  digitalWrite(10, HIGH); // désactiver Carte SD
  if (!SD.begin(chipSelect)) Serial.println("Erreur carte SD"); else Serial.println("Carte presente");
  t1=millis();
}
```



```
void lireGPS()
{
```

```
lat=gps.location.lat();
lon=gps.location.lng();
```

On lit les données envoyées par le module GPS

```
annee=gps.date.year();
mois=gps.date.month();
jour=gps.date.day();
heure=gps.time.hour();
minute=gps.time.minute();
seconde=gps.time.second();
centiemes=gps.time.centisecond();
date =String(jour) + "/" + String(mois) + "/" + String(annee) + " " + String (heure+2) + ":" + String(minute);
alti = gps.altitude.meters(); // +/- altitude in meters
vitesse = gps.speed.mps();
```

```
digitalWrite(LED,1); //1
if (i==0) entete();
ecritureSD();
digitalWrite(LED,0);
i++;
```

On éclaire la LED, on écrit les données dans la carte SD et on éteint la LED.

```
void entete(){ // Pour utiliser Google table de fusion séparateur ; stl.janetti@gmail.com
```

```
File GPStab = SD.open("GPS_Tab.csv", FILE_WRITE); //si
```

```
if (GPStab) {
GPStab.print("date"); //on crée l'entête
GPStab.print(";");
GPStab.print("latitude");
GPStab.print(";");
GPStab.print("longitude");
GPStab.print(";");
GPStab.print("Altitude");
GPStab.print(";");
GPStab.print("satellite");
GPStab.print(";");
GPStab.println("Mesure");
GPStab.close();
}
```

Si le fichier GPS_Tab.csv existe, on écrit dessus, sinon on le crée

On met les données sous forme de Tableur, on commence par la première ligne, l'entête, qui décrit les données recueillies : la date, la latitude, la longitude, l'attitude, le nombre de satellite et le numéro de mesure

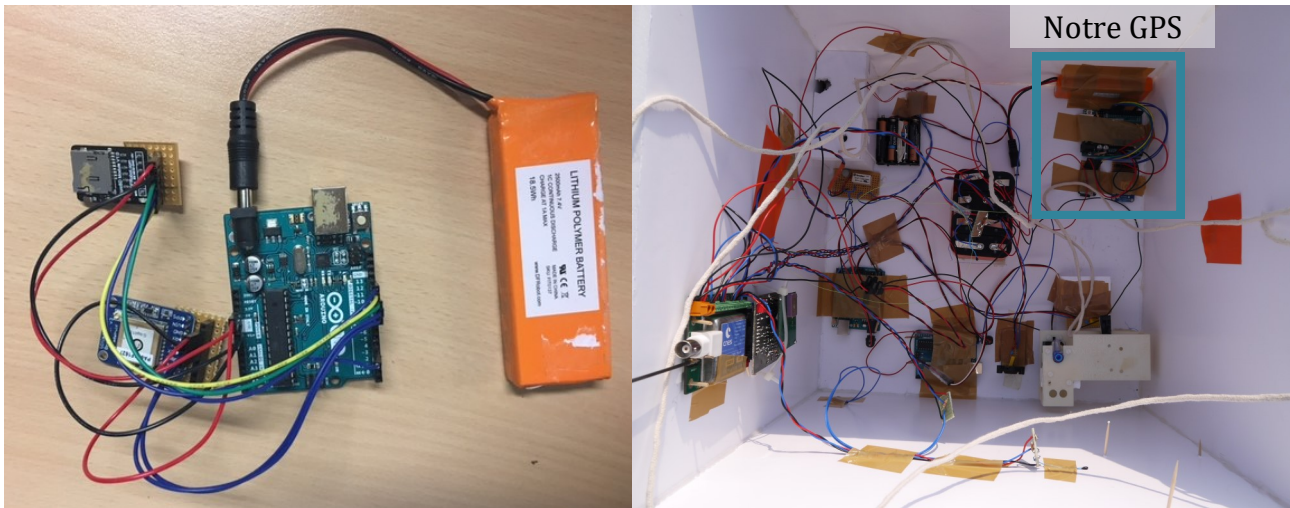
```
void ecritureSD() {
```

```
File GPStab = SD.open("GPS_Tab.csv", FILE_WRITE);
if (GPStab) {
GPStab.print(date); //on enregistre les données sur la carte SD
GPStab.print(";");
GPStab.print(lat,5);
GPStab.print(";");
GPStab.print(lon,5);
GPStab.print(";");
GPStab.print(alti,1);
GPStab.print(";");
GPStab.print(gps.satellites.value());
GPStab.print(";");
GPStab.println(i);
GPStab.close();
}
else {
Serial.print("Erreur GPS_Tab.csv");
}
```

Et on enregistre les données que nous transmet le module GPS dans le Tableur en faisant correspondre avec les colonnes définies juste au dessus

4. Réalisation du circuit électrique

En parallèle de la programmation, nous avons réalisé le circuit électrique du GPS. Nous nous sommes servi de platines pour le module GPS et le module de la carte SD, nous avons donc soudé ces éléments aux platines. Et nous avons utilisé des fils pour connecter les différents composants, en suivant les pins définis dans le programme. Les fils rouges et noirs sont des fils d'alimentation, les rouges pour la borne positive et les noirs pour la borne négative, et les autres fils pour le reste.



Vérification de l'autonomie de la batterie

D'après la formule d'autonomie, $Q=i*t$, donc $t=Q/i$, avec Q la charge en mAh, i la consommation en mA et t l'autonomie en h.

D'après l'étiquette sur la batterie, la charge est de 2500 mAh.

Pour connaître le courant consommé, j'ai mis en place le protocole expérimental ci-dessous.

$$i = 11\text{mA}, \text{ donc } t = Q/i = 2500/11 = 227 \text{ h}$$

L'autonomie est donc de 227 heures. Notre vol durait trois heures. On a donc un écart absolu de 224 heures (227-3) et un écart relatif de 7466 %.
 $((227-3)/3)*100 = 7466,66\%$

La mesure du courant s'est effectuée à une température de 20°C, or la batterie a été soumise à des températures très basse lors du vol, ce qui peut faire chuter l'autonomie, d'où cette marge de sécurité importante.

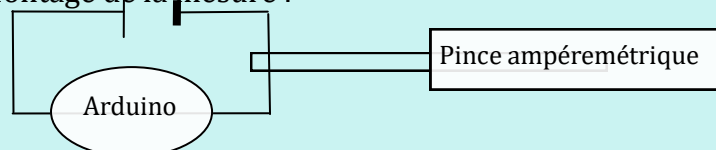
Protocole expérimental :

Objectif de la mesure :
Déterminer l'autonomie de la batterie.

Paramètre à mesurer :
La consommation du circuit électrique.

Choix des moyens de mesure :
Utilisation d'une pince ampèremétrique :

Montage de la mesure :



Recueil des résultats :
J'ai donc trouvé une consommation de 11 mA.

5. Les résultats obtenus

Nous avons donc obtenu un fichier Excel avec toutes les données transmises par le GPS, Séverine a alors analysé les différentes étapes.

Au départ, il y a la mise en route du GPS, les satellites ne sont pas encore détectés donc l'altitude, la longitude et la latitude sont fausses.

Au bout d'un moment, le GPS capte assez de satellites, on obtient donc des valeurs, c'est le fonctionnement normal.

Ensuite, on lâche le ballon, la valeur d'altitude augmente et la longitude et la latitude varient. Puis à 10213 mètres il y a des problèmes, le GPS fonctionne mal, les satellites ne sont pas bien captés, on passe de 9 satellites captés à 0 et cela de nombreuses fois, les valeurs d'altitude, de longitude et de latitude restent donc bloquées à la même valeur et l'on n'obtient plus de valeurs correctes.

Jusqu'à la redescente où le GPS se met à fonctionner à nouveau, de 10213 mètres jusqu'à l'atterrissage au sol.

Ce blocage à 10213 mètres peut être dû à plusieurs éléments, soit la température trop basse qui entraîne un dysfonctionnement des composants, soit une limite du module GPS qui ne peut fonctionner au-dessus de cette altitude.

date	latitude	longitude	Altitude	satellite	Mesure
0/0/2000 25:59:42	0.00000	0.00000	0.0	0	0
0/0/2000 25:59:43	0.00000	0.00000	0.0	0	1
0/0/2000 25:59:43	0.00000	0.00000	0.0	0	2
0/0/2000 25:59:44	0.00000	0.00000	0.0	0	3
0/0/2000 25:59:44	0.00000	0.00000	0.0	0	4
0/0/2000 25:59:45	0.00000	0.00000	0.0	0	5
0/0/2000 25:59:45	0.00000	0.00000	0.0	0	6
0/0/2000 25:59:46	0.00000	0.00000	0.0	0	7
0/0/2000 25:59:46	0.00000	0.00000	0.0	0	8
0/0/2000 25:59:46	0.00000	0.00000	0.0	0	9
0/0/2000 25:59:47	0.00000	0.00000	0.0	0	10
0/0/2000 25:59:47	0.00000	0.00000	0.0	0	11
0/0/2000 25:59:48	0.00000	0.00000	0.0	0	12
0/0/2000 25:59:48	0.00000	0.00000	0.0	0	13
0/0/2000 25:59:49	0.00000	0.00000	0.0	0	14
0/0/2000 25:59:49	0.00000	0.00000	0.0	0	15

Mise en route du GPS
Il ne capte pas encore de satellite, les données sont donc erronées.

date	latitude	longitude	Altitude	satellite	Mesure
0/0/2000 9:51:57	0.00000	0.00000	0.0	4	189
0/0/2000 9:51:57	0.00000	0.00000	0.0	4	190
0/0/2000 9:51:58	45.60260	4.76031	214.1	4	191
0/0/2000 9:51:58	45.60260	4.76031	214.1	4	192
0/0/2000 9:51:59	45.60261	4.76032	215.4	4	193
0/0/2000 9:51:59	45.60261	4.76032	215.4	4	194
0/0/2000 9:52:0	45.60261	4.76032	215.9	4	195
0/0/2000 9:52:0	45.60261	4.76032	215.9	4	196
0/0/2000 9:52:1	45.60261	4.76032	215.8	4	197
0/0/2000 9:52:1	45.60261	4.76032	215.9	4	198
0/0/2000 9:52:2	45.60261	4.76032	215.9	4	199
0/0/2000 9:52:2	45.60261	4.76032	215.9	4	200
0/0/2000 9:52:3	45.60261	4.76032	215.6	4	201
0/0/2000 9:52:3	45.60261	4.76032	215.6	4	202
0/0/2000 9:52:4	45.60261	4.76032	215.5	4	203

Fonctionnement normal
On a donc la latitude, la longitude et l'altitude de Givors.

date	latitude	longitude	Altitude	satellite	Mesure
0/0/2000 10:15:8	45.60182	4.76080	208.3	6	3038
0/0/2000 10:15:9	45.60176	4.76086	209.5	6	3039
0/0/2000 10:15:9	45.60176	4.76086	209.5	6	3040
0/0/2000 10:15:10	45.60170	4.76090	210.9	6	3041
0/0/2000 10:15:10	45.60170	4.76090	210.9	6	3042
0/0/2000 10:15:11	45.60165	4.76094	212.7	6	3043
0/0/2000 10:15:11	45.60165	4.76094	212.7	6	3044
0/0/2000 10:15:12	45.60164	4.76094	215.0	6	3045
0/0/2000 10:15:12	45.60165	4.76094	215.0	6	3046
0/0/2000 10:15:13	45.60165	4.76094	217.0	6	3047
0/0/2000 10:15:13	45.60165	4.76094	217.0	6	3048
0/0/2000 10:15:14	45.60162	4.76094	215.7	6	3049
0/0/2000 10:15:14	45.60162	4.76094	215.7	6	3050
0/0/2000 10:15:15	45.60159	4.76104	222.2	6	3051
0/0/2000 10:15:15	45.60159	4.76104	222.2	6	3052

Le lâcher du ballon
L'altitude augmente et la latitude et la longitude varie.

date	latitude	longitude	Altitude	satellite	Mesure
0/0/2000 10:47:50	45.26035	4.54004	10213.7	9	6966
0/0/2000 10:47:51	45.26035	4.54004	10213.7	9	6967
0/0/2000 10:47:51	45.26035	4.54004	10213.7	9	6968
0/0/2000 10:47:52	45.26035	4.54004	10213.7	0	6969
0/0/2000 10:47:52	45.26035	4.54004	10213.7	0	6970
0/0/2000 10:47:53	45.26035	4.54004	10213.7	0	6971
0/0/2000 10:47:53	45.26035	4.54004	10213.7	0	6972
0/0/2000 10:47:54	45.26035	4.54004	10213.7	0	6973
0/0/2000 10:47:54	45.26035	4.54004	10213.7	0	6974
0/0/2000 10:47:55	45.26035	4.54004	10213.7	0	6975
0/0/2000 10:47:55	45.26035	4.54004	10213.7	0	6976
0/0/2000 10:47:56	45.26035	4.54004	10213.7	0	6977
0/0/2000 10:47:56	45.26035	4.54004	10213.7	0	6978
0/0/2000 10:47:57	45.26035	4.54004	10213.7	0	6979
0/0/2000 10:47:57	45.26035	4.54004	10213.7	0	6980

Perte de signal
On ne capte plus. Les valeurs sont bloquées.

date	latitude	longitude	Altitude	satellite	Mesure
0/0/2000 12:6:43	45.26035	4.54004	10213.7	3	16567
0/0/2000 12:6:43	45.26035	4.54004	10213.7	3	16568
0/0/2000 12:6:44	45.26035	4.54004	10213.7	5	16569
0/0/2000 12:6:44	45.26035	4.54004	10213.7	5	16570
0/0/2000 12:6:45	44.74559	4.54177	9923.5	5	16571
0/0/2000 12:6:45	44.74559	4.54177	9923.5	5	16572
0/0/2000 12:6:46	44.74534	4.54163	9920.7	7	16573
0/0/2000 12:6:46	44.74534	4.54163	9920.7	7	16574
0/0/2000 12:6:47	44.74507	4.54150	9913.3	7	16575
0/0/2000 12:6:47	44.74507	4.54150	9913.3	7	16576
0/0/2000 12:6:48	44.74474	4.54137	9911.3	7	16577
0/0/2000 12:6:48	44.74474	4.54137	9911.3	7	16578
0/0/2000 12:6:49	44.74438	4.54123	9911.3	7	16579
0/0/2000 12:6:49	44.74438	4.54123	9911.3	7	16580
0/0/2000 12:6:50	44.74401	4.54109	9907.7	7	16581

On capte à nouveau les bonnes valeurs lors de la redescente

6. Calculs des écarts

En récupérant la nacelle, nous avons donc pu récupérer la carte SD et les données de notre GPS comme expliqué précédemment. Un club de radio amateur avait également mis un GPS, qui, lui, envoyait la localisation de la nacelle en direct, nous avons donc pu également récupérer les données de ce GPS

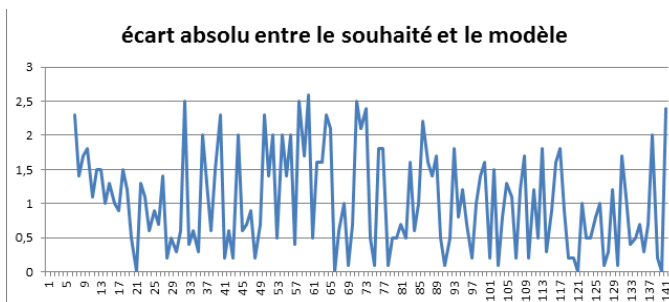
Un des critères à respecter pour le lâcher du ballon-sonde était qu'il fallait qu'il monte à 5 m/s. J'ai donc comparé cette vitesse souhaitée à la vitesse déterminée d'après les données du GPS de la radio amateur, qui est notre modèle et avec la vitesse déterminée d'après les données de notre GPS.

La durée de l'ascension est d'environ deux heures, j'ai donc découpé ces deux heures en tranches de 10 secondes, ce qui fait donc au total 7200 secondes. J'en ai déduis l'altitude souhaitée, qui commence à 200 mètres car c'est l'altitude de Givors, en fonction de la vitesse souhaitée : 5 mètres par secondes. J'ai ensuite extrait les valeurs du GPS amateur pour faire une colonne de l'altitude du modèle, je ne l'ai pas fait pour tout le vol, mais pour une petite partie, suffisamment pour analyser les écarts. J'en ai déduis la vitesse du modèle. Et j'ai refait cette méthode avec notre GPS expérimental. J'ai donc obtenu le tableur si dessous, à voir également en annexe.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	temps de vol en s		altitude en m (souhaité)	vitesse en m/s (souhaité)		altitude GPS radio amateur (modèle)	vitesse d'après GPS amateur (modèle)		altitude GPS expérimental (réel)	vitesse d'après GPS expérimental (réel)	
89	870		4550	5		5017	6,4		5818,7	4,81	
90	880		4600	5		5084	6,7		5871,1	5,24	
91	890		4650	5		5139	5,5		5928,2	5,71	
92	900		4700	5		5190	5,1		5984	5,58	
93	910		4750	5		5235	4,5		6034,5	5,05	
94	920		4800	5		5303	6,8		6088,8	5,43	
95	930		4850	5		5361	5,8		6149,6	6,08	
96	940		4900	5		5423	6,2		6196,7	4,71	
97	950		4950	5		5466	4,3		6245,3	4,86	
98	960		5000	5		5514	4,8		6296	5,07	
99	970		5050	5		5574	6		6343,1	4,71	
100	980		5100	5		5638	6,4		6392,1	4,9	
101	990		5150	5		5672	3,4		6445,5	5,34	
102	1000		5200	5		5724	5,2		6502,6	5,71	
103	1010		5250	5		5789	6,5		6549,8	4,72	
104	1020		5300	5		5840	5,1		6606	5,62	
105	1030		5350	5		5882	4,2		6647,4	4,14	
106	1040		5400	5		5945	6,3		6695	4,76	

J'ai donc obtenu les écarts relatifs et absolus suivants :

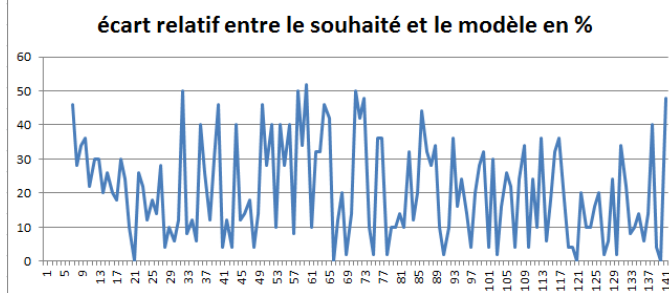
L	M	N	O	P	Q
écart absolu entre le souhaité et le modèle	écart relatif entre le souhaité et le modèle en %	écart absolu entre le souhaité et le réel	écart relatif entre le souhaité et le réel en %	écart absolu entre le modèle et le réel	écart relatif entre le modèle et le réel en %
1,4	28	0,19	3,8	1,59	24,84375
1,7	34	0,24	4,8	1,46	21,79104478
0,5	10	0,71	14,2	0,21	3,818181818
0,1	2	0,58	11,6	0,48	9,411764706
0,5	10	0,05	1	0,55	12,22222222
1,8	36	0,43	8,6	1,37	20,14705882
0,8	16	1,08	21,6	0,28	4,827586207
1,2	24	0,29	5,8	1,49	24,03225806
0,7	14	0,14	2,8	0,56	13,02325581
0,2	4	0,07	1,4	0,27	5,625
1	20	0,29	5,8	1,29	21,5
1,4	28	0,1	2	1,5	23,4375
1,6	32	0,34	6,8	1,94	57,05882353
0,2	4	0,71	14,2	0,51	9,807692308
1,5	30	0,28	5,6	1,78	27,38461538
0,1	2	0,62	12,4	0,52	10,19607843
0,8	16	0,86	17,2	0,06	1,428571429



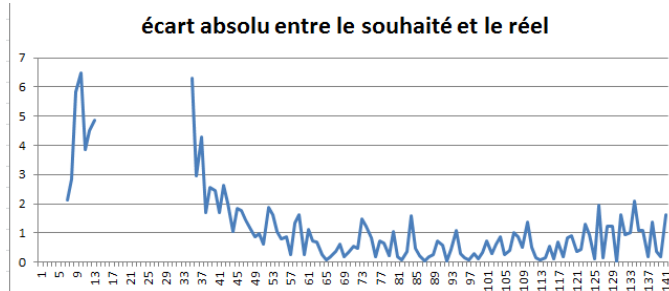
J'ai mis ces écarts sous forme de courbe afin de pouvoir mieux les analyser.

J'ai donc pu constater plusieurs choses :

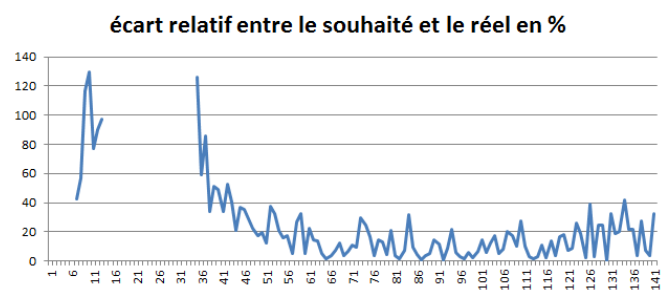
Tous les écarts varient en fonction du temps.



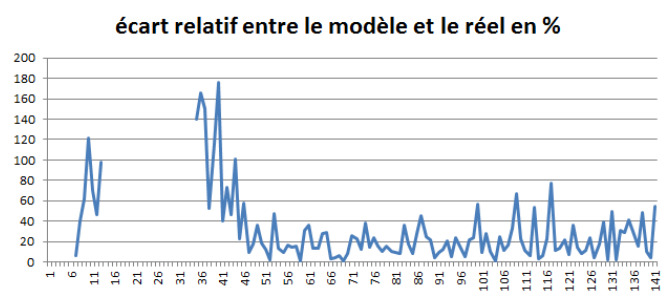
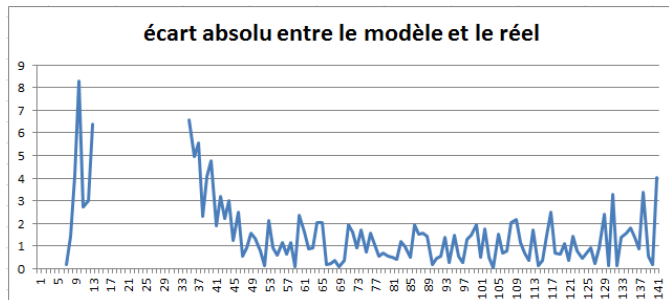
En effet, on se rend compte qu'en réalité la vitesse n'est pas de 5 m/s précisément, la vitesse n'est pas stable et varie au cours du temps, ce qui nous donne ces écarts.



Dans les écarts mettant en jeu le réel, et donc notre GPS on observe qu'il y a des problèmes, en effet au départ les valeurs sont assez éloignées du modèle et on observe une phase où il manque même des valeur car notre GPS a rencontré un certain nombre de bugs. Mais avec le temps on observe une certaine stabilisation des écarts, qui tourne autour d'une même valeur.



Tous ces écarts sont du aux imprécisions de notre GPS qui fournit parfois des données fausse et ces écarts viennent également du fait que le souhaité n'est pas possible en réalité, la nacelle subit forcément des accélérations mais aussi des accélérations. Les écarts viennent aussi des imprécisions de calcul. En effet, je n'ai pas pris en compte le fait, lors du calcul et la vitesse, que la nacelle ce déplace aussi dans sa latitude et sa longitude, ce qui fausse le modèle et le réel.



7. Conclusion personnelle

J'ai beaucoup apprécié la réalisation de ce projet. Nous avons réussi à lâcher le ballon-sonde et nous avons pu profiter de conditions atmosphériques hors du commun. Le lâcher et le vol se sont bien passés. Mais malheureusement, nous avons perdu beaucoup de données. En effet, le GPS n'a pas fonctionné au dessus de 10 kilomètres d'altitude. Nous avons quand même pu exploiter les données que nous avons obtenues.

Ce projet a été très enrichissant, nous avons rencontré des difficultés, mais c'était d'autant plus intéressant. Il a fallu faire preuve d'esprit d'équipe, de prise d'initiative, respecter des dates butoirs *et cetera*. J'ai le sentiment d'avoir amélioré ces qualités indispensables à la réussite d'un projet. Qualités qui me seront utiles dans mes études futures et dans ma vie professionnelle.

Je tiens à remercier les professeurs qui nous ont encadrés et aidé tout le long de ce projet et les intervenants de planètes sciences, (May Lise et Geoffrey) qui nous ont également aidé et permis le lâcher de notre ballon-sonde.



Protocole Expérimental Caroline

Objectif de la mesure :

Enregistrer les données émises par le module GPS dans une carte SD, afin de pouvoir au final, relever les paramètres cinématiques de la nacelle au cours du vol du ballon

Paramètres à mesurer :

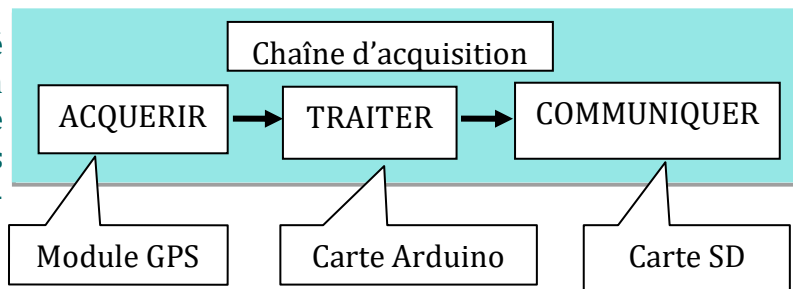
La longitude, la latitude et l'altitude.

Choix des moyens de mesure:

Utilisation d'une carte SD, d'un porte carte SD et d'une carte Arduino qui a permis d'enregistrer les données transmises, par le module GPS, dans la carte SD.

Identification des composants de la chaîne d'acquisition :

Séverine s'est donc plus occupé de la partie acquérir, quand à moi, je me suis plus occupée de la partie communiquer et nous nous sommes toute les deux occupées de la partie traiter.



Montage de la mesure :

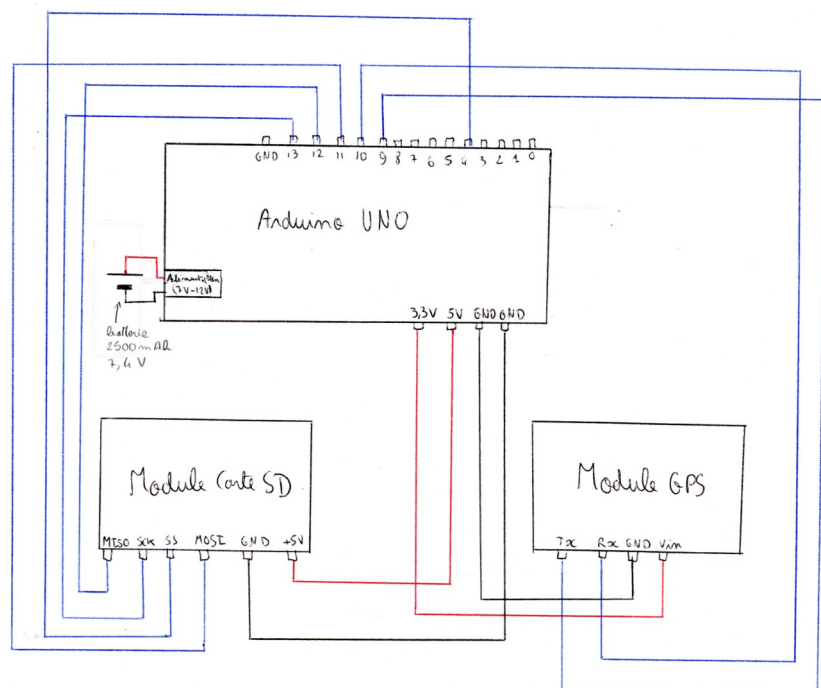
Le module GPS de la carte SD est relié à la carte Arduino contenant le programme que l'on a réalisé et le tout est alimenté par une batterie externe.

Protocole à suivre :

Réaliser le programme qui enregistre les données émises par le module dans la carte SD, l'implanter dans la carte Arduino, réaliser le montage électrique.

Recueil des résultats :

Tableau avec données obtenues en annexe.



Travaux réalisés par Kylian Faure

Introduction :

Mes travaux personnels sont portés sur l'étude de la pression en fonction de l'altitude.

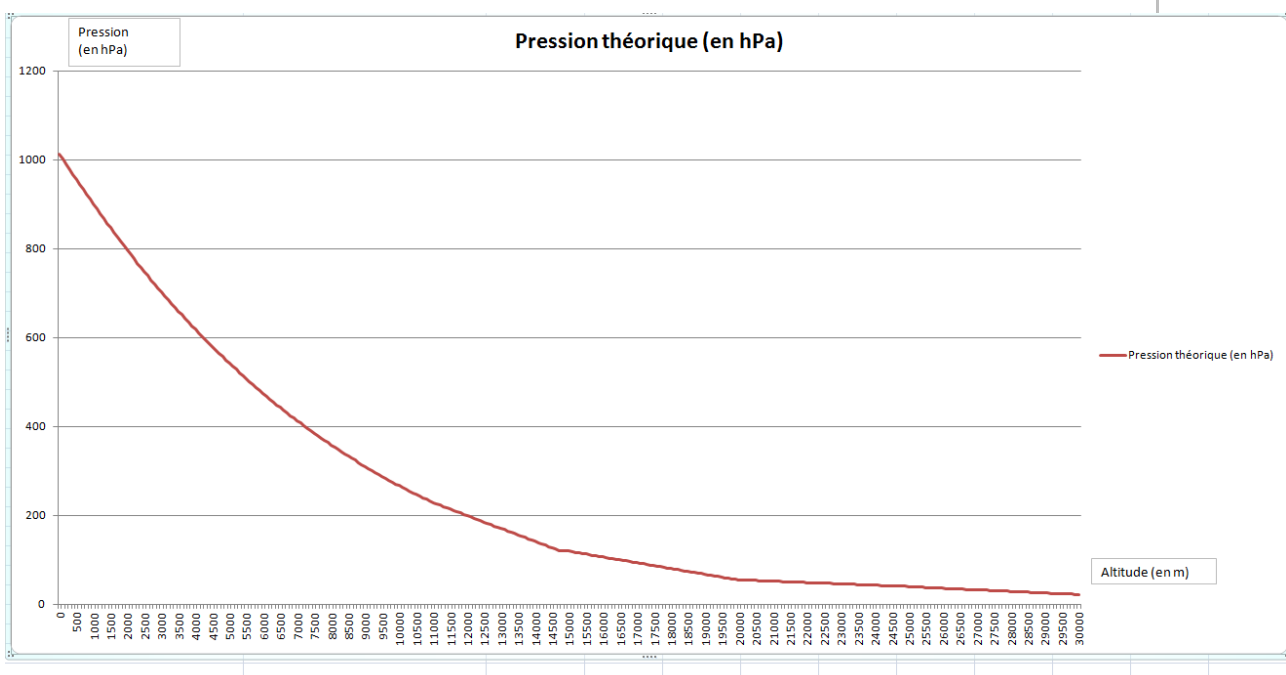
Mes tâches personnelles du cahier des charges fournis par les professeurs sont :

- La modélisation de la consommation de l'altitude en fonction de la pression atmosphérique et en fonction du temps.
- Validation du modèle altitude en fonction de la pression atmosphérique et en fonction du temps

I. Travail préliminaire

Dans un premier temps, j'ai réalisé le travail préliminaire qui nous avez été demandé. Grâce à une formule valide de 0 à 11000m et à des recherches, j'ai pu constituer un premier tableau et une première courbe purement théorique qui me serviront lors de l'étude des résultats reçus pendant le lancé notamment pour contrôler des éventuels écarts.

$$p(h) = 1013,25 \left(1 - \frac{0,0065 \cdot h}{288,15} \right)^{5,255}$$



Altitude (en m)	Pression théorique (en hPa)
0	1013,25
100	1001,358046
200	989,5792029
300	977,9126489
400	966,3575648
500	954,9131357
600	943,5785509
700	932,3530037
800	921,2356918
900	910,2258166
1000	899,3225839
1100	888,5252034
1200	877,8328889
1300	867,2448581
1400	856,7603329
1500	846,3785392
1600	836,0987068
1700	825,9200695
1800	815,8418653
1900	805,8633358
2000	795,983727
2100	786,2022883
2200	776,5182736
2300	766,9309404
2400	757,4395501
2500	748,0433682
2600	738,7416639
2700	729,5337103
2800	720,4187845
2900	711,3961673
3000	702,4651435
3100	693,6250016
3200	684,875034
3300	676,2145368
3400	667,6438288

(Les résultats de ce travail sont remis avec le dossier)

II. Les capteurs

Le travail préliminaire terminé, j'ai ensuite donc pu rentrer dans le vif du sujet : en effet, les recherches réalisées par ma camarade s'occupant des capteurs de température et moi-même m'ont permis d'établir les caractéristiques que mes capteurs doivent posséder.

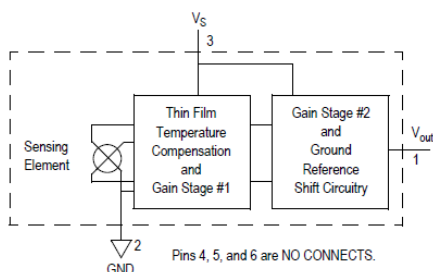
- Le capteur doit être alimenté en 5V
- Le capteur doit résister à -50°C au moins
- Le capteur doit pouvoir mesurer de 20 à 1013 hPa

Grâce à cela j'ai finalement trouvé 2 capteurs.

- Capteur de pression différentielle mesurant de 0 kPa à 500 hPa pour circuits imprimés 1 pc(s)
- Capteur de pression absolu mesurant de 0 kPa à 2000 hPa pour circuits imprimés 1 pc(s)

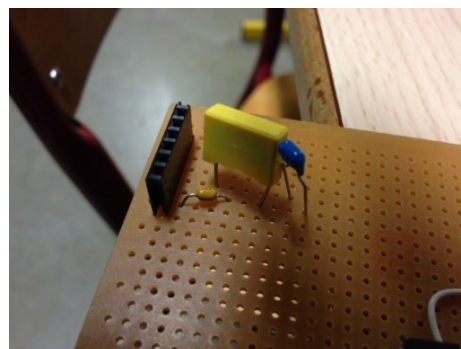
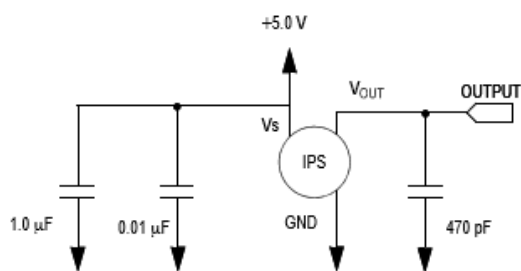
Ensuite, j'ai commencé par réaliser les circuits électriques de mes capteurs grâce aux données constructeurs : j'ai pu affecter à chaque PIN leur fonction.

Figure 1 shows a block diagram of the internal circuitry integrated on a pressure sensor chip in a Unibody Package.



Pour les 2 capteurs, les PINS ont les mêmes fonctions.

J'ai donc dû commander deux fois 3 condensateurs et je les ai soudés sur des platines fournies par les professeurs.



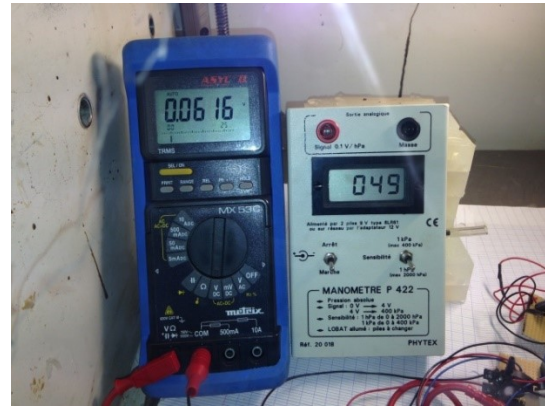
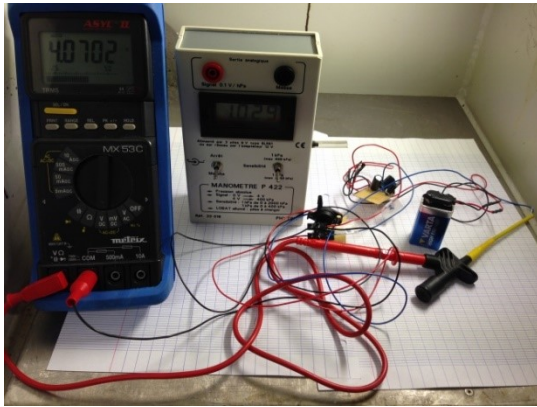
De même, les capteurs possèdent le même circuit électrique nécessaire à leur fonctionnement.

III. L'étalonnage

Par la suite, j'ai étalonné mon capteur absolu seulement. En effet, mon capteur différentiel possédant une plage allant au maximum jusqu'à 500 hPa, un étalonnage risquait de l'endommager étant donné que la pression atmosphérique est de 1023 hPa.

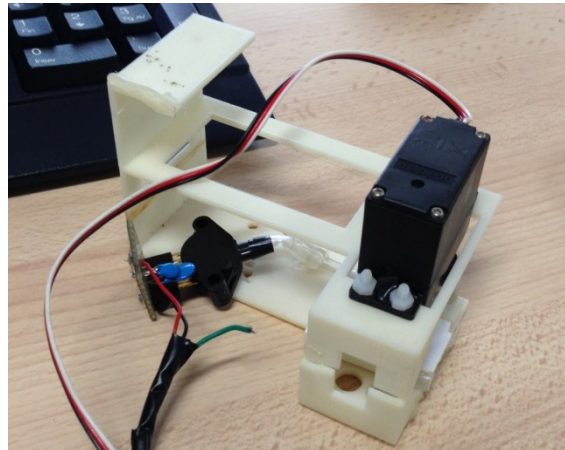
Pour cela, j'ai alimenté mon capteur à l'aide d'une pile et d'un pont diviseur de tension. Ensuite j'ai raccordé la sortie du capteur ainsi que le GND à un voltmètre où je pourrais lire la tension émise par le capteur.

J'ai mis tout ce circuit dans une machine à dépressurisation avec à ses côtés un manomètre qui me permettra de me donner la valeur exacte de la pression ambiante dans la chambre de la machine. Après avoir fermé la chambre, j'ai fait varier la pression à l'aide d'un potentiomètre (peu précis) et j'ai pris des clichés instantanés qui me donne des résultats qui établissent une courbe d'étalonnage.

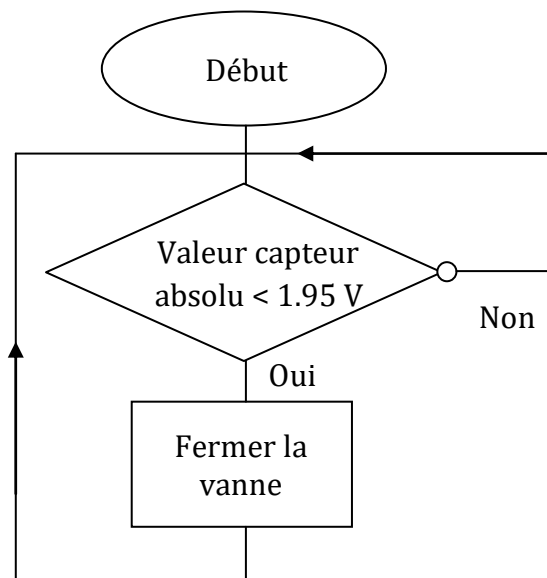


IV. Le programme

Après mettre occupé du capteur de pression absolu, il a fallu que je m'occupe du capteur de pression différentielle. Etant donné que sa plage de mesure ne comprenait pas la pression à notre altitude, j'ai pensé, à l'aide d'un programme Arduino et d'un servomoteur, à obstruer un des orifices du capteur de pression différentielle une fois que le capteur de pression absolu mesurerait que cette dernière est en dessous de 500 hPa.



En premier lieu, j'ai réalisé un algorithme fixant le fonctionnement du programme :



Grâce à la courbe d'étalonnage je sais que la valeur de la tension à laquelle le capteur mesure 500 hPa est de 1.95 V.

Par produit en croix, j'ai trouvé la valeur de la variable à rentrée dans le programme : 399.



```
Arduino 1.6.12
Fichier  Édition  Croquis  Outils  Aide

ppe

#include <Servo.h>

int PIN_PUSH_VERSE = 5;
int PIN_SVERSE     = 6;

Servo mySVERSE;

int valcapteur = 0;

void setup() {
  pinMode(PIN_PUSH_VERSE, INPUT);
  //digitalWrite(PIN_PUSH_VERSE, HIGH);
  pinMode(PIN_SVERSE, OUTPUT);

  mySVERSE.attach(PIN_SVERSE);

  mySVERSE.write(43);
}

void loop() {

  valcapteur = analogRead(PIN_PUSH_VERSE);
  if (valcapteur < 399){

    mySVERSE.write(0);
    valcapteur = analogRead(PIN_PUSH_VERSE);

  }
}
```

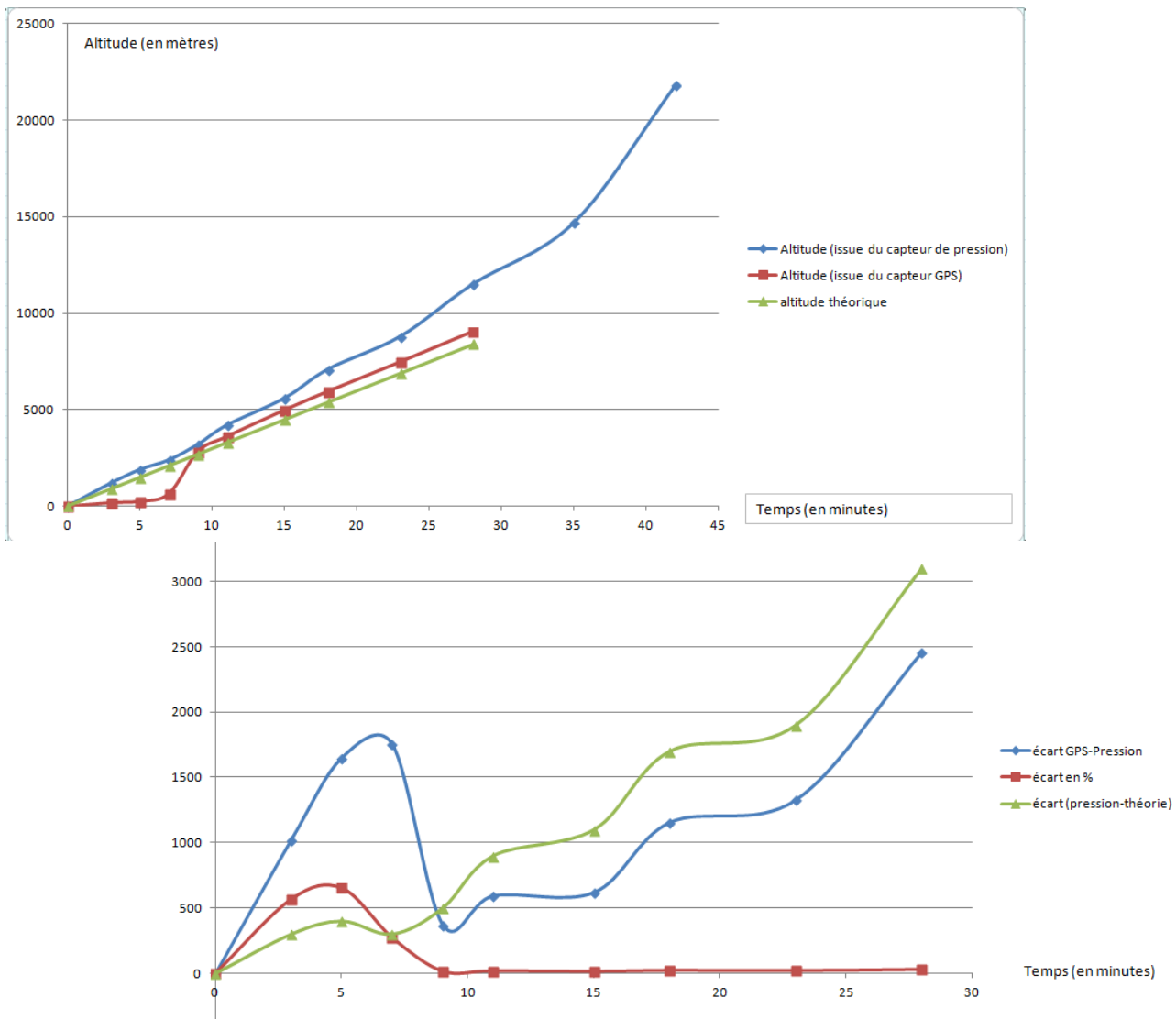
En premier lieu, j'ai défini les PIN puis j'ai demandé au servomoteur de se mettre dans la position que je voulais initiale (laissant passer l'air), c'est-à-dire 43 degrés. Ensuite quand la valeur de la variable passerait en dessous de 399, le programme piloterait le servomoteur pour qu'il pivote de 43 degrés (revenant à 0) et obstrue l'orifice.


V. Les résultats

Malgré un problème de transmission intervenu aux alentours de 20 000 m d'altitude (selon les capteurs de pression) jusqu'à l'atterrissage du ballon, j'ai pu tirer des résultats et les comparer aux résultats du GPS établi par mes camarades :

I	J	K	L	M	N
altitude théorique	altitude (m) GPS	temps (minutes)	altitude (capteur pression)	écart (Pression - GPS)	écart relatif%
0	0	0	0	0	0
900	179,5	3	1200	1020,5	568,5236769
1500	252,4	5	1900	1647,6	652,7733756
2100	647,9	7	2400	1752,1	270,4275351
2700	2828,2	9	3200	371,8	13,14617071
3300	3607,4	11	4200	592,6	16,42734379
4500	4981,6	15	5600	618,4	12,41368235
5400	5946,9	18	7100	1153,1	19,38993425
6900	7474,4	23	8800	1325,6	17,73520283
8400	9045,9	28	11500	2454,1	27,12941775

Dans ce tableau, nous pouvons observer un écart plutôt volumineux surtout au début et à la fin de la transmission. Grâce à cela, deux courbes ont pu voir le jour :





Au début du vol, soit la nacelle est montée très lentement, soit le GPS a rencontré un problème. Cependant on peut observer que la pression est légèrement plus haute que la normale.

En utilisant le GPS de mes camarades pour modèle ainsi qu'une courbe théorique, on constate que les capteurs de pression sont moins proches de la réalité que le GPS établi par Caroline et Séverine. J'ai réfléchi à de nombreux facteurs qui auraient pu causer un tel écart :

- Le jour même, la pression atmosphérique était élevée par rapport à l'habituel : en effet, malgré déjà les 200 mètres d'altitude nous avons une pression de 1020 hPa alors que normalement à 0 mètre d'altitude nous devrions avoir seulement 1013.15 hPa.
- La courbe d'étalonnage du capteur de pression absolue a été établie avec très peu de valeurs. Cette imprécision et celle des capteurs pourrait être une cause.
- La vitesse de la nacelle peut avoir faussé certains résultats si elle n'est pas montée à une vitesse constante car nous avons pour modèle la vitesse de 5 m/s.

Conclusion

Outre la déception de ne pas avoir eu les résultats jusqu'à l'altitude maximum, nous sommes satisfaits de ce projet qui nous a demandé un travail acharné. La réquisition des résultats m'a permis pour ma part de me rendre compte que les données trouvées sur internet ne sont pas toujours justes et que les capteurs n'ont pas une précision parfaite. C'est un premier projet réalisé qui nous rend de l'expérience, c'est pourquoi je remercie Planètes Sciences et les professeurs qui nous ont permis d'accomplir ce projet.

Protocole Expérimental Kylian

Objectif de la mesure : Déterminer l'altitude de la nacelle en fonction du temps

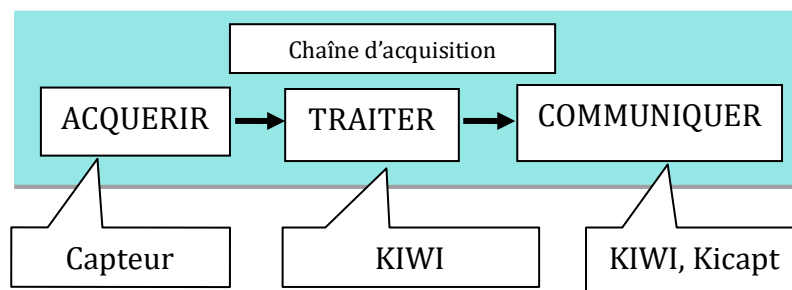
Paramètre à mesurer : La pression atmosphère

Proposition de type de mesure : Des capteurs de pression

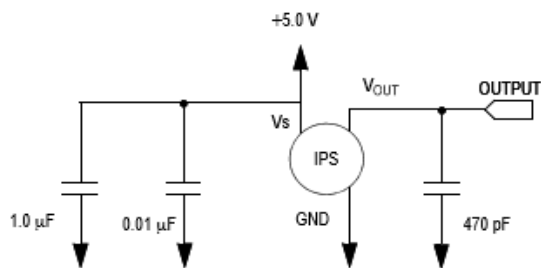
Choix des moyens)de mesure :

- Un capteur de pression absolu
- Un capteur de pression différentielle

Identification des composants de la chaine d'acquisition :



Montage de la mesure :



Pour les 2 capteurs, les montages nécessitent 3 différents condensateurs (Montage donné par les documents constructeurs)

Protocole à suivre :

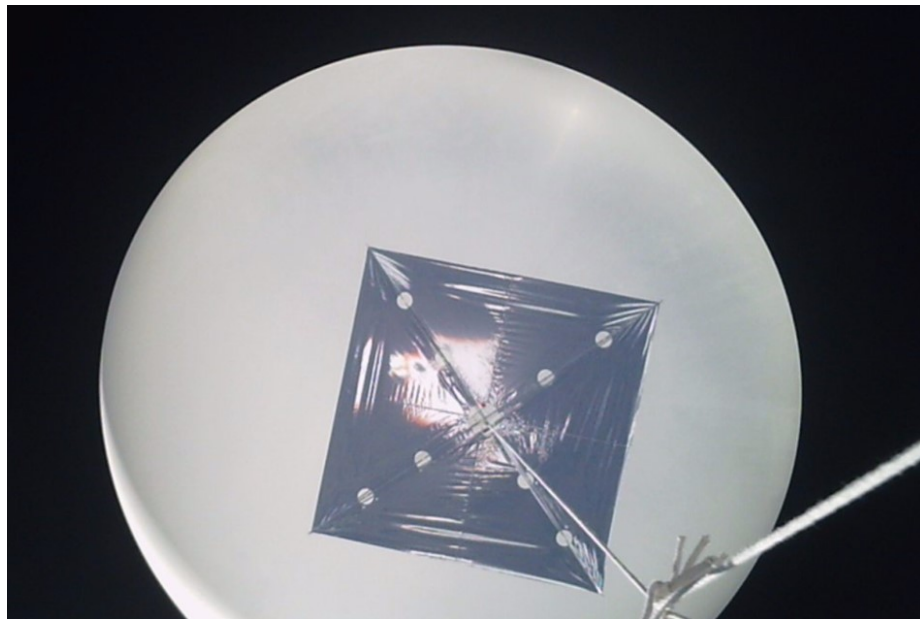
Les capteurs sont disposés comme sur les montages ci-dessus

- Le capteur de pression absolue possède deux sorties, une allant directement à l'émetteur Kiwi et l'autre allant sur la carte Arduino où est programmé le servomoteur qui fera pivoté et obstruera un des orifices du capteur de pression différentielle.
- Le capteur de pression différentielle possède une seule sortie branchée directement sur l'émetteur Kiwi.
- Les capteurs sont alimentés par le Kiwi tandis que le servomoteur est alimenté par la carte Arduino elle-même alimentée par l'émetteur. (L'émetteur Kiwi étant alimenté par quatre pile en 9 volts).

Recueil des résultats : Voir en annexe le tableau excel « Graphique écart »

Travaux réalisés par Anthony Landon

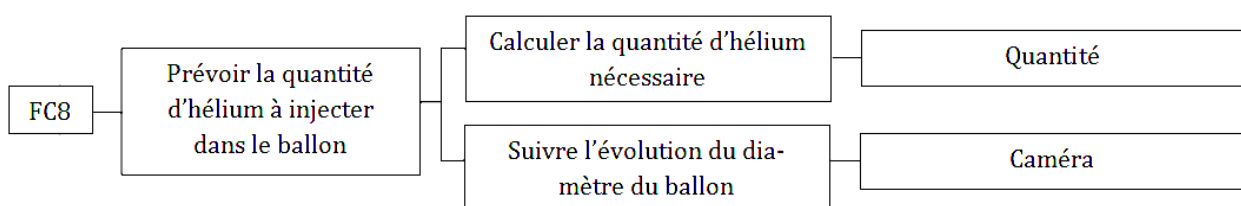
Étude de la fonction technique : « Prévoir la quantité d'hélium à injecter dans le ballon »



Mise en contexte

- Résoudre et simuler la modélisation de la quantité d'hélium nécessaire et aussi la simulation de l'évolution du diamètre.
- Puis à partir de l'expérience, vérifier si tout cela est validé.

Fonctions	Critères	Niveaux	Flexibilité	Remarques
FC8 : Prévoir la quantité d'hélium à injecter dans le ballon	Masse de l'ensemble	A définir	1	
	Vitesse ascensionnelle	5 m/s au début du vol	1	
	Prévoir l'évolution du diamètre de l'enveloppe en fonction de l'altitude	Diamètre maxi : 10 mètres environ avant éclatement	1	



Recherches personnelles

Sur internet:

Formule pour calculer le volume du ballon:

Le volume d'une sphère est égal au produit de 4/3 par π (nombre pi environ égal à 3,14) par son rayon au cube

$$\text{Volume d'une sphère} = \frac{4 \pi r^3}{3}$$

Masse volumique de l'hélium et de l'air

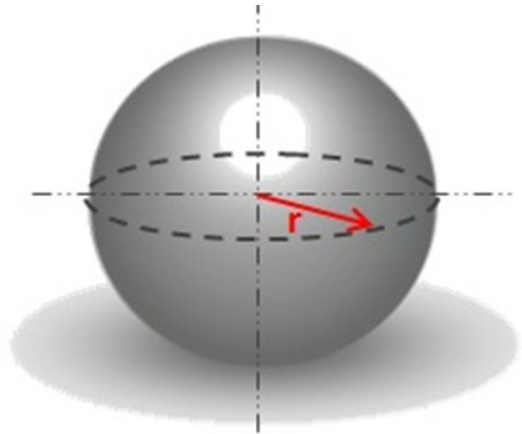
Différentes propriétés de l'hélium

Coefficient de traînée

Dans le cahier des charges:

Masse des différents composants de la chaîne de vol

Vitesse ascensionnelle du ballon

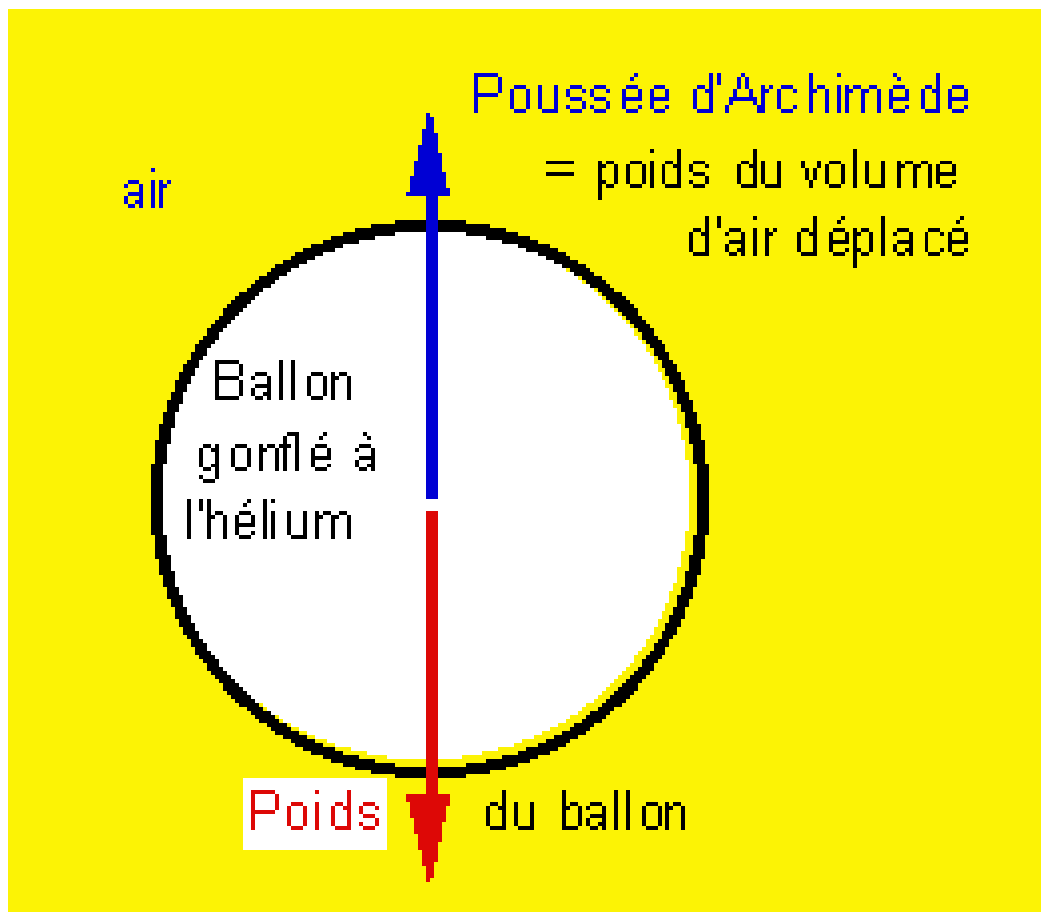


	A	B	C
1	m nacelle (kg)	1,5	
2	m chaîne de vol sans m hélium (kg)	4,27	
3	m hélium (kg)	0,748	
4	g (m/s ²)	9,81	
5	p air (kg/m ³)	1,225	
6	P hélium (kg/m ³)	0,1789	
7	C x	0,5	
8	V itesse (m/s)	5	
9	R (m)	1	
10	D (m)	2	
11	m totale	5,018	
12			

	A	B	C	D	E
1	Masse	Valeur en kg		Caractéristiques du ballon	Valeur en mètres
2	Masse hélium	0,748		Rayon du ballon	1
3	Masse nacelle	2,5		Diamètre du ballon	2
4	Masse du parachute	0,26		Aire du ballon	3,14
5	Masse du GPS de secours	0,19			
6	Masse du ballon	1,2		Volume du ballon	4,19
7	Masse du réflecteur radar	0,12			
8	Masse de la chaîne de vol sans la masse de l'hélium	4,27			
9	Masse totale	5,018			

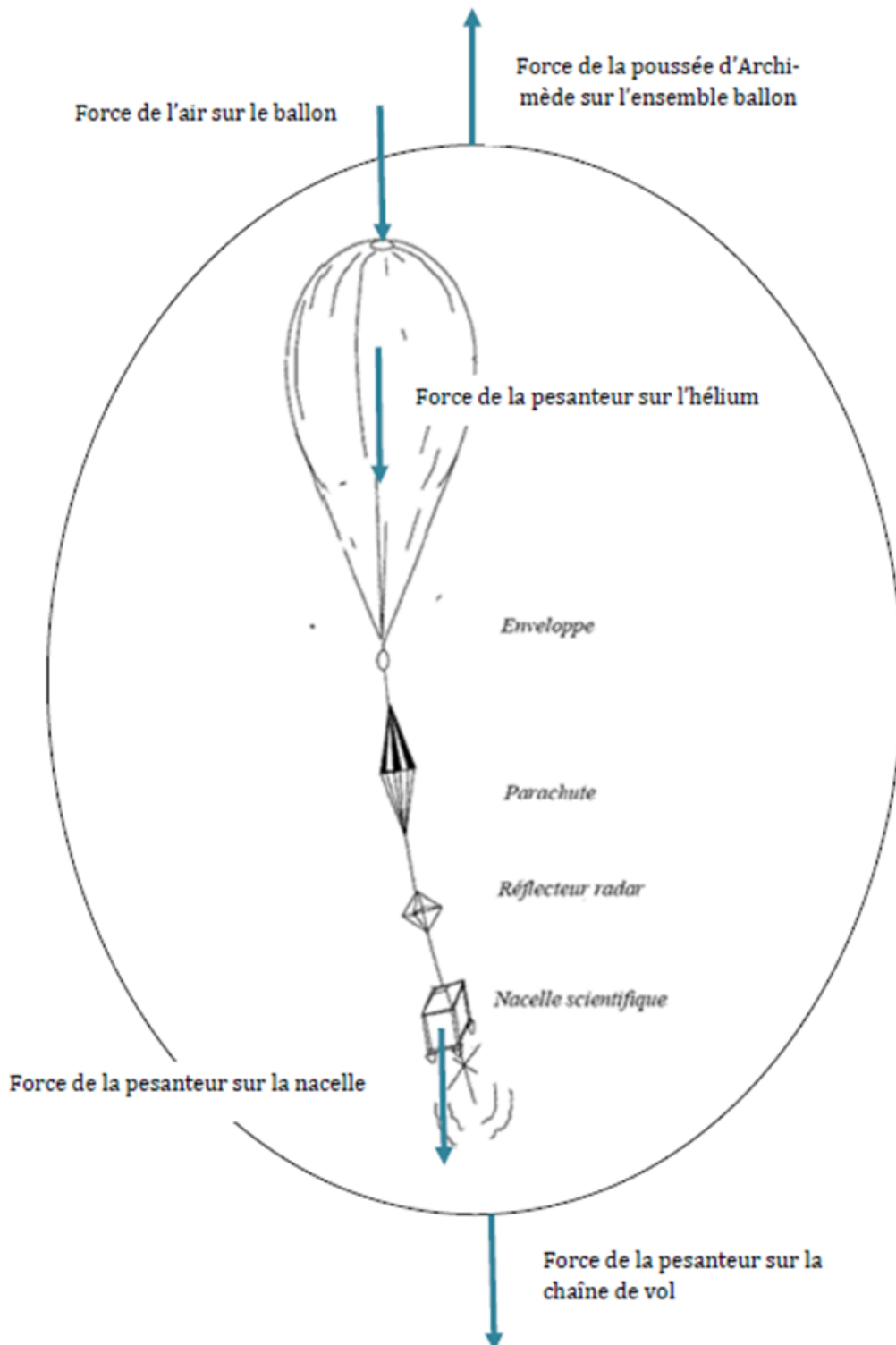
Poussée d'Archimède

La poussée d'Archimède est la force particulière que subit un corps plongé en tout ou en partie dans un fluide (liquide ou gaz) soumis à un champ de gravité. Cette force provient de l'augmentation de la pression du fluide avec la profondeur (effet de la gravité sur le fluide): la pression étant plus forte sur la partie inférieure d'un objet immergé que sur sa partie supérieure, il en résulte une poussée globalement verticale orientée vers le haut. C'est à partir de cette poussée qu'on définit la flottabilité d'un corps.



Première solution technique : Torseur Mécanique

Pour commencer j'ai dû effectuer un certain nombre de calcul permettant de connaître la quantité d'hélium à introduire dans le ballon au moment du lâcher afin qu'il n'éclate pas trop tôt et qu'il génère une poussée d'Archimède suffisante à l'ascension de l'ensemble chaîne de vol et de la nacelle. Tout en prenant en compte les différentes forces exercées sur le ballon :



Systeme Isolé : Ensemble
Ballon en phase d'ascension initiale

B A M E

$$- \{ T_{pes} \rightarrow \text{macelle} \} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -m_N \cdot g \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -2,5 \times 9,81 \\ 0 \end{Bmatrix} \\ = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -24,525 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

$$- \{ T_{pes} \rightarrow \text{helium} \} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -m_H \cdot g \\ 0 \end{Bmatrix} = \\ \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -\rho_H \times V_B \times g \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -0,1786 \times \left(\frac{4}{3} \pi \times R^3 \right) \times g \\ 0 \end{Bmatrix} \\ = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -7,333 R^3 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

$$- \{ T_{pes} \rightarrow \text{daine devol} \} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -m_{cv} \cdot g \\ 0 \end{Bmatrix} = \\ \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -9,27 \cdot g + 0,1786 \times \left(\frac{4}{3} \pi \times R^3 \right) \times g \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -41,88 + 7,333 R^3 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

$$- \{ T_{air} \rightarrow \text{ballon} \} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -\frac{1}{2} \cdot \rho_{air} \times S \times C_x \times v^2 \\ 0 \end{Bmatrix} \\ = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -\frac{1}{2} \times 1,225 \times (\pi \times R^2) \times 0,5 \times 5^2 \\ 0 \end{Bmatrix} \\ = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -2,4053 R^2 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

$$- \{ T_{Archimede} \rightarrow \text{Ensemble Ballon} \} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ +\rho_{air} \times V_B \times g \\ 0 \end{Bmatrix} \\ = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ +1,225 \times \left(\frac{4}{3} \pi \times R^3 \right) \times g \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ +50,3367 R^3 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

D'ensemble ballon = $\left\{ \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} \right\}$
car vitesse est constante

PFD = Principe Fondamental de la dynamique

$\{ T_{pes} \rightarrow \text{macelle} \} + \{ T_{pes} \rightarrow \text{d'air} \}$
 $+ \{ T_{pes} \rightarrow \text{hélium} \} + \{ T_{archimède} \rightarrow \text{Ensemble ballon} \}$
 $+ \{ T_{air} \rightarrow \text{ballon} \} = \{ 0 \}$

$$= - (24,525 + 6,788 + 7,339 R^3 + 7,339 R^3 + 50,3367 R^3) + 2,4053 R^2$$

$$= - (66,605 + 65,0147 R^3) + 2,4053 R^2 = 0$$

$$-65,0147 R^3 + 2,4053 R^2 = 66,605$$

$$R = 1,02 \text{ m}$$

PFS : Principe Fondamental de la

Statique
Poussée d'archimède + Poids + $\vec{F} = \vec{0}$

Selon l'axe \vec{z} : Poussée d'archimède - Poids - $\vec{F} = \vec{0}$

$$\rightarrow F = \text{Poussée d'archimède} - \text{Poids} = 30 \text{ Newton}$$

Deuxième solution technique: Dynamomètre

Un test pour mesurer le poids de l'ensemble ballon sera effectué grâce à l'aide d'un dynamomètre le jour du lancé.

Choix du dynamomètre: Pour calculer 30 Newton, il faut choisir un dynamomètre qui peut calculer 50 Newton au risque d'un mauvais calcul

Protocole expérimental de Anthony

Objectif(s) de la mesure : Définir la quantité d'Hélium à mettre dans le ballon.

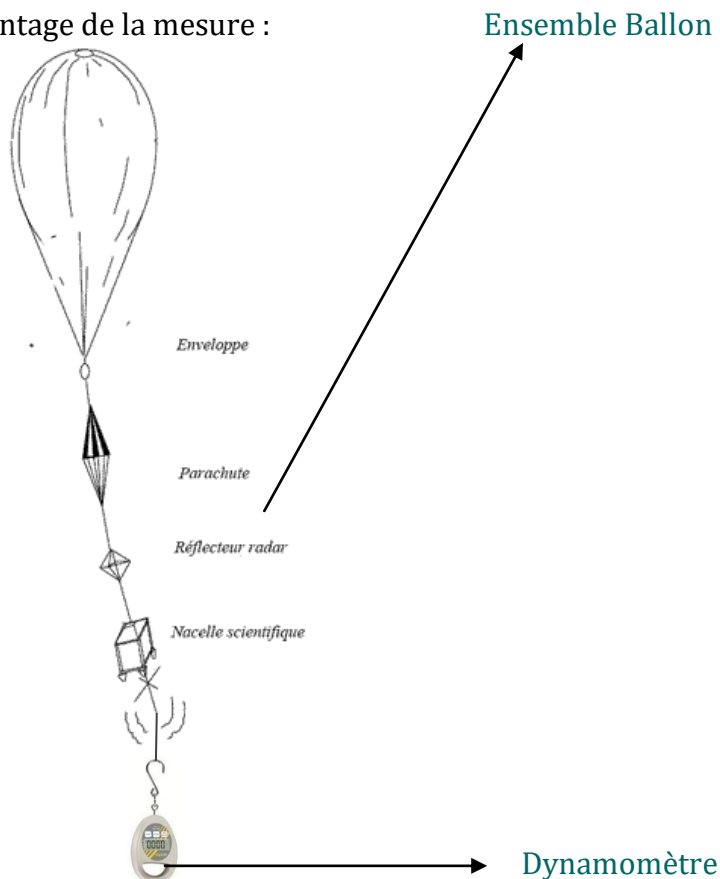
Paramètre(s) à mesurer : Mesurer le Poids P du corps de l'ensemble ballon.

Proposition de type de mesure : Mesure avec un dynamomètre.

Choix du (des) moyen(s) de mesure: Utilisation d'un dynamomètre.

Identification des composants de la chaîne d'acquisition : Nacelle Scientifique, Réflecteur Radar, Parachute, Enveloppe Ballon.

Montage de la mesure :



Troisième solution technique: Expérience témoin

Une expérience permettant de déterminer une approximation de l'évolution du diamètre du ballon a été réalisée à échelle réduite dans une machine qui permet de faire le vide. Le capteur de pression situé à l'intérieur.



Informations déduits de l'expérience :

	A	B	C	D
1	Altitude (en m)	Diamètre du ballon à échelle miniature (en m)	Diamètre du ballon à échelle réel déduits de l'expérience(en m)	Pression (en hPa)
2	200	0,1155	2	1022
3	800	0,1218	2,109090909	922
4	1700	0,1239	2,145454545	822
5	2800	0,126	2,181818182	722
6	3900	0,1323	2,290909091	622
7	5300	0,1386	2,4	522
8	6800	0,1491	2,581818182	422
9	8700	0,1617	2,8	322
10	11200	0,1764	3,054545455	222
11	14600	0,2205	3,818181818	122
12	16400	0,2415	4,181818182	100
13	17200	0,2562	4,436363636	90
14	18000	0,273	4,727272727	80
15	18700	0,2898	5,018181818	70

Dernière solution technique : Étude des vidéos de la GO pro

Une GO pro a été installée sur la nacelle en direction du ballon pour pouvoir observer puis analyser son évolution en fonction de son altitude. J'ai donc du comparer le tableau Excel regroupant les Tensions, l'Altitude et la Pression avec les vidéos de la GO pro. Cette mesure réelle sera comparée à l'expérience témoin réalisée par moi-même.

	A	B	C	D	E
1	Altitude (en m)	Diamètre du ballon déduits avec la Gopro (en m)	Pression déduits en fonction de la tension (en hPa)	Tension obtenue grâce au capteur de pression absolu (en V)	Temps (en s)
2	200	2	1022	4,0702	0
3	1200	2,29	876	3,424	3
4	1900	2,5	806	3,063	7
5	2400	2,57	755	2,834	8
6	3200	2,64	688	2,563	12
7	4200	2,66	606	2,182	14
8	5600	2,71	501	1,678	18
9	7100	2,85	406	1,2447	22
10	8800	3,14	319	0,8223	29
11	11500	3,57	213	0,3662	36
12	14700	3,71	121	0,0616	45
13	21800	3,71	49	0,0616	45

Quantité d'hélium à insérer dans le ballon

Le volume du ballon est donc égale à 4.19 mètres cubes, c'est-à-dire qu'il peut contenir 4190 litres sachant que 1 litre est égale à 1 décimètre cube. Une bouteille d'hélium possède une charge de 2.7 mètres cubes, ce qui veut dire qu'une bouteille contient 2700 litres d'hélium. Deux bouteilles d'hélium suffises facilement car deux bouteilles contiennent 5400 litres d'hélium et nous avons besoin de juste 4190 litres.



Bouteille d'hélium

Écart Absolus et Relatifs :

Écart entre les Torseurs mécaniques et le Cahier des charges : Le diamètre au point de départ à 200 mètres d'altitude. L'Ecart Absolu est égale à la valeur Théorique moins la valeur Donnée. C'est-à-dire $2.04 - 2 = 0.04$ mètre. L'Ecart Relatif est égale à la valeur Théorique moins la valeur Donnée divisé par la valeur Théorique ou la valeur Réel. C'est-à-dire $0.04/2=0.02$ ou $0.04/2.04=0.0196$

Écart entre le modèle (expérience témoin) et le réel :

	A	B	C	D
1	Altitude (en m)	Diamètre du ballon à échelle réel déduis de l'expérience(en m)	Diamètre du ballon déduis avec la Gopro (en m)	Pression (en hPa)
2	200	2	2	1022
3	1200	2,129	2,29	876
4	1900	2,15	2,5	806
5	2400	2,165	2,57	755
6	3200	2,22	2,64	688
7	4200	2,292	2,66	606
8	5600	2,404	2,71	501
9	7100	2,62	2,85	406
10	8800	2,82	3,14	319
11	11500	3,1	3,57	213
12	14700	3,84	3,71	121
13				
14		Ecart Absolu	Ecart Théorique	
15		0	1	
16		0,161	0,070305677	
17		0,35	0,14	
18		0,405	0,157587549	
19		0,42	0,159090909	
20		0,368	0,138345865	
21		0,306	0,112915129	
22		0,23	0,080701754	
23		0,32	0,101910828	
24		0,47	0,131652661	
25		0,13	0,035040431	
26				

Bilan des tâches :



- Quantité d'hélium nécessaire.
- Valeur de la poussée d'Archimède.
- Poids totale de l'ensemble ballon déduit des torseurs et obtenue grâce à un dynamomètre.
- Protocole expérimental pour mesurer le Poids de l'ensemble de la chaîne de vol à l'aide d'un dynamomètre.
- Schéma représentant toutes les forces subis par le ballon.
- Test expérimental de la montée du ballon à échelle réduite et sous vide et tableur Excel regroupant les résultats de l'expérience.

- Tableur Excel sur toutes les données permettant de réaliser le calcul pour déterminer le diamètre du ballon au cours de sa montée selon sa vitesse.

- Analyse des vidéos de la GO pro et tableur regroupant les résultats.
Le travail est donc complètement abouti.

Ressentis et remerciements :

Ce projet m'a donc permis d'en savoir plus sur l'hélium, sur les ballons sondes et il m'a permis de pouvoir comprendre le rôle des Torseurs mécaniques. J'ai pu utiliser un dynamomètre et faire un test avec une machine qui m'était inconnue (machine à faire le vide de pression).

Avec mes remerciements les plus sincère dédiés aux professeurs qui ont pu m'aider sur mon projet et à ceux qui ce sont intéressés à mon projet, qui l'on analysé dans les moindres détails.

Annexes

- Cahier des charges ballon V11
- Une vidéo réalisée par notre professeur : https://youtu.be/aJ1_AiYqpE0
- Article dans Vivre à Givors sur notre projet

- Tableur des calculs d'écarts de l'altitude
- Tableur des calculs d'écarts de la vitesse
- Tableur données GPS de la radio amateur
- Tableur données de notre GPS expérimental
- Programme du GPS expérimental
- Site internet avec la trajectoire du ballon : <http://f6bnv.free.fr/ecoles2017/givorsaragon/ballon.php>
- Site internet de prévision de la trajectoire du ballon : <http://predict.habhub.org/>

- Programme pour le servomoteur
- Écarts de pression
- Travail préliminaire
- Courbe d'étalonnage

- Informations sur l'hélium