

Weerballonnen – Deel 1

door Patrick Vanouplines

Het ontstaan van een idee

In een universiteitsbibliotheek organiseer je een nieuwjaarsentje niet tijdens de periode dat de studenten aan het blokken zijn. In de loop van januari hou je de leeszalen zo lang mogelijk open. Daardoor kunnen we voor een gezamenlijke activiteit pas een dagje sluiten in februari.

In mijn nieuwjaarsboodschap van begin 2016 maakte ik mijn collega's warm voor een laagdrempelige makerspace en ik sprak ook over weerballonnen. Dat kwam omdat onze rector het jaar daarvoor de VUB-vlag op de Mount Everest had geplant. De VUB nog hoger brengen leek onmogelijk, tenzij je een kleine vlag meestuurt met een weerballon, tot op 30 kilometer hoogte, of meer.

Toevallig verscheen er in februari 2016 in sommige kranten een bericht over vier Vlaamse volleyballers die een "bal 33 kilometer de ruimte" inschoten. Op Youtube waren een paar smaakmakende filmpjes te zien¹. Voor mij kwam de bal zo aan het rollen.

Ik bekeek het filmmateriaal meer dan een paar keer. Mijn conclusie was dat als volleybalspelers, wellicht zonder al te veel technische kennis, zo'n weerballon konden lanceren en na een tocht in de stratosfeer de restanten van de weerballon ook weer konden terugvinden, wij dat vanuit onze Universiteitsbibliotheek ook moesten kunnen.

Er zou heel wat technische kennis komen bij kijken. Waarschijnlijk kregen de volleybalspelers ook technische ondersteuning: in een van de Youtube-filmpjes zie je een vijfde persoon die best wel eens een zendamateur kan zijn.

Op basis van informatie op internet zou een Arduino of een Raspberry Pi nodig zijn. Ideaal om ook wat van te weten voor onze laagdrempelige makerspace.

Andere kennis leek ook onontbeerlijk maar als geograaf van opleiding leek me het vergaren van kennis over de atmosfeer niet direct een struikelblok. En moesten er heel technische kwesties om de hoek komen kijken, dan zouden mijn kennissen bij de kortegolfamateurs van DX-A bij Hoboken en bij de zendamateurs van LiRA bij Lier zeker willen helpen.

Begin maart 2016 gaf ik het project een GO! En ik ging aan de slag. Eerst betekende dat veel lezen en ontdekken. Het werd me duidelijk dat je niet over een nacht ijs mocht gaan. En telkens moest je leren, bouwen, testen, verbeteren, en veel oefenen.

De lancering van de weerballon zou ten vroegste in 2017 kunnen plaatsvinden. Ondertussen mik ik op medio 2018.

Basisinformatie – opbouw van een weerballon

Een weerballon wordt in Engelstalige informatiebronnen op internet vaak een High Altitude Balloon (kortweg HAB) genoemd. Onder de ballon hangen minstens een valschermscherm en een gondel met een payload; het geheel noemen we de ballontrein.

¹ De korte versie <https://www.youtube.com/watch?v=S7qZLDA9x0&feature=youtu.be> en de lange versie <https://www.youtube.com/watch?v=iSUSb-AFLaQ>

Ballons météorologiques – 1^{ère} partie

par Patrick Vanouplines – traduit par ON5WF Alain

L'émergence d'une idée

Dans une bibliothèque universitaire, on n'organise pas un souper de nouvel an pendant le blocus. Dans le courant de janvier, on maintient les salles de lecture ouvertes aussi tard que possible. Pour ces raisons, ce n'est seulement qu'en février que nous pouvons fermer un jour pour organiser une activité commune. Début 2016, dans mon allocution de nouvel an, j'ai convaincu mes collègues de l'utilité d'un makerspace (atelier de fabrication numérique NDR) aisément accessible et j'ai aussi parlé des ballons météorologiques. L'idée m'en est venue après que notre recteur eût planté, l'année précédente, le drapeau de la VUB au sommet de l'Everest. Amener la VUB encore plus haut paraissait impossible, à moins d'envoyer un petit drapeau au moyen d'un ballon météorologique, jusqu'à 30 kilomètres de hauteur ou plus.

Par hasard, en février 2016, un article paru dans certains journaux annonçait que quatre joueurs de volley-ball flamands avaient envoyé un ballon à 33 km d'altitude dans l'espace. Sur Youtube, il y avait là-dessus, quelques petits films savoureux¹. Pour moi, l'idée commençait à germer dans ma tête. J'ai regardé ces films plusieurs fois. J'en ai conclu que si des joueurs de volley-ball, peut-être sans beaucoup de connaissances techniques, étaient capables de lancer un tel ballon météorologique et d'en récupérer les restes après son voyage dans la stratosphère, alors nous, en tant que membres de notre bibliothèque universitaire, devions aussi être capables d'en faire autant.

Il y aurait pas mal de considérations techniques à prendre en compte. Ces joueurs de volley avaient probablement reçu une assistance technique : dans un des films sur Youtube, on peut voir une cinquième personne qui semblait bien être un radioamateur. Sur base d'informations glanées sur Internet, un Arduino ou un Raspberry Pi serait nécessaire. Intéressant aussi pour notre makerspace. D'autres connaissances paraissaient aussi indispensables, mais en tant que géographe de formation, l'obtention d'information sur l'atmosphère ne me semblait pas directement être une pierre d'achoppement. Et s'il y avait des questions très techniques, alors mes amis chez les amateurs d'ondes courtes du DX-A à Hoboken et chez les radioamateurs du LiRA à Lierre viendraient certainement à mon secours. Début mars 2016, je donnai le signal de départ pour ce projet et me mis au travail ! En premier lieu, cela signifiait beaucoup lire et découvrir. Il m'apparut évident qu'une nuit ne suffirait pas. Et chaque fois, il fallait lire, construire, tester, améliorer et beaucoup expérimenter. Le lancement du ballon météorologique pourrait se faire au plus tôt en 2017. En attendant, je vise mi 2018.

Information de base – structure d'un ballon météorologique

Dans les sources d'informations en anglais sur internet, un ballon météorologique est souvent désigné par « High Altitude Balloon » (HAB en abrégé). Sous le ballon sont attachés au minimum, un parachute et une nacelle avec une charge utile ; l'ensemble est appelé train du ballon.

¹ De korte versie <https://www.youtube.com/watch?v=S7qZLDA9x0&feature=youtu.be> en de lange versie <https://www.youtube.com/watch?v=iSUSb-AFLaQ>

De onbemande ballon gaat ongestuurd de hoogte in door de drijfkracht van het gas (meestal helium, soms ook waterstof); er is dus geen verwarmingselement aanwezig dat, zoals bij een heteluchtballon ervoor zorgt dat de lucht in de ballon lichter is dan de luchtlaag waarin de ballon beweegt. Een weerballon betreft een deel van de atmosfeer die de stratosfeer genoemd wordt. Op 30 kilometer hoogte zweeft de weerballon een eind boven de lijn- en vrachtvliegtuigen.

De ballon bevindt zich op zijn grootste hoogte in heel barre omstandigheden: de omgevingstemperatuur is ver beneden het vriespunt en de luchtdruk is bijna tot nul herleid. Dat laatste zorgt ervoor dat de ballon enorm in diameter toeneemt en uiteindelijk ontploft. De gondel onder de weerballon moet door de werking van een valscherp de payload ongehavend terug op het aardoppervlak brengen.

Aardse atmosfeer

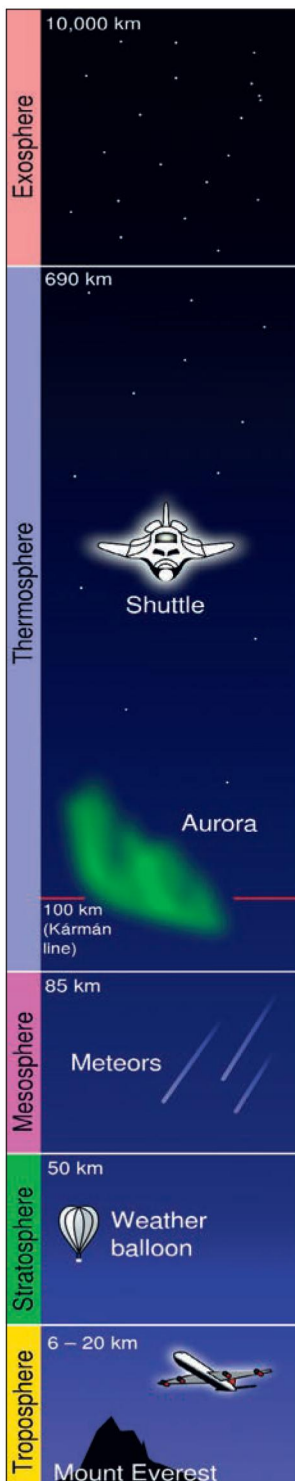
Onze aardse atmosfeer strekt zich uit van het aardoppervlak tot duizenden kilometers in de ruimte.

Le ballon non habité s'élève librement grâce à la force ascensionnelle due à la poussée de l'air (le plus souvent de l'hélium, parfois aussi de l'hydrogène); il n'y a donc pas d'élément chauffant qui, comme dans le cas d'un ballon à air chaud, a pour effet de rendre l'air dans le ballon plus léger que l'air dans lequel se trouve le ballon. Un ballon météorologique pénètre dans une partie de l'atmosphère appelée stratosphère. A 30 km d'altitude, le ballon flotte bien au dessus des avions de ligne et des avions cargo.

A son altitude maximum, le ballon se trouve dans des conditions très difficiles: température ambiante bien en dessous du point de congélation et pression atmosphérique presque nulle. Cette dernière condition a pour effet de faire augmenter énormément le volume du ballon jusqu'à ce qu'il explose. La nacelle sous le ballon météorologique doit, au moyen du parachute, ramener intacte la charge utile à terre.

L'atmosphère terrestre

Notre atmosphère s'étend depuis la surface terrestre jusqu'à des milliers de kilomètres dans l'espace.



Op basis van de eigenschappen worden namen aan verschillende atmosferelagen gegeven, waarvan de hoogte varieert naargelang het jaargetijde, terwijl er ook een dagelijkse variatie optreedt.

De namen en de hoogten van de begrenzingen van de verschillende lagen zijn als volgt:

- troposfeer - 0 tot 6/18 km,
- stratosfeer - 6/18 tot 50 km,
- mesosfeer - 50 tot 80/85 km,
- thermosfeer - 80/85 tot 640-700 km,
- exosfeer - 700-800 tot 10.000 km.

In de stratosfeer bevindt zich de ozonlaag. De ionosfeer bevindt zich in de thermosfeer en overdag ook in de mesosfeer.

In de sommige lagen neemt de temperatuur toe met de hoogte, in andere lagen neemt de temperatuur af met de hoogte. De luchtdruk neemt gestaag af met de hoogte. Hieronder is het verloop van de temperatuur en de luchtdruk weergegeven in functie van de hoogte boven het aardoppervlak.

Figuur links gebaseerd op https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Atmosphere_layers.svg&lang=nl

Sur base de leurs propriétés, on a donné des noms aux différentes couches de l'atmosphère; les hauteurs de ces couches varient suivant les saisons, mais une variation journalière est aussi observée.

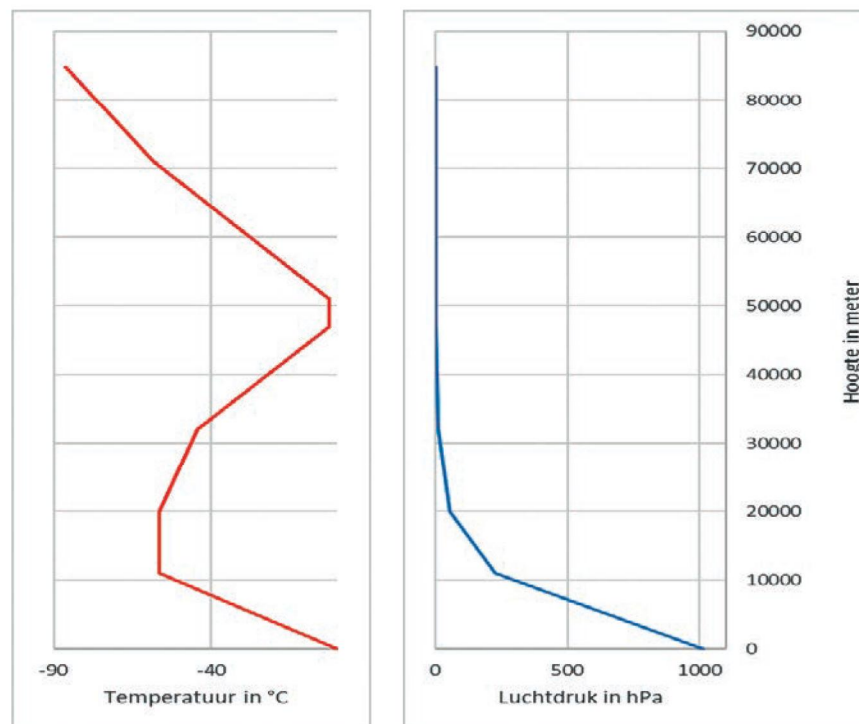
Les noms et les hauteurs de ces différentes couches sont les suivants:

- troposphère - 0 à 6/18 km,
- stratosphère - 6/18 à 50 km,
- mésosphère - 50 à 80/85 km,
- thermosphère - 80/85 à 640-700 km,
- exosphère - 700-800 à 10.000 km.

C'est dans la stratosphère que se trouve la couche d'ozone. L'ionosphère se trouve dans la thermosphère et pendant la journée, aussi dans la mésosphère.

Dans certaines couches, la température augmente avec l'altitude, dans d'autres, elle diminue avec l'altitude. La pression atmosphérique diminue régulièrement avec l'altitude. Le graphique ci-dessous donne la variation de la température et de la pression atmosphérique en fonction de l'altitude.

La figure de gauche est basée sur https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Atmosphere_layers.svg&lang=nl



De grens met de ruimte (eigenlijk de grens tussen lucht- en ruimtevaart) wordt aangegeven door de Karmanlijn, op 100 kilometer hoogte boven het aardoppervlak. Boven 100 km ondervinden de vleugels van een vliegtuig geen stuwende kracht meer van de lucht; een ruimtetuig heeft dus een opwaartse kracht nodig om de hoogte te bewaren. Nochtans zijn er geen satellieten die net boven de 100 km hoogte blijven om de aarde cirke-len: een satelliet zou toch nog te veel wrijving van de zeer ijle atmosfeer ondervinden om zich voorwaarts voort te bewegen. Het ISS, dat in feite vrij laag de aarde omcirkelt beweegt zich op iets meer dan 300 km boven het aardoppervlak.

Maar ook op 30 km hoogte ziet de lucht er vanuit de weerballon zwart uit en sterren worden zichtbaar, ook als er 30 km lager een staalblauwe hemel is. Er is op 30 km hoogte te weinig lucht aanwezig om geluid voort te planten: er heerst op die hoogte een bijna absolute stilte.

Zelfs op 10 km hoogte, waarop commerciële vliegtuigen reizen, is de hoeveelheid kosmische straling al sterk toegenomen. Op drie keer die hoogte is er uiteraard nog meer kosmische straling. Die straling is potentieel gevaarlijk omdat de kosmische deeltjes op celkernen en het DNA inbeuken, waardoor er sneller fouten aangebracht worden, wat een verhoogde kans op kanker geeft, bij mens en dier moesten die lang op deze hoogte verblijven. Juist deze omgeving is interessant voor allerlei metingen en experimenten. Noteer dat het verboden is om gewervelde dieren mee te sturen aan boord van een weerballon.

Een standaard weerballon heeft bij de lancering een diameter van 1,8 meter. Bij het stijgen doorheen de steeds ijelere atmosfeer neemt de diameter toe omdat de lucht minder druk uitoefent op de inhoud van de ballon. Boven de 30 km hoogte is de diameter al toegenomen tot bijna 10 meter. De ballon stijgt nog verder om uiteindelijk te ontploffen.

Naast het type "weerballonnen" zijn er ook de "zero pressure" ballonnen. Daarmee wordt op een zekere hoogte een evenwicht bereikt: de ballon stijgt of daalt niet verder, en springt ook niet stuk. De ballon kan zo dagen- en wekenlang blijven zweven op grote hoogte.

Dat opent andere perspectieven, maar ook uitdagingen waar we in deze eerste stap niet aan toe zijn.

Budget / betaalbaarheid

Vooraleer ik echt aan de slag ging, probeerde ik de kostprijs van dit project in te schatten. Op internet is de nodige informatie te vinden. Een berekening, zoals te vinden via het forum van de Global Space Balloon Challenge², gaf de doorslag. Als dit project minder dan duizend euro zou kosten, gespreid over minstens een jaar tijd (inclusief tijd en kosten voor mislukkingen), dan was het financieel haalbaar voor mij.

Nu moest onderzocht worden:

- welke elementen nodig zijn,
- welke leveranciers er in België bruikbaar zijn,
- hoe alles geïntegreerd moest worden.

Tabel: Schatting van de kostprijs voor de materialen voor een lancering van een weerballon.

Balloon and Payload Train				
Item	Distributor	Cost per Unit	Quantity	Total Cost
600 gram Latex Balloon	Scientific Sales	\$58.00	1	\$58.00
6 ft. Diameter Parachute	The Rocketman	\$50.00	1	\$50.00
Radar Reflector	Davis Instruments	\$29.99	1	\$29.99
SPOT Gen3 Tracker	REI	\$150.00	1	\$150.00
PowerShot A2600	Canon	\$129.99	1	\$129.99
Styrofoam Cooler	Ace Hardware	\$6.50	1	\$6.50
1/8 in. x 48 ft. Nylon Cord	Home Depot	\$3.92	1	\$3.92
1-1/2 in. Key Ring	Home Depot	\$0.97	10	\$9.70
3/4 in. x 12 ft. Velcro Roll	Home Depot	\$9.27	1	\$9.27
			Total:	\$447.37
Launch Materials				
Item	Distributor	Cost per Unit	Quantity	Total Cost
Type-K Helium Bottle	Praxair	\$100.00	1	\$100.00
580 CGA Tank Valve	Grainger	\$29.60	1	\$29.60
5/8 in. x 20 ft. Vinyl Tubing	Home Depot	\$3.83	1	\$3.83
1-3/4 in. Hose Clamp	Home Depot	\$0.98	2	\$1.96
Disposable Latex Gloves	Home Depot	\$5.97	1	\$5.97
12 in. Crescent Wrench	Home Depot	\$19.97	1	\$19.97
3.75 in. Scissors	Home Depot	\$6.97	1	\$6.97
50 ct. 7 in. Cable Ties	Home Depot	\$4.99	1	\$4.99
			Total:	\$173.29
			Grand Total:	\$620.66

Het uitzoeken van de reglementen omtrent het lanceren van een weerballon was ook een belangrijk aspect. Dat komt in een volgende paragraaf

² <http://community.balloonchallenge.org/t/hab-cost-breakdown/674>

La frontière avec l'espace (en fait, la frontière entre l'atmosphère et l'espace) est déterminée par la ligne de Karman à 100 km d'altitude. Au-dessus de 100 km d'altitude, la portance devient insuffisante pour les avions ; un véhicule spatial a donc besoin d'une force ascendante pour maintenir son altitude. Cependant, il n'y a pas de satellite en orbite juste au-dessus de 100 km d'altitude ; malgré la densité extrêmement faible de l'atmosphère, un satellite y subirait des frottements trop importants pour se déplacer sur son orbite. La station spatiale ISS, dont l'orbite est en fait relativement basse, se trouve en orbite à un peu plus de 300 km d'altitude.

A 30 km d'altitude, le ciel vu du ballon météorologique apparaît noir et les étoiles deviennent visibles, même si 30 km plus bas, on peut voir un ciel bleu acier. A 30 km d'altitude, la densité de l'air est trop faible pour que le son puisse se propager : il règne à cette altitude un silence quasi absolu. Même à 10 km d'altitude, où les avions civils volent, la quantité de radiations cosmiques est déjà très élevée. A trois fois cette altitude, le rayonnement cosmique est évidemment encore plus important. Ce rayonnement est potentiellement dangereux car les particules cosmiques brisent les noyaux des cellules et l'ADN. Une longue exposition aux rayonnements à cette altitude augmente le risque d'avoir un cancer chez l'homme et les animaux. Cet environnement est seulement intéressant pour des mesures et des expérimentations. A noter qu'il est interdit d'emporter des animaux vertébrés à bord d'un ballon météorologique.

Un ballon météorologique standard a au lancer, un diamètre de 1,8 mètre. Lors de la montée dans une atmosphère de plus en plus raréfiée, le diamètre augmente à cause de la diminution de la pression de l'air extérieur sur le l'enveloppe du ballon. Au-dessus de 30 km d'altitude, le ballon a déjà acquis un diamètre de presque 10 mètres. Le ballon continue à monter jusqu'à ce qu'il explose.

A côté du ballon de type « ballon météorologique », il y a aussi les ballons de type « zero pressure ». Ce type de ballon atteint un équilibre à une certaine altitude : il conserve alors cette altitude et n'explose pas. Le ballon peut alors flotter pendant des semaines à une altitude élevée. Cela ouvre d'autres perspectives, mais aussi d'autres défis pour lesquels nous ne sommes pas encore prêts à ce stade.

Budget / faisabilité

Avant d'aller plus avant dans ce projet, j'ai essayé d'en évaluer le coût. Sur Internet, on peut trouver les informations nécessaires. Un calcul comme on peut en trouver sur le site Global Space Balloon Challenge² donna l'information décisive. Si le coût du projet restait inférieur à mille euros, répartis sur au minimum un an, (temps et coûts des échecs inclus), alors c'était financièrement réalisable pour moi.

Maintenant, il s'agissait de voir :

- quels sont les éléments nécessaires,
- quels sont les fournisseurs auxquels on peut faire appel en Belgique,
- comment il fallait intégrer tout cela.

Table : Evaluation du coût des matériaux pour le lancement d'un ballon météorologique.

L'étude du règlement concernant le lancement d'un ballon météorologique était aussi un aspect important du projet. Cela sera présenté dans

² <http://community.balloonchallenge.org/t/hab-cost-breakdown/674>

aan bod. Ondertussen werd er ook contact opgenomen met het KMI. Daar bleek Dr. Roeland Van Malderen een heel enthousiaste medewerker te zijn die heel vlot informatie geeft.

un prochain paragraphe. Entretemps, contact fut pris avec l'IRM. Le Dr. Roeland Van Malderen se montra d'emblée enthousiaste pour le projet et nous fournit sans problème les informations désirées.

De ballontrein

Hiernaast is de ballontrein afgebeeld met de onderdelen die de reis naar de atmosfeer gaan maken, van boven naar onder:

- ballon,
 - knipmechanisme,
 - parachute,
 - radarreflector,
 - gondel met payload,
- allemaal verbonden met een stevig stuk touw.

Daaronder de onderdelen die dienen om de ballon te laten vliegen:

- gasfles met helium (of waterstof)
- verbindingsstuk (om het gas van de fles naar de ballon te brengen).

Bron figuur / Source de la figure : <https://www.balloonchallenge.org/tutorials>

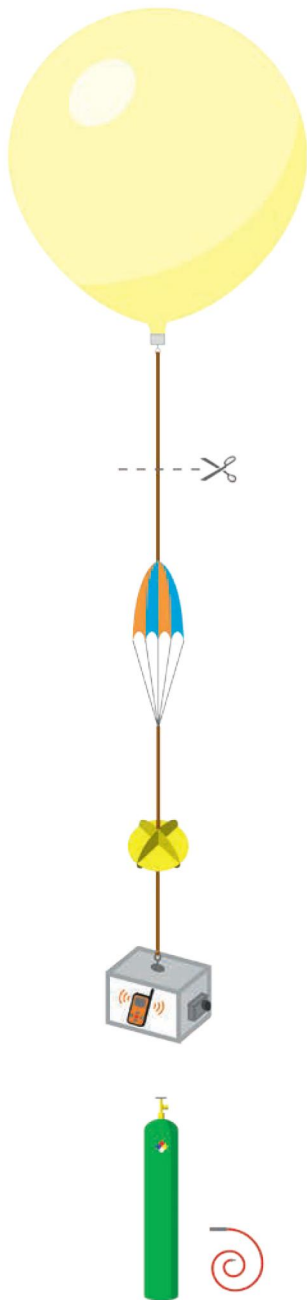
Le train du ballon

La figure ci-jointe représente le train du ballon avec les différentes parties qui vont faire le voyage à travers l'atmosphère. De haut en bas :

- le ballon,
 - le mécanisme de sectionnement,
 - le parachute,
 - le réflecteur radar,
 - la nacelle avec la charge utile,
- tous attachés à un solide morceau de corde.

Ci-dessous, les pièces qui permettent l'envol du ballon :

- la bonbonne d'hélium (ou d'hydrogène)
- le raccord (pour amener le gaz au ballon).



De ballon

De ballon bestaat uit stevig, maar rekbaar rubber. Er zijn verschillende modellen verkrijgbaar. Heel bepalend is de diameter. Die diameter vergroot tijdens de reis van het aardoppervlak naar de bijna-ruimte. Hoe groter de diameter hoe groter het netto gewicht van de ballon is (maar hoe meer gas er in kan, zodat met grotere ballonnen grotere hoogten kunnen bereikt worden). Dr. Van Malderen verwees naar Flow-Tronic in Welkenraedt (<http://www.flow-tronic.com/en>) voor de aanschaf van de ballon. Flow-Tronic kan volgende ballonnen leveren:

Type	Prijs
350 gram	€ 52,61
1000 gram	€ 132,39
1500 gram	€ 180,48

Le ballon

Le ballon est constitué de caoutchouc solide mais extensible. Différents modèles sont disponibles. Le diamètre est très important. Le diamètre augmente lors de la montée à travers l'atmosphère. Plus le diamètre est grand et plus le poids net du ballon est élevé, (mais plus on peut y mettre de gaz, de sorte qu'avec de plus grands ballons, on peut atteindre de plus grandes altitudes). Le Dr. Van Malderen nous proposa d'acheter le ballon chez Flow-Tronic à Welkenraedt (<http://www.flow-tronic.com/en>). Flow-Tronic peut livrer les ballons énumérés dans le tableau ci-dessus :

Bron foto / source photo : <https://www.highaltitude-science.com/collections/near-space-balloons/products/weather-balloon-1500-g>



Opgelet: de ballon ontploft!

Het is belangrijk te beseffen dat op grote hoogte boven het aardoppervlak, onder de barre omstandigheden met een temperatuur van -60°C , of minder, en een minimale luchtdruk, het ontploffen iets is dat werkelijk "schokkend" is. De diameter van de ballon is toegenomen van geen twee tot bijna tien meter. Het rubberen omhulsel is nu zo danig uitgerekt dat de ballon het begeeft en explodeert. Die explosie hoor je niet wegens de te geringe luchtdruk. Maar aan het verbindingstouw wordt nu een krachtige snok gegeven.

Attention : le ballon explose !

Il est important de réaliser qu'à une grande altitude, dans des conditions très sévères avec une température de -60°C ou moins, et une pression atmosphérique très faible, l'explosion du ballon produit un choc vraiment terrible. Le diamètre du ballon est passé d'à peine 2 mètres à presque 10 mètres. L'enveloppe de caoutchouc est tellement tendue que le ballon finit par exploser. La trop faible pression atmosphérique rend cette explosion inaudible. Mais la corde de liaison subit alors une très grande secousse.

Bron figuur ontploffende weerballon / Source de la figure montrant l'explosion d'un ballon météorologique : <https://www.balloonchallenge.org/gallery>



Verbindingsdraad

Na het vullen van de ballon is het uiteraard belangrijk dat de ballon goed wordt afgesloten en degelijk wordt vastgemaakt aan het touw dat de ballon verbindt met de rest van de ballontrein. De verbindingsdraad die alle onderdelen van de golfrein met mekaar verbindt moet stevig zijn, maar ook niet te zwaar.

Zie de tutorial "Cord and Connectors" via <https://balloonchallenge.org/tutorials>.

Bron foto / Source photo : <http://community.balloonchallenge.org/t/hab-supplies-list/677>

Câble de liaison

Après le remplissage du ballon, il est évidemment important que l'orifice de ce ballon soit bien fermé et que le ballon soit solidement attaché à la corde qui le relie au reste du train. La corde qui relie entre eux les différents éléments du train doit être solide, mais aussi pas trop lourde.

Voir le tutoriel « Cord and Connectors » via <https://balloonchallenge.org/tutorials>.

Knipmechanisme

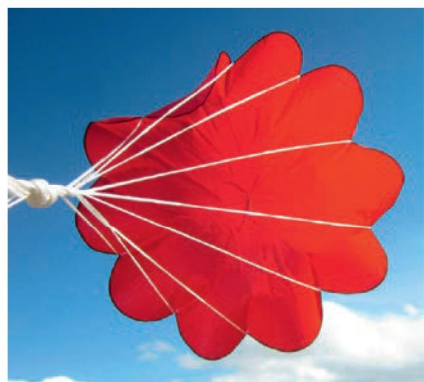
Een knipmechanisme snijdt de verbindingsdraad door tussen de ballon en de parachute eens een voldoende hoogte bereikt is. Dit voorkomt dat flarden van de ontplofende rubberballon het ontplooiën van de parachute belemmeren.

Er zijn geen kant en klare knipmechanismen te koop, maar een tutorial is te vinden via: <https://community.balloonchallenge.org/t/flight-termination-unit/654>.

Mécanisme de sectionnement

Un mécanisme de sectionnement coupe la corde de liaison entre le ballon et le parachute, au moment où une hauteur suffisante a été atteinte. Cela empêche des fragments de l'enveloppe du ballon, en cas d'explosion de celui-ci, d'entraver le déploiement du parachute.

Il n'y a pas de mécanisme de sectionnement prêt à l'emploi en vente dans le commerce, mais on trouvera un tutoriel sur le site : <https://community.balloonchallenge.org/t/flight-termination-unit/654>.



Bron bovenste foto / Source de la photo en haut : <http://www.flow-tronic.com/en/products/aerologie/parachutes>. Bron onderste foto / Source de la photo en dessous : <https://community.balloonchallenge.org/t/parachute-overview/659>

Parachute

Dat de parachute van groot belang is, hoeft hier niet meer onderstreept te worden. Het gaat niet om een opgevouwen, laat staan verpakt model. Het stuk verbindingsdraad tussen de ballon en de parachute kan best lang genoeg zijn, zodat er minder kans is dat flarden van de ontplofende ballon de draden verstrikken. Op basis van de ervaring bij het KMI lijkt het standaardmodel dat door Flow-Tronic verkocht wordt voldoende te zijn: Totex Type n° 190 (€ 163,35).

Een ervaren vossenjager vertelde me dat de verbindingsdraad die het KMI gebruikt nogal kort is. Die draad kan best wat langer zijn (en vergroot het gewicht onder de ballon toch nog niet veel). Die langere draad zal er niet alleen voor zorgen dat flarden van de ontplofte ballon het openen van de parachute kunnen belemmeren, de gondeldoos zal ook gemakkelijker bereikbaar zijn, wanneer de parachute in een boom landt. De lengte van dit stuk verbindingsdraad is daarom best meer dan twee meter.

Het is opvallend dat na de ontploffing van de ballon de parachute niet meteen voor een belangrijke vermindering van de daalsnelheid van de gondeldoos zorgt. Besef dat de atmosfeer op meer dan 30 km hoogte zo ijl is dat de parachute pas lager, bij meer luchtdruk, het geheel begint af te remmen.

Parachute

Inutile de souligner ici que le parachute est très important. Il ne s'agit pas d'un modèle plié, encore moins emballé. Le morceau de corde de liaison entre le ballon et le parachute doit être suffisamment long, de façon à éviter, en cas d'explosion du ballon, que des fragments d'enveloppe emmêlent les fils. Sur base de l'expérience de l'IRM, le modèle standard vendu par Flow-Tronic semble être suffisant : Totex Type n° 190 (163,35 €).

Un chasseur de renard expérimenté m'a dit que le câble de liaison utilisé par l'IRM est assez court. Il est préférable que ce câble soit un peu plus long (ce qui n'augmente pas encore beaucoup le poids sous le ballon). Ce câble plus long facilitera aussi la récupération de la nacelle dans le cas où le parachute resterait accroché dans un arbre. Par conséquent, il est préférable que ce morceau de câble ait une longueur supérieure à deux mètres.

Après l'explosion du ballon, le parachute ne réduit pas de manière importante la vitesse de descente de la nacelle, et ce, à cause de la très faible densité de l'air à 30 km d'altitude. C'est seulement à des altitudes plus faibles, lorsque la densité de l'air est devenue plus importante, que le parachute commence à freiner la descente de manière efficace.

Radarreflector

Een radarreflector is in België (noch in de UK) verplicht. In de USA is het gebruik van een radarreflector wel verplicht. Wie toch een radarreflector wil toevoegen aan de ballontrein kan overwegen om deze zelf te bouwen, met karton en aluminiumfolie. Kant-en-klare radarreflectoren zijn te verkrijgen bij Flow-Tronic.

Réflecteur radar

En Belgique (et en UK), un réflecteur radar n'est pas obligatoire. Aux USA par contre, il l'est. Si l'on veut quand même ajouter un réflecteur radar au train du ballon, il est possible d'en construire un avec du carton et des feuilles d'aluminium. Des réflecteurs radar prêts à l'emploi sont disponibles chez Flow-Tronic.

Bron foto / Source photo : <http://www.flow-tronic.com/en/products/aerologie/radar-reflectors>

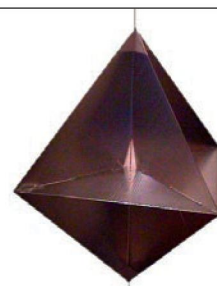




Foto hierboven: de gondel van de zelf "buitgemaakte" KMI-sonde (ozonsensor werd teruggegeven aan het KMI).

La photo ci-dessus montre la nacelle de la sonde fabriquée par l'IRM (le capteur d'ozone a été redonné à l'IRM).

Payload (in gondel)

Een track-en-tracesysteem moet absoluut mee in de gondel. Dat is enerzijds een GPS-ontvanger en anderzijds een zendertje dat de GPS-coördinaten doorstuurt naar een ontvanger op het aardoppervlak.

Ook allerlei experimenten kunnen mee de bijna-ruimte in:

- sensoren voor het meten van luchtdruk, temperatuur en luchtvochtigheid,
- fototoestellen en camera's,
- een geigerteller voor het meting van de kosmische straling,
- items (gadgets) die na een geslaagde ballontocht kunnen verkocht worden (als financiering voor een volgende vlucht),
- nog meer gevorderde technische en biologische experimenten (maar de regel is dat er geen gewervelde dieren mee mogen).

OPGELET: hoe meer apparatuur mee aan boord gaat hoe zwaarder de payload wordt. De ballon gaat trager stijgen of zelfs de gewenste hoogte niet bereiken. Wegen en afwegen zijn dus de boodschap.

Charge utile (dans la nacelle)

Un système track-and-trace doit absolument être installé dans la nacelle. Il s'agit d'une part d'un récepteur GPS, et d'autre part d'un petit émetteur qui envoie les coordonnées GPS à un récepteur à terre.

Toutes sortes d'appareils peuvent être emportés dans la nacelle :

- des capteurs pour la mesure de la pression atmosphérique, de la température et de l'humidité de l'air,
- des appareils photo et des caméras,
- un compteur Geiger pour la mesure du rayonnement cosmique,
- divers gadgets qui pourront être vendus après une expérience réussie (pour le financement d'un prochain vol),
- du matériel technique et biologique encore plus avancé (mais la règle est que les animaux vertébrés ne sont pas autorisés).

ATTENTION : plus on emporte d'appareils et plus la charge utile devient lourde. Le ballon va monter plus lentement ou bien il n'atteindra même pas l'altitude souhaitée. Il faut donc bien peser le pour et le contre.

Gasfles met helium (of waterstof) en verbinding gasfles - ballon

Vele jaren lang werd helium gebruikt als drijfgas voor weerballonnen. Helium begint echter schaars te worden. Spijtig, want helium is een heel veilig gas. Het KMI stapte over op waterstof. Dat is makkelijk ontvlambaar en voorzichtigheid is geboden!

Het voordeel van waterstofgas is dat de ballon voor een zelfde volume aan gas een iets grotere stijgkracht heeft. De voorraden zijn op aarde onuitputtelijk.

Via de website <http://habhub.org/calc/> kan je zelf berekenen dat voor een totale payload van 1,5 kilogram, een ballon van het type "Kaymont 1500" met gebruik van waterstof een kilometer hoger zal ontploffen (34628 m, na 115 minuten) dan wanneer helium gebruikt wordt (op 33893 m, na 113 minuten). Voor waterstof is net geen 4 m³ gas nodig, voor helium is er net iets meer dan 4 m³ gas nodig.

De verbinding die tijdens het vullen van de ballon gebruikt is belangrijk. Ook de techniek van het vullen van de ballon, het afsluiten en het verbinden met de rest van de ballontrein is goed beschreven in de tutorial:

https://ukhas.org.uk/guides:sealing_the_balloon

Bombonne d'hélium (ou d'hydrogène) et raccordement de la bombonne au ballon

L'hélium a été utilisé pendant longtemps comme gaz de remplissage du ballon. L'hélium est un gaz très sûr, mais commence cependant à devenir rare. L'IRM est passé à l'hydrogène. La prudence est de mise avec ce gaz qui est facilement inflammable ! L'avantage de l'hydrogène est que pour un même volume de gaz, la force ascensionnelle est plus grande. Les réserves d'hydrogène sur la terre sont inépuisables.

Sur le site <http://habhub.org/calc/> on peut calculer que pour une charge utile totale de 1,5 kilogramme, un ballon du type « Kaymont 1500 » gonflé à l'hydrogène, explosera un km plus haut (à 34628 m, après 115 minutes) que s'il était gonflé avec de l'hélium (à 33893 m, après 113 minutes). Un peu moins de 4 m³ d'hydrogène sont nécessaires, contre un peu plus de 4 m³ pour l'hélium.

Le raccordement utilisé pour le remplissage du ballon est important. Cela, ainsi que la technique de remplissage, la fermeture et la liaison est bien décrit dans le tutoriel :

https://ukhas.org.uk/guides:sealing_the_balloon



Bron foto heliumfles / Source de la photo de la bonbonne d'hélium:

<http://www.instructables.com/id/My-Space-Balloon-Project-Stratohab-Success-High/>

Bron foto verbindingstuk / Source de la photo de la pièce de raccordement:

<https://www.hightitudescience.com/collections/near-space-balloons/products/3-cm-max-safe-inflator>

Toelating van FOD Mobiliteit en Vervoer

Wie een weerballon wil oplaten moet een toelating vragen bij de bevoegde dienst, het directoraat-generaal Luchtvaart (onderdeel van de Federale Overheidsdienst Mobiliteit) door de instructies te volgen, zoals beschreven in de rondzendbrief die te vinden is op <http://www.mobilit.belgium.be/nl/luchtvaart/circulaires/gdf/> (het betreft het document GDF-12, Activiteiten: loslaten van ballonnen, afschieten van vuurwerk en projecteren van

Autorisation du SPF Mobilité et Transport

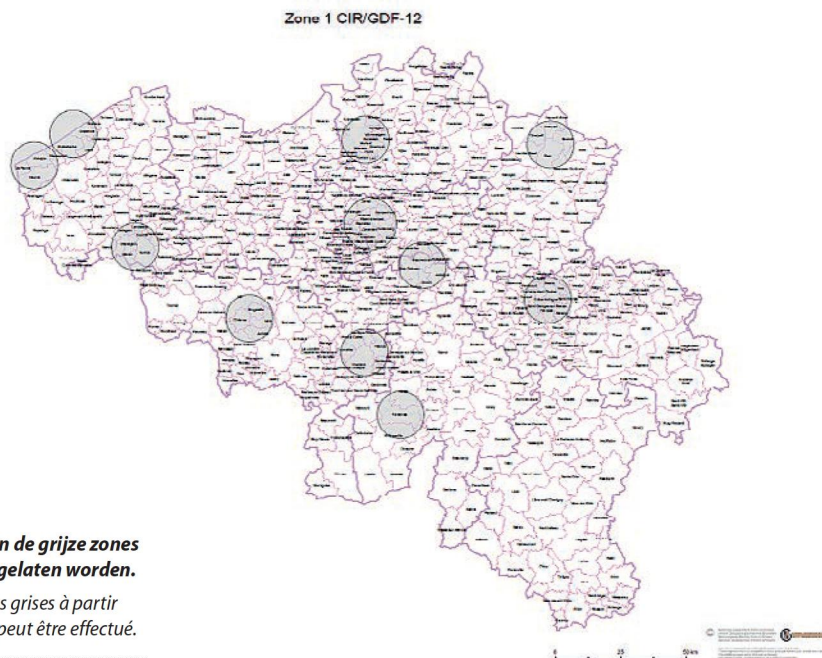
Pour procéder au lancer d'un ballon météorologique, il faut en demander l'autorisation au service compétent, à savoir la Direction Générale Transport Aérien (département du SPF Mobilité) en suivant les instructions données dans la lettre circulaire que l'on peut télécharger sur le site : <http://www.mobilit.belgium.be/nl/luchtvaart/circulaires/gdf/> (il s'agit du document GDF-12, Activités : lancer de ballons, tir de feux d'artifice et projection de

laserstralen en zoeklichten (skytracers)). De voorschriften voor weerballonnen staan in deze omzendbrief in hoofdstuk 3.3. Stratosfeerballonnen. De toelating wordt niet altijd even vlot gegeven.

Er zijn plaatsen, vooral in de buurt van luchthavens, waar je geen weerballon mag oplaten. In het document GDF-12 staat een kaart, die we hieronder weergeven (het is de zone 1 die de beperkingen weergeeft voor weerballonnen).

rayons laser et projecteurs (skytracers)). Le règlement pour les ballons météorologiques se trouve au chapitre 3.3 de cette lettre circulaire (ballons stratosphériques). L'autorisation n'est pas toujours donnée facilement.

Il y a des endroits, principalement dans le voisinage des aéroports, où l'on ne peut pas procéder au lancer d'un ballon. Dans le document GDF-12 se trouve une carte représentée ci-dessous (c'est la zone 1 qui donne les limitations pour les ballons météorologiques).



Figuur. Kaartje met aanduiding van de grijze zones vanwaar geen weerballon mag opgelaten worden.

Figure. Carte avec indication des zones grises à partir desquelles aucun lancer de ballon ne peut être effectué.

Er moet een standaardformulier ingevuld en ondertekend worden, zie via https://mobilit.belgium.be/nl/Recources/formulieren/luchtvaart/form_luchtruim_activ_stratosfeerballon?language=nl het formulier 'Oplaten stratosfeerballon'. Bij dat formulier moet een technische beschrijving toegevoegd worden. Formulier en bijlage moeten opgestuurd worden naar de dienst Luchthavens van het Directoraat-generaal Luchtvaart.

Melding aan Belgocontrol

Aan Belgocontrol moeten de karakteristieken van de weerballon meegegeeld worden. Een beschrijving vind je via https://www.belgocontrol.be/html/belgocontrol_static/eaip/eAIP_Main/html/eAIP/EB-ENR-1.1-en-GB.html (zie 1.5.9 Unmanned Free Balloons).

Verzekering

Een weerballon is vanaf de lancering een stuurloos object. Het wordt meegevoerd door de wind waarvan de richting en de kracht heel verschillend kunnen zijn naargelang de hoogte. Als alles goed gaat dan opent na de explosie van de ballon op grote hoogte de parachute zodat de val afgeremd wordt.

Vaak is het zo dat de stijgsnelheid en de daalsnelheid vergelijkbaar zijn. Maar als de parachute niet opent dan wordt de gondel met de payload een gevaarlijk projectiel dat schade kan aanrichten aan serres, koepels, daken, enzovoort. Het aangaan van een verzekering is absoluut noodzakelijk.

Binnen de Vrije Universiteit Brussel kan ik als medewerker aansluiten bij de verzekering die de universiteit al heeft. Ik moet nog wel een bijkomende melding en betaling doen. De verzekeringsmaatschappij waarmee mijn universiteit werkt, had blijkbaar al eerder dergelijk risico verzekerd: bij mijn verkennende aanvraag werden mij doelgerichte vragen gesteld. De offerte was meteen heel duidelijk: de waarborg wordt verleend tot 1.250.000,00 euro per schadegeval alle schade vermengd. Bij een eenmalige lancering hoort een eenmalige meerpremie van 175,00 euro, te verhogen met 9,25 % taks. Met andere woorden: voor nog geen 200 euro kan ik met een gerust gemoed lanceren.

(wordt vervolgd)

Un formulaire standard doit être rempli et signé, voir sur https://mobilit.belgium.be/nl/Recources/formulieren/luchtvaart/form_luchtruim_activ_stratosfeerballon?language=nl le formulaire 'Lancer de ballons stratosphériques'. Ce formulaire doit être accompagné d'une description technique. Formulaire et annexe(s) doivent être envoyés au service Aéroports de la Direction Générale Transport Aérien.

Communication à Belgocontrol

Les caractéristiques du ballon météorologique doivent être communiquées à Belgocontrol. On en trouvera une description ici : https://www.belgocontrol.be/html/belgocontrol_static/eaip/eAIP_Main/html/eAIP/EB-ENR-1.1-en-GB.html (voir 1.5.9 Unmanned Free Balloons).

Assurance

Une fois lancé, un ballon météorologique est un objet non contrôlé. Il est emporté par le vent dont la direction et la force peuvent varier fortement avec l'altitude. Lorsque tout va bien, après l'explosion du ballon à une altitude élevée, le parachute s'ouvre pour freiner la chute.

Souvent, la vitesse de montée et la vitesse de descente sont comparables. Mais si le parachute ne s'ouvre pas, la nacelle avec la charge utile devient alors un projectile dangereux qui peut provoquer des dégâts à des serres, des coupoles, des toits, etc. Il est absolument nécessaire de contracter une assurance.

En tant que collaborateur à la VUB, je peux profiter de l'assurance déjà contractée par l'université. Je dois bien sûr communiquer l'expérience à l'assurance et effectuer un paiement. La société d'assurance de mon université avait vraisemblablement déjà assuré un tel risque auparavant : lors de ma déclaration concernant l'expérience, des questions bien précises m'ont été posées. L'offre était tout de suite très précise : la garantie couvrait jusqu'à 1.250.000,00 euros par accident, tous dommages confondus. Pour un lancement unique, une surprime unique de 175,00 euro (à majorer de 9,25 % de taxe) doit être payée. En d'autres mots : pour moins de 200 euros, je peux effectuer le lancement en toute tranquillité.

(à suivre)