

LES BALLONS AU CNES

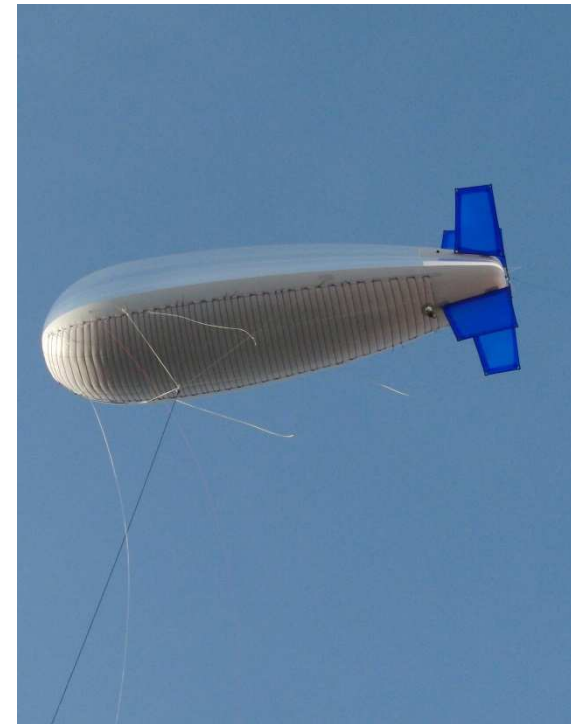
Ph. Raizonville
CNES/DPI/LI



BSO



BPS



AéroClipper

SOMMAIRE

- GÉNÉRALITÉS (HISTORIQUE AU CNES, ORGANISATION...)
- UTILISATION DES BALLONS
- TECHNOLOGIES DES BALLONS
- OPERATIONS DES BALLONS
- PERSPECTIVES

DÉMARRAGE DES ACTIVITÉS BALLONS STRATOSPHERIQUES AU CNES

1958 : démarrage des activités (J. Blamont, Service d'Aéronomie)

Juillet 1961 : moyens de fabrication en place

13/10/1961 : 1^o lâcher de ballon 3000 m³ (tétraédrique) à Trappes (78)

1962 : - campagne aux Kerguelen
- installation d'une base de lancements à Aire sur l'Adour (40)
- premiers vols à Kiruna (Suède)

12/09/1964 : inauguration du site d'Aire sur l'Adour

1965 : transfert de la responsabilité du SA vers le CNES

1968 : ballon de 100 000 m³

1982 : lâcher d'un ballon de 1 000 000 m³ depuis Aire ; altitude atteinte de 47 km



ORGANISATION/ACTEURS EN FRANCE

Actuellement environ 150 personnes sur les aspects techniques en France, y compris CNES (60 personnes), 20 M€ de budget global

CNES :

Développe et opère la filière française de ballons stratosphériques et de ballons troposphériques courte et longue durée

INDUSTRIELS français :

AIRSTAR Aerospace (enveloppes ballons)

ELTA (servitudes ballons)

Thalès (projet Stratobus)

INSU/IN2P3/CNRS :

Développent les instruments scientifiques et analysent les données recueillies

Laboratoires universitaires impliqués :

LPC2E, LMD, LATMOS, LERMA, GSMA, LAM, APC, LA, IRAP, DT INSU



ORGANISATION/ACTEURS À L'ÉTRANGER

SSC (Swedish Space Corporation) : Compagnie privée, opère notamment des ballons depuis Kiruna

Autres organismes et laboratoires européens : ASI, INAPS (Italie), SNSB (Suède), DLR, KIT, Universités de Heidelberg, Frankfort (Allemagne), Cambridge (GB).....

Aux USA : Forte activité ballons notamment pour l'astronomie : NASA, laboratoires universitaires, RAVEN (enveloppes ballons)
Programmes LDB et ULDB/SPS (pressurisés lourdes charges 1 mois et 3 mois)

Au Canada : Réalisation de charges utiles scientifiques, coopération avec le CNES pour les vols

En Asie : Japon (Taiki Aerospace Research Field de la JAXA), Inde (NBF, Hyderabad), Chine

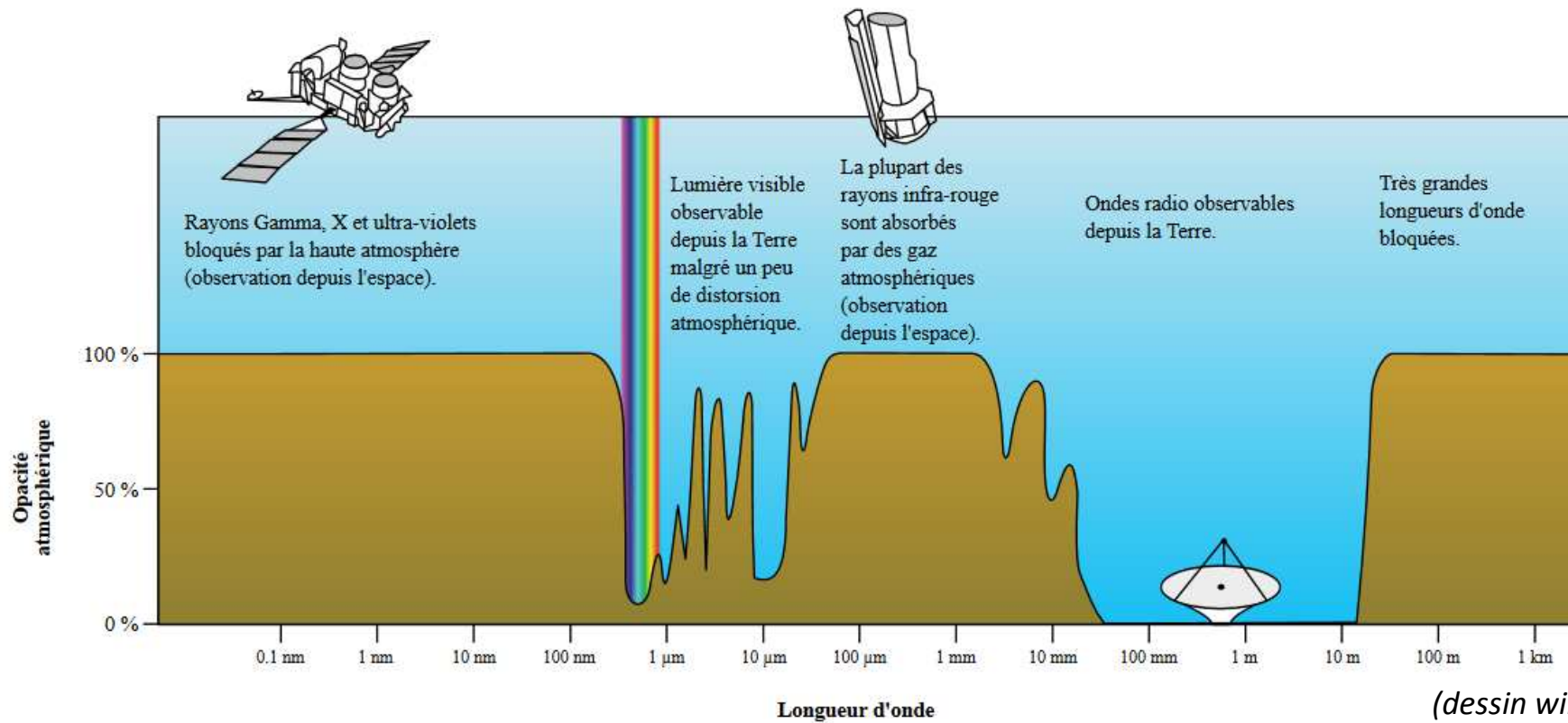


LES BALLONS DU CNES

	BSO (Ballon Stratosphérique Ouvert)	BPS (Ballon Pressurisé Stratosphérique)	BLD (Ballon Léger Dilatable)	BPCL (Ballon Pressurisé Couche Limite) et Nanos	AEC (AéroClipper)
Utilisation scientifique des ballons					
Les différentes disciplines scientifiques	Physique et dynamique et chimie de la stratosphère, astronomie	Chimie et dynamique de l'atmosphère	Validation d'instruments, (Accompagnement BPCL par exemple) et profils verticaux	Exploration des phénomènes météorologiques au sein de la couche limite atmosphérique	Etude simultanée de la surface marine et des basses couches de l'atmosphère. Etude in situ des cyclones
Caractéristiques BALLONS					
Type ballon	Ouvert, non pressurisé	Ballon pressurisé	Ballon dilatable	Ballon pressurisé	Ballon profilé, fermé + guiderope fixé à la NSO instrumentale
Enveloppe	Polyéthylène de 15 à 25 microns	Multicouches polyester / polyamide	Latex / chloroprène	Multicouches polyester / polyamide	Tissu SN503 et triplex Polyester/Polyamide/ Polyester
Gaz	He	He	He	He	He
Diamètre	max : 148 m	3 types : 8,5, 10 et 12 m	Sol : 2m Culmination : 10m	2,5 m / 2,6 m (BPCL)	6 à 7 mètres d'arête 10 m de longueur
Volume	de 3000 à 1 200 000 m ³	300-900 m ³	8 m ³ max	8 m ³ max	40 m ³
Caractéristiques VOL					
Durée de vol	De quelques heures à plusieurs jours	mois	2 à 3 h	semaines	semaines
Masse sous ballon	de 50 à 1750 kg (*)	50 kg	< 3 kg	3 kg	Quelques kg
Altitude	de 15 à 40 km	20 km	Jusqu' à 40 km	Entre 500 et 3000 m	Enveloppe stabilisée à 60 m d'altitude
Historique					
Début des activités	1962	1970	1962	1973	2000

**LES UTILISATIONS DES BALLONS :
SCIENCES ET APPLICATIONS TECHNIQUES**

ASTROPHYSIQUE : IMPORTANCE DE LA TRANSPARENCE ATMOSPHÉRIQUE



MISSIONS BALLONS EN ASTROPHYSIQUE

Les ballons servent à acquérir des données scientifiques et préparer des missions satellite.

Exemples de missions :

Gamma : PoGOLite (Suède) mesure la polarisation des rayons gamma mous vers 25 keV - 80 keV, attendus d'une grande variété de sources incluant des pulsars en rotation des trous noirs, des étoiles à neutrons et des galaxies actives.

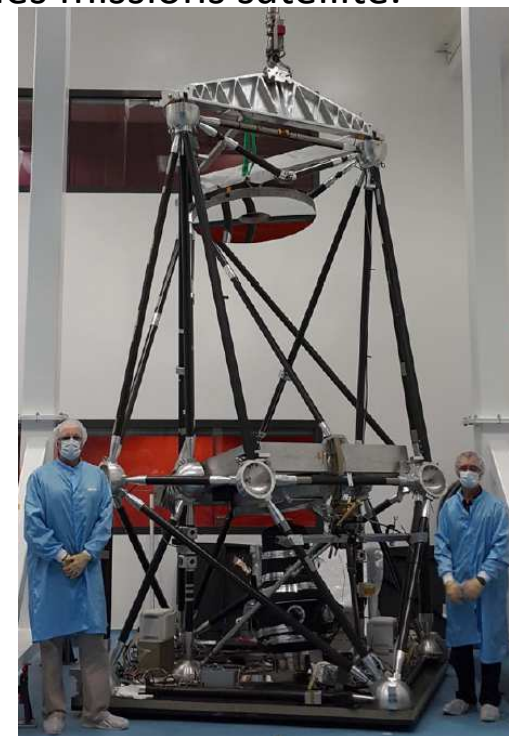
UV : FIREBALL (LAM/CNES) : étude du milieu intergalactique vers – 6 Md années ; spectro-imagerie des émissions autour de 200 nm
Pointage 3 axes à qq arcs seconde

EUSO : détection de rayons cosmiques haute énergie par le rayonnement UV induit lors des collisions dans l'atmosphère.

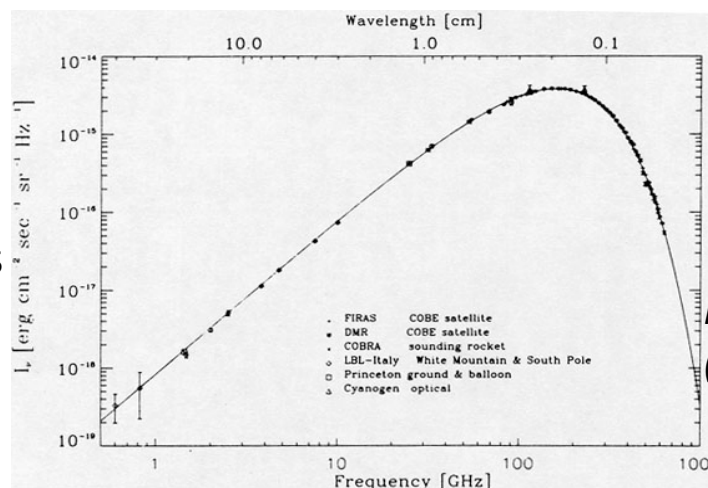
FIR - Millimétrique et submillimétrique :

Pronaos, Archeops, précurseurs des satellites Herschel et Planck; formation des étoiles, naissance et évolution des galaxies ; fond diffus cosmologique et polarisation des émissions (poussières galactiques...)

Vols PILOT 2015, 2017...



Fireball



*Rayonnement 3K
(Image Caltech)*

CHIMIE ET DYNAMIQUE DE L'ATMOSPHERE (TROPO/STRATO)

Les ballons permettent d'avoir accès in situ aux caractéristiques physique et chimiques de l'atmosphère (troposphère et stratosphère).

Mesures de température, pression, vitesse de vent...

Mesures d'aérosols

Mesures de CO₂, CH₄, H₂O, NO_x, molécules plus complexes....

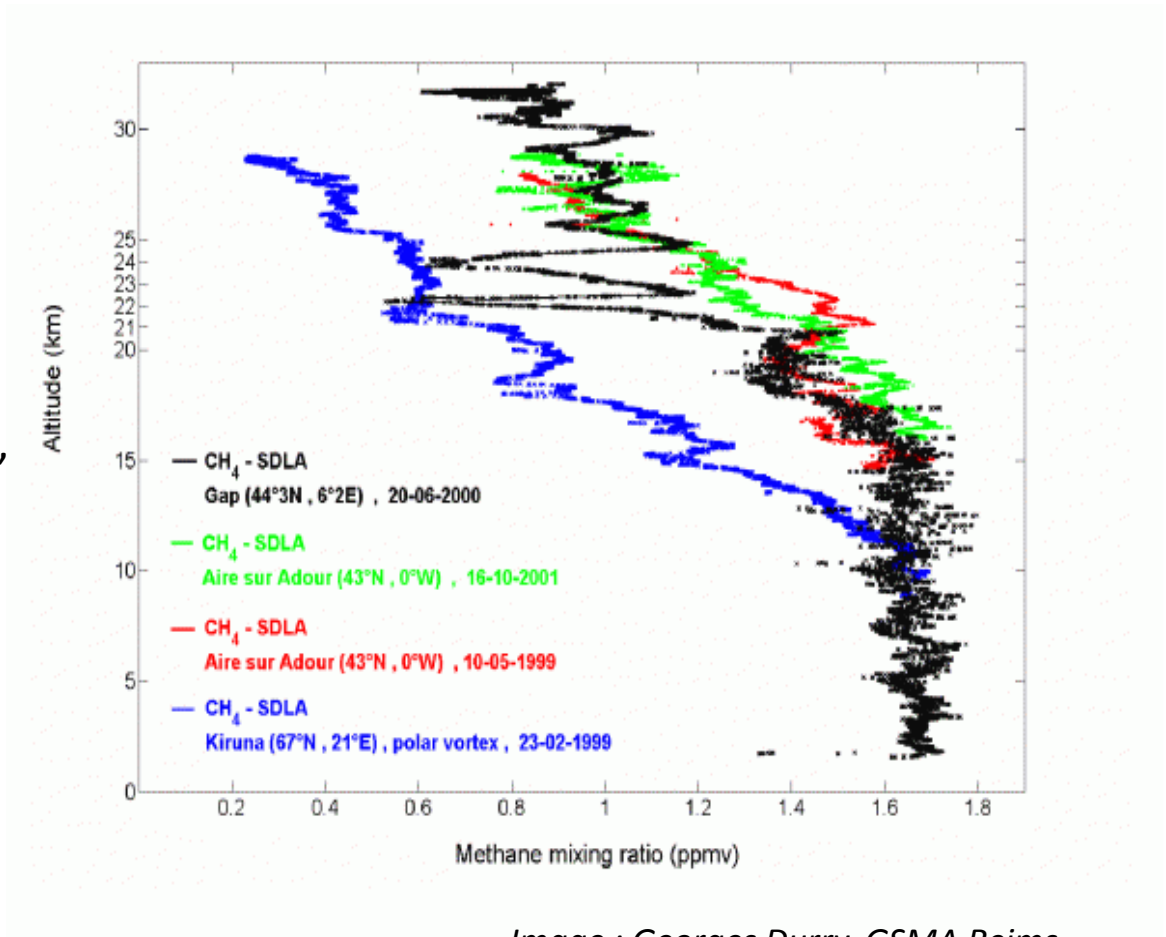


Image : Georges Durry, GSMA Reims

CALIBRATION/VALIDATION DES SATELLITES D'OBSERVATION EN ORBITE

Objectif :

Contribuer à la calibration/validation des données des satellites en orbite par des données acquises in situ par des ballons

Exemples :

Envisat (ESA) : satellite d'observation de la Terre ; vols ballons effectués notamment en 2004/2005

IASI (Eumetsat) : instrument de sondage de température atmosphérique sur les satellites météorologiques polaires ; vols ballons effectués en 2010

ADM AEOLUS (ESA) : à l'étude pour l'hiver 2018/2019 dans le cadre du projet CNES Stratéole 2

VALIDATION EN VOL DE NOUVELLES TECHNOLOGIES

Exemples :

Cellules solaires (CASOLBA)

Détecteurs pour de futurs instruments (Compton...)

Grue aérostatique (lâcher d'objets)

TÉLÉCOMMUNICATIONS ET OBSERVATION :

Projet Loon (Google) : constellation de ballons stratosphériques de longue durée (quelques mois).

Vers 20 km d'altitude, capacité de montée descente (par chargement en air) pour utiliser les différentes orientations du vent et diriger le vol.

Application en télécommunications (accès Internet)

Stratobus (Thalès Alenia Space): projet de ballon stratosphérique stationnaire pour les télécommunications et l'observation.

Le CNES contribue à ces projets en expertise sur certaines technologies et sur les opérations.



DEMONSTRATEUR STRATOBUS (THALES)

Projet de dirigeable stratosphérique autonome soutenu par le CGI/PIA pour la mise au point des technologies clés pour une durée de 24 mois.

Ce travail se conclura par la réalisation d'un démonstrateur en 2018, avec un premier vol de qualification et de certification en 2020.

Les contrats entre Thales Alenia Space et les partenaires français du programme et Bpifrance ont été signés.

CNIM (Construction Navale Industrielle de la Méditerranée) réalisera la structure équipée, l'anneau et la nacelle, Solutions F la propulsion électrique, Airstar Aerospace l'enveloppe équipée et Tronico-Alcen le conditionnement de l'énergie à bord.

Aux partenaires français se joignent Cmr-Prototec (Norvège) pour le stockage de l'énergie à bord et MMIST (Canada) pour le parachute de sauvegarde.

Thales Alenia Space a en charge le système, l'avionique, les générateurs solaires et la certification de l'aéronef.



STRATOBUS (THALES): QUELQUES CHIFFRES

Vol autonome géostationnaire à 20 km d'altitude

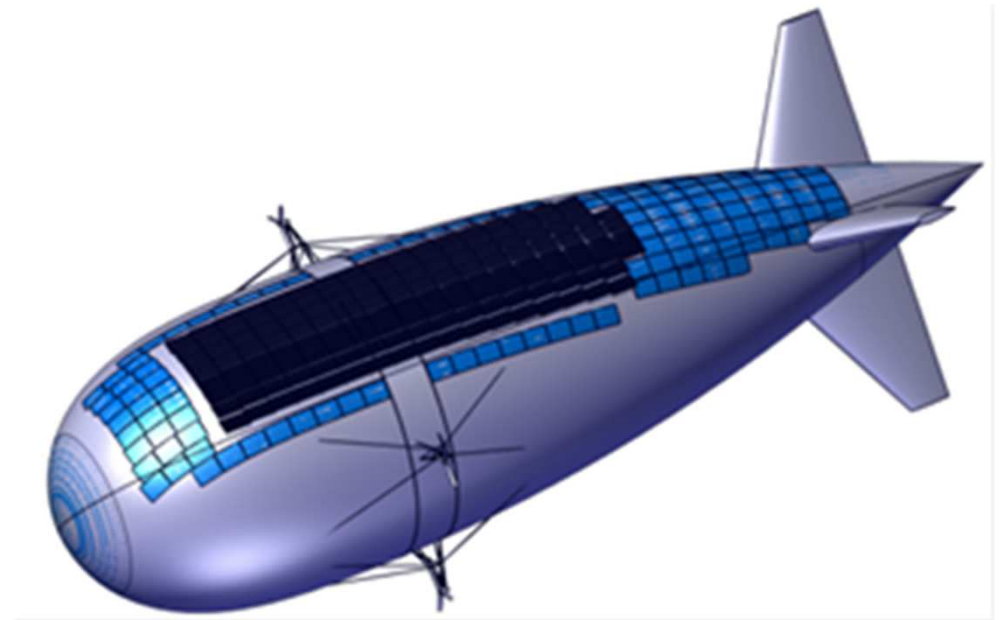
Reste à poste 1 an

Dirigeable de 100m de long et
de plus de 30m de diamètre
à propulsion électrique

Plus de 1000m² de cellules solaires

Somme des masses solides proche de 5 T

Quelques centaines de kg de charge utile (relais télécom, observations, science...)



LES TECHNOLOGIES DES BALLONS

CARACTÉRISTIQUES DE L'ATMOSPHÈRE

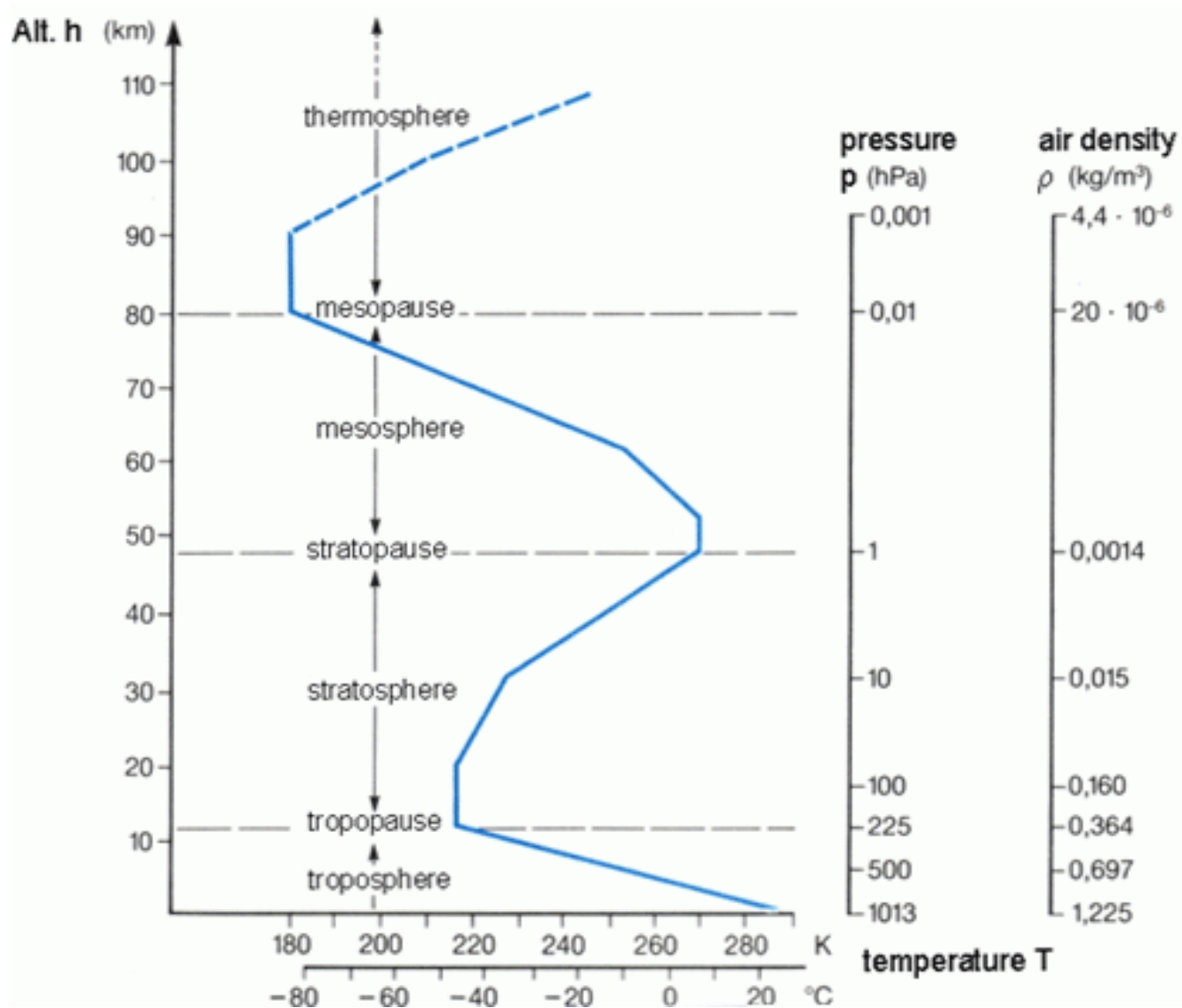


Image : atmosphere.mpg.de

BALLONS PRESSURISÉS/NON PRESSURISÉS

BSO : Ballon stratosphérique ouvert à la base ; au plafond, le gaz porteur en excès sort de l'enveloppe afin d'éviter la surpression (et l'éclatement).

La pression à la sortie de la manche d'évacuation égale la pression atmosphérique.

Pression différentielle au point supérieur du ballon positive très faible.

Ballon très fin, masse embarquée importante, durée de vol relativement faible.

Importance des aspects thermiques : jour/nuit, effets radiatifs visible (direct et albédo) et Infrarouge (montant et descendant) : gestion du lest, excursions d'altitude jour/nuit.

BPS, BPCL, BLD, Aéroclipper : Ballons fermés pressurisés (15 hPa maxi) ; vols à densité d'air constante ; longue durée ; épaisseur ballon plus importante ; masse CU plus faible

Niveau de vol (équilibre) :

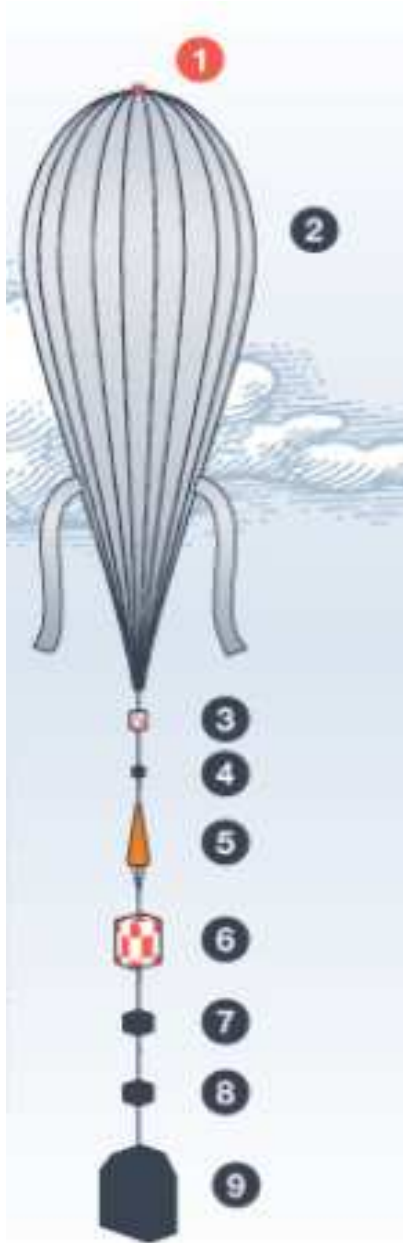
$$M_{\text{ballon}} + M_{\text{Hélium}} + \text{Masse totale au crochet} = V_{\text{ballon}} \cdot \rho_{\text{air}}$$

Exemple PILOT (kg) : NCU 1100 , servitudes 600 y compris lest, ballon complet 1150, hélium 460

$$1100 + 600 + 1150 + 460 = 3310 = 800000 \text{ m}^3 * 0,00417 \text{ kg/m}^3 \text{ à } 39,5 \text{ km}$$

LA CHAÎNE DE VOL D'UN BSO :

Hauteur
environ
300 m
pour un
ballon de
800 000 m³
(diamètre
120m)



1: clapet utilisé pour le contrôle d'altitude

2: enveloppe ballon avec panneau de déchirure (pour amorcer la redescente) et manches de dégazage

3: nacelle enveloppe contient un transpondeur ainsi qu'un récepteur GPS et un feu à éclat

4: séparateur, commandé par un contrôleur au sol permet de faire la séparation entre le ballon et la chaîne de vol

5: parachute, diamètre 27 m permettant un atterrissage vers 5m/s pour une 1,1 tonne de nacelle CU

6: nacelle de servitude, comprend les composantes avioniques de vol : ordinateurs de bord, transpondeur TM/TC (bande S direct et satellite Iridium) et bac à lest (300 kg maxi de petites billes d'acier)

7: antenne TM/TC

8: feu à éclats

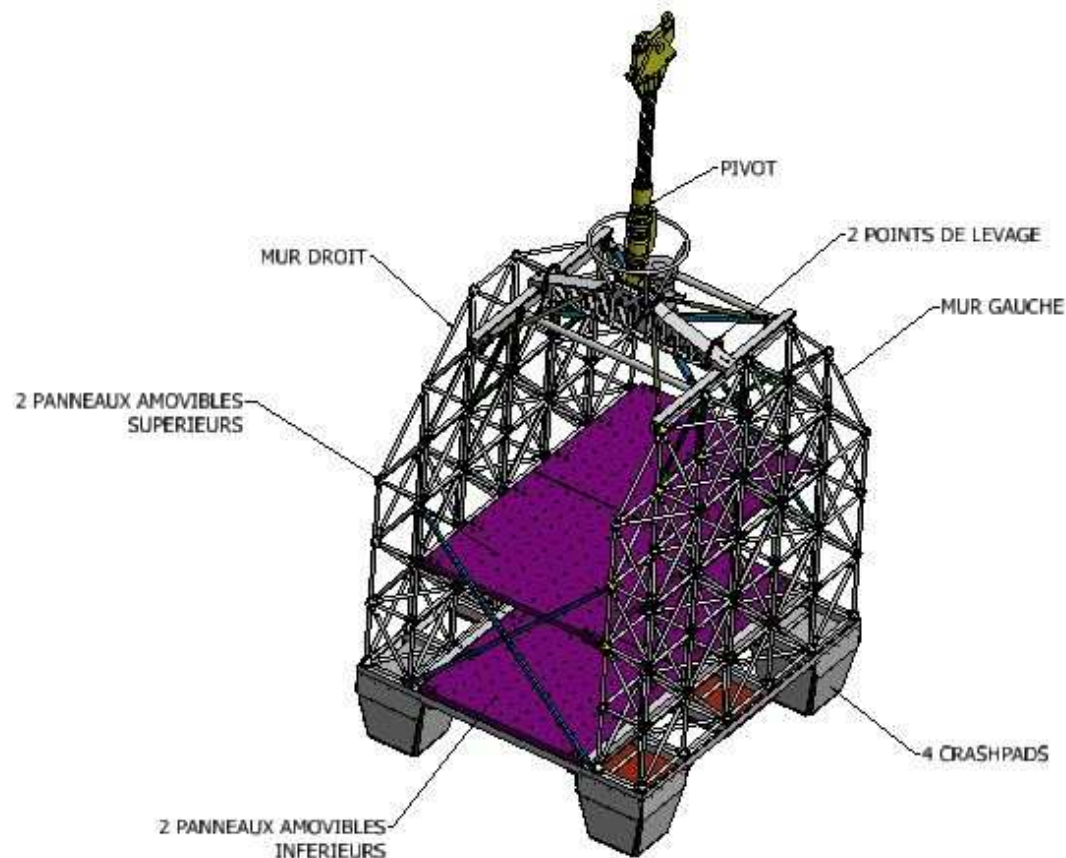
9: nacelle charge utile

LES ENVELOPPES DES BALLONS DU CNES

- Composante fondamentale dans la réalisation des ballons ; deux aspects principaux :
 - maîtrise de la qualité des matériaux
 - maîtrise de l'assemblage
- Pour le CNES, activité réalisée par la société AIRSTAR Aerospace, près de Toulouse.
- Matériau polyéthylène, matière plastique utilisée pour emballages, fabriquée avec des résines sélectionnées, de 15 à 25 microns d'épaisseur (possibilités vers 10 ou 6 microns), 15 à 25 g/m², conserve ses propriétés élastiques au froid (jusqu'à -90°C).
- Enveloppe obtenue par soudage à chaud de fuseaux de polyéthylène avec des rubans plus résistants, créant un maillage supportant la charge. Fuseaux et rubans réunis au pôle supérieur et crochet inférieur de l'enveloppe (accrochage CU).
- Plus gros ballon fabriqué en France : volume de $1,2 \cdot 10^6$ m³, masse 1,3 t et une longueur de fuseau de 200 m. Diamètre à plénitude 130 m pour une surface de 5,5 ha.
- Initialement, enveloppes de forme tétraédrique de fabrication simplifiée. A partir de 1972, pour accroître les performances - aller plus haut, plus longtemps, avec de plus lourdes charges - on a adopté la forme d'une goutte d'eau pointe en bas.

Les nacelles pour charges utiles BSO : la nacelle pointée CARMEN

- Masse maximale CU : 1100 kg (avec pivot et interface science), structure 275 kg.
- Services: fourniture énergie, pointage en élévation et azimuth, TM/TC
- Performance de pointage : proche de l'arcsec (avec senseurs stellaires, type senseur diurne Estadius)



LES OPÉRATIONS DES BALLONS

LES SITES DE LANCEMENT UTILISÉS PAR LE CNES

Pour les petits ballons stratosphériques BLD :

Aire sur l'Adour ou divers sites possibles

Pour les BSO :

Kiruna (Suède) : campagnes régulières

Timmins (Canada) : campagnes régulières

Alice Springs (Australie) : campagne en 2017

Pour les BPS :

Seychelles : pour les vols de BPS longue durée, étude de l'atmosphère tropicale

Antarctique (Mc Murdo) : utilisée pour les campagnes Vorcore (2005), Concordiasi (2010)...

Pour les ballons troposphériques :

Multiples sites possibles : Méditerranée

Lancement de BSO à Kiruna



Nacelle PILOT à Timmins



LES OPÉRATIONS DES VOLS BSO

Méthodes de lancement de BSO : grue ou ballon auxiliaire



Lâcher avec ballon auxiliaire (CNES, Timmins)



Lâcher à la grue (photo NASA)

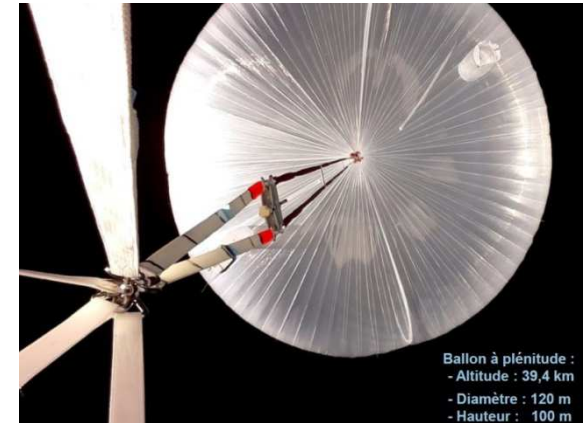
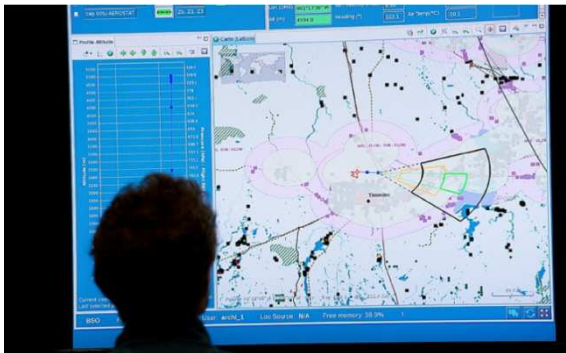
Le gonflage

largueur

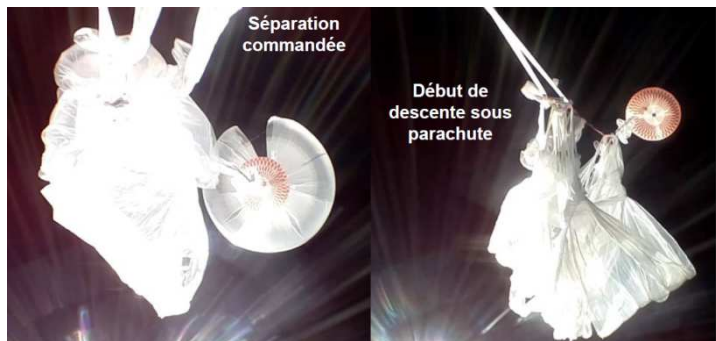


LES OPÉRATIONS DES VOLS BSO (SUITE)

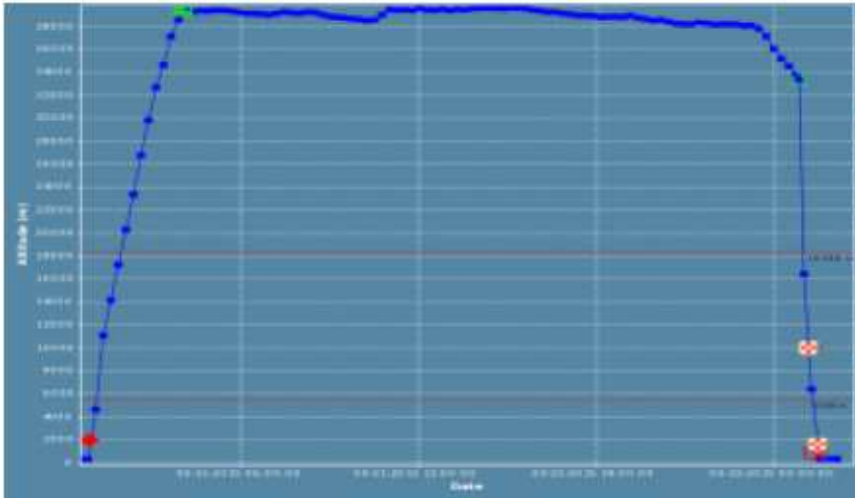
Coordination aviations civile et militaire, préparation météo, suivi de vol, pilotage (utilisation du clapet et du lest) :



La descente sous parachute et la récupération :

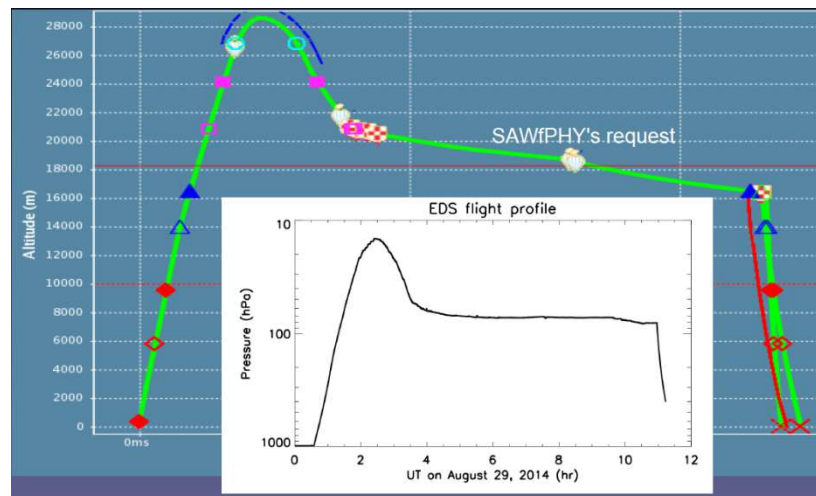


PROFILS DE VOLS RÉALISÉS EN 2014 ET 2015 :



Vol Pilot : 24 heures dont 21 heures au plafond 39,4 km, 3,1 hPa, atterrissage à 300 km du site de lancement

Vol nacelle atmosphère



LES PERSPECTIVES

LES PERSPECTIVES BSO/CNES

- Plus lourdes charges
- Vols BSO de plus longue durée (6 jours...)
- BSO aux tropiques
- Petits BSO
- Plus haute altitude ?

LE PROJET STRATEOLE 2 ET LES SUITES

Infrastructure longue durée, ballons pressurisés BPS

Vols de 3 mois, 2 altitudes 18000 m et 20000 m

12 instruments différents dans 5 configurations CU

Coopération avec les US

Lancement Seychelles

hiver 2018-2019 : 5 vols de validation

hiver 2020-2021 : 20 vols

hiver 2023-2024 : 20 vols

A terme pour les BPS, possibilité de plus lourdes charges avec ballons « potirons »



EUROS

ZEPHYR



N'hésitez pas à nous contacter pour tout projet d'expérimentation sous ballons :

philippe.raizonville@cnes.fr

andre.vargas@cnes.fr

Merci pour votre attention